

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko
Odbor rostlinolékařství ČAZV
Pícninářská komise ORV ČAZV
Agrární komora ČR

AKTUÁLNÍ POZNATKY V PĚSTOVÁNÍ, ŠLECHTĚNÍ, OCHRANĚ ROSTLIN A ZPRACOVÁNÍ PRODUKTŮ

Úroda 12/2023, vědecká příloha časopisu

 **CAZV** | ČESKÁ AKADEMIE
ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD



Hlavní mediální partneři konference

 **úroda**

 **PP**
ROFI PRESS...

**Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko
Odbor rostlinolékařství ČAZV
Pícninářská komise Odboru rostlinné výroby ČAZV
Agrární komora ČR**

**Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění,
ochraně rostlin a zpracování produktů**

Úroda 12/2023, vědecká příloha časopisu

Editor:

Ing. Jakub Prudil

Mgr. Helena Hutýrová

Organizační výbor:

Ing. Barbora Badalíková – předseda

Ing. Pavel Kolařík

Ing. Jaroslav Lang, Ph.D.

Ing. Jakub Prudil

Ing. Karel Vejražka, Ph.D.

Mgr. Tomáš Vymyslický, Ph.D.

Vědecký výbor:

RNDr. Jan Nedělník, Ph.D. – předseda

Ing. Barbora Badalíková

doc. Ing. Bohumír Cagaš, CSc.

Ing. Jaroslav Čepl, CSc.

RNDr. Jan Hofbauer, CSc.

Ing. Prokop Šmirous ml., Ph.D.

Ing. Pavel Kolařík

Ing. Petr Míša, Ph.D.

Ing. Jan Pelikán, CSc.

Ing. Karel Vejražka, Ph.D.

Mgr. Tomáš Vymyslický, Ph.D.

Příspěvky byly recenzovány členy vědeckého výboru

Doporučená citace příspěvků:

Atoři příspěvků: Název příspěvku. Úroda 12, roč. LXX, 2023, vědecká příloha, s. od – do

ISSN 0139-6013

OBSAH

Úvodní slovo	7
Bartošová P., Klíma M., Rosokha H., Vítámvás P., Kosová K., Prášil I.T.: Optimalizace metody <i>in vitro</i> gynogeneze u cibule kuchyňské (<i>Allium cepa</i> L.)	9
Bilavčík A., Bobrová O., Faltus M., Zámečník J.: Porovnání mrazuvzdornosti generativních orgánů u vybraných ovocných dřevin	17
Dybová M., Trněný O., Hofbauer J., Staveníková J., Matoušková M.: Vícenásobná selekce rostlin jetele lučního (<i>Trifolium pratense</i> L.) na vyšší fixaci dusíku pomocí acetylen redukční metody	23
Faltus M., Svoboda P., Nesvadba V., Bilavčík A., Zámečník J.: Vliv skladování pylu chmele při teplotě kapalného dusíku na jeho životnost a schopnost opylování	29
Frnková V., Raab S., Macháč R.: Hodnocení vybraných pícíh charakteristik v kolekci genetických zdrojů srhy laločnaté (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	35
Klíma M., Kopecký P., Bartošová P., Rosokha H., Vítámvás P., Kosová K., Prášil I.T.: Využití technologie dihaploidů ve šlechtění brukvovité zeleniny.....	41
Kopecký P., Béres T., Šamajová K., Hýbl M.: Odolnost vybraných odrůd kvěťáku vůči nádorovce kapustové v polních podmínkách.....	49
Kosová K., Vítámvás P., Vítámvás J., Cit Z., Prášil I. T.: Odezva <i>VRN-A1</i> substitučních linií pšenice Norstar-Manitou na kombinaci dlouhodobého chladu a sucha	57
Mrázková M., Bjelková M.: Kyseliny palmitová a stearová a jejich obsah ve lněných semenech	65
Rosokha H., Klíma M., Bryxová P., Vítámvás P., Kosová K., Prášil I.T., Rychlá A., Vrbovský V.: Implementace mikrosporové embryogeneze do šlechtitelského procesu hořčice sareptské (<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.).....	71
Zámečník J., Stavěliková H., Leišová-Svobodová L.: Pěstování česneku: Analýza výnosových komponent.....	79
Blažek L., Seidenglanz M., Muñoz-Arbeláez M., Hanáková Bečvářová P., Šmirous P., Šafář J.: Vliv způsobu založení porostu a přístupu k regulaci plevelů na růst a vývoj kmínu se zkrácenou vegetační dobou	85
Holková L., Jílková B., Vichová J., Bačová N., Kmoch M.: Možnosti detekce a kvantifikace <i>Rhizoctonia solani</i> v půdě.....	93
Kmoch M., Loubová V., Jílková B., Vichová J.: Účinnost esenciálních olejů na <i>Fusarium coeruleum</i> Lib. ex Sacc., 1886, způsobující fusariovou hnilobu bramboru	101
Kolařík P.: Citlivosti nosatčků rodu <i>Apion</i> k účinným látkám insekticidů v letech 2018 – 2023	109
Kolařík, P., Kolaříková K.: Možnosti ochrany ředkve olejné (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiformis</i> Pers.) proti blýskáčku řepkovému	121
Kubíková Z., Hutýrová H.: Vliv herbicidního ošetření svazenky na výnosové parametry	129

Kumar R., Seidenglanz M.: The potential effects of intercropping on diseases in field peas (<i>Pisum sativum</i>) and spring barley (<i>Hordeum vulgare</i>)	135
Loubová V., Kmoch M.: Antifungální aktivita vybraných esenciálních olejů na <i>Phoma foveata</i> způsobující fomovou hnilobu bramboru	141
Ludvíková M., Seidenglanz M.: Molekulární analýzy zaměřené na určení mechanismů rezistence u jedinců <i>Meligethes aeneus</i> F. fenotypově rezistentních k pyretroidům	149
Macháč R., Petřeková P.: Nové možnosti v ochraně travosemenných porostů vůči chorobám	155
Novák M., Pavela R.: Vliv vybraných botanických pesticidů na predátory mšic	163
Rychlá A., Plachká E., Kořínek J.: Vliv genotypu, ročníku a foliárního ošetření na zdravotní stav máku setého	171
Seidenglanz M., Blažek L., Hanáková Bečvářová P., Muñoz-Arbeláez M., Šafář J., Kumar R.: Vliv způsobu založení porostu řepky na disperzi dřepčíka olejkového a jeho přirozených nepřátel	179
Šafář J., Seidenglanz M., Plachká E.: Dopad insekticidních aplikací na larvy blýskáčků (<i>Brassicogethes</i> Audisio & Cline, 2009)	187
Šafář J., Bjelková M., Kubíková Z., Seidenglanz M.: Možnosti desikace olejného lnu po restrikcích účinných látek	195
Žabka M.: Efekt anisaldehydu, ze silic anýzu a fenyklu, proti <i>Phytophthora infestans</i> ...	201
Burg P., Souček J., Badalíková B., Plíva P., Zemánek P., Mašán V., Záhora J., Dvořák P., Hejátková K.: Význam a možnosti povrchové aplikace kompostu na půdu	205
Dryšlová T., Smutný V., Rábek M.: Výnosy plodin v dlouhodobém polním pokusu v Žabčicích	213
Duplák, Š.; Tóth, Š.; Porvaz, P.; Kováč L.: Úroda zelenej hmoty novo-testovaných miešaniak v podmienkach ťažkých pôd na Východoslovenskej nížine	221
Dvořák P., Procházka P., Capouchová I., Král M., Konvalina P., Bohatá A., Kavková M., Hodan J.: Potenciál biologických přípravků při ošetření luskovin	229
Frydrych J., Bradáčová L., Jezerská L., Sassmanová V.: Výzkum možností využití jílku vytrvalého pro energetické účely	237
Homolka P., Jančík F., Koukolová V., Loučka R., Jambor V., Synková H., Nedělník J., Lang J.: Výživné hodnoty vojtěšky ovlivněné pořadím seče a vývojem počasí	247
Král, M., Dvořák, P.: Kompost ponechaný na povrchu jako součást opatření zlepšujících pěstitelské podmínky	255
Kusá H., Růžek P., Vavera R.: Vliv různých způsobů zpracování půdy a hnojení celeru na dosažené výnosy a vlastnosti půdy	261
Loučka R., Jambor V., Lang J., Jančík F., Homolka P., Koukolová V., Kubelková P., Tyrolová Y., Výborná A., Synková H., Nedělník J.: Vliv lokality na ukazatele výživné hodnoty vojtěšky,	269
Moulík M., Raimanová I., Haberle J.: Využití dusíku z biomasy vojtěšky následnou plodinou	277

Mühlbachová G., Káš M.: Hodnocení obsahu živin v půdě u dlouhodobého polního pokusu s minerálním a organickým hnojením	283
Neružil P., Kincl D., Plisková J., Srbek J., Smutný V., Šedek A., Menšík L.: Pěstování silážní kukuřice s podsevovými plodinami - výsledky pokusů z oblasti Boskovické brázdy	291
Plisková, J., Pospíšilová, L., Nerušil, P., Menšík, L.: Živinný režim trvale zatravněných půd	299
Raab S., Frnková V., Macháč R.: Hodnocení rychlosti růstu intenzivně ošetřovaného trávníku v kolekci genetických zdrojů jílku vytrvalého (<i>Lolium perenne</i> L.).....	307
Raimanová I., Haberle J., Svoboda P., Wollnerová J.: Využití listové výživy v období tvorby zrna v reakci na podmínky prostředí	315
Rožnovský J.: Jarní mrazy	321
Růžek P., Kusá H., Vavera R., Káš M.: Vliv plečkování a hnojení na výnos kukuřice.....	329
Sedlák L., Prudil J., Pospíšilová L.: Fyzikální vlastnosti aluviálních půd	335
Skopal J., Wagner J.: Laserová stimulace osiva – perspektivní zelená technologie	341
Svoboda P., Haberle J., Raimanová I., Lukáš J., Rous J., Moulík M., Jacko K., Holubík O.: Možnosti využití systému profilové aplikace hnojiv pro zlepšení růstu rostlin	347
Svobodová A.: Technologie pěstování jakonu v podmínkách oblasti Vysočiny	355
Šoltysová B., Danilovič M.: Dlhodobý vplyv rozdielnej intenzity obrábania na zmeny vybraných chemických parametrov fluvizeme glejovej	361
Tóth Š., Szanyi G., Gubová M., Porvaz P., Duplák Š., Šmajdová J.: Ex-situ preverenie imobilizačného efektu diferencovane aktivovaných humínových kyselín na vybrané kongenéry PCB.....	369
Vašinka M., Badalíková B.: Vliv aplikace bentonitu na vybrané půdní fyzikální vlastnosti	377
Wollnerová J., Klír J.: Principy udržitelného hospodaření se živinami a organickými látkami	383
Bjelková M.: Variabilita obsahu lignanů a kyanogenních glykosidů ve vybraných genotypech olejného lnu	391
Čičová I., Dočolomanský P., Sitkey V.: <i>Borago officinalis</i> , <i>Perilla frutescens</i> , perspektívne plodiny pre produkciu prírodných aróm	397
Loučka R., Jambor V., Synková H., Nedělník J., Lang J., Jančík F., Homolka P.: Rozdíly ve stanovení živin vojtěšky chemicky a přenosným spektrometrem NIR (blízká infračervená oblast)	405
Mühlbachová G., Janovská D., Káš M., Vavera R., Hlásná Čepková P.: Pěstování pšenice jarní ve směsi s leguminózami v ekologickém a konvenčním režimu	409
Porvaz P., Gaduš J., Tóth Š., Duplák Š.: Produkcia bioplynu z fytomasy ciroku cukrového <i>Sorghum bicolor</i> L. metódami fermentačného procesu.....	417
Rysová J., Šulc M., Laknerová I., Hermuth J.: Mouka z béru italského (<i>Setaria italica</i>) a její využití do pečiva.....	423

Zetochová E., Vollmannová A.: Vplyv biologicky účinných preparátov na obsah fenolových zlúčenín vo vybraných strukovinách 431

Vážení čtenáři časopisu Úroda,

již více než deset let se vždy v prosincovém čísle časopisu Úroda setkáváte s vědeckou přílohou, jejíž obsah tvoří desítky odborných příspěvků z různých oblastí zemědělského výzkumu. Letos podruhé není tato příloha vkládána na CD disku, ale buďte tak laskavi, načtěte si celý sborník přes QR kód uvedený níže. I toto je malý příklad postupující digitalizace v našem životě. Nicméně základ zůstává pořád stejný. Letošní příspěvky do této vědecké přílohy byly prezentovány na 27. ročníku mezinárodní konference Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů, která se uskutečnila ve dnech 9.-10. 11. 2023 v Brně. Pořadatelem konference byly Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o., Troubsko a jeho dceřiná společnost Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Troubsko. Významnými spolupředateli a partnery této akce jsou Česká akademie zemědělských věd, Agrární komora ČR, Česká technologická platforma rostlinných biotechnologií – Rostliny pro budoucnost a mediálním partnerem je vydavatelství Profi Press. Na konferenci vystoupili v úvodní sekci kromě zástupce hlavního pořadatele také reprezentanti Agrární komory ČR a Ministerstva zemědělství. Všechny příspěvky této přílohy byly recenzovány členy vědeckého výboru konference, za což jim patří velké poděkování.

České, ale i evropské, zemědělství stojí před celou řadou výzev. Tou hlavní je jak zajistit udržitelnou zemědělskou produkci, jak zajistit dostatek potravin pro rostoucí světovou populaci. V této větě je zdánlivý rozpor. V úvodu jsem uvedl evropské zemědělství a ve druhé části nezpochybnitelný fakt rapidně rostoucí světové populace. Evropa zatím toto nepocituje tak dramaticky, ale budoucí rozvoj zemědělství se dle mého názoru neobejde bez racionálních intenzivních vstupů. Jinak nebudeme schopni, navíc na snižující se disponibilní výměře orné půdy, vyrobit dostatek kvalitních potravin. Evropská unie chce být světovým lídrem v boji s klimatickou změnou, chce ukazovat cestu, jak hledat optimálnější možnosti hospodaření. Celá řada strategií Zelenou dohodou počínaje přes strategie biodiverzity až k novým půdoochranným strategiím jsou toho důkazem. Ve sborníku, který právě otevíráte, je na některé aktuální otázky předložena možná odpověď. Ať již se jedná o oblast šlechtění rostlin či oblast nových technologií spojených s již zmíněnou digitalizací a modernizací zemědělské produkce. Věřím, že každý čtenář si najde pro sebe zajímavý příspěvek. Osobně se domnívám, že bez nových inovativních vstupů do všech oblastí našeho života včetně zemědělské a potravinářské produkce se neobejdeme a jsou nezbytným předpokladem udržitelnosti produkce. A v současné době nejen udržitelnosti, ale i zabezpečení potravinové bezpečnosti České republiky. Není pochyb o tom, že produkce českých potravin a surovin je na vysoké kvalitativní úrovni a nyní je třeba hledat postupy, které ji stabilizují a u některých komodit zvýší.

Vážení čtenáři časopisu Úroda, autoři příspěvků i editoři této přílohy budou vděční za zpětnou vazbu, napište prosím svůj názor nejen na kvalitu výsledků, ale i na tuto formu jejich transferu. To, že se tato příloha dostane k tisícům čtenářů a tisícům farmářů a podnikatelů v agrokomplexu, je jednou z možností efektivního transferu výsledků do praxe. Ale je to náš názor a byli bychom rádi za zpětnou vazbu. Na závěr si dovoluji poděkovat všem autorům, kteří přispěli svými příspěvky do této přílohy, všem členům vědeckého výboru za recenzování a kolegům z vydavatelství Profi Press za možnost dlouhodobé spolupráce. Přeji Vám úspěšné dny.

Jan Nedělník

Optimalizace metody *in vitro* gynogeneze u cibule kuchyňské (*Allium cepa* L.)

Optimization of the method of *in vitro* gynogenesis
in onion (*Allium cepa* L.)

Bartošová P., Klíma M., Rosokha H., Vítámvás P., Kosová K., Prášil I.T.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Abstrakt

Byla optimalizována metoda regenerace gynogenetických embryí u cibule kuchyňské (*Allium cepa*). Vývoj embryí byl zaznamenán od cca 40. dne kultivace, kdy postupně docházelo k otevření horní části semeníku a následnému prorůstání zárodků s typickým podkovovitým nebo esovitým tvarem. Byla pozorována i regenerace ze somatických pletiv na bázi pupat (od 15.–20. dne kultivace). Regeneranty tohoto typu jsou po genetické stránce totožné s mateřskou (donorovou) rostlinou. Regenerace celistvých rostlin gynogenetického původu bylo dosaženo u všech genotypů. Podstatně úspěšnější byla dvojstupňová kultivace na médiích A1 a R, než jednodušňová pouze na BDS médiu (0,39–1,32% responzibilních pupat, resp. 0–0,14%). Významné byly i rozdíly mezi genotypy. Do nesterilních podmínek bylo převedeno celkem 21 rostlin, úspěšnost převodu byla průměrně 83%.

Klíčová slova: partenogeneze, *in vitro* regenerace, médium A1, médium R, médium BDS

Abstract

The method of regeneration of gynogenetic embryos in onion (*Allium cepa*) was optimized. The development of the embryos was recorded from about the 40th day of cultivation, when the upper part of the testis gradually opened and the subsequent growth of the embryos with a typical horseshoe-shaped or ace-shaped shape. Regeneration from somatic tissues at the base of buds was also observed (from the 15th–20th day of cultivation). Regenerants of this type are genetically identical to the mother (donor) plant. Regeneration of whole plants of gynogenetic origin was achieved for all genotypes. Two-stage cultivation on A1 and R media was significantly more successful than one-stage cultivation only on BDS medium (0.39–1.32% or 0–0.14% of responsive buds, respectively). Differences between genotypes were also evident. A total of 21 plants were transferred to non-sterile conditions, the success rate of the transfer was on average 83%.

Keywords: partenogenesis, *in vitro* regeneration, A1 medium, R medium, BDS medium

Úvod

Cibule kuchyňská (*Allium cepa* L.) celosvětově patří mezi nejpěstovanější druhy zeleniny. V ČR je cibule kuchyňská (dále také cibule) tradiční součástí české kuchyně, čemuž odpovídá i její spotřeba: kromě rajčat se jedná o jedinou zeleninu, jejíž roční spotřeba přesahuje 10 kg na osobu (11,1 kg v r. 2019). Z celkové roční spotřeby cibule v ČR (okolo 120 tis. t.) tvoří zhruba 60–65 % dovoz, zbytek tvoří domácí tržní produkce; samozásobitelství je u cibule málo významné, na celkové spotřebě se podílí v jednotkách procent. Rovněž vývoz je zanedbatelný, v jednotkách tis. tun ročně.

Z hlediska sklizňových ploch se jedná o naši nejdůležitější zeleninu; v posledních pěti letech její výměra stabilně překračuje 2 000 ha (2 233 ha v r. 2020), a řadí se tak mezi 5 našich nejpěstovanějších zelenin, společně s dřevňovým hrachem (1–1,6 tis. ha), zelím hlávkovým (1–1,3 tis. ha), mrkví a okurkami nakládačkami (každá okolo 1 tis. ha) (Němcová a Buchtová 2021). V České republice se pěstují především dlouhodobní odrůdy cibule kuchyňské (*A. cepa*).

Okrajově se pěstují také krátkodenní odrůdy (ozimá cibule), cibule šalotka (*A. ascalonicum*) či cibule zimní (*A. fistulosum*) aj.

Z důvodu velkého významu cibule je i jejímu šlechtění věnována náležitá pozornost jak ve světě, tak i v tuzemsku. Šlechtěním cibulí u nás se zabývají semenářské firmy Moravoseed a.s. a Semo a.s. Hlavními šlechtitelskými znaky jsou výnos, ranost, odolnost vůči chorobám a škůdcům, požadavky na fotoperiodu, skladovatelnost aj. V posledních letech je kladen důraz i na další vlastnosti jako je odolnost vůči suchu a vysokým teplotám. Sekundárními znaky jsou tvar, barva cibule a obsah silic (sirných sloučenin), kterými se snaží šlechtění přiblížit cibule lepšímu kulinářskému využití.

Klasické metody tvorby liniových odrůd vyžadují dlouhodobý proces samosprašování (inbreedingu), trvající obvykle 8–10 let v závislosti na požadavcích, kladených na uniformitu vznikajících odrůd (Frauen 1994). Toto platí i pro další typ odrůd cibule – hybridy. V sortimentu nabízených odrůd cibule se totiž postupně od 60. let minulého století začaly objevovat a dnes naprosto převládají F₁ hybridy. Vyznačují se vysokým výnosem a hlavně vyrovnaností porostů, která je nutná pro velkovýrobní pěstování a posklizňovou manipulaci. Jejich zavedení umožnil objev samčí sterility (typu CMS), spočívající v cytoplazmaticky založené neplodnosti pylu. K tvorbě F₁ hybridů se pak používají tři typy linií (komponent): sterilní mateřská linie, udržovatel sterility a obnovitel fertility (Pekárková 2005).

Ve šlechtění cibule se tedy u nás i ve světě využívá hybridního a populačního selekčního šlechtění. Hybridní šlechtění má díky heteroznímu efektu velmi pozitivní vliv na kladné znaky (výnos, vitalita růstu, vyrovnanost). Nevýhodou je zdouhavější a obtížnější získávání nových rodičovských linií, především konvenčními metodami šlechtění. Hlavním problémem při klasickém šlechtění liniových odrůd cibule a tvorbě komponent F₁ hybridů je však vysoká inbrední deprese a zbytková nevyrovnanost (heterozygozita) výsledných odrůd či komponent (Khar *et al.* 2019). Aby však mohly liniové odrůdy resp. F₁ hybridy poskytovat vyrovnané porosty, musí být i tyto odrůdy, resp. všechny výchozí komponenty uniformní, po genetické stránce homozygotní. K výraznému zkrácení doby tvorby liniových odrůd i všech tří hybridních komponent a pro získání 100% homozygotnosti lze i u cibule využít principů *in vitro* gynogeneze – regenerace embryí a následně haploidních rostlin z neoplozeného vajíčka v podmínkách *in vitro*. Zcela homozygotní materiál je tak získán prakticky během jedné vegetační sezóny. První úspěšné experimenty byly publikovány na přelomu 80. a 90. let minulého století v Itálii (např. Champion a Azzimonti 1988, Champion a Alloni 1990). Postupně byly zveřejněny desítky prací s úspěšnou tvorbou haploidních i dihaploidních (DH) rostlin (blíže viz přehledové publikace Dhatt a Thakur 2014, Khar *et al.* 2019, Khan *et al.* 2020). I když se inbrední deprese manifestuje i při *in vitro* gynogenezi, silný selekční tlak během *in vitro* kultivace a regenerace eliminuje neživotné genotypy a umožňuje získat životaschopné, DH rostliny (Bohanec *et al.* 2002).

V poslední době výzkum v této oblasti akceleruje zejména v USA, Turecku, Indii, Španělsku a Polsku. Z novějších prací je možno zmínit úspěšné experimenty se zdvojováním chromozómové sádky pomocí antimitotických agens (Fayos *et al.* 2015), testování vlivu složení kultivačních médií (Mathapati *et al.* 2019), růstových regulátorů (Yarali a Yanmaz 2017), vliv chladového předpůsobení (Yarali Karkan 2019) a genotypu (Khar *et al.* 2018) na embryogenní rezpozibilitu. I když byly i u cibule prováděny experimenty pro indukci haploidní regenerace v prašnickových kulturách (androgeneze), tato metoda zatím u cibule – na rozdíl od gynogeneze – není úspěšná. Cílem práce je uvést výsledky optimalizace postupu tvorby gynogenetických regenerantů cibule kuchyňské, využitelného v tuzemských šlechtitelských programech k tvorbě zcela uniformních, liniových odrůd a komponent hybridů.

Materiál a metody

Donorové rostliny (tři šlechtitelské materiály C1, C7 a C19) cibule kuchyňské byly ve formě zjarovizované sazečky (průměr cibulí 50–100 mm) dodány firmou Moravoseed, a.s. Sazečka byla jednotlivě vysázena do zahradnického substrátu v kontejnerech 19×19 cm a od počátku udržována v řízených podmínkách kultivační komory (fotoperioda 16/8 h, intenzita 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 22/18 °C den/noc) až do fáze kvetení. Jakmile byla v květenství (palici) rozvita cca 1/3 květů, celé květenství bylo i se stopkou o délce 200 mm odebráno, přeneseno do sterilního laminárního boxu, kde proběhla dvoufázová povrchová sterilizace 70% vodným roztokem etanolu, resp. 10% roztokem komerčního bělidla (SAVO) na bázi chlornanu sodného. Pro účely optimalizace metody byla testována tzv. jednostupňová (Alan *et al.* 2004) nebo dvoustupňová (Michalik *et al.* 2000) kultivace; po důkladném a opakovaném oplachu květenství sterilní destilovanou vodou (3 x 5 minut) byla jednotlivá poupata od průměru 3 mm i s květní stopkou umístěna na dva typy agarem zpevněných kultivačních médií v polystyrenových Petriho miskách: A1 (Muren 1989) nebo BDS (Dunstan a Short 1977). Zde byla kultivována při 25 °C, fotoperiodě 16/8 h a světelné intenzitě 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. U varianty kultivace na médiu A1 byla poupata po 7 dnech přepasážována na médium R (Campion *et al.* 1992). Regenerace byla sledována v týdenních intervalech po dobu 3 měsíců od založení kultury. Regeneranty z obou variant kultivace byly pasážovány na čerstvé R médium. Regeneranty s 3–4 pravými listy a s dobře vyvinutým kořenovým systémem byly z kultivačních nádob vyjmuty, opláchnuty pod tekoucí vodou pro odstranění zbytků agarového média, ponořeny do 0,15% roztoku Previcuru na 20 minut, vysázeny do květináčů o průměru 8 cm s výsevším substrátem a zality roztokem Previcuru. Květináče byly zakryty perforovanou fólií na 7–10 dní pro vytvoření vlhkého mikroklima a pěstování ve skleníku až do doby aktivního růstu rostlin (14–18 dní). Následovalo postupné přesazování silících rostlin do větších květníků až do fáze cibule o průměru cca 30 mm. Byly vyhodnoceny typy a frekvence regenerace u jednotlivých genotypů a variant kultivace.

Výsledky

Celkem bylo kultivováno 7 357 poupat v součtu za všechny genotypy a typy *in vitro* kultivace. (tabulka 1) Od 15.–20. dne po založení kultury byly pozorovány první známky regenerace prýtlů (obrázek 1A, značena jako typ I) nebo jen neorganizovaného rostlinného pletiva (kalusu, obrázek 1B) z báze explantátů. Často byly pozorovány přechodné způsoby: od regenerace dobře vyvinutých prýtlů, po kombinaci kalusu a prýtlů, přes nedostatečně vyvinuté prýty až po prorůstání pouze neorganizovaného pletiva, bez následné regenerace rostlin (obrázek 1C–1F). Odlišný typ regenerace byl pozorován od cca 40. dne kultivace, kdy postupně docházelo k otevření horní části semeníku (obrázek 2A) a regeneraci prýtlů (obrázek 2B, značeno jako typ II). Pro tento typ regenerace byl charakteristický podkovovitý a/nebo esovitý tvar (obrázek 2C–2F) Výsledky frekvence regenerace u jednotlivých genotypů, typů regenerace a variant kultivace jsou v tabulce 1. Z výsledků je patrné, že podstatně úspěšnější byla dvojstupňová kultivace na médiích A1 a R jak v případě I. tak II. typu regenerace (0,59–2,91, resp. 0,39–1,32% responzibilních poupat I., resp. II. typu kultivace), než pouze na médiu BDS (0,00–0,82, resp. 0,00–0,14 %) Evidentní byly i rozdíly mezi genotypy. Do nesterilních podmínek (viz obrázek 3) bylo převedeno celkem 21 rostlin z II. typu regenerace, úspěšnost převodu byla průměrně 83%.

Tabulka 1: Výsledky *in vitro* kultivace a regenerace u vybraných šlechtitelských materiálů cibule

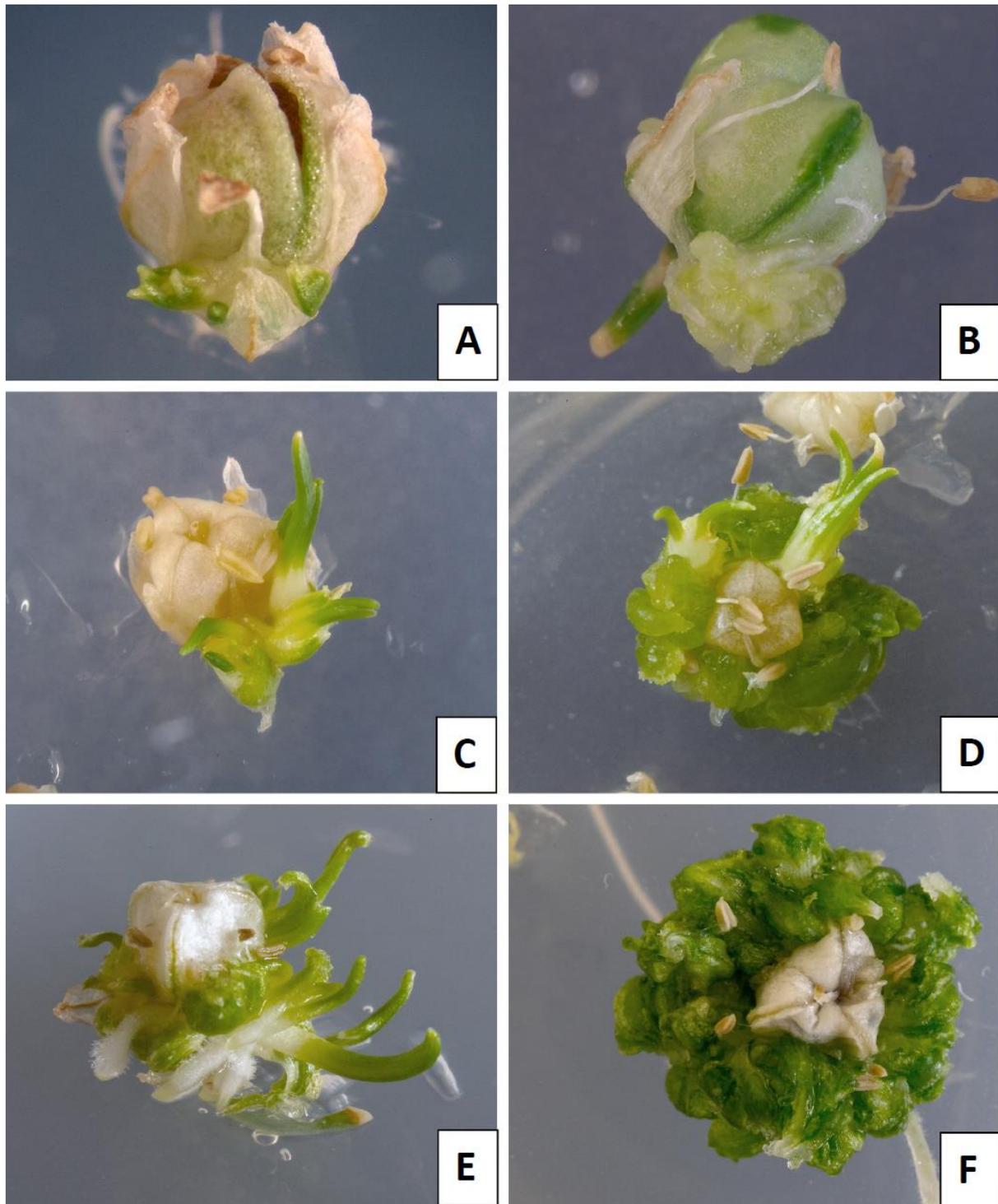
Typ kultivace	Genotyp	Počet kultivovaných poupat	Regenerace I. typu	Responsibilita poupata (%)	Regenerace II. typu	Responsibilita poupata (%)	Regeneranty II. typu v nesterilních podmínkách	Úspěšnost převedení (%)
1-stupňový	C1	1173	5	0,43	1	0,09	1	100,00
	C7	1455	12	0,82	2	0,14	2	100,00
	C19	1311	0	0,00	0	0,00	0	
Celkem I. (počet, resp. průměr)		3939	17	0,42	3	0,08	3	100,00
2-stupňový	C1	1264	17	1,34	6	0,47	4	66,67
	C7	1135	33	2,91	15	1,32	11	73,33
	C19	1019	6	0,59	4	0,39	3	75,00
Celkem II. (počet, resp. průměr)		3418	56	1,61	25	0,73	18	71,67
Celkem I.+II. (počet, resp. průměr)		7357	73	1,02	28	0,40	21	83,00

Diskuze

Pro další využití ve šlechtitelských programech mají význam pouze regeneranty II. typu, které vznikly procesem gynogeneze, tj. z neoplozených zárodků. Regeneranty I. typu jsou po genetické stránce totožné s mateřskou (donorovou) rostlinou, jedná se o regeneraci ze somatických pletiv. Tento typ regenerace popisují u cibule např. Pike a Yoo (1990) na MS médiu s 0,5 mg/l 1-naftyloctové kyseliny a 5,0 mg/l benzylamino purinem, kde tímto způsobem regenerovalo až 10% poupat (v našich experimentech až 2,9%). Co se týče regenerace II. typu, obdobné výsledky z hlediska průměrné responsibility poupat byly získány i v rámci předchozích experimentů (Michalík *et al.* 2000), kde bylo pozorováno v průměru 0,9 %, regenerujících gynogenetická embrya (v našich experimentech 1,02%). Alan *et al.* (2004) uvádí u 14 genotypů rozpětí 0,18–16,4%. Významný vliv genotypu na produkci gynogenetických regenerantů byl publikován i v předchozích pracích (např. Ali *et al.* 2004, Khar *et al.* 2018, Dhat a Thakur 2014, Fayos *et al.* 2015 aj.).

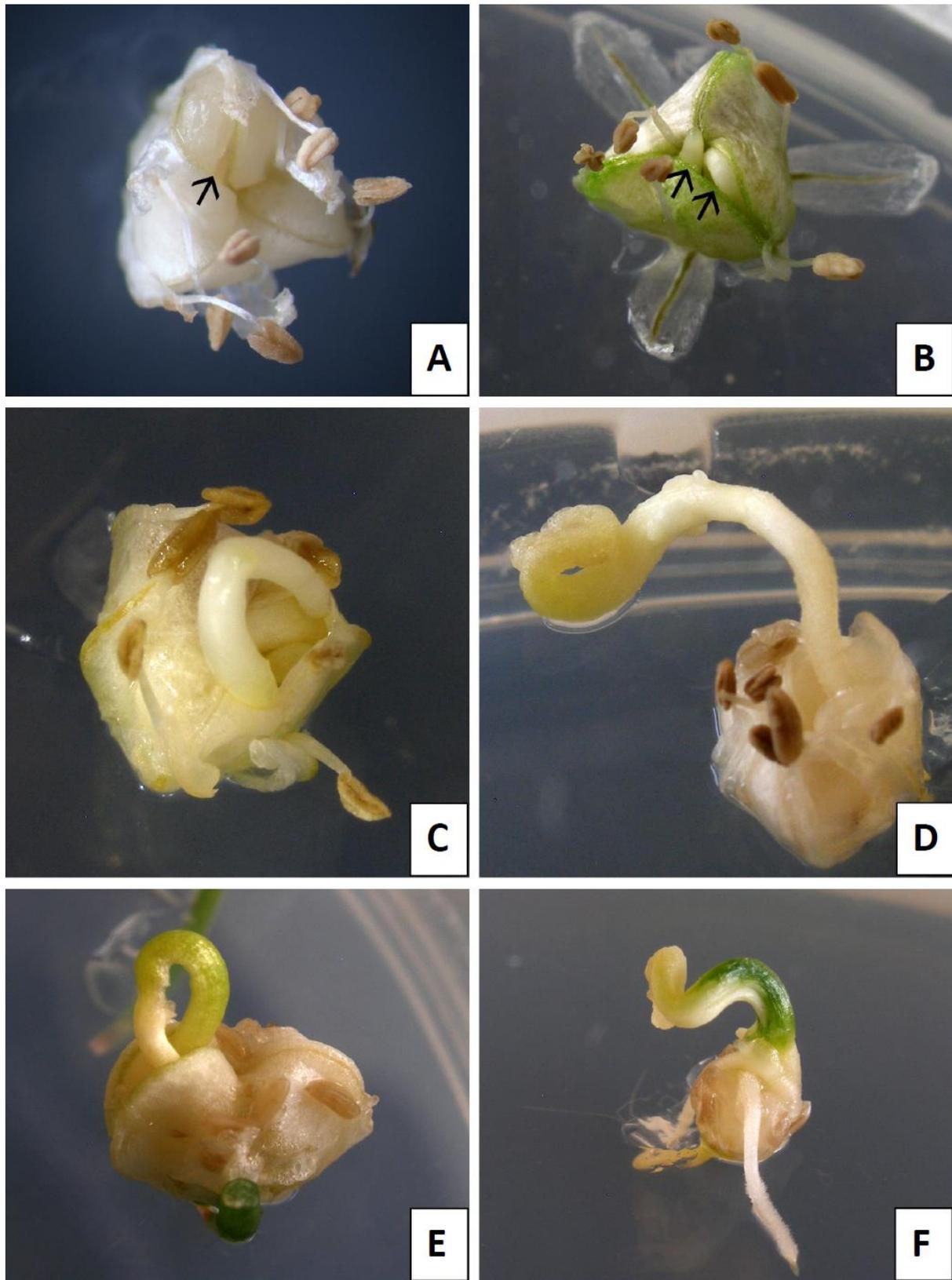
Závěr

Bylo zjištěno, že pomocí optimalizovaného postupu lze vytvořit dostatečný počet gynogenetických regenerantů cibule kuchyňské. Při dopěstování rostlin je třeba brát na zřetel možnost nežádoucí regenerace ze somatických pletiv mateřské rostliny. Pro rutinní využití metody jsou nezbytná další optimalizační opatření; řada autorů dosáhla podstatně lepších výsledků z hlediska responsibility poupat. Je třeba brát v úvahu i významný vliv genotypu na tuto schopnost; pro vývoj metody je žádoucí zvolit genotypy s dostatečnou embryogenní schopností. Další nezbytnou součástí optimalizačních zásahů bude zdvojování chromozómové sádky regenerantů pomocí antimitotických substancí, protože úroveň spontánní diploidizace se u cibule kuchyňské na základě literárních pramenů pohybuje pouze okolo 15%.



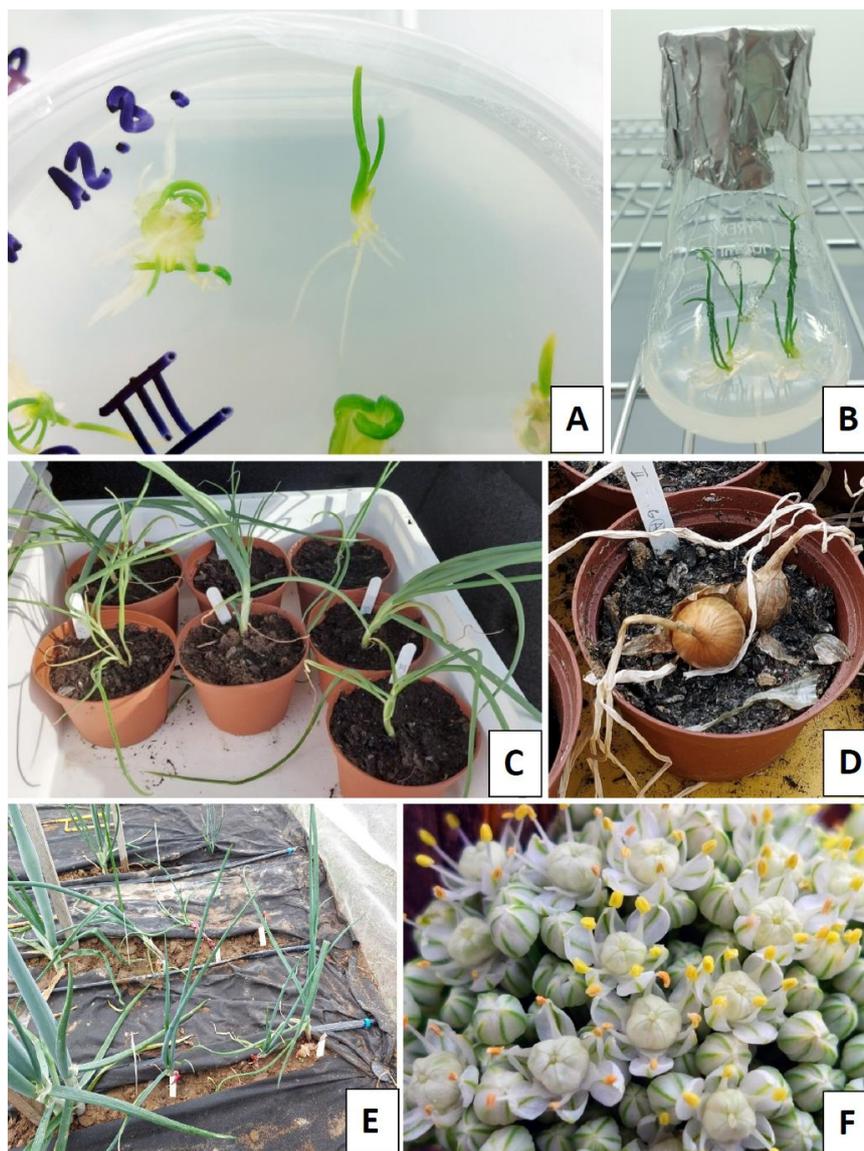
Obrázek 1: Varianty regenerace ze somatických pletiv pupat cibule.

A – počáteční regenerace prýtlů; B – počáteční regenerace neorganizovaného pletiva (kalusu); C – Regenerace dobře vyvinutých prýtlů; D – Regenerace prýtlů a kalusu v rámci explantátu. E – nedostatečně vyvinuté prýtlý s počáteční tvorbou kořenového systému, F – masivní regenerace vodnatého kalusu, bez známek regenerace prýtlů; průměr semeníků 5 mm



Obrázek 2: Varianty regenerace gynogenetických embryí

A – otevírání semeníku (viz šipka); B – prorůstání embrya (viz šipka); C – embryo podkovovitého tvaru; D – embryo s počáteční regenerací kořenového systému. E – embryo s typickým esovitým tvar, vyrůstající ze semeníku; F – regenerace kořenového systému (tvorba kořenového vlášení); průměr semeníků 5 mm



Obrázek 3: Průběh regenerace a dopěstování celistvých rostlin

A – regeneranty, přepasážované na čerstvé R médium; B – rostliny, regenerované z embryí; kořenicí MS médium 4 měsíce po založení kultury (průměr dna baňky 60 mm); C – rostliny po převedení do nesterilních podmínek. Stáří rostlin 9 měsíců od založení *in vitro* kultury (průměr květináčů 120 mm); D – cibule gynogenetické rostliny po zatažení natě v podzimním období, 14 měsíců od založení *in vitro* kultury (průměr květináče 120 mm). E – gynogenetické regeneranty cibule ve skleníkových podmínkách; F – detail květenství gynogenetického regenerantu (průměr největších poupat 5 mm)

Literatura

- Alan A. R., Brants A., Cobb E. D., Goldschmied P., Mutschler, M. A., Earle E. D. 2004: Fecund gynogenic lines from onion (*Allium cepa* L.) breeding materials. *Plant Science* 167: 1055–1066.
- Bohanec B. 2002: Doubled haploid in onions. *Allium Crop Science: Recent Advances*, pp 145–58. Rabinowitch HD, Currah L (Eds). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Campion B., Alloni C. 1990: Induction of haploid plants in onion (*Allium cepa* L.) by *in vitro* culture of unpollinated ovule. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 20: 1–6.
- Campion B., Azzimonti M. T. 1988: Evolution of ploidy level in haploid plants of onion (*Allium cepa*) obtained through *in vitro* gynogenesis. *Proceeding of 4th Eucarpia Allium Symposium*, pp 6–9. Institute of Horticultural Research, Wellesbourne, Warwick, U.K.

- Campion B., Azzimonti M. T., Vicini E., Schiavi M., Falavigna A. 1992: Advances in haploid plant induction in onion (*Allium cepa* L.) through *in vitro* gynogenesis. *Plant Science* 86: 97–104.
- Dhatt A. S., Thakur P. 2014: Production of Doubled Haploids in Onion: A Review. *Journal of Horticultural Sciences* 9: 107–112.
- Dunstan D. I., Short K. C. 1977: Improved growth of tissue cultures of the onion, *Allium cepa*. *Physiol. Plant.*, 41: 70–72.
- Fayos O., Vallés M .P., Garcés-Claver A., Mallor C., Castillo A. M. 2015: Doubled haploid production from Spanish onion (*Allium cepa* L.) germplasm: embryogenesis induction, plant regeneration and chromosome doubling. *Front Plant Sci.* May 29: 384. doi: 10.3389/fpls.2015.00384.
- Frauen M. 1994: Use of biotechnology in breeding new varieties of winter oilseed rape in Germany. *Bui. GCIRC* 10: 16–29.
- Khan P. S. S. V., Vijayalakshmi G., Raja M. M., Naik M. L., Germanà M. A., Terry R. G. 2020: Doubled haploid production in onion (*Allium cepa* L.): from gynogenesis to chromosome doubling. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 142: 1–22.
- Khar A., Islam S., Kalia P., Bhatia R., Kumar A. 2019: Present status of haploidy research in onion (*Allium cepa*) – A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 89: 396–405.
- Khar A., Kumar A., Islam S., Kumar A. and Agarwal A. 2018: Genotypic response towards haploid induction in short day tropical Indian onion (*Allium cepa* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 88: 709–13.
- Mathapati G. B., Kalia P., Islam S., Saini N., Kumar A., Khar A. 2018: Influence of culture media and their compositions on haploid induction in Indian short day onion (*Allium cepa* L.). *Proceedings of the National Academy of Science, India Section B: Biological Sciences*.
- Michalik B., Adamus A., Nowak E. 2000: Gynogenesis in Polish onion cultivars. *J. Plant Physiol.* 156: 211–216.
- Muren R. C. 1989: Haploid plant induction from unpollinated ovaries in onion. *HortScience* 24: 833–834.
- Němcová V., Buchtová I. 2021: Situační a výhledová zpráva – zelenina. Ministerstvo zemědělství. https://eagri.cz/public/web/file/692977/Zelenina_2021_web.pdf
- Pekárková E. 2005: Nejnovější směry ve šlechtění zelenin (5). *Cibulové zeleniny. Živa* 53(4): 162–164.
- Pike L. M., Yoo K. S. 1990: A tissue culture technique for the clonal propagation of onion using immature flower buds. *Scientia Hort.* 45: 31–36.
- Yarali F., Yanmaz R. 2017: The effects of plant growth regulators on *in vitro* gynogenic embryo formation in onion (*Allium cepa* L.). *Afr J Biotechnol* 16: 1977–1983.
- Yarali Karkan F. 2019: Influence of cold pre-treatments on callus and embryo induction in onion (*Allium cepa* L.) via flower bud culture. *Fresenius Environ Bull* 28: 8070–8075.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za finanční podpory projektu Ministerstva zemědělství České republiky, institucionální podpora **MZE-RO0423**

Kontaktní adresa:

Bc. Petra Bartošová
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně
Telefon 233 022 368, bartosova@vurv.cz

Porovnání mrazuvzdornosti generativních orgánů u vybraných ovocných dřevin

Comparison of frost resistance of generative organs of fruit trees

Bilavčík A.¹, Bobrová O.^{1,2}, Faltus M.¹, Zámečník J.¹

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

²Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine NAS of Ukraine

Abstrakt

Generativní orgány ovocných dřevin jsou v posledních letech často poškozovány v období začátku rašení výskytem mrazových period, pozdními jarními mrazíky. V ČR probíhá šlechtění nových odrůd ovocných dřevin a je u nich potřeba stanovit mrazovou odolnost generativních orgánů v raných fenofázích. K porovnání vhodných postupů hodnocení mrazuvzdornosti byly vybrány dvě odrůdy meruňky, Candela a Sophinka, v různých fenofázích jarního vývoje. Pro porovnání průběhu poškození a charakterizaci stavu vody v pupenech byly použity metody diferenční skenovací kalorimetrie.

Klíčová slova: ovocné dřeviny, krystalizace ledu, termická analýza, květní pupeny

Abstract

In recent years, the generative organs of fruit trees are often damaged at the beginning of sprouting by the occurrence of frost periods, late spring frosts. Breeding of new varieties of fruit trees is underway in the Czech Republic and it is necessary to determine their frost resistance of generative organs in their early phenophases. Two apricot cultivars, Candela and Sophinka, at different phenophases of spring development were selected to compare suitable procedures for frost resistance evaluation. Differential scanning calorimetry methods were used to compare the course of damage and characterize the state of water in the buds.

Key words: fruit trees, ice crystallisation, thermal analysis, generative buds

Úvod

Navzdory globálnímu oteplování se riziko poškození rostlin mrazem ve vegetačním období může dokonce zvýšit, pokud dojde k začátku vegetace dříve, než odezní poslední jarní mrazy. Při porovnání klimatických faktorů působí mrazy jedny z největších ekonomických ztrát. V České republice se poškození sadů ovocných dřevin stává v posledních letech pravidlem. K významným škodám došlo v řadě posledních let a například u meruňek byla produkce v roce 2020 díky jarním mrazíkům přibližně čtvrtinová oproti předchozímu roku (Buchtová 2020). K poškození mrazem dochází, když jsou teploty nižší než kritické hodnoty způsobující poškození rostlinných pletiv. Mrazuvzdornost závisí na konkrétní genetické odolnosti daného genotypu a dalších faktorech. Zejména generativní orgány rostlin mají tendenci být méně odolné s postupujícím fenologickým vývojem, přičemž pro růst příznivé podmínky v dané fenofázi snižují odolnost orgánů či pletiv vůči mrazu. Poškození rostlin mrazem je způsobeno tvorbou ledu, který krystalizuje uvnitř anebo vně buněk. Intracelulární ledová krystalizace je pro buňky letální díky poruchám membránových systémů, které vedou až k fyzickému poškození buňky. Extracelulární ledová krystalizace poškozuje buňky především odnímáním vody z protoplastů buněk, čímž dochází k jejich dehydrataci. Ta je letální, pokud přesáhne míru tolerance. Při extracelulární krystalizaci může docházet k mechanickému poškození pletiv a buněk rostoucími ledovými krystaly. Když dojde u kvetoucího výhonu ovocného stromu k ledové krystalizaci, tak se ledové krystaly v pletivu šíří podle stupně předešlého podchlazení, teplotě a také dle případných bariér proti šíření ledových krystalů (Chalker-Scott, 1992; Zámečník a kol.,

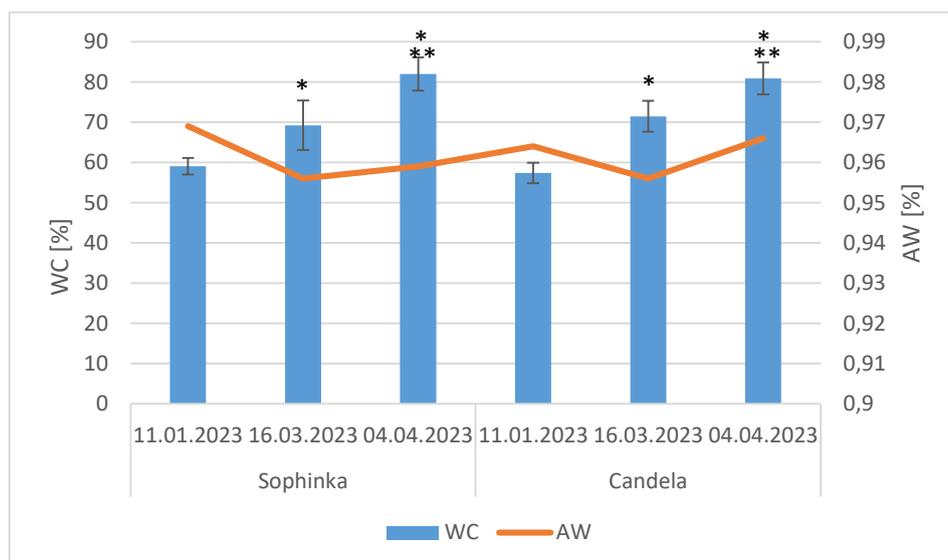
1994; Wisniewski a kol., 1997). Mrazová odolnost rostlinných orgánů a pletiv není stálá a s průběhem vývoje se mění. Při podzimním vstupu do dormance dochází působením nízkých teplot v rostlinách k řadě fyziologických adaptací ústících k otužení k nízké teplotě. V pletivech stoupá obsah jednoduchých nestrukturních sacharidů, prolinu a dalších kryoprotektivních látek (Keller a Loescher, 1989; Palonen, 1999; Bilavčík a kol., 2012). Po období maximální mrazuvzdornosti, s postupujícím zvyšováním teplot, tato odolnost klesá. Do jisté míry jsou rostliny schopné se při návratu nižších teplot opět otužit a zvýšit tím svoji mrazuvzdornost. Výše uvedené vnitřní fyziologické charakteristiky a teplotní průběh určují letální teploty, kdy dochází k poškození rostlinných orgánů a pletiv. V době nástupu do vegetace koreluje u generativních orgánů rostlin teplota poškození s teplotou, kdy v těchto orgánech dochází ke tvorbě krystalů ledu. Cílem práce bylo charakterizovat termické události v generativních orgánech u vybraných odrůd meruňky v různých fenofázích rašení pupenů pomocí termických metod diferenční skenovací kalorimetrie pro stanovení jejich poškození podnulovými teplotami.

Materiál a metody

Výhony meruňek materiál byly odebírány v průběhu předjarního a jarního období ze sadů VŠÚO Holovousy. Pro měření byly použity generativní pupeny z jednoletých dormantních výhonů meruňky (*Prunus armeniaca* L. var. *armeniaca*) odrůd 'Sophinka' a 'Candela'. Pro charakterizaci mrazového poškození byly vybrány fenofáze vývoje generativního pupene nalévání pupenů a rašení pupene, případně i fáze balonu. Pro kalorimetrické měření stanovení ledové krystalizace a celkového množství krystalické vody byly pupeny temperovány při 20 °C. Měření bylo prováděno v diferenčním skenovacím kalorimetru Q2000 (TA Instruments). Celé dormantní pupeny byly umístěny do hliníkové pánvičky a vloženy do DSC cely (20 °C). Termické vlastnosti byly měřeny v průběhu chlazení či ohřevu (10 °C min⁻¹, vzorkovací frekvence 0,2 s bod⁻¹, promývání průtokem 33 ml min⁻¹ dusíkem) a analyzovány pomocí software TA Instruments Universal Analysis 2000. Obsah vody (WC) ve vzorcích byl stanoven gravimetricky a vyjádřen jako procentní podíl z celkové hmotnosti vzorku (n=5). Aktivita vody (AW) byla měřena pomocí přístroje pro měření aktivity vody (HYGROPALM HC2-AW, Rotronic) (n=8). Naměřená data, teploty krystalizace a tání, byla porovnána pomocí statistického software Statistica 7.0 (StatSoft).

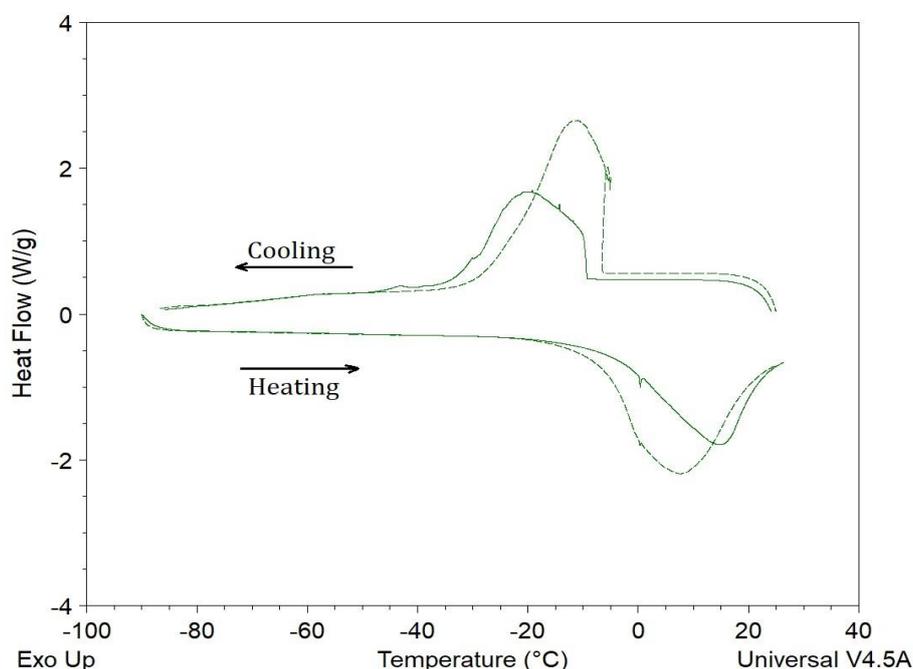
Výsledky

U prvního odběru, 11.1.2023, fenofáze nalévání pupenů, byl u generativních orgánů odrůd meruňky, Sophinka a Candela, obsah vody 59,0 % a 57,4 %. Aktivita vody byla v tomto odběru u odrůdy Sophinka a Candela 0,969 a 0,964. Ve druhém odběru, 16.3.2023, fenofáze rašení pupenů, byl u generativních orgánů odrůd meruňky, Sophinka a Candela, obsah vody 69,3 % a 71,5 %. Aktivita vody byla v tomto odběru u odrůdy Sophinka a Candela 0,956 a 0,956. U třetího odběru, 4.4.2023, fenofáze balonu, byl u generativních orgánů odrůd meruňky, Sophinka a Candela, obsah vody 82,0 % a 80,9 %. Aktivita vody byla v tomto odběru u odrůdy Sophinka a Candela 0,959 a 0,966. Souhrnné zobrazení průběhu změn obsahu a aktivity vody u sledovaných odrůd meruňky Sophinka a Candela je na obr 1.



Obr. 1. Změny obsahu vody (WC) a aktivity vody (AW) v generativních pupenech meruňky, odrůd Sophinka a Candela, před a po ukončení dormance. * označené hodnoty se významně liší od hodnot z 11.1.2023 ($P < 0.05$). ** označené hodnoty se významně liší od hodnot z 16.3.2023 ($P < 0.05$).

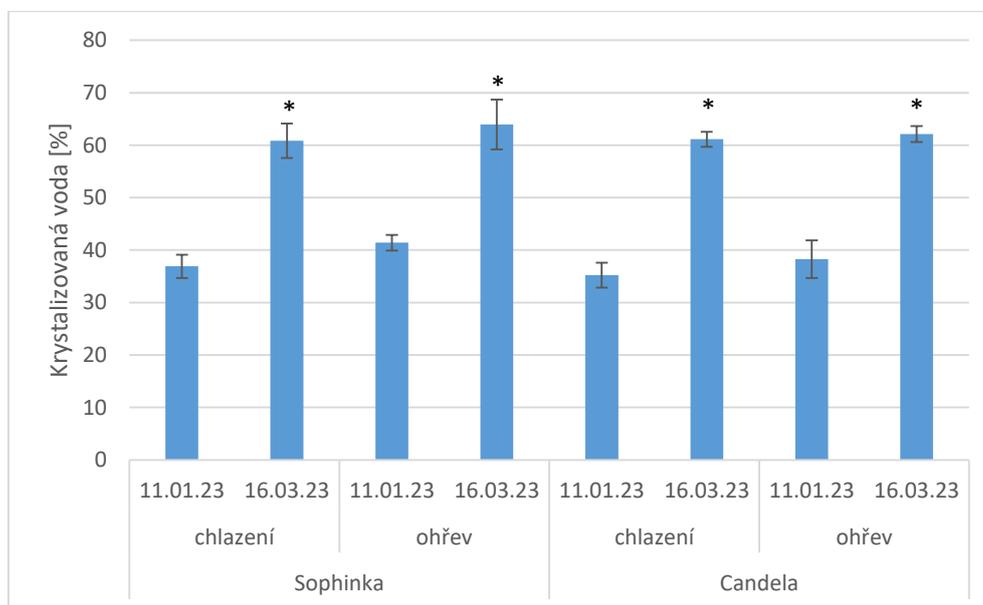
Ukázka termogramů generativních orgánů odrůdy meruňky Candela v průběhu chlazení a ohřevu je na obr. 2. V průběhu chlazení (cooling) byly zaznamenány exotermické píky odpovídající krystalizaci vody v pletivech. Během ohřevu (heating) krystalická voda přešla do kapalného skupenství - na křivce ohřevu detekováno jako endotermický pík. Plocha píku korespondovala s množstvím krystalické vody v měřeném vzorku.



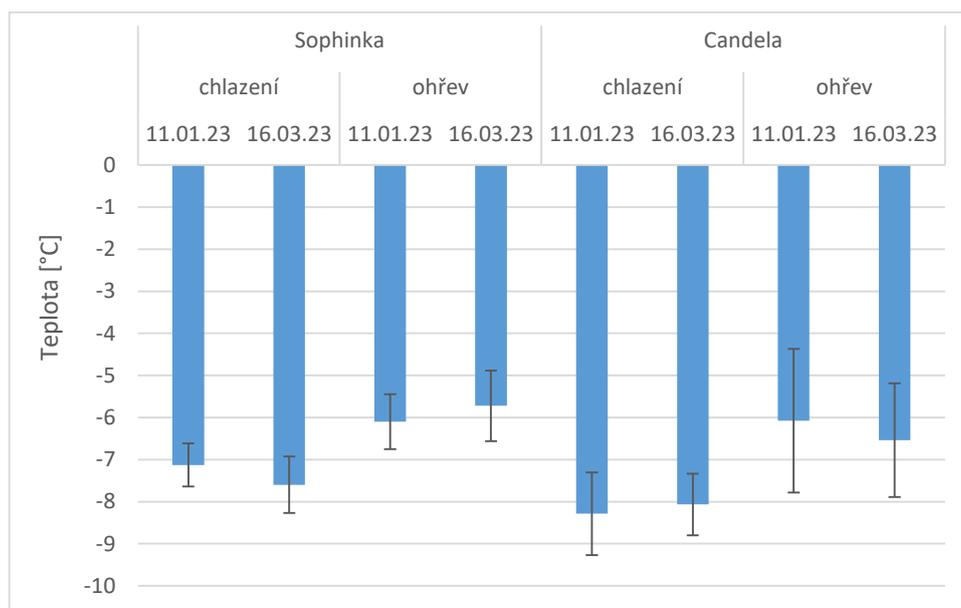
Obr. 2. DSC termogram generativních orgánů meruňky odrůdy Candela v různých obdobích roku/fenofázích: leden/nalévání pupene - plná čára, březen/rašení pupene - tečkovaná čára. V horní části křivky je pík krystalizace během chlazení a v dolní části křivky je pík tání během ohřevu. Velikost plochy píku odpovídá krystalizované vodě v pupenu. Rychlost chlazení a ohřevu byla $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$.

Na obr 3. je obsah krystalizované vody v generativních orgánech testovaných odrůd meruňky během chlazení a ohřevu ve fenofázi nalévání a rašení pupene. V průběhu chlazení generativních orgánů ve fenofázi nalévání vykazovala Sophinka a Candela obsah krystalizované vody 36,9 % a 35,2 %. Generativní orgány odrůd Sophinka a Candela při ohřevu vykazovaly hodnoty krystalizované vody 41,4 % a 38,2 %. Ve fenofázi rašení v průběhu chlazení generativních orgánů měly Sophinka a Candela obsah krystalizované vody 60,8 % a 61,1 %. Generativní orgány odrůd Sophinka a Candela při ohřevu vykazovaly hodnoty 63,9 % a 62,1 %.

Na obr 4. jsou teploty krystalizace generativních orgánů testovaných odrůd meruňky během chlazení a ohřevu ve fenofázi nalévání a rašení pupene. V průběhu chlazení generativních orgánů ve fenofázi nalévání byla teplota krystalizace odrůdy Sophinka a Candela $-7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Generativní orgány odrůd Sophinka a Candela při ohřevu vykazovaly hodnoty krystalizace $-6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve fenofázi rašení v průběhu chlazení generativních orgánů vykazovala Sophinka a Candela teplotu krystalizace $-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Generativní orgány odrůd Sophinka a Candela při ohřevu měly teplotu krystalizace $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 3. Procento krystalizované vody při chlazení a ohřevu generativních orgánů meruňky, odrůd Sofinka a Candela, ve fenofázi nalévání pupenů (11.1.2023) a rašení pupenů (16.3.2023). Rychlost chlazení a ohřevu byla $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$. * označené hodnoty se významně liší od hodnot z 11.1.2023 ($P < 0,05$).



Obr. 4. Teplota krystalizace vody při chlazení a ohřevu u generativních orgánů meruňky, odrůd Sofinka a Candela, ve fenofázi nalévání pupenů (11.1.2023) a rašení pupenů (16.3.2023). Rychlost chlazení a ohřevu byla 10 °C min⁻¹.

Diskuze

Při posuzování mrazové odolnosti rostlin se provádí pozorování na venkovních stanovištích. Tato pozorování mají nezastupitelný význam v hodnocení mrazuvzdornosti, avšak z hlediska spolehlivosti výskytu mrazových period a především vzhledem k nemožnosti standardizovaného porovnání působení vlivu nízké teploty je nutné vyžívat také laboratorní metody. Jednou z metod, která je pro posouzení mrazové odolnosti vhodná, jsou termická měření, která charakterizují chování vody při mrznutí rostlinných pletiv a orgánů. Teploty krystalizace vody a její podíl jsou znakem, který koresponduje s poškozením dané struktury (Proebsting a Mills, 1978, Meng a kol., 2007). Při stanovení obsahu a aktivity vody nebyly mezi oběma odrůdami nalezeny u generativních pupenů statisticky významné rozdíly. Během jejich jarního vývoje u nich docházelo k významnému zvyšování obsahu vody, ale ne u hodnot vodní aktivity, což odpovídá tomu, že dochází k obsahovým změnám během postupu do vyšších fenofází. U obou odrůd bylo dosaženo vyšších hodnot obsahu krystalizované vody při ohřevu oproti chlazení, což je dáno tím, že v orgánech dochází ke krystalizaci vody během dalšího postupu mrazení vzorku, či v průběhu ohřevu z ultranízkých teplot, do kterých jsou z důvodů postupu měření zmrazovány, viz obr 3. Jak dále z obr č. 3 a 4. vyplývá, tak nebyly významné rozdíly mezi odrůdami v rámci stejné fenofáze v hodnotách obsahu krystalizované vody, či teploty krystalizace. Na rozdíl od teplot krystalizace, kde nebyly rozdíly ani mezi sledovanými fenofázemi, u obsahu krystalizované vody došlo k výraznému zvýšení hodnot u generativních pupenů obou odrůd s průběhem vegetace – ve vyšší fenofázi, což ukazuje na zintenzivnění krystalizace a zvýšení pravděpodobnosti poškození generativních orgánů při jejich přechodu do pozdějších fenofází ledovými krystaly. V příspěvku jsou porovnány možnosti využití termických charakteristik k posouzení mrazového poškození generativních orgánů ovocných dřevin, konkrétně meruňky, během začátku jarního rašení. V dalším postupu prací se autoři zaměří na porovnání rozsáhlejšího spektra odrůd u více druhů.

Závěr

Vnitřní fyziologické charakteristiky generativních orgánů ovocných dřevin, jako je obsah a aktivita vody, podíl krystalické vody a teploty krystalizace určují hodnoty, při kterých dochází k poškození těchto orgánů v průběhu jejich vystavení nízkým teplotám. V poslední době k poškození generativních orgánů pozdními jarními mrazíky dochází se stále větší frekvencí. To vede ve šlechtění ovocných dřevin k větší pozornosti této problematice. V práci uváděný postup charakterizace mrazového poškození generativních orgánů u testovaných odrůd meruňky bude na pracovišti VÚRV, v.v.i. v Praze Ruzyni ve spolupráci s VŠÚO Holovousy využit pro stanovení mrazuvzdornosti nových perspektivních genotypů ovocných dřevin.

Literatura

- Bilavčík A, Zámečník J, Grospietsch M, Faltus M, Jadrná P, 2012 Dormancy development during cold hardening of in vitro cultured *Malus domestica* Borkh. plants in relation to their frost resistance and cryotolerance. *Trees*. 26(4):1181-92.
- Buchtová I., 2020 Situační a výhledová zpráva Ovoce 12/2020. Ministerstvo zemědělství, Praha, https://eagri.cz/public/web/file/666701/SVZ_Ovoce_12_2020.pdf
- Chalker-Scott L., 1992 Disruption of an ice-nucleation barrier in cold hardy *Azalea* buds by sublethal heat stress, *Annals of Botany* 70:409-418.
- Keller JD, Loescher W.H., 1989 Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. *J Amer Soc Hortic Sci*, 114, 969-975.
- Meng QR., Liang YQ., Wang WF., Du SH., Li YH., Yang JM., 2007 Study on supercooling point and freezing point in floral organs of apricot. *Agricultural Sciences in China*, 6(11):1330-1335.
- ProebstingELJr., Mills HH., 1978 Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103:192–198.
- Palonen P., 1999 Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(5):507-13.
- Wisniewski M., Lindow SE., Ashworth E., 1997 Observations of ice nucleation and propagation in plants using infrared video thermography. *Plant Physiol* 113:327–334.
- Zámečník J., Bieblova J., Grospietsch M, 1994 Safety zone as a barrier to root-shoot ice propagation. *Plant and soil*, 167(1):149-155.

Poděkování

Děkuji kolegům Ing. Luboru Zelenému a Ing. Pavlu Suranovi z VŠÚO Holovousy za poskytnutí rostlinného materiálu. Tato práce vznikla za podpory MZe, projektu QK21010200 a Institucionálního projektu VÚRV, v.v.i. RO0423.

Kontaktní adresa:

RNDr. Alois Bilavčík, Ph.D.

Tým fyziologie a kryobiologie rostlin, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

Tel.: +420 233022433, e-mail: bilavcik@vurv.cz

Vícenásobná selekce rostlin jetele lučního (*Trifolium pratense* L.) na vyšší fixaci dusíku pomocí acetylen redukční metody

Multiple plant selection of red clover (*Trifolium pratense* L.) for higher nitrogen fixation by acetylene reduction assay

Dybová M.¹, Trněný O.², Hofbauer J.², Staveníková J.², Matoušková M.²

¹Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o., Zahradní 400/1, 664 41 Troubsko;

²Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Zahradní 400/1, 664 41 Troubsko

Abstrakt

Jetel luční (*Trifolium pratense* L.) patří mezi významné pícniny. Díky symbióze s hlízkovými bakteriemi z čeledi Rhizobiaceae, které fixují vzdušný dusík pomocí enzymu nitrogenáza, zvyšuje obsah dusíku v půdě. Nitrogenázovou aktivitu lze měřit acetylen redukční metodou (ARA), která využívá schopnosti nitrogenázy redukovat acetylen na etylen, podobně jako dusík na amoniak. Tato práce je zaměřena na selekci rostlin jetele lučního s cílem navýšit biologickou fixaci dusíku. Selekcce byla prováděna na základě ARA. U potomků vybraných rostlin nedošlo k navýšení nitrogenázové aktivity, ale podařilo se snížit rozptyl hodnot a zvýšit čerstvou hmotnost rostlin. Tito potomci jsou vhodným materiálem pro další šlechtění.

Klíčová slova: biologická fixace dusíku, jetel luční (*Trifolium pratense*), acetylen redukční metoda

Abstract

Red clover (*Trifolium pratense* L.) is an important fodder crop. It has a symbiotic relationship with rhizobia bacteria, which fix nitrogen from the air through the enzyme nitrogenase. This symbiosis increases the nitrogen content in soil. Nitrogenase activity can be measured by the acetylene reduction assay (ARA), which uses the ability of nitrogenase to reduce acetylene to ethylene, similar to reducing nitrogen to ammonia. This study focuses on a selection of red clover for higher biological nitrogen fixation. The selection was made on the basis of ARA. An increase in nitrogenase activity was not achieved, but the variability of the values was reduced and the fresh weight of the plants was increased. These offspring are suitable material for further breeding.

Keywords: biological nitrogen fixation, red clover (*Trifolium pratense*), acetylene reduction assay

Úvod

V zemědělství má významnou roli čeleď bobovité (Fabaceae) díky svým druhům, které jsou pěstovány jako luskoviny nebo zdroj píce. Jednou ze základních pícnin z této čeledě je jetel luční (*Trifolium pratense*), který je bohatý na bílkoviny a vitamíny. Významné množství bílkovin obsahuje díky mutualistické symbióze s hlízkovými bakteriemi (*Rhizobium leguminosarum*), které redukuje vzdušný dusík na amoniak. Jetel je významným zlepšovatelem kvality půdy nejen kvůli zmíněné symbióze (udává se, že jetel může do půdy nafixovat až 300 kg dusíku na hektar za rok; Peoples et al., 1995; Mikanová a Šimon, 2013), ale také kvůli svému hlubokému křovitému a větvenému kořenu, který nedřevnatí. Má poměrně krátkou vytrvalost (2-4 roky). Je vhodný i do méně úrodných půd, snáší kyselé půdy (až pH 5,0). Vyžaduje půdy na povrchu ulehle a dostatečně zásobené vláhou. V kyprých půdách trpí vymrzáním. Jetel je

pěstován a využíván různými způsoby: v čisté kultuře, v kombinaci s travami, ve směsi, k pastevním účelům, na seno nebo na siláž (Pelikán, Hýbl a kol., 2012).

Interakce mezi kořenovými systémy bobovitých rostlin a hlízkovými bakteriemi jsou druhově vysoce specifické. Jeden bakteriální kmen nebo biovar je často schopen vytvořit funkční hlízky pouze s jedním nebo několika rostlinnými druhy, což do značné míry určuje efektivitu tvorby hlízek a fixace dusíku (Mytton, 1984). Druhy leguminóz se značně liší v intenzitě symbiotické fixace dusíku, nicméně potenciální množství fixovaného dusíku je několikanásobně vyšší než množství dusíku obvykle fixovaného na polích (Vance, 1998). I když je biologická fixace dusíku ovlivňována mnoha faktory, je odhadovaná vysoká heritabilita, a tak lze množství nafilovaného dusíku zvýšit prostřednictvím selekce (Vance, 1998; podrobněji v Provorov a Tikhonovich, 2003).

Fixace dusíku je možná díky bakteriálnímu enzymu niktrogenáza, který katalyzuje rozštěpení trojné vazby v molekule vzdušného dusíku a vzniku amonného kationtu. Pro kvantifikaci jeho aktivity se využívá acetylén redukční metoda. Ta je založena na měření množství etylénu vzniklého redukcí acetylénu, neboť enzym niktrogenáza umí redukovat jak molekulární vzdušný dusík, tak acetylén. Tato redukce má stejné požadavky na redukční činidlo a ATP jako redukce dusíku na amoniak. I když v minulosti byla tato metoda kritizována, několik pozdějších studií potvrdilo, že je v počátečních fázích šlechtění velmi vhodná pro vyloučení genotypů s nízkou efektivitou fixace dusíku (podrobněji v Provorov a Tikhonovich, 2003).

Tento článek ukazuje selekci rostlin jetele lučního na vyšší biologickou fixaci dusíku, v rámci čehož byla využita acetylén redukční metoda. Na základě výsledků byli vybráni nejvíce fixující jedinci, kteří jsou dále mezi sebou kříženi a poslouží jako šlechtitelský materiál pro vznik nové odrůdy.

Materiál a metody

Rostlinný materiál

Semínka jetele lučního byly po jednom zasety do květináčů s perlitem a zalévány dle potřeby dusík deficientní zálivkou (Koncentrace makroprvků v zásobních roztocích, ředěny 100x: 50 g/l K_2HPO_4 ; 37 g/l $CaCl_2 \cdot 2 H_2O$; 15 g/l $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$. Koncentrace mikroprvků v zásobních roztocích, ředěny 1000x: 13,5 g/l $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$; 50,3 g/l Chelaton 3; 125 mg/l $Na_2MoO_4 \cdot 5 H_2O$; 2900 mg/l H_3BO_3 ; 80 mg/l $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$; 1800 mg/l $MnCl_2 \cdot 4 H_2O$; 220 mg/l $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$). Inokulace semenáčků rhizobiálním kmenem získaným ze sbírky VÚRV Praha-Ruzyně (*Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*; označení: Jetel luční 4N 18 Cripp-D738) proběhla 2 až 3 týdny po vysetí. *Rhizobium* bylo kultivováno v tekutém médiu (yeast mannitol) [10 g/l mannitol; 0,5 g/l K_2HPO_4 ; 0,2 g/l $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$; 0,1 g/l NaCl a 0,5 g/l kvasnicový extrakt (Tittabutr et al., 2007)]. Na jednu skleněnou kuličku se zmrazenou bakteriální kulturou bylo přidáno 125 ml média. Inokulum bylo promícháváno na třepače o rychlosti 115 rpm, při 25 °C, ve tmě, po dobu 3 dnů. Koncentrace mikroorganismů po ukončení kultivace byla řádově 10^9 CFU/ml (colony forming units). Bezprostředně před inokulací bylo inokulum naředěno vodou na výslednou koncentraci 10^8 CFU/ml. Po 11 až 13 týdnech, kdy většina rostlin začínala kvést, nebo měla alespoň jednu květní lodyhu, proběhlo měření niktrogenázové aktivity pomocí acetylén redukční metody. Rostliny s nejvyššími hodnotami byly vysazeny a kříženy mezi sebou.

V roce 2018 proběhlo měření niktrogenázové aktivity u rostlin tetraploidních odrůd Atlantis (A), Gregale, Nodula a Tempus (T), vždy po 100 jedincích. Rostliny s nejlepšími hodnotami byly vysazeny, očíslovány dle pořadí při měření (tedy např. AX) a zkříženy v izolátorech prostřednictvím čmeláků. V roce 2021 byla vyseta semínka z křížených rostlin odrůd A a T. Opět proběhlo měření niktrogenázové aktivity, vysazení nejlepších rostlin (očíslování AX/Y nebo TX/Y) a jejich zkřížení. V roce 2023 byla vyseta semínka rostlin křížených v roce 2021. Nejlepší rostliny byly opět vysazeny (očíslování AX/Y_Z nebo TX/Y_Z) a zkříženy.

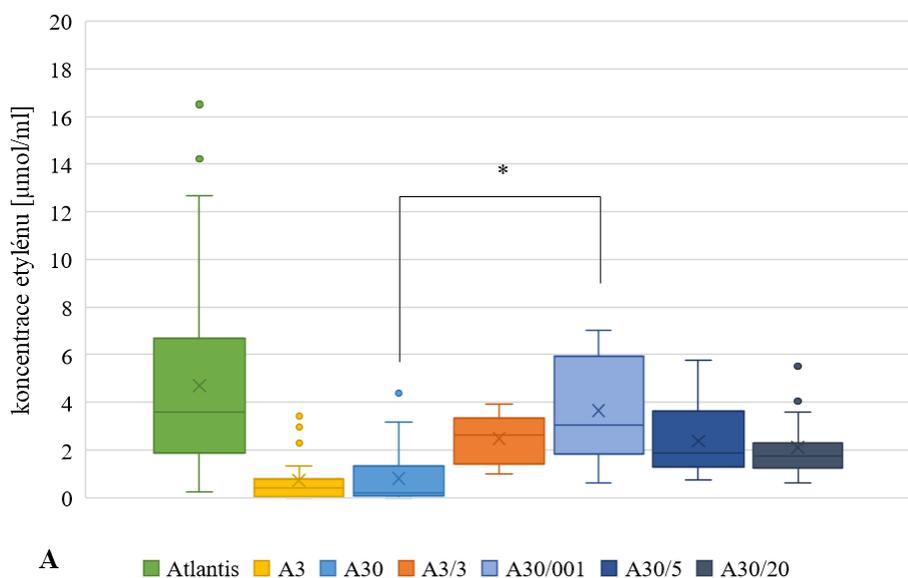
Acetylen redukční metoda

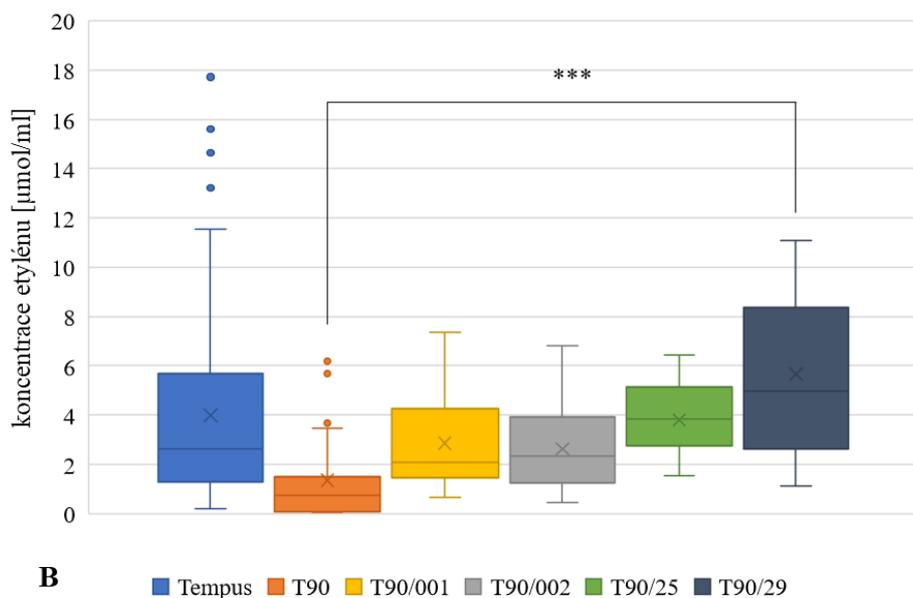
Rostliny byly vyjmuty z květináče s perlitem a byla jim odstřižnuta nadzemní část přibližně 2 až 3 cm nad bází. Prýt i kořenový systém byly zváženy. Kořenový systém byl vložen do sklenice o objemu 330 ml s plynotěsným uzávěrem a pomocí injekční stříkačky bylo k němu aplikováno 10 ml acetylénu. Po 30 minutách inkubace byl z každé sklenice odebrán 1ml vzorek plynu opět pomocí injekční stříkačky. V tomto vzorku bylo stanoveno množství vyprodukovaného etylenu pomocí plynového chromatografu CHROM 5 (upraveno dle Hardy et al., 1968 a Šimon a Mikanová, 2009). Hodnoty byly přepočítány na koncentraci etylénu v $\mu\text{mol/ml}$ ve vzorku $[(\text{plocha píku vzorku} * \text{koncentrace standardu v ppm}) / (\text{plocha píku standardu} * \text{objem 1 mol plynu})]$.

Rozdíly v koncentraci etylénu a čerstvé hmotnosti kořenového systému a prýtu mezi potomky a rodičovskými populacemi byly testovány v programu R. Byla využita jednocestná ANOVA následovaná Tukeyho testem pro mnohonásobné porovnání.

Výsledky

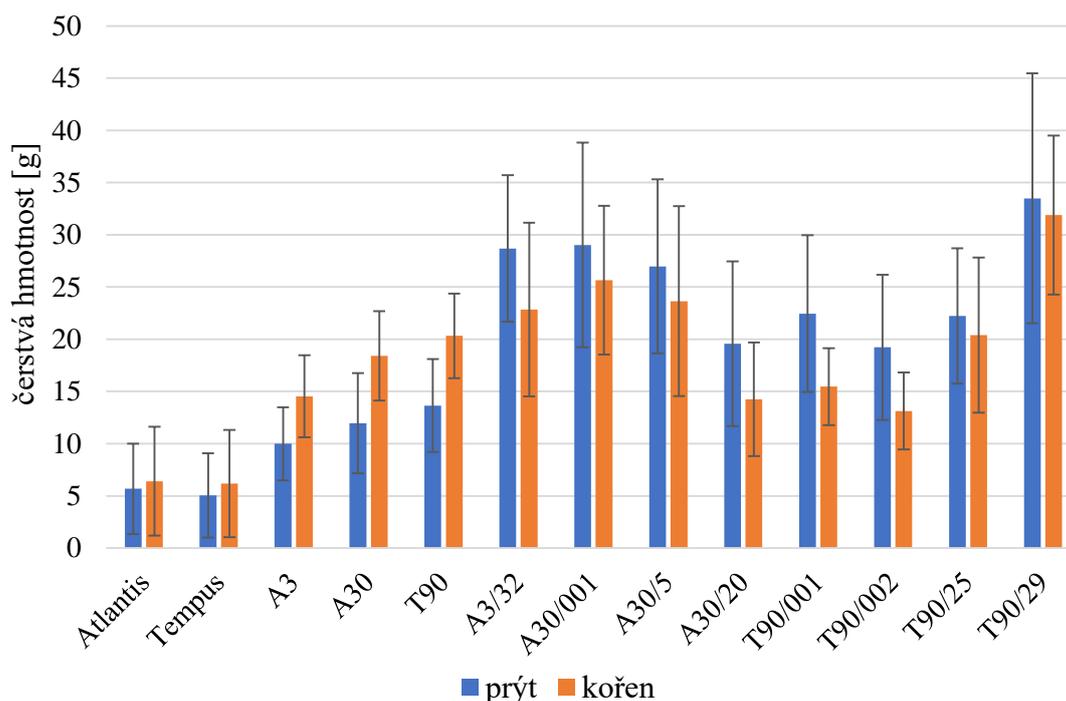
Na základě selekce probíhající po dvě generace (výběr genotypů s nejvyšší naměřenou nitrogenázovou aktivitou) se nám podařilo snížit rozptyl naměřených hodnot koncentrace etylénu u jedinců pocházejících ze stejné mateřské rostliny (Graf 1). Průměrnou hodnotu výchozí odrůdy, která je ovlivněna odlehlými hodnotami, překročily po druhé selekci pouze rostliny genotypu T90/29, zvýšení mediánu bylo zaznamenáno u genotypů T90/25 a T90/29. U žádného z potomků nepřesáhla hodnota koncentrace etylénu nejvyšší naměřenou hodnotu u výchozích rodičovských genotypů. Výrazně nízké hodnoty koncentrace etylénu po první selekci (genotypy: A3, A30 a T90) byly dány silným napadením kořenů hnilobou. Pro snazší vyznání se v grafu jsme označili statisticky významné rozdíly pouze u genotypů, kde došlo po selekci ke zvýšení nitrogenázové aktivity. Zvýšení bylo naměřeno u genotypu A30/001 oproti A30 ($p < 0,05$) a u T90/29 oproti T90 ($p < 0,001$). Ke statisticky významnému snížení došlo u všech genotypů po první selekci (oproti výchozí odrůdě) a to na hladině významnosti $p < 0,001$ a u genotypů A30/5 a A30/20 oproti výchozí odrůdě ($p < 0,05$).





Graf 1: Koncentrace etylénu vyprodukovaného rostlinami jetele lučního odrůd Atlantis (A) a Tempus (B) a jejich potomky při acetylen redukční metodě. Označení genotypů viz Materiál a metody. Křížek – průměr; čára v obdélníku – medián; obdélník – data mezi prvním a třetím kvartilem; chybové úsečky – variabilita mimo horní a dolní kvartily; jednotlivé body – odlehlé hodnoty; * - $p < 0,05$; *** - $p < 0,001$.

Průměrná čerstvá hmotnost prýtu i kořenového systému byla u všech genotypů potomků větší než už u výchozích odrůd (Graf 2). První dva roky měření byla zaznamenána větší průměrná čerstvá hmotnost u kořenového systému oproti prýtu, ve třetím roce měření byla u všech genotypů větší průměrná čerstvá hmotnost prýtu. Větší čerstvá hmotnost kořenového systému u potomků po první selekci může být dána také silným výskytem hniloby, neboť rostlina musí investovat do tvorby nových zdravých kořenů. Tím se jejich množství, a tedy i čerstvá hmotnost kořenového systému, zvyšuje. Kvůli mnoha informacím a orientaci v grafu jsou statisticky významné rozdíly popsány pouze slovně bez znázornění v grafu. Všichni potomci obou výchozích odrůd, jak po první tak po druhé selekci, měli signifikantně vyšší čerstvou hmotnost kořenového systému i prýtu na hladině významnosti $p < 0,001$ (kromě prýtu genotypu A3; $p < 0,01$). Ke zvýšení čerstvé hmotnosti kořenového systému došlo po druhé selekci pouze u genotypů A3/32, T90/002 a T90/29 ($p < 0,001$). Snížení bylo zaznamenáno u genotypů A30/001 ($p < 0,01$), T90/001 ($p < 0,05$) a T90/002 ($p < 0,001$). Také byl zaznamenán rozdíl mezi potomky po druhé selekci, kdy rostliny genotypu A30/20 měly lehčí kořenový systém než rostliny genotypů A30/001 a A30/5 ($p < 0,001$). V případě odrůdy Tempus měl největší čerstvou hmotnost kořenového systému genotyp T90/29 ($p < 0,001$). Rozdíl byl také zaznamenán u genotypů T90/002 a T90/25 ($p < 0,01$), kdy T90/25 byla těžší. U čerstvé hmotnosti prýtu je velmi podobná situace jako u kořenového systému, jen s tím rozdílem, že po obou selekcích byla čerstvá hmotnost potomků vždy větší než u mateřské rostliny ($p < 0,05$ až $p < 0,001$).



Graf 2: Čerstvá hmotnost prýtu a kořenového systému rostlin jetele lučního odrůd Atlantis (A) a Tempus (T) a jejich potomků. Označení genotypů viz Materiál a metody. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku.

Diskuse

V rámci dvoukolové selekce jsme sice nedosáhli zvýšení aktivity nitrogenázy oproti výchozím odrůdám, ale snížili jsme rozptyl měřených hodnot. Díky homogenizaci nitrogenázové aktivity může docházet k rovnoměrnějšímu přísunu dusíku do půdy prostřednictvím rostlin jetele v rámci celého pole. Tento vstup dusíku do půdy je velmi důležitý, neboť snižuje spotřebu syntetických dusíkatých hnojiv, jejichž výroba je velmi energeticky náročná a uvolňuje se během ní velké množství oxidu uhličitého (Erismann et al., 2008; Weith et al., 2022).

Změna poměru průměrné čerstvé hmotnosti ve prospěch prýtu může být dána homogennějším příjmem dusíku. Neboť rostlina ke svému správnému růstu a vývoji potřebuje dusík (podrobně v Leghari et al., 2016), ale zároveň musí být schopna pokrýt energetickou náročnost fixace vzdušného dusíku hlízkovými bakteriemi (Halbleib a Ludden, 2000), a tak potřebuje mít dostatečně velký a vyvinutý prýt. Vyšší čerstvá hmotnost kořenového systému po první selekci oproti výchozím odrůdám byla dána přítomností kořenů napadených hnilobou.

Závěr

Pomocí acetylen redukční metody jsme provedli dvě selekce rostlin jetele lučního odrůd Atlantis a Tempus za účelem zvýšení nitrogenázové aktivity u potomků. Zvýšit nitrogenázovou aktivitu se nám nepovedlo, ale docílili jsme homogenizace naměřených hodnot a zvýšení čerstvé hmotnosti jak prýtu, tak kořenového systému. Takto selektované rostliny mohou být využity jako vstupní materiál pro další šlechtění na vyšší biologickou fixaci dusíku.

Literatura

- Erisman J. W., Sutton M. A., Galloway J., Klimont Z a Winiwarter W. (2008) How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 1 (10): 636-639.
- Halbleib C. M. a Ludden P. W. (2000) Regulation of biological nitrogen fixation. *The Journal of Nutrition*, 130 (5): 1081-1084.
- Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K. a Burns R. C. (1968) The acetylene – ethylene assay for N₂ fixation: Laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*, 43: 1185-1207.
- Laghari S. J., Wahocho N. A., Laghari G. M., Laghari A. H., Bhabhan G. M. a Talpur K. H. (2016) Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Advances in Environmental Biology*, 10 (9): 209-218.
- Mikanová O. a Šimon T. (2013) Alternativní výživa rostlin dusíkem. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.
- Mytton L. R. (1984) Developing a breeding strategy to exploit quantitative variation in symbiotic nitrogen fixation. *Plant and Soil*, 82 (3): 329-335.
- Pelikán J., Hýbl M., Hutyrková H., Knotová D., Minjaríková P., Nedělník J., Raab S. a Vymyslický T. (2012) Rody a druhy vyskytující se v České republice. Rostliny čeledi *Fabaceae* LINDL. (bobovité) České republiky. Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko.
- Peoples M. B., Herridge D. F. a Ladha J. K. (1995) Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, 174: 3-28.
- Provorov N. A. a Tikhonovich I. A. (2003) Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50 (1): 89-99.
- Tittabutr P., Payakapong W., Teaumroong N., Singleton P. W. a Boonkerd N. (2007) Growth, survival and field performance of Bradyrhizobial liquid inoculant formulations with polymeric additives. *Science Asia*, 33: 69-77.
- Šimon T. a Mikanová O. (2009) Principy a nové směry selekcí hlízkových bakterií pro výrobu inokulačních preparátů. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.
- Vance C. P. (1998) Legume symbiotic nitrogen fixation: Agronomic aspects. *The Rhizobiaceae*. Spaink H. P., Kondorosi A. a Hooykaas P. J. J., Eds. Springer Netherlands. Dordrecht, The Netherlands. 509-530.
- Weith S. K., Jahufer M. Z. Z., Hofmann R. W., Anderson C. B., Luo D., Ehoche O. G., Cousins G., Jones E. E., Ballard R. A. a Griffiths A. G. (2022) Quantitative genetic analysis reveals potential to breed for improved white clover growth in symbiosis with nitrogen-fixing *Rhizobium* bacteria. *Frontiers in Plant Science*, 13: 953400.

Poděkování

Výsledek vznikl s institucionální podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko a za finanční podpory TAČR při řešení výzkumného projektu Efektivní biotechnologie pro syntézu populačních čipů a její ověření na pilotní matici rostlinného materiálu TH02010351.

Kontaktní adresa:

Mgr. Magdaléna Dybová
Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o. Troubsko
Zahradní 400/1, 664 41 Troubsko
Tel.: 547 138 810
E-mail: dybova@vupt.cz

Vliv skladování pylu chmele při teplotě kapalného dusíku na jeho životnost a schopnost opylování

Effect of storage of hop pollen at liquid nitrogen temperature on its longevity and pollination ability

Faltus M.¹, Svoboda P.², Nesvadba V.², Bilavčík A.¹, Zámečník J.¹

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

²Chmelařský institut Žatec, s.r.o.

Abstrakt

Uchování pylu v kapalném dusíku je jednou z metod dlouhodobého skladování pylu, která umožňuje zachovat jeho životaschopnost a fertilizační schopnost. Cílem této studie bylo porovnat životnost pylu chmele po uchování v kapalném dusíku s životností čerstvého pylu. Termické vlastnosti byly hodnoceny pomocí diferenční skenovací kalorimetrie (DSC). Životnost pylu byla stanovena pomocí mikroskopu a vitálního barvení s neutrální červení. Výsledky ukázaly, že uchování pylu v kapalném dusíku neovlivnilo negativně jeho životnost ani fertilizační schopnost. Z toho vyplývá, že uchování pylu chmele v kapalném dusíku je vhodnou metodou pro dlouhodobé skladování a zachování genetických zdrojů chmele.

Klíčová slova: diferenční skenovací kalorimetrie, *Humulus lupulus*, pyl, termická analýza, tkáňové kultury

Abstract

Preservation of pollen in liquid nitrogen is one of the methods of long-term pollen storage that allows preserving its viability and fertilizing ability. The aim of this study was to compare the longevity of hop pollen after storage in liquid nitrogen with that of fresh pollen. Pollen viability was determined using a microscope and vital staining with neutral red. The results showed that the preservation of pollen in liquid nitrogen did not negatively affect its lifespan or fertilization ability. It follows that the preservation of hop pollen in liquid nitrogen is a suitable method for long-term storage and preservation of hop genetic resources.

Keywords: differential scanning calorimetry, *Humulus lupulus*, pollen, thermal analysis, tissue cultures

Úvod

Pyl chmele je důležitým zdrojem genetické variability pro šlechtění nových odrůd chmele s požadovanými vlastnostmi. Pyl chmele je ovšem poměrně krátkodobě životaschopný a rychle ztrácí svoji fertilizační schopnost. Proto je nutné hledat metody, jak efektivně skladovat a uchovat pyl chmele pro budoucí použití. Jednou z možných metod je uchování pylu v kapalném dusíku. Kapalný dusík má teplotu -196 °C, což umožňuje zastavit metabolické procesy a enzymatickou degradaci biomolekul v buňkách pylu. Tím se prodlužuje životnost a zachovává fertilizační schopnost pylu (Vishwakarma *et al.* 2021).

Uchování pylu v kapalném dusíku bylo úspěšně použito u mnoha rostlinných druhů, jako jsou například obiloviny, luštěniny, zelenina, ovoce, okrasné rostliny a lesní dřeviny (Rajasekharan *et al.* 2019, Ganeshan *et al.* 2018, Omura *et al.* 2018, Benson 2018). U chmele však existuje jen málo studií, které by se zabývaly touto metodou (Gaudet *et al.* 2018).

Cílem této studie bylo porovnat životnost pylu chmele po uchování v kapalném dusíku s životností čerstvého pylu. Byla testována hypotéza, že uchování pylu v kapalném dusíku neovlivní negativně jeho životnost ani fertilizační schopnost.

Materiál a metody

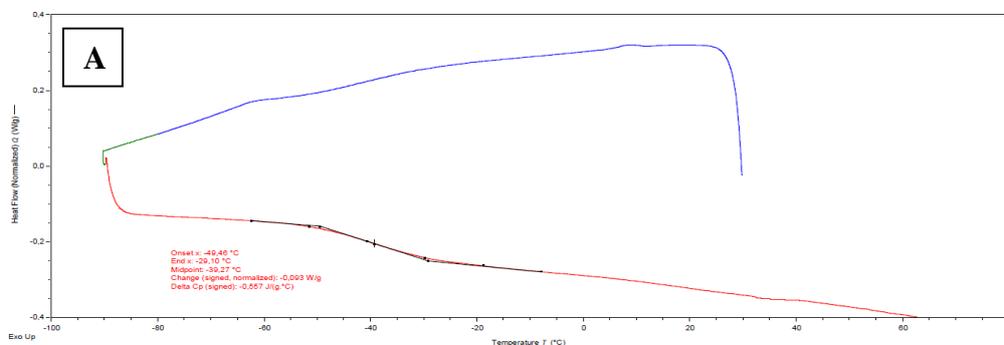
Vzorky pylu byly odebrány z rostlin na pracovišti Chmelařského institutu, s.r.o. v Žatci. U vybraných genotypů chmele byly odebrány samčí květenství z vybraných genotypů samčích rostlin chmele dvou genotypů s označením P57 a 86/4 pro testování termických vlastností pylu, vitálního barvení a testy fertility. Po dozrání prašníků byla z mateřských rostlin odebrána květenství a ta byla umístěna v laboratorních podmínkách. V průběhu 3 dní a došlo k zaschnutí květenství ke spontánnímu uvolňování pylových zrn. Pyl byl následně sesypán do plastových zkumavek a uložen v chladu (4 °C). Metoda diferenční skenovací kalorimetrie byla využita ke stanovení teploty fázových přechodů. Byl použit diferenční skenovací kalorimetr TA Discovery Multi-Sample X3 DSC s RCS (TA Instruments, USA) v rozsahu - 90 až + 60 °C, při rychlosti chlazení i ohřevu 10 °C/min., s využitím hliníkových, hermeticky uzavřených pánviček. Při ohřevu byla stanovena teplota skelného přechodu.

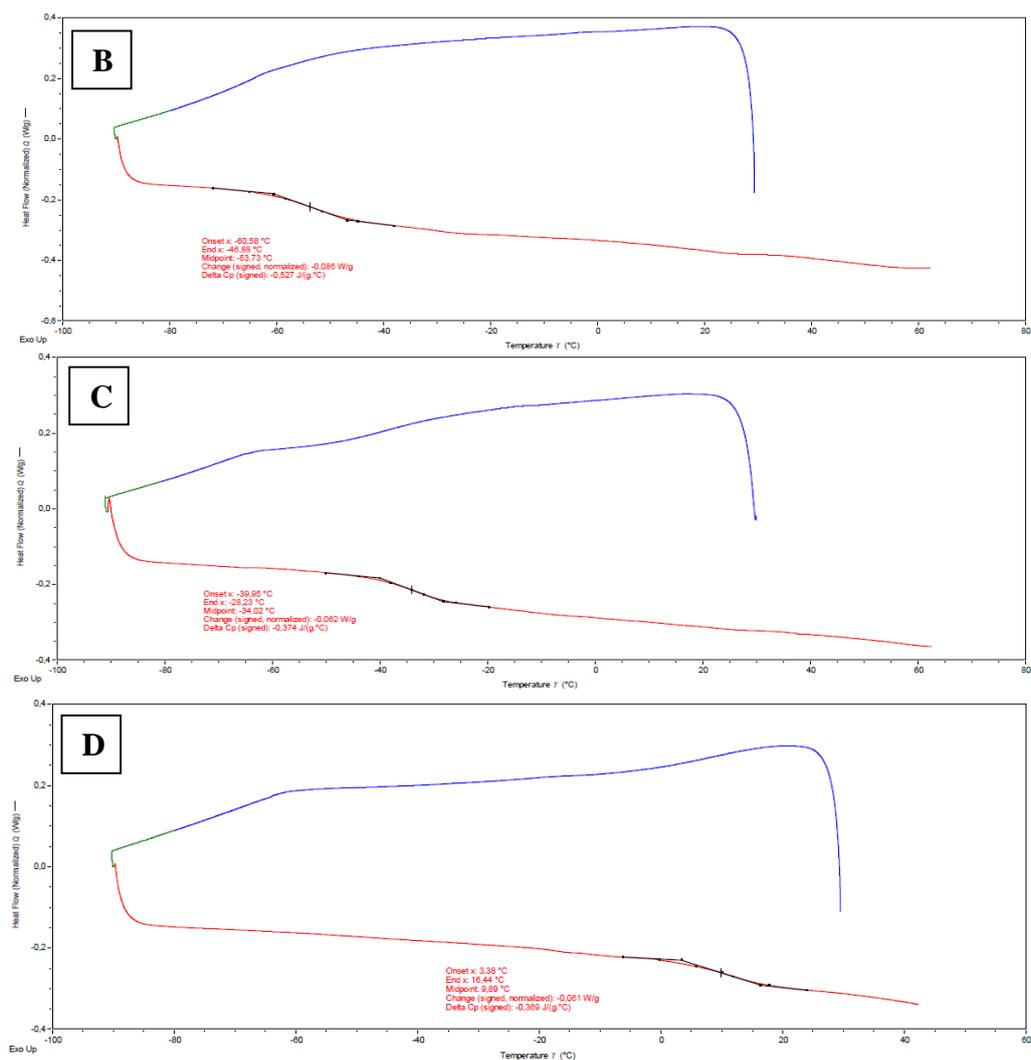
Vitalita pylu byla hodnocena s využitím vitálního barvení za pomoci barviva neutrální červeně (Sigma Aldrich). Mikroskopické snímky byly pořízeny pomocí mikroskopu Carl Zeiss Amplitval při použití objektivů 16x a 40x, digitální kamery CMOS 570 a programu Capture2.1 a z pořízených snímků byl stanoven podíl defektních pylových zrn, které se vyznačovaly deformací povrchu pylu a absencí barvy použité neutrální červeně.

Fertilita pylu byla hodnocena opylením samičích květenství a kontrolou tvorby semen. Byl proveden odběr pylu čerstvého pylu samce genotypu 86/4 a současně tři vzorky pylu chmele označené číslem 86/4/2020, 86/4/2021 a 86/4/2022 byly vyjmuty z kapalného dusíku a se všemi vzorky bylo provedeno pokusné opylení samičích rostlin chmele.

Výsledky a diskuze

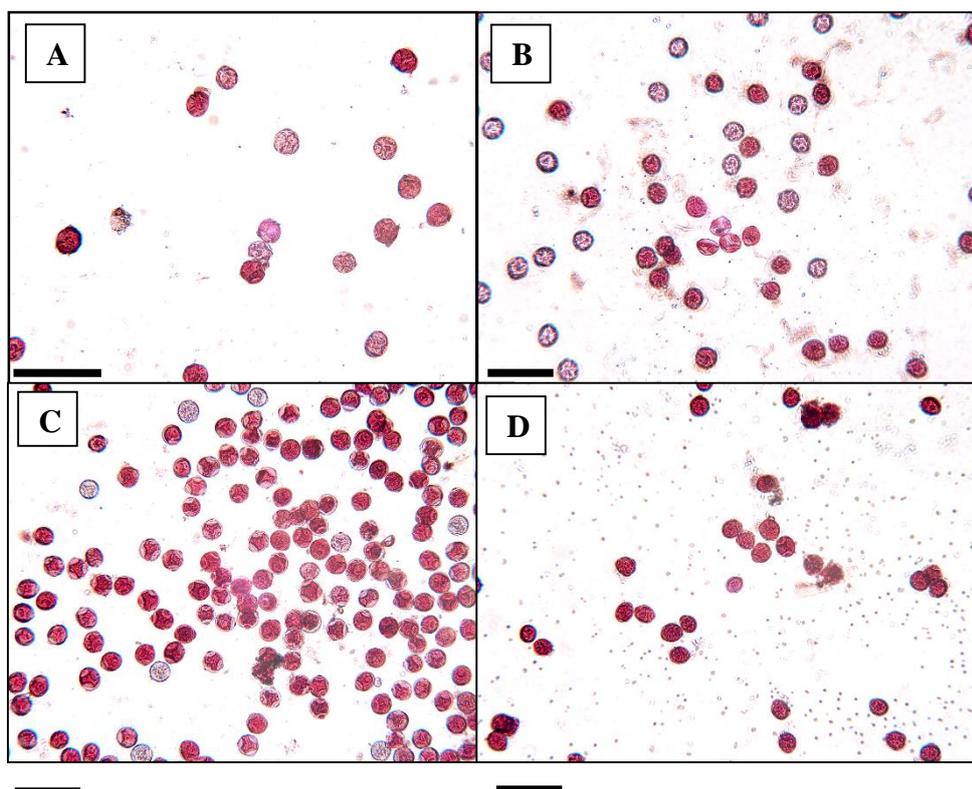
Pro testy byly použity čtyři rozdílné vzorky pylu: (A) částečně degradovaný pyl uchovávaný v exikátoru po dobu 1 roku – genotyp P57, (B) pyl uchovávaný pomocí kryoprezervace ze sklizně 2021 – genotyp 86/4, (C) pyl uchovávaný pomocí kryoprezervace ze sklizně 2022 – genotyp 86/4, (D) pyl čerstvý ze sklizně 2023 – genotyp 86/4. Na základě vizuálního hodnocení bylo patrné, že první varianta pylu byla částečně degradovaná, protože pyl ztratil jasně žlutou barvu a částečně zešedl, u druhé varianty se tvořily hrudky, ale to bylo pozorováno bezprostředně po sklizni, u třetí a čtvrté varianty byl pyl žlutý a sypký.





Obrázek 1. Termogramy z termické analýzy vzorků pylu chmele (A) genotypu P57 z roku 2022, který byl uchovávan v exikátoru při pokojové teplotě, (B) genotypu 86/4 z roku 2020 a (C) stejného genotypu z roku 2021 uchovávaného pomocí kryokonzervace a čerstvého vzorku stejného genotypu z roku 2023 (D). Na křivkách jsou vyznačeny termické efekty, které mají charakter skelného přechodu, a jsou charakterizovány teplotou skelného přechodu, množství uvolněné energie termického jevu na jednotku hmotnosti vzorku a měrná tepelná kapacita termického jevu vzorku.

Při hodnocení vzorků pylu pomocí termické analýzy bylo zjištěno, že všechny genotypy byly dobře vysušeny, protože u žádného vzorku nebyly detekovány píky spojené s mrznutím a táním vzorku. Naopak u všech vzorků byl detekován skelný přechod, avšak hodnoty teploty skelného přechodu se mezi sebou významně lišily (Obr. 1). U první varianty (A) byla hodnota skelného přechodu $-39,3$ °C, u druhé varianty (B) $-53,7$ °C, u třetí varianty (C) -34 °C a u čtvrté (D) $9,9$ °C. I když byla hodnota skelného přechodu u varianty (A) odpovídající pro uchování v kapalném dusíku, došlo k degradaci pylu z důvodu uchování při vyšší teplotě. Při porovnání varianty (B) a (C) lze předpokládat, že hrudkovitost pylu souvisela pravděpodobně s vyšším obsahem vody u varianty (B) ve srovnání s variantou (C), která z tohoto důvodu měla vyšší teplotu skelného přechodu. Překvapivě u posledního vzorku (D) byla hodnota skelného přechodu nad bodem mrazu, což by ukazovalo na možnost úspěšně uchovávat této pyl v chladničce.



Obrázek 2. Mikroskopické snímky pylu chmele (A) genotyp P57 z roku 2022, který byl uchovávan v exikátoru při pokojové teplotě, genotyp 86/4 z roku 2020 (B), stejný genotyp z roku 2021 (C) uchovávaný pomocí kryokonzervace v kapalném dusíku a čerstvý pyl genotypu 86/4 z roku 2023 (D). Černé úsečky reprezentují 50 μm , červeně vybarvená jsou plně životoschopná pylová zrna, světleji obarvená zrna značí snížení životoschopnosti, neobarvená a deformovaná zrna znamenají poškození pylu a ztrátu životoschopnosti.

Všechny vzorky pylu byly ošetřeny vitálním barvivem (neutrální červeň) pro posouzení vitality pylu (Obr. 2). U první varianty (A) byla vitalita pylu nízká (10 %), což odpovídalo vizuálnímu hodnocení kvality pylu. U varianty (B) byla variabilita pylu proměnlivá kolem 50 %. To by mohlo naznačovat, že zmíněná hrudkovitost pylu značí jistou míru jeho degradace spojenou s poklesem vitality. Nejvyšší vitalita pylu byla zjištěna u varianty (C), kde dosahovala 90 %. Podobně vysoká vitalita byla zjištěna i čerstvého pylu (D).

Vzorky pylu chmele, u něhož se očekávala schopnost opylení (genotyp 86/4) byl zaslán do Chmelařského institutu pro testy fertility při opylení mateřských rostlin chmele (Tab. 1). Nejvyšší výtěžnost byla zjištěna u čerstvého pylu, ale i vzorky pylu, které byly uchovávané v kapalném dusíku vykazovaly fertilitu, dobrou schopnost opylení a následnou tvorbu semen. Získaná semena nejevila žádné známky abnormalit a byla vyseta pro vypěstování sazenic kříženců a jejich následné testování ve šlechtitelském procesu chmele.

Tabulka 1. Tvorba semen po opylení pylem uchovávaným v různých podmínkách

♀	♂	Datum					Získaných semen ks	HTS (g)
		Zaizolování	1. opylení	2. opylení	Protržení izolace	Sklizeno		
5571	86/4 čerstvý r. 2022	1.8.	9.8.	12.8.	29.8.	10.10.	1027	3,3
5571	86/4 zmrazený r. 2022	2.8.	9.8.	12.8.	29.8.	10.10.	76	3,16
5571	86/4 zmrazený r. 2021	31.7.	9.8.	12.8.	29.8.	10.10.	9	3,33
5571	86/4 zmrazený r. 2020	1.8.	9.8.	-	29.8.	10.10.	7	4,29

Závěr

Provedené testy vitality a fertility prokázaly, že pyl chmele lze úspěšně uchovávat v podmínkách kapalného dusíku. Rozhodujícím parametrem, který ovlivňuje schopnost pylu chmele překonat extrémní podmínky kryoprezervace, je obsah vody v uchovávaném pylu, který lze kontrolovat pomocí diferenční skenovací kalorimetrie, včetně toho, zda voda přechází do tzv. skelného stavu, který je podstatou dlouhodobého uchování v kapalném dusíku.

Literatura

- Benson, E. E. (2018). Cryopreservation of pollen from ornamental plants in the families *Paeoniaceae* and *Theaceae*. In *Plant cryopreservation: a practical guide* (pp. 407-418).
- Ganeshan, S.; Chaudhury, R., 2018: Cryopreservation of pollen of tropical fruit and vegetable crops. In *Plant cryopreservation: a practical guide* (pp. 381-394).
- Gaudet, D.; Yadav, N. S.; Sorokin, A.; Bilichak, A.; Kovalchuk, I., 2020: Development and optimization of a germination assay and long-term storage for *Cannabis sativa* pollen. *Plants*, 9(5), 665, (pp.1-10).
- Omura, M.; Iwabuchi, M., 2018: Cryopreservation of pollen of fruit trees in the genus *Prunus*. In *Plant cryopreservation: a practical guide* (pp. 395-406).
- Rajasekharan, P. E.; Rohini, V. K., 2019: Cryopreservation of pollen: principles and applications. In *Cryopreservation of tropical plant germplasm* (pp. 133-148).
- Vishwakarma, P.K.; Vincent, L.; Vasugi, C.; Rajasekharan, P.E., 2021: Effect of cryopreservation on pollen viability, fertility and morphology of different *Psidium* species. *Cryobiology*, 98, (pp. 112-118).

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství ČR QK1910277 a institucionálního projektu MZE – RO0423.

Kontaktní adresa:

Ing. Miloš Faltus, Ph.D.
 Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.
 Drnovská 507
 161 06 Praha 6
 e-mail: faltus@vurv.cz

Hodnocení vybraných píceňích charakteristik v kolekci genetických zdrojů srhy laločnaté (*Dactylis glomerata* L.)

Evaluation of the selected forage characteristics in the germplasm collection of Cock's-foot grass (*Dactylis glomerata* L.)

Frnková V.¹, Raab S.², Macháč R.²

¹OSEVA PRO s.r.o., Výzkumná stanice travinářská Rožnov – Zubří

²OSEVA vývoj a výzkum s. r. o., Zubří

Abstrakt

V pokusu píceňích sortimentů z kolekce genetických zdrojů OSEVA PRO s. r. o., Výzkumná stanice travinářská – Zubří, který probíhal v letech 2019-2022, byl hodnocen celkový výnos zelené hmoty a výška porostu u položek srhy laločnaté (*Dactylis glomerata* L.). Vybrané vzorky zahrnovaly jak odrůdy, tak plané položky, které byly hodnoceny v pastevní variantě pokusu. Celkový výnos zelené hmoty se mezi vybranými genotypy průkazně nelišil ($p > 0,05$), pohyboval se v rozmezí 13-16 kg/rok, výška porostu jednotlivých odrůd se na stejné hladině významnosti naopak signifikantně lišila ($p < 0,05$). Získané výsledky jsou diskutovány v kontextu šlechtění a významu genových zdrojů.

Klíčová slova: trávy, píceňiny, výška, výnos zelené hmoty, šlechtění

Abstract

In the fodder field trial with accessions from the collection of genetic resources of OSEVA PRO Ltd. Grassland Research Station Rožnov – Zubří, which took place in the years 2019-2022, the total yield of green matter and the plant height were evaluated for the items of Cock's-foot grass (*Dactylis glomerata* L.). The selected samples included both varieties and wild accessions that were evaluated in the pasture variety of the trial. The total yield of green matter did not differ significantly among the selected genotypes ($P > 0,05$). The yield was in the range of 13-16 kg/year. The height of individual varieties differed significantly at the same level of significance ($P < 0,05$). The obtained results are discussed in the context of breeding and importance of genetic resources.

Keywords: grasses, fodder crops, height, yield of green matter, breeding

Úvod

Jako genetické či genové zdroje, jsou označovány materiály živočišného či rostlinného původu, které jsou využitelné pro zemědělství a výživu a jsou významnou součástí světové genetické diverzity. U rostlin se mezi ně řadí odrůdy, šlechtitelské linie, plané druhy či druhy příbuzné zemědělsky využívaným a okrasným rostlinám. Tyto položky jsou shromažďovány, hodnoceny a následně dlouhodobě uchovávány, případně distribuovány uživatelům. Pracoviště zabývající se shromažďováním těchto položek je získávají jak od šlechtitelů (v případě odrůd a šlechtitelských linií), tak sběrem planých a krajových forem, zejména z míst s vysokým výskytem diverzity rostlin, tzv. hot spots (Zedek et al., 2023).

Plané a příbuzné druhy získané tímto způsobem, jsou jedinečným zdrojem genů pro zlepšení a zušlechtění stávajících i budoucích odrůd. I když se jejich hospodářský potenciál většinou ani zdaleka nedá srovnat s potenciálem odrůd, mohou být donory šlechtitelsky cenných znaků, jako jsou rezistence, odolnosti vůči abiotickým a biotickým stresům, či ranost (Müller et al., 2021). Srha laločnatá patří mezi nejdéle pěstované druhy trav mírného pásma a využívá se hojně jako výnosná píceňina. Je to vysoká, volně trsnatá tráva světle zelené až šedo zelené barvy. Roste v mohutných vystoupavých trsech, které dosahují výšky 50-140 cm. Je druhem vytrvalým a

vlhkomilným, proto patří k důležitým komponentům na živiny bohatých vlhkých lučních porostů a pastvin, kde se přirozeně vyskytuje (Cagaš et al., 2010; Hrabě, 2004).

Využívá se univerzálně – do lučních porostů na seno, pastvu, silážování, či jako pícnina na orné půdě. Dobře snáší i sušší či polostinná stanoviště. Vzhází středně rychle a vyznačuje se rychlým jarním růstem. Dobře obrůstá po seči, v dalších sečích ale jen zřídka znovu metá. Je to druh s vysokou konkurenční schopností (Cagaš et al., 2010).

Srha patří mezi rané trávy, na trhu se vyskytují odrůdy různé ranosti. Po vymetání, které většinou nastává (právě z důvodu ranosti) poměrně brzy, může docházet k prudkému poklesu kvality píce, což srhu činí ne příliš vhodnou do druhově bohatších pastevních směsí. Kvalita píce je tudíž výborná, ale pouze v případě, že dojde ke sklizni včas. Problémem může být také stárnoucí porost na pastvinách, který zvířata nestačí spást, což může vést ke vzniku nedopasků (Straková et al., 2007).

Ve společném evropském katalogu odrůd je v současné době zapsáno 157 odrůd srhy laločnaté, 15 odrůd je zapsáno v české Státní odrůdové knize. Srha laločnatá tak patří stále mezi hojně šlechtěné a vyhledávané pícniny, jejichž dobrá charakterizace je vzhledem k jejímu současnému i budoucímu šlechtění na místě.

Cílem této práce bylo stanovit a statisticky vyhodnotit dvě vybrané pícní charakteristiky (celkový výnos zelené hmoty a výška porostu) u 13 genotypů, zahrnujících jak odrůdové, tak plané položky z kolekce srhy laločnaté.

Materiál a metody

V letech 2019-2022 byl v katastru města Zubří veden pokus pícních sortimentů, ve kterém bylo shromážděno a hodnoceno široké spektrum položek jednotlivých druhů trav, které se běžně využívají pro pícní účely. Hodnoceny byly jak odrůdy, tak plané položky (planá flóra, dále PF) získané při sběrových expedicích či individuálních sběrech. Seznam hodnocených položek srhy laločnaté, včetně země původu a evidenčního čísla národního (ECN), je uveden v tabulce 1.

Pokus o celkové výměře 2950 m² byl založen výsevem 8. dubna 2019. Byl rozdělen na 5 částí – variantu luční ve 2 opakováních, variantu pastevní ve 2 opakováních a semenářské řádky. Varianta luční obsahovala všech 77 testovaných položek, varianta pastevní 68 položek. Tyto 2 varianty se od sebe lišily intenzitou sečí – varianta luční byla sečena celkem 3x ročně, varianta pastevní 5x ročně. Semenářské řádky zahrnovaly stejně jako varianta luční všech 77 položek a řádky byly sečeny pouze 1x. Termíny sečí probíhaly dle Rámcové metodiky pro práci s genetickými zdroji rostlin (Holubec et al., 2015).

Jednotlivé druhy byly vysázeny do parcel o 2 m² vždy vedle sebe po 5 řádcích (s rozestupy 20 cm) a odděleny od dalších druhů ochrannými, tzv. „nulovými“ parcelami. Celý pokus byl hnojen 2x ročně – na jaře (1. termín březen/duben, hnojivo LOVOFERT LAD 27 v množství 30g/m²) a na podzim (2. termín říjen, hnojivo NPK v množství 30g/m²). Ve sklizňových letech byly bloky hnojeny standardně 2x ročně, a k tomu vždy po každé seči (četnost dle varianty). Parcely byly dle míry zaplevelení ručně plety a ošetřeny herbicidy. Vybraná kolekce srhy laločnaté v pastevní variantě byla sečena 5x a průběžně hodnocena na řadu deskriptorů dle klasifikátoru pro trávy (Ševčíková et al., 2002) během celého trvání pokusu. Z těchto deskriptorů byly pro tuto práci vybrány následující:

- 1) Výnos – parcely byly sklizeny celkem 5x, termín 1. seče byl stanoven na dobu, kdy porost dosáhl minimálně 20–25 cm (jaro), dalších 4 seče byly prováděny vždy v určeném počtu týdnů od předchozí seče. Porost byl sečen pomocí lištové žací sekačky. Každá parcela byla individuálně posečena a zelená hmota ihned zvážena na plachtě. Získaná data o výnosu ze všech 5 sečí byla v rámci jedné položky sečtena a statisticky zpracována. Výnos je udáván v kg.
- 2) Celková výška porostu – byla měřena těsně před první sečí pomocí metru a následně rovněž statisticky zhodnocena. Výška je udávána v cm.

Získaná data byla statisticky zpracována v programu STATISTICA CZ 14. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny metodou jednocestná faktoriální analýza variance (one-way ANOVA). Statistická významnost rozdílů středních hodnot (průměrů) byla u všech skupin vyhodnocena pomocí Tukey HSD testu na hladině významnosti 0,05.

Tab. 1: Hodnocené odrůdy/plané položky kolekce *Dactylis glomerata* L.

Položka – název	ECN*	Původ
PF 92/95	14G1000250	CZE
PF 8/15	14G1000248	CZE
PF 11/12	14G1000242	CZE
PF 9/09	14G1000235	CZE
PF 24/08	14G1000232	CZE
PF 17/10	14G1000227	CZE
PF 79/08	14G1000222	CZE
PF 59/08	14G1000221	CZE
PF 5/08	14G1000218	CZE
Větrovská	14G1000239	CZE
Jogeva 220	14G1000241	EST
Harvestar	14G1000247	USA
Dana	14G1000077	CZE

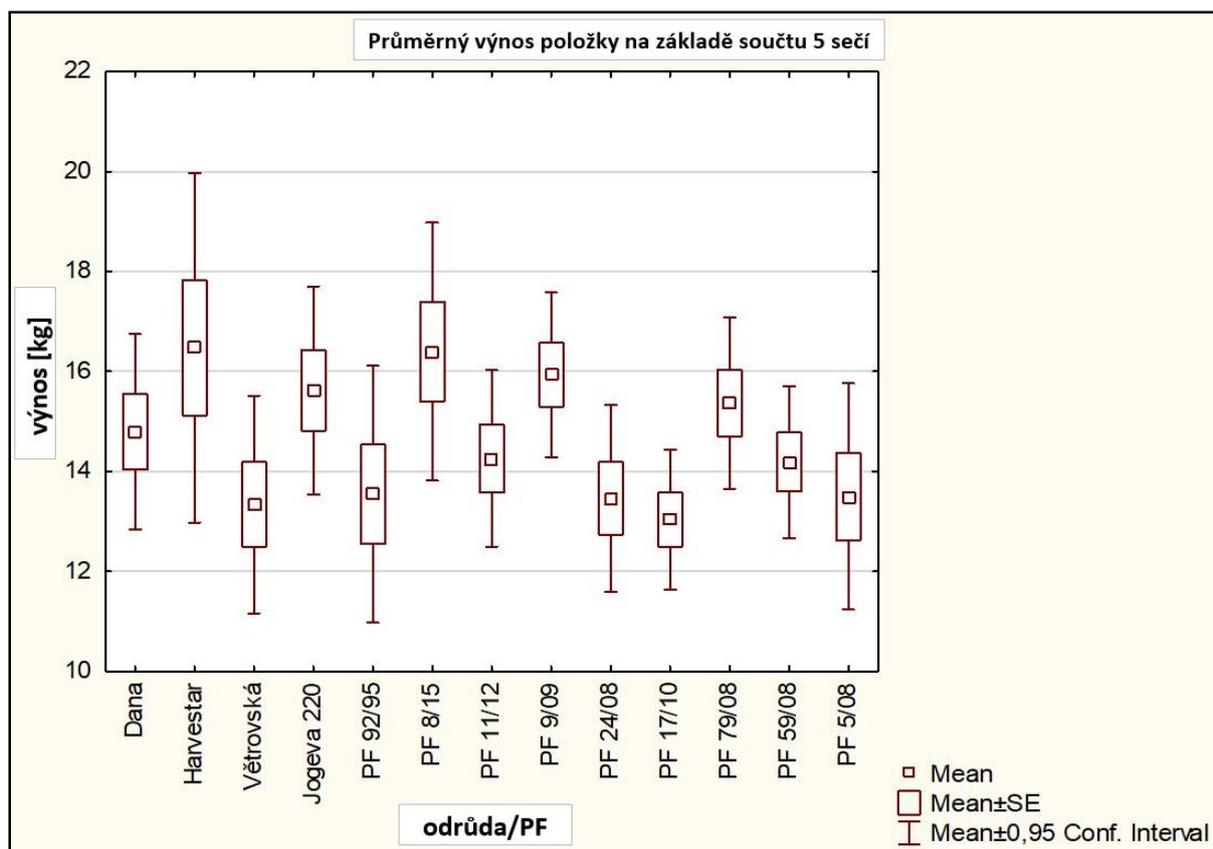
*ECN = evidenční číslo národní genetického zdroje

Výsledky a diskuze

Průměrný výnos zelené hmoty hodnocených položek (odrůd či PF), stanovený na základě součtu všech 5 sečí v daném roce (ve 2 opakováních), je zobrazen v grafu na obr. 1. Na obrázku lze vidět, že rozdíly ve výnosu mezi jednotlivými položkami nebyly signifikantní na hladině významnosti 0,05. Mezi hodnocenými genotypy tudíž nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. Tato neprůkaznost je zřejmě způsobena jistou nevyrovnaností a mezi-ročníkovou variabilitou, kterou nelze jednoduše ovlivnit a může mít v rámci kombinace různých biotických a abiotických faktorů neoddiskutovatelný vliv.

Toto je možné proto, že výnos je vlastnost podmíněna nejen geneticky, ale také prostředím. Řadí se mezi vlastnosti tzv. polygenně založené, což znamená, že je jako takový ovlivněn větším množstvím genů, které mají malý účinek (tzv. minor geny). Tyto geny mohou působit v interakci a jejich vliv se může překrývat či různě kombinovat, může být závislý na vnitřním/vnějších prostředí, či být spouštěn určitými podmínkami. Výnos může být rovněž zásadně ovlivněn sezónními přísušky, které jsou do jisté míry nepředvídatelné a nárůst hmoty mohou silně zpomalit, či úplně zastavit. Z důvodu komplexnosti této vlastnosti by proto bylo vhodné výnos hodnotit pomocí jeho rozdělení do více samostatně měřených parametrů, které spolu navzájem korelují, jako jsou například počet fertálních odnoží, či právě výška rostlin (Chloupek, 2008; Majidi et al., 2015; Rezaeifard et al., 2010; Řepková, 2013).

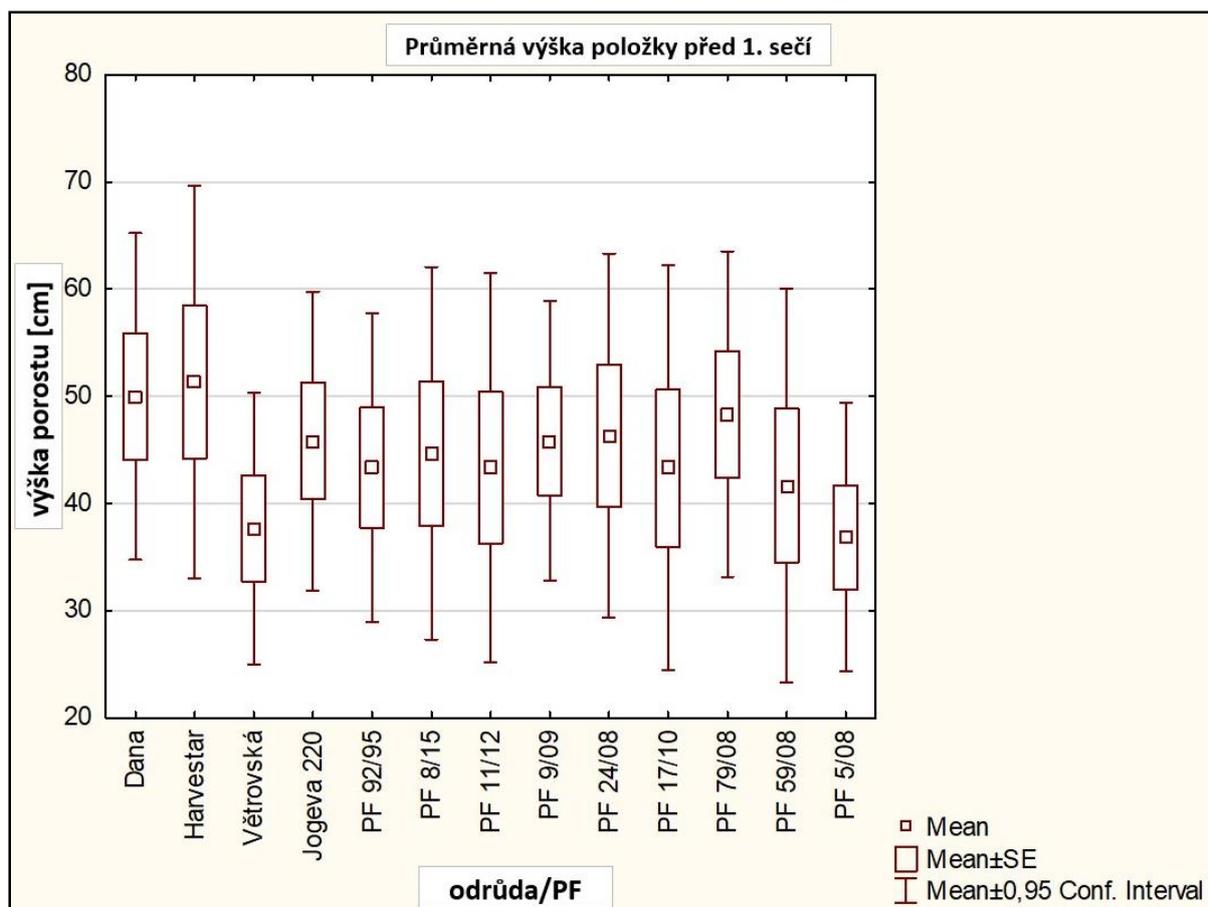
Zlepšení nejen celkového ročního výnosu, ale také perzistence, odolnosti vůči chorobám a prodloužení období pastvy je důležitý cíl ve většině šlechtitelských programů pícnin. Ačkoliv je výnos samozřejmě stále nejdůležitější užitkovou vlastností u pícních trav, stravitelnost a nutriční hodnoty jsou neméně důležitými charakteristikami, které mohou v některých aspektech dostihnout význam výnosu, jelikož jejich kombinací může být zajištěna maximální užitkovatelnost píce hospodářskými zvířaty, a není tedy nutno ji zkrmovat přílišné množství (Rezaeifard et al., 2010).



Obr.1: Průměrný výnos zelené hmoty [kg] odrůdy/PF na základě součtu 5 sečí za 1 sezónu. $p=0,142$.

Jak můžeme vidět na dalším grafu na obr. 2, výška porostu jednotlivých odrůd/PF před 1. sečí se průkazně liší na hladině významnosti 0,05; lze tedy mezi genotypy pozorovat signifikantní rozdíly. Odrůdy Dana a Harvestar dosahují průměrně větší výšky než zbytek zkoumaného souboru, odrůda Jogeva je také poměrně vyšší, odrůda Větrovská naopak ve výšce zaostává. Tento fakt může být dán tím, že odrůda Větrovská je již velmi starou odrůdou, která byla dávno vyřazena z registrace, a nesplňuje tak již kvalitativní požadavky soudobých odrůd. Zbylé genotypy byly získány z volné přírody, mohou tedy být značně nevyrovnané, ale jak si můžeme povšimnout, některé (PF 79/08, PF 24/08) jsou průměrně vyšší a blíží se tak svou výškou výkonnějším odrůdám. Právě takovéto plané genotypy mohou být přínosné v budoucím šlechtění, kdy mohou být nositeli dalších zajímavých vlastností, zatímco výšku zlepšovaného genotypu tolik neovlivní či významně nesníží. Význam hodnocení planých položek a dalších genetických zdrojů tak nabývá na důležitosti.

I když je výška, stejně jako výnos, považována obecně za vlastnost kódovanou více geny, jedná se o znak kvantitativní, tzn. jednoduše a rychle měřitelný, což může selekci na něj významně zjednodušit. Navíc ve šlechtění tohoto druhu hraje důležitou roli, protože výška geneticky koreluje s výnosem, je tudíž jednou z významných vlastností, na kterou se, s ohledem na výnos, mohou šlechtitelé pícíních srh zaměřovat (Graman & Čurn, 1997; Majidi et al., 2015; Shahabzadeh et al., 2023).



Obr. 2: Průměrná výška porostu odrůdy/PF naměřená před 1. sečí. $p < 0,001$.

V potaz je u šlechtění nutno brát i další aspekty, jako je například ploidie. Srha laločnatá se vyskytuje jako diploid ($2n=2 \times =14$), tetraploid ($2n=4 \times =28$) a hexaploid ($2n=6 \times =42$), což může ovlivnit celkový habitus rostliny a všechny její vlastnosti, výnos nevyjímaje. Tato vlastnost je rovněž významná pro správné křížení. Dalšími důležitými aspekty jsou především podmínky pěstování a způsob ošetřování porostu, a to už ve šlechtitelských školkách, ve kterých by mělo docházet ke klíčové selekci rodičovských komponent. Jejich výběr na základě požadovaných vlastností budoucí odrůdy je jedním z nejdůležitějších kritérií úspěchu celého procesu (Graman & Čurn, 1997; Stewart & Ellison, 2011).

Závěr

U testovaných genotypů zahrnujících odrůdy a plané položky srhy laločnaté byly v hodnocených pících charakteristikách (roční výnos zelené hmoty, výška porostu) nalezeny jak průkazné, tak neprůkazné rozdíly. Bylo zjištěno, že se celkový výnos mezi danými genotypy významně neliší ($p > 0,05$) a pohyboval se mezi 13-16 kg za rok. I když se jedná o komplexní znak, snahou by mělo být jeho specifikaci co nejvíce upřesnit, případně rozdělit do více znaků, které s ním přímo souvisí, aby bylo jeho hodnocení pro šlechtitele co nejpřesnější. Další hodnocenou vlastností byla výška porostu, která se na rozdíl od výnosu v rámci položek statisticky průkazně lišila ($p < 0,01$). Zajímavé byly plané položky, z nichž některé svou výškou překonaly testované odrůdy, a mohly by tak být vhodnými komponenty do šlechtění. Obě vlastnosti jsou významnými selekčními kritérii při zlepšování genofondu pících srh. Výsledky, jako tyto, mohou být pro mnohé šlechtitele cennými údaji, především s přihlédnutím k charakteristice planých položek, které tvoří u nejen trav nezastupitelný zdroj genetické diverzity.

Literatura

- CAGAŠ, B., MACHÁČ, R., ŠEVČÍKOVÁ, M., ŠRÁMEK, P. (2010). Trávy pěstované na semeno. Olomouc: Petr Baštan. 274 s. ISBN: 978-80-87091-11-1.
- GRAMAN, J., ČURN, V. (1997). Šlechtění rostlin. (Obecná část.). České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. 133 s. ISBN: 80-7040-255-5
- HOLUBEC, V., PAPOUŠKOVÁ, L., FABEROVÁ, I. et al. (2015): Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity. Praha: VÚRV. s. 293–304.
- HRABĚ, F. (2004). Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Olomouc: Petr Baštan. 121 s. ISBN: 80-903275-1-6.
- CHLOUPEK, O. (2008). Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Praha: Academia. 308 s. ISBN: 978-80-200-1566-2.
- MAJIDI, M. M., ARAGHI, B., BARATI, M., MIRLOHI, A. (2015). Polycross Genetic Analysis of Forage Yield and Related Traits in. *Crop Science*, 55(1), s. 203–210.
- MÜLLER, J. V., COCKEL, C. P., GIANELLA, M., GUZZON, F. (2021). Treasuring crop wild relative diversity: analysis of success from the seed collecting phase of the ‘Adapting Agriculture to Climate Change’ project. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68, s. 2749–2756.
- REZAEIFARD, M., JAFARI, Ali ASHRAF & ASSAREH, M. (2010). Effects of phenological stages on forage yield quality traits in cocksfoot (*Dactylis glomerata*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8, s. 365–369.
- ŘEPKOVÁ, J. (2013). Genetika rostlin [online]. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, [cit. 2023-10-11]. Elportál. Dostupné z: <http://is.muni.cz/elportal/?id=1119341>. ISBN: 978-80-210-6408-9.
- SHAHABZADEH, Z., DARVISHZADEH, R., MOHAMMADI, R. et al. (2023). Molecular characterization of tall fescue germplasm using SNP markers: population structure, linkage disequilibrium, and association mapping of yield-related traits. *Plant Biotechnol Reports*, 17, s. 171–190.
- STEWART A. V., ELLISON N. W. (2011). *Dactylis*. In *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources: Millets and grasses*. Berlin Heidelberg, Germany: Springer. s. 73–87.
- STRAKOVÁ, M., STRAKA, J., MICHALÍKOVÁ, L., PLEVOVÁ, K. (2007). Kapesní atlas trav. Brno: BRKO. 46 s.
- ŠEVČÍKOVÁ, M., ŠRÁMEK, P., FABEROVÁ, I. (2002). Klasifikátor. Trávy (*Poaceae*). Genetické zdroje č. 82., VÚRV Praha, OSEVA PRO s.r.o. VST Zubří. 34 s.
- ZEDEK, V., KRÍŽKOVÁ, I., ZÁBOJOVÁ, P. et al. (2023) Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin, zvířat a mikroorganismů významných pro výživu a zemědělství na období 2023–2027. Ministerstvo zemědělství, Praha, Česká republika. 49 s.

Poděkování

Práce vznikla za podpory Ministerstva zemědělství v rámci řešení Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agro-biodiversity č. 43/2023-MZE-62216/2022-13113 a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZE-RO1823.

Kontaktní adresa:

Ing. Vanda Frnková
OSEVA PRO s. r. o., Výzkumná stanice travinářská Zubří
Hamerská 698, 756 54 Zubří
571 616 839, frnkova@oseva.cz

Využití technologie dihaploidů ve šlechtění brukvovité zeleniny

Utilization of doubled haploid technology in the breeding
of cruciferous vegetables

Klíma M.¹, Kopecný P.², Bartošová P.¹, Rosokha H.¹, Vítámvás P.¹, Kosová K.¹,
Prášil I.T.¹

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha-Ruzyně

²Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Centrum regionu Haná pro biotechnologický a
zemědělský výzkum Olomouc

Abstrakt

Byla optimalizována metoda mikrosporových kultur u vybraných zástupců brukvovité zeleniny. Z 54 testovaných materiálů *B. oleracea* bylo dělení mikrospor a následná regenerace embryí dosažena u 26 genotypů, u 21 materiálů byla dosažena regenerace rostlin a úspěšnost dopěstování se pohybovala v rozmezí 50–100%. Vysoce embryogenní byly např. hlávkové kapusty 703/3/20 a 702/20 a kedlubny 543 a 549. Naopak u žádného z testovaných genotypů ředkviček nebylo pozorováno ani počáteční stádium embryogeneze. Z 13 testovaných materiálů (F_1 kříženců) tuřínu bylo dělení mikrospor a následná regenerace embryí dosažena u 11 genotypů, regenerace rostlin z embryí byla dosažena u všech zmíněných materiálů a úspěšnost dopěstování se pohybovala v rozmezí 57–85%, vysoce embryogenní byly materiály T17 a T26. Byl získán dostatek regenerantů, schopných samoopylení v květu a přemnožení pro další využití ve šlechtitelských programech.

Klíčová slova: *Brassica oleracea*, *Brassica napus* ssp. *napobrassica*, *in vitro* regenerace, mikrosporové kultury

Abstract

The microspore culture method was optimized for selected members of cruciferous vegetables. Of the 54 tested materials of *B. oleracea*, microspore divisions and embryos regeneration was achieved in 26 genotypes, plant regeneration in 21 materials, and the success rate of transferring to *in vivo* was in the range of 50–100%. Cabbage 703/3/20, 702/20, kohlrabi 543, and 549 belonged to highly embryogenic materials. On the contrary, not even the initial stage of embryogenesis was observed in any of the tested radish genotypes. Of the 13 tested materials of swede, division of microspores and subsequent regeneration of embryos was achieved in 11 genotypes, regeneration of plants from embryos in all mentioned materials and the success rate of replanting was in the range of 57–85%; materials T17 and T26 were highly embryogenic. Sufficient number of regenerants was obtained, capable of self-pollination in flower and reproduction for further use in breeding programmes.

Keywords: *Brassica oleracea*, *Brassica napus* ssp. *napobrassica*, *in vitro* regeneration, microspore cultures

Úvod

Mezi naše tradiční brukvovité plodiny, využívané jako zelenina, řadíme zeli hlávkové (*Brassica oleracea* var. *capitata*), kedluben (*B. o.* var. *gongylodes*), kapustu hlávkovou (*B. o.* var. *sabauda*), brukvím příbuznou ředkvičku (ředkev setá – *Raphanus sativus* var. *sativus*) a v současnosti méně rozšířený kadeřávek (*B. o.* var. *sabellica*) a tuřín (*B. napus* var. *napobrassica*).

Tvorba odrůd klasickými metodami je otázkou 6–8 let šlechtění (Frauen 1994). Alternativou k tradičním šlechtitelským postupům je využití biotechnologických metod na bázi dihaploidního systému a tím výrazné zkrácení šlechtitelského cyklu. Pro efektivní tvorbu homozygotních dihaploidních (DH) linií, s morfologickou vyrovnaností na úrovni hybridů a dalšími

požadovanými znaky, lze s úspěchem využít techniku mikrosporových kultur *in vitro*. Pomocí této metody a následným *in vitro* spontánním nebo indukovaným zdvojením chromozómové sádky je možné fixovat i několik recesivních znaků najednou při omezeném rozsahu hybridní populace a provádět selekci i polygenně založených znaků ve velmi časně generaci. Tím může být celý proces tvorby zcela homozygotního genotypu (linie) zkrácen ze 7–8 let na 1–2 roky). Stoprocentní homozygotnost je navíc klasickými šlechtitelskými postupy prakticky nedosažitelná. DH systém může být u brukvovitých zelenin použit i pro ustálení udržovatelů sterility u hybridního šlechtění na bázi CMS.

Na pracovišti Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. Praha byla v posledních dekádách rozpracována technika odvozování embryí a celistvých rostlin z mikrosporových kultur zelí, kedlubnu, květáku a tuřínu (Vyvadilová *et al.* 1998; 2001, Klíma *et al.* 2004, Klíma *et al.* 2022). V současnosti jsou tak již k dispozici DH linie s ověřenou fertilitou a křížitelností, např. z krajového kultivaru červeného zelí Vysocké, kedlubnu Pražská bílá, F₁ hybridu květáku Siria, a celá řada dalších embryogenních materiálů tuřínu (Ulvrová *et al.* 2019), které jsou schopny přenést požadované vlastnosti do další generace (Klíma, Kučera nepublikováno).

Cílem práce je uvést výsledky optimalizace postupu tvorby dihaploidních materiálů brukvovité zeleniny, využitelného v tuzemských šlechtitelských programech k tvorbě zcela uniformních, liniových odrůd a komponent hybridů.

Materiál a metody

Pro experimenty a optimalizaci metody byly použity jak dříve vytvořené dihaploidní linie (Ulvrová *et al.* 2019), tak neustálené materiály (odrůdy typu populace) z genové banky a F₁ kříženci linií různého původu, vybrané ze šlechtitelského programu brukvovité zeleniny (viz tabulka 1). Příprava a udržování donorových rostlin, odběr poupat a zakládání mikrosporových kultur a další *in vitro* kultivace probíhaly dle standardního postupu (Klíma *et al.* 2004), modifikovaného dle jednotlivých typů brukvovité zeleniny. Donorové rostliny tuřínu (6 rostlin od genotypu) byly ve stádiu 5–6 pravých listů (cca 10–12 týdnů po výsevu) jarovizovány 90 dní při teplotě 3–5 °C, 12-ti hodinové světelné periodě a intenzitě osvětlení 50 μmol/m²/s. Donor. r. zástupců *B. oleracea* byly jarovizovány ve stádiu sklizňové zralosti produktu, ředkvičky jarovizaci nevyžadují. Donor. r. byly po zjarovizování (ředkvičky ve stádiu sklizňové zralosti produktu) jednotlivě vysázeny do zahradnického substrátu v kontejnerech 19×19 cm a od počátku udržovány v řízených podmínkách kultivační komory (fotoperioda 16/8 h, světelná intenzita 180 μmol/m²/s a teplota 18/15 °C den/noc).

Poupata byla odebírána z hlavních i postranních větví, 30 poupat od každého genotypu. Velikost poupat pro odběry byla stanovována mikroskopicky tak, aby převažující zastoupení mikrospor v poupěti bylo ve středně až pozdně jednojaderném stádiu. Po třetí centrifugaci byla peleta mikrospor tuřínu resuspendována v 10 ml pracovního roztoku NLN média (Lichter 1985) s antimitotickou látkou (trifluralin) tak, aby koncentrace antimitotika odpovídala 5 μmol/l kultivačního média. Suspenze byla v 90mm polystyrenové (PS) Petriho misce uzavřena dvojitou vrstvou Parafilmu uzavřených Petriho miskách umístěna do termostatu (tma, 30,5 °C) na 24 hod. Po 24 hodinách byla suspenze mikrospor tuřínu purifikována v čerstvém, temperovaném NLN médiu ve dvou cyklech (10 a 5 minut). Koncentrace suspenze byla upravena na 6 × 10⁴/ml kultivačního média a kultury napipetovány do 90mm PS Petriho misek po 10 ml.

Počáteční kultivace u zelenin okruhu *B. oleracea* a *Raphanus* byla odlišná od tuřínu. Nebyla používána antimitotická látka, kultury tedy nebylo nutné po 24 hodinách purifikovat. Hustota suspenze mikrospor byla již od počátku 6 × 10⁴/ml kultivačního média, teplota po založení kultur byla udržována na vyšší hodnotě (32,5 °C), po 24 hodinách byla snížena na 25 °C. U tuřínu byla teplota v počátečních fázích kultivace konstantně 30,5 °C. Další kultivace suspenze zelenin probíhala ve tmě až do objevení prvních proembryí, viditelných pouhým okem (u tuřínu

obvykle 9–12 dní od založení kultury, u ostatní zeleniny až 30 dní). Poté byly kultury přeneseny do kultivační místnosti (25/20 °C, fotoperioda 16/8 h a světelná intenzita 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) na orbitální třepačku (60 rpm). Jakmile největší embrya dosáhla délky 5 mm (obvykle po 20 dnech na světle), byla pasážována všechna zelená, dobře vyvinutá kotyledonární embrya o délce minimálně 4 mm po 25 ks/misku na tuhé diferenciační médium s benzylaminopurinem (0,2 mg/l), indolyl octovou kyselinou (0,2 mg/l) a 2% sacharózou, zpevněném 0,8% agarem (Klíma *et al.* 2004) v 90 mm PS Petriho miskách. Zde byly kultivovány při 19 °C, fotoperiodě 16/8 h a světelné intenzitě 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ po dobu 7–10 dní.

Po uplynutí této doby byly cca 2/3 obou děložních lístků embryí odříznuty ostrým skalpelem tak, aby nedošlo k poškození apikálního meristemického pletiva (místa regenerace budoucího prýtu). Takto upravená embrya byla pasážována na regenerační médium (Klíma *et al.* 2004) v 90mm PS Petriho miskách po 20 ks/misku pro inicializaci regenerace a prorůstání vzrostného vrcholu. V případě nedostatečné regenerace byla u příslušných embryí odříznuta kořenová část a takto upravená embrya repasážována na čerstvé regenerační médium. Regeneranty s 3–4 pravými listy byly pasážovány na MS médium bez růstových regulátorů v Erlenmayerových baňkách k regeneraci kořenového systému.

Regeneranty s dobře vyvinutým koř. systémem ve fázi cca 3–6 pravých listů byly poté z kultivačních nádob vyjmuty, opláchnuty pod tekoucí vodou pro odstranění zbytků agarového média, ponořeny do 0,15% roztoku Previcuru na 20 minut, vysázeny do květináčů o průměru 8 cm s výsevním substrátem a zality roztokem Previcuru. Rostliny v zeleninových přepravkách byly poté zakryty perforovanou fólií na 7–10 dní pro vytvoření vlhkého mikroklima a umístěny do kultivátoru (19 °C, fotoperioda 16/8 h a světelná intenzita 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Zakořeněné rostliny tuřinu byly jarovizovány již ve fázi 5–6 pravých listů (viz výše), regeneranty ostatních zelenin byly přesázeny i s balem ve fázi 5–6 pravých listů do 12cm květníků se zahradnickým substrátem a kultivovány ve skleníku nebo venkovním izolátoru (dle roční doby) před zjarovizováním další dva měsíce. Po vyjmutí z jarovizace byly rostliny jednotlivě přesázeny do kontejnerů 19×19 cm se zahradnickým substrátem a kultivovány ve skleníku nebo venkovních izolátorech. Na počátku sloupkování byly celé rostliny jednotlivě izolovány sáčky z netkané textilie, po odkvětu a nasazení šesulí byly sáčky sejmuty a rostliny udržovány ve stejných podmínkách až do plné zralosti.

Výsledky

První dělení mikroskop byla zaznamenána po 72 hodinách u tuřinu (obrázek 1B) a po 48 hodinách u zástupců *B. oleracea*, vícebuněčné útvary od 5., resp. 8. dne (obrázek 1C), globulární embrya od 10., resp. 18. dne (obrázek 1D) a první, dobře vyvinutá embrya, schopná pasážování na tuhé diferenciační médium, po 23 dnech od založení kultury (obrázek 1E–F) v případě tuřinu, po 34 dnech u *B. oleracea*.

Regenerace celistvých rostlin z embryí byla pozorována od 18. dne po pasážování embryí na tuhé médium (obrázek 2B–D). Po 3 měsících od založení kultur byly regenerovány první celistvé rostliny s dobře vyvinutým kořenovým systémem (obrázek 2E). Z 54 testovaných materiálů *B. oleracea* bylo dělení mikroskop a následná regenerace embryí dosažena u 26 genotypů, u 21 materiálů byla dosažena regenerace rostlin a úspěšnost dopěstování se pohybovala v rozmezí 50–100% (obrázek 2F, 3A, tabulka 1). Vysoce embryogenní byly např. hlávkové kapusty 703/3/20 a 702/20 a kedlubny 543 a 549. Naopak u žádného z testovaných genotypů ředkviček nebylo pozorováno ani počáteční stádium embryogeneze. Z 13 testovaných materiálů (F_1 kříženců) tuřinu bylo dělení mikroskop a následná regenerace embryí (obrázek 2A) dosažena u 11 genotypů, regenerace rostlin z embryí (obrázek 2B) byla dosažena u všech zmíněných materiálů a úspěšnost dopěstování se pohybovala v rozmezí 57–85% (obrázek 3B–F, tabulka 1), vysoce embryogenní byly materiály T17 a T26.

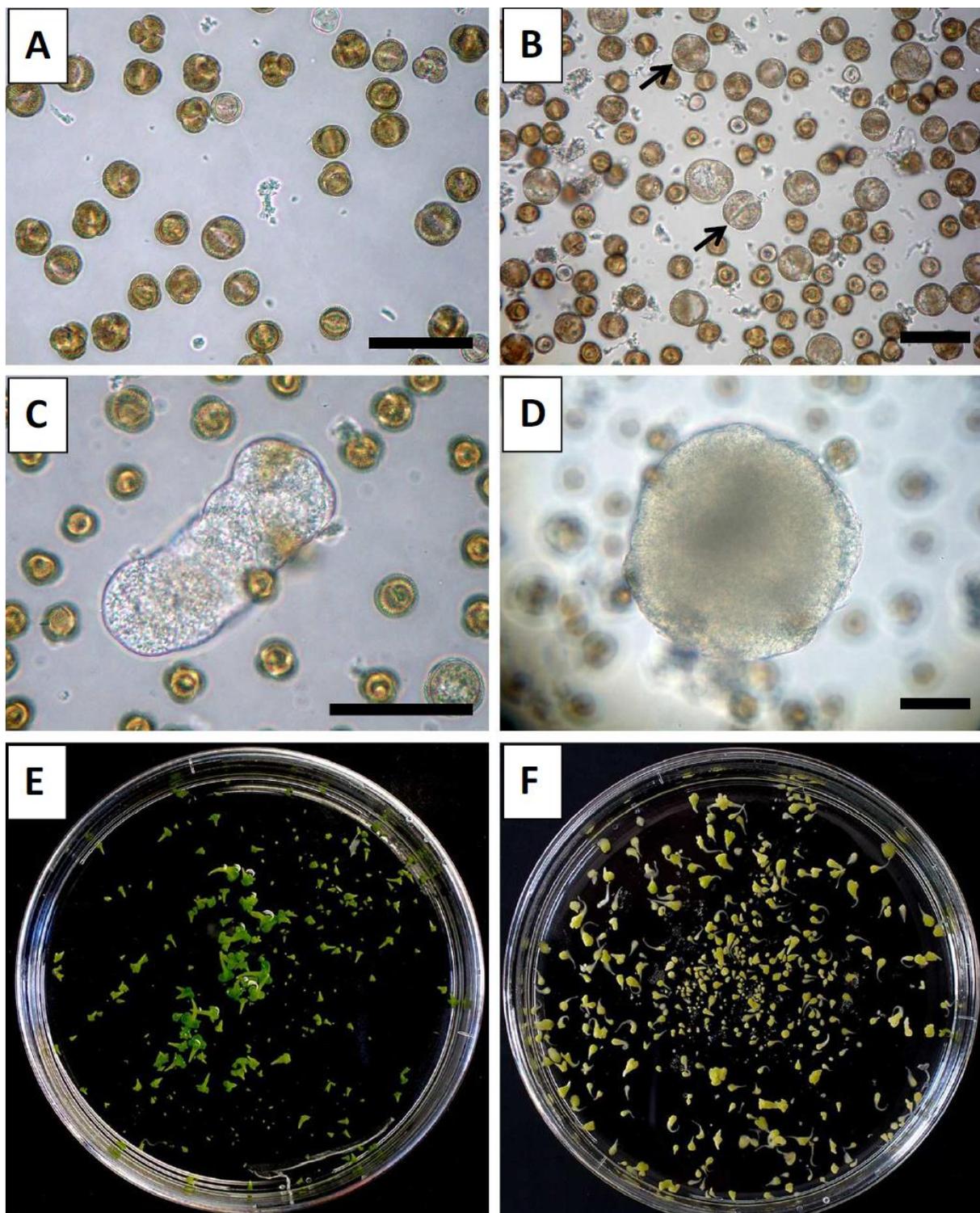
Tab. 1: Přehled výchozích materiálů zelenin, jejich embryogenní a regenerační schopnost

Materiál	Typ	ESCH	VITRO	VIVO	%	Materiál	Typ	ESCH	VITRO	VIVO	%
KM-VL/20	kad.					T20	tuřín	+++	118	98	83,1
KPKC/20	"_"					T21	"_"	++	19	14	73,7
702/20	kap.	+++	37	33	89,2	T22	"_"	+++	73	55	75,3
703/3/20	"_"	++++	82	47	57,3	T23	"_"	+++	63	36	57,1
703/6/20	"_"	++	11	11	100,0	T24	"_"	+++	82	59	72,0
704/1/20	"_"					T25	"_"	+++	102	87	85,3
704/5/20	"_"	++	18	9	50,0	T26	"_"	++++	181	139	76,8
706/20	"_"	+	4	3	75,0	T27	"_"				
707/20	"_"	++	21	18	85,7	T28	"_"	+++	104	69	66,3
709/20	"_"	++	11	10	90,9	T29	"_"	+	7	5	71,4
509/20	ked.					102×107	zelí	+	5	4	80,0
515/20	"_"	+	4	3	75,0	102×142	"_"				
543	"_"	+++	56	46	82,1	107×102	"_"				
545	"_"	++	21	17	81,0	108×102	"_"				
545/20	"_"					108×142	"_"				
546	"_"	+				111×198	"_"	+	5	2	40,0
547	"_"	+				142×102	"_"				
549	"_"	+++	43	39	90,7	142×107	"_"				
554	"_"	+	3	2	66,7	144×107	"_"				
559	"_"					144×142	"_"	+	2	2	100,0
561	"_"					235	"_"				
572/20	"_"					257	"_"	++	21	15	71,4
584/20	"_"	+	6	4	66,7	BL-11/20	"_"	+	4	3	75,0
587/20	"_"					CL/20	"_"	+	9	7	77,8
Gigant	"_"	+				GM /20	"_"				
Scarlet	"_"					MV/20	"_"	+	8	5	62,5
Cherry Belle	řed.					PČ 2/4/20	"_"				
Ester	"_"					Polar	"_"	+			
Faraon	"_"					W/2/20	"_"				
L7/8	"_"					Z-1/19	"_"	+	3	3	100,0
T17	tuřín	++++	151	124	82,1	Z-4/19	"_"				
T18	"_"	++	62	49	79,0	Z-6/19	"_"	+	6	5	83,3
T19	"_"					Z-7/19	"_"				

ESCH – embryogenní schopnost: + 1–9 ks, ++ 10–49 ks, +++ 50–99 ks, ++++ 100 a více ks dobře vyvinutých, zelených embryí na 90mm Petriho misku; VITRO – mikrosporové regeneranty v *in vitro*; VIVO – regeneranty po převedení do nesterilních podmínek; % – procento (podíl) dopěstovaných rostlin v nesterilních podmínkách k *in vitro* udržovaným regenerantům; kad. – kadeřávek; kap. – kapusta hlávková; ked. – kedluben; řed. – ředkvička

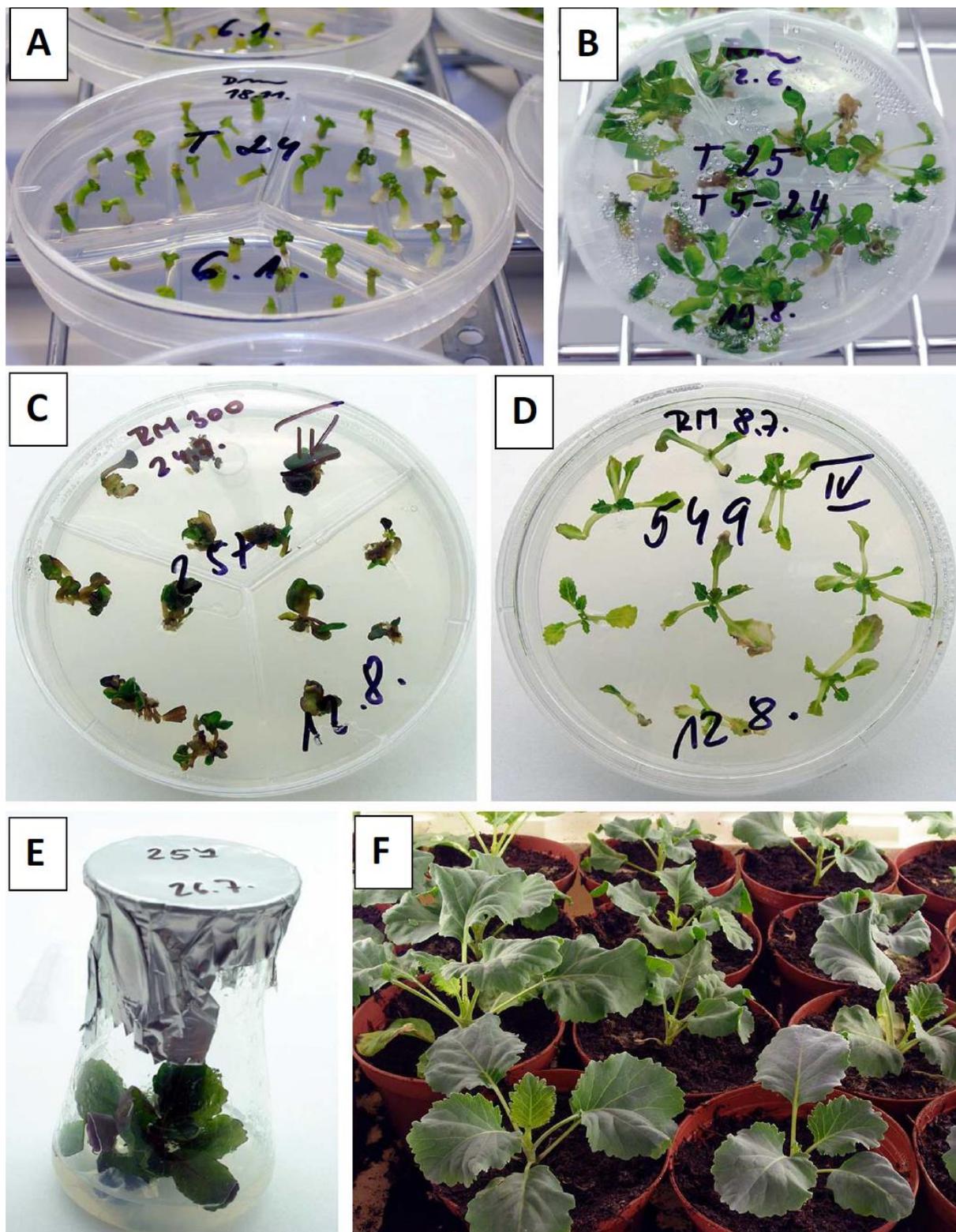
Diskuze

Genotypově podmíněná embryogenní schopnost se projevila navzdory nejrozličnějším optimalizačním opatřením, jako je zajištění optimálních a jednotných podmínek pro donorové rostliny v komorách s řízeným režimem a stanovení vývojové fáze mikrospor před každým odběrem poupat. Často byl pozorován nestejný vývoj embryí, kdy v jedné Petriho misce bylo možné pozorovat všechny vývojové fáze embryí, od globulárních proembryí, přes srdčitá, torpédovitá a kotyledonární stádia. Obdobné výsledky z hlediska průměrné embryogenní schopnosti, genotypových rozdílů a vývoje embryí byly získány i v rámci předchozích experimentů u *B. oleracea* (Vyvadilová *et al.* 1998; 2001, Klíma *et al.* 2004 a u *B. napus ssp. napobrassica*, viz Ulvrová *et al.* 2019). Překvapivý byl výsledek u ředkviček, přestože byl do experimentů zařazen i materiál, který byl v již publikovaných pracích označen jako embryogenní, a při zakládání kultury byly využity i další zveřejněné poznatky (viz Bai *et al.* 2008, Chun a Na 2011, Chun *et al.* 2011).



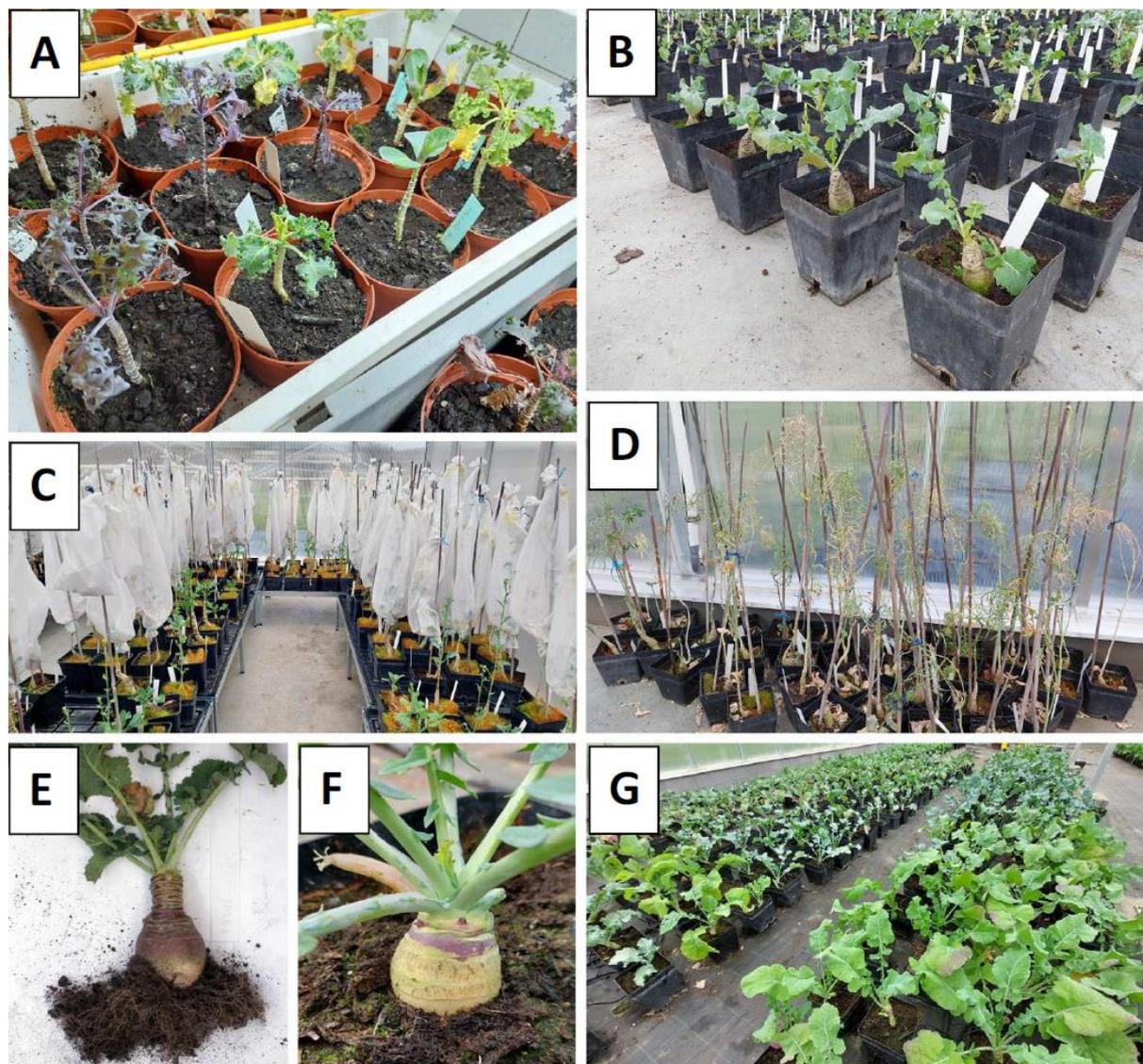
Obr. 1: Regenerace embryí v mikrosporových kulturách brukvovité zeleniny

A – mikrosporová kultura po založení; B – první dělení buněk 48 h po založení kultury (buněčná přepážka označena šipkou); C – vícebuněčný útvar 5. den po založení; D – globulární proembryo 10. den po založení kultury; E, F – Kotyledonární mikrosporová embrya vysoce embryogenních kedlubňů 543 (vlevo) a 549; úsečka = 50 μm ; průměr Petriho misek 90 mm



Obr. 2: Regenerace celistvých rostlin z embryí

A – embrya tuřínu T24 na diferenciálním médiu; B – regeneranty tuřínu na regeneračním médiu; C – Regeneranty červeného zelí 257 na regeneračním médiu; D – regeneranty kedlubnu 549 na regeneračním médiu; E – rostlina červeného zelí 257 na kořenicím MS médiu; F – celistvé rostliny kedlubnu 543 dva týdny po převedení do nesterilních podmínek; průměr Petriho misek 90 mm, dna baňky 50 mm, květníků 80 mm



Obr. 3: Dopěstování regenerantů brukvovité zeleniny

A – celistvé rostliny hlávkové kapusty a zelí v jarovizační komoře; B – regeneranty tuřínu před přemístěním do jarovizační komory; C – regeneranty tuřínu na počátku kvetení; D – dihaploidní regeneranty tuřínu po sejmutí izolačních pytlů; E – dihaploid tuřínu, linie T4DH1 (červená bulva); F – dihaploid tuřínu (bíločervená bulva); G – dihaploidní linie tuřínu různých genotypů po přesevu; rozměr (průměr) květníků 120 mm, pěstebních kontejnerů 19×19 cm

Závěr

Bylo ověřeno, že u embryogenních materiálů lze získat dostatečné množství regenerantů. Naopak všechny kultury ředkviček byly zcela neembryogenní. Výše uvedené výsledky modifikované metody u vysoce embryogenních materiálů nicméně ukazují, že tento postup bude použitelný pro rychlou tvorbu mikrosporových regenerantů brukvovité zeleniny, které mohou poté tvořit dostatečně rozsáhlou základnu pro výběr potenciálních liniových odrůd a komponent hybridů. Po dalších optimalizacích lze očekávat, že metodu bude možné zavést do praxe pro rutinní využití a zefektivnit tak šlechtění i u těchto zelenin.

Literatura

- Bai X. J., Zhang L. Ming X.U. 2008: Effect of pretreatment on embryogenesis of isolated microspores in *Raphanus sativus* L. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica 03: 254–257.
- Chun C., Na H. (2011): Microspore-derived embryo formation in response to cold pretreatment, washing medium, and medium composition of radish (*Raphanus sativus* L.). Korean J HortSci.29(5): 494–499.
- Chun C., Park H. Na H. (2011): Microspore-derived embryo formation in radish (*Raphanus sativus* L.) according to nutritional and environmental conditions. Hort. Environ. Biotechnol. 52(5): 530–535.
- Frauen M. 1994: Use of biotechnology in breeding new varieties of winter oilseed rape in Germany. Bui. GCIRC 10: 16–29.
- Klíma M., Kopecký P., Vítámvás P., Prášil I. T., Kosová K. 2022: Metodika tvorby linií tuřínu pomocí systému dihaploidů. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně. ISBN 978-80-7427-397-1. Osvědčení ÚKZÚZ 241443/202.
- Klíma M., Vyvadilová M., Kučera V. 2004: Production and utilization of doubled haploids in *Brassica oleracea* vegetables. Horticultural Science 31: 119–123.
- Kučera V., Chytilová V., Vyvadilová M., Klíma M. 2006: Hybrid breeding of cauliflower using self-incompatibility and cytoplasmic male sterility. Hort. Sci. (Prague) 33: 148–152.
- Lichter R. 1985: From microspores to rape plants. A tentative way to low glucosinolate strains. In: Sorensen H. (ed.): Advance in the Production and Utilisation of Cruciferous Crops. Martinus Dordecht, Boston, Lancaster, Nijhoff M., Junk W. Publishers, 268–277.
- Ulvrová T., Klíma M., Bryxová P., Kopecký P. 2019: Využití mikrosporových kultur ve šlechtění tuřínu (*Brassica napus* var. *napobrassica*). Úroda 12(67): 177–184.
- Vyvadilová M., Klíma M., Kučera V. 1998: Analysis of factors affecting embryogenesis in microspore cultures of some cruciferous vegetables. Zahradnictví - Hort. Sci. (Prague) 25: 137–144.
- Vyvadilová M., Klíma M., Kučera V. 2001: Embryogenic responsibility of *Brassica oleracea* vegetables in a microspore culture. Horticultural Science (Prague) 28(4): 121–124.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za finanční podpory projektu Ministerstva zemědělství České republiky, projekt QK1910070 a institucionální podpora MZE-RO0423

Kontaktní adresa:

Ing. Miroslav Klíma, Ph.D.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

Telefon 233 022 325

klima@vurv.cz

Odolnost vybraných odrůd květáku vůči nádorovce kapustové v polních podmínkách

Evaluation of tolerance of selected cauliflower cultivars to clubroot

Kopecný P.¹, Béres T.², Šamajová K.³, Hýbl M.¹

¹ Genetické zdroje zelenin a speciálních plodin, VÚRV, v.v.i., Olomouc

² Czech Advanced Technology and Research Institute, Univerzita Palackého Olomouc

³ Katedra asijských studií, Filozofická fakulta, Univerzita Palackého Olomouc

Abstrakt

V polních podmínkách bylo testováno 27 odrůd květáku (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) na odolnost vůči nádorovce kapustové. Hodnocené odrůdy květáku vykazovaly nízký stupeň tolerance k *P. brassicae*. Koeficient tolerance (Kt) se pohyboval v rozmezí od 5,41 do 43,91. Nejodolnějšími testovanými položkami byly odrůdy Newton Seale (Kt=43,91), Agora (Kt=43,24) a Pindus (Kt=39,18). Naopak nejméně odolné byly odrůdy Paloma (Kt=5,41) Modra (Kt=9,04) a Slavia (Kt=9,52).

Klíčová slova: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L., *Plasmodiophora brassicae* Wor., koeficient tolerance

Abstract

The set of 27 cultivars of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) was tested for resistance to clubroot under field conditions. Tested genotypes of cauliflower expressed a low level of resistance. The coefficient of tolerance (Kt) varied from 5.41 to 43.91. Among the most resistant genotypes were cultivars Newton Seale (Kt=43.91), Agora (Kt=43.24) a Pindus (Kt=39.18). The most susceptible cultivars were Paloma (Kt=5.41) Modra (Kt=9.04) a Slavia (Kt=9.52).

Keywords: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L., *Plasmodiophora brassicae* Wor., coefficient of tolerance

Úvod

Zelenina a ovoce jsou základní složkou lidské potravy a jsou nejen cenným zdrojem důležitých vitamínů a minerálů, ale také obsahují široké množství sekundárních metabolitů významných pro lidské zdraví (Chiu a kol., 2010). V tomto kontextu je rod *Brassica* považován jako jeden z nejvýznamnějších a zároveň nejstarších zdrojů kulturních plodin na světě, kdy jejich pěstování je doloženo z analýz makrozbytků z neolitické Eurasie, tak i z písemných pramenů raných civilizací ve starém Římě, Řecku, nebo Číně, kde byly v důsledku regionálních odlišností brukvovité plodiny pěstovány pro odlišné části (Sadowski a Kole, 2011). Květák (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) je brukvovitou zeleninou, která se pěstuje pro své zdužnatělé květenství (Gómez-Campo a Gustafsson, 1991). O jejím původu je známo, že byla vyšlechtěna z brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) asi v 15. století v oblasti Itálie (Sadowski a Kole, 2011). Je důležitým zdrojem přírodních antioxidantů, jelikož obsahuje velké množství vitamínů, karotenoidů, vlákniny, rozpustných cukrů, glukosinolatů, tokoferolů, kyseliny askorbové, thiaminu, riboflavinu, niacinu, vápníku, železa a fosforu, které chrání lidské tělo před reaktivními formami kyslíku (Bradfield a kol., 1985; Jahangir a kol., 2009). Brukvovité plodiny bývají dávány do souvislosti se snížením rizika chronických onemocnění,

včetně kardiovaskulárních chorob a rakovin (Ahmed a Ali, 2013; Verkerk a kol., 1997; Zhang a Talalay, 1994). Brukvovité plodiny dále obsahují sloučeniny hydroxyskořicové, kávové, chlorogenové, ferulové a synapové kyseliny, stejně jako flavonolů (sloučeniny kaempferolu, quercetinu) (Heimler a kol., 2006; Vallejo a kol., 2003), díky kterým mají také antimutagenní vlastnosti.

O rostoucí oblibě květáku svědčí nejnovější dostupné údaje o rozloze sklizňových ploch, kdy v České republice činila v roce 2013 – 265 ha, avšak v roce 2020 již 330 ha, tj. nárůst o téměř 125 %. Vzrůstající trend je patrný i z nárůstu celosvětové sklizňové plochy o 117 515 ha, z 1 239 671 ha v roce 2013 na 1 357 186 ha v roce 2020, tj. nárůst o téměř 110 % (the United Nations, 2022).

Nádorovka kapustová, obligátní biotrofní rostlinný patogen (Javed a kol., 2023), byla identifikovaná a popsána Worinem již v roce 1877. Ačkoliv je tento původce onemocnění způsobující nádorovitost na kořenech brukvovitých již tak dlouho znám, tak má stále enormní dopad na pěstování brukvovitých plodin (Ludwig-Müller, 2022), způsobující hyperplazii a hypertrofii kořenových tkání a následnou tvorbu nádorů na kořenech napadených rostlin (Zhang a kol., 2015) vedoucí k deformaci hypokotylu (Malinowski a kol., 2019). Takto napadený kořenový systém tvoří sink živin pro přežití a růst *P. brassicae*, který se sem přesunul z horních částí rostlin. Důsledkem je omezený růst rostlin ve srovnání s nenapadenými a také předčasné dozrávání nadzemních orgánů (Botero a kol., 2019). Zduřené kořeny přestávají přijímat živiny a vodu, což vede ke změně barvy mladých listů ze zelené, přes světle zelenou až žlutou, následované dehydratací a vadnutí celé rostliny (Howard a kol., 2010).

Plasmiodiophora brassicae způsobuje ekonomické ztráty v hodnotě milionů dolarů. Existuje několik způsobů, jak tyto škody minimalizovat – 1) polní hygiena, sanitace polní mechanizace a potlačení hostitelských druhů plevelu (Hennig a kol., 2022); 2) rotace brukvovitých plodin s nehostitelskými (Ernst a kol., 2019; Hwang a kol., 2019); 3) datum výsevu – vysoká půdní vlhkost a teplota mezi 22 – 25 °C je optimální pro rozvoj nádorovitosti (Gossen a kol., 2012). Mladé rostliny jsou více náchylné k tomuto patogenu a je tím více ovlivněn výnos; 4) přípravky ovlivňující vlastnosti půdy - *P. brassicae* preferuje kyselé půdní prostředí, tudíž používání přípravků s vápníkem měnícím pH půdy na 7 a více snižují výskyt nádorovitosti (Fox a kol., 2022); 5) pěstování vychytávacích nehostitelských plodin, které způsobují klíčení vytrvalých výtrusů. Jedná se především o *Alopecurus myosuroides*, *Phacelia tanacetifolia*, *Papaver rhoeas* a *Pisum sativum* (Zamani-Noor a kol., 2022); 6) aplikace fungicidů – bylo zkoušeno mnoho syntetických fungicidů, namátkově fluazinam, pentachloronitrobenzen, metalaxyl-mancozeb, azoxystrobin, difenokonazol a carbendazim (Liao a kol., 2022) s různým efektem, avšak s vysokými náklady pro pěstitele (Javed a kol., 2023); 7) biologická kontrola – slibné výsledky byly získány použitím mikroorganismů rodu *Trichoderma* a *Bacillus* (Zhao a kol., 2022).

Pěstování odolných odrůd snižuje množství rozmnožovacích částic *P. brassicae* v půdě, snižuje také pravděpodobnost prolomení rezistence a snižuje i množení virulentních populací (Hwang a kol., 2019). Cílem této práce proto bylo otestovat vybrané genotypy květáku v polních podmínkách, srovnat je s výsledky z kontrolovaných podmínek (Kopecký a kol., 2012) a doporučit je ať už šlechtitelům či pěstitelům s výskytem spor *P. brassicae* v půdě.

Materiál a Metody

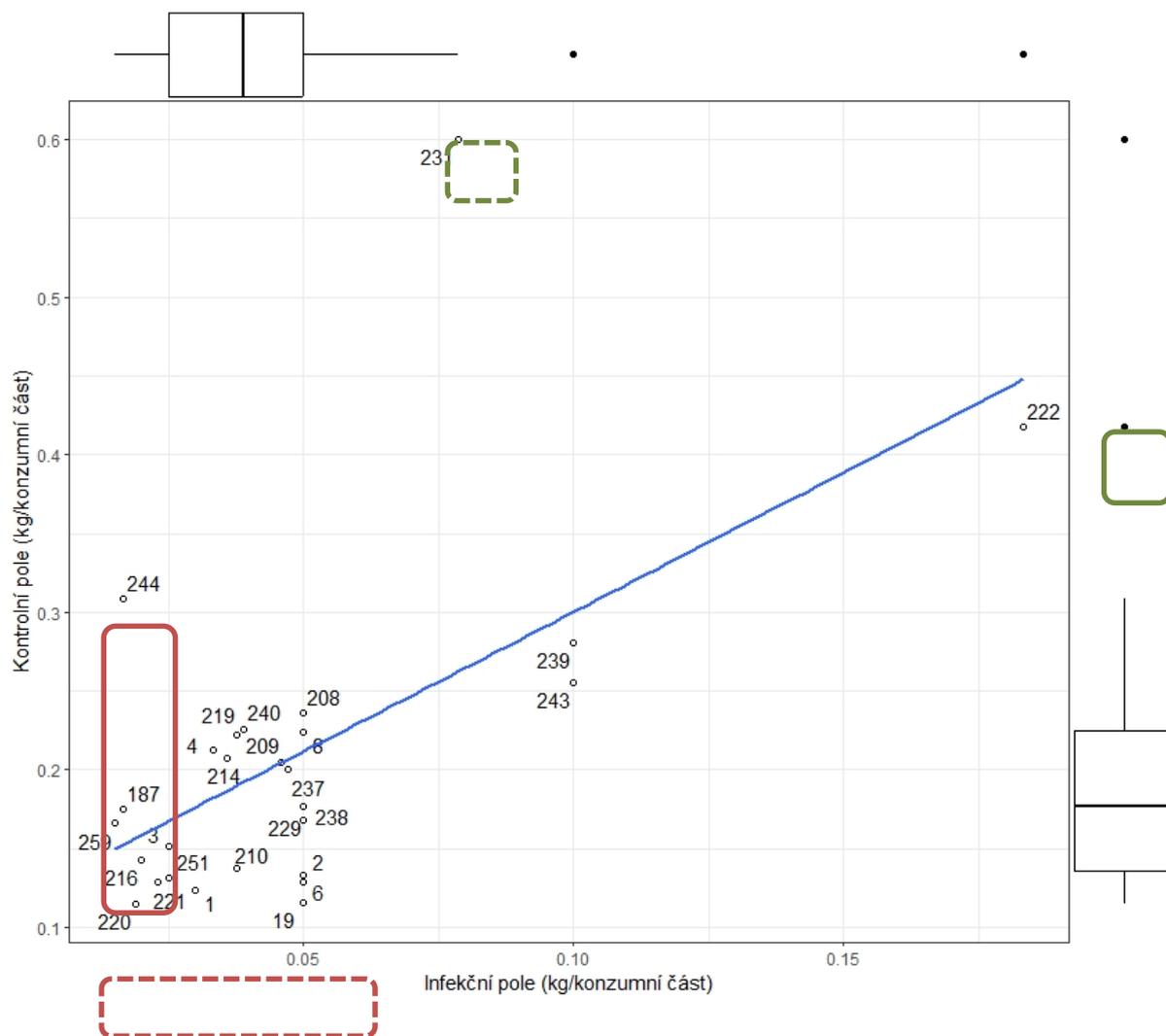
Pro hodnocení odolnosti bylo použito 27 genotypů květáku (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) udržovaných na pracovišti Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Olomouci v rámci Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity v ČR. Pasportní údaje jsou dostupné z <https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>. Hodnocené rostliny byly vyseté ve skleníku do mělkých výsevních misek s agroperlitem (Profi-Grow, Česká Republika). Po vyklíčení byly rostliny přesazené do plastových sadbovačů o

velikosti 37 x 28 x 4,2 cm s vrchním rozměrem buněk 28 mm, spodním rozměrem 21 mm a objemem 28 ml naplněných zahradnickým substrátem B (Rašelina Soběslav, Česká Republika). Nastavená teplota v pěstební kóji byla 23 °C/16 h a 18 °C/8h s větráním pomocí otevření vrchlíku od 25 °C a automatickým zastíněním na 80 % při venkovním osvitě nad 20 000 lx. Rostlinám bylo přisvětlováno zářivkovými svítidly Trevos Prima 236 (Trevos, Česká Republika) se zářivkami Osram Lumilux Cool White (Osram, Německo) s příkonem 36W, světelným tokem 3 350 lm, barvou světla 840 a fotoperiodou 16/8 h. Rostliny byly standardně kultivovány a dle potřeby přihnojovány roztokem Kristalonu Start (AGRO CS, Česká Republika) v koncentraci 1 g.l⁻¹ vody. Rostliny byly dopěstované do fáze šesti pravých listů a následně vysazené ve sponu 50 x 50 cm na infekční pole a kontrolní nezamořený pozemek v Olomouci-Holici, Česká republika (49,5714003° s.š., 17,2830375° v.d.) po 12 rostlinách ve třech opakováních ve znáhodněných blocích ve třech po sobě následujících letech pro vyloučení vlivu klimatu. Provokační pole vzniklo umělou infekcí zapravením nádorů, získaných sběry na území celé České republiky, do půdy a neustále je udržovaná jeho infekceschopnost rovnoměrným zapravením 100 g spor/m² do ornice (Chytilová a Dušek, 2007). Rostliny byly po výsadbě zakryté netkanou textilií s hustotou 17 g.m⁻², pravidelně zavlažované liniovou závlahou, udržované v bezplevelném stavu a kultivované dle standardní pěstitelské praxe. Jako kontrola byla použita odrůda pekingského zelí Granaat. Konzumní část rostlin byla sklizena ve fázi konzumní zralosti a stanována jejich hmotnost. Hodnocen byl koeficient tolerance (Kt), což je výnos konzumních částí jednotlivých rostlin daného genotypu na infekčním poli v konfrontaci s výnosem na nezamořeném pozemku (Chytilová a Dušek, 2007). Statistická analýza byla provedena ve volně šiřitelném softwaru R (R Core Development Team, 2010).

Výsledky a diskuze

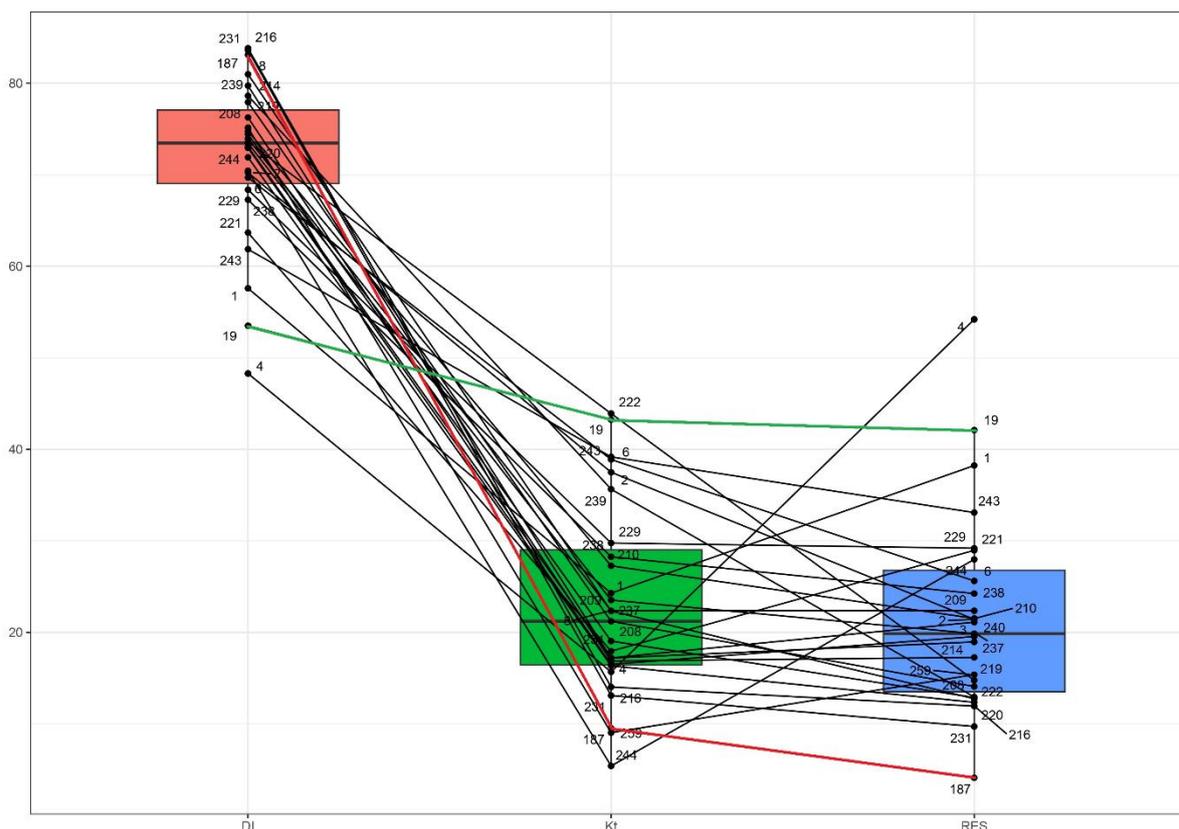
Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,02 do 0,18 kg, z kontrolního pole od 0,11 do 0,60 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 5,41 do 43,91. Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zjištěn u odrůdy Newton Seale (09H2300222) s průměrnou hmotností 0,18 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Pindus (09H2300243; 0,10 kg/KR) a Garantija (09H2300239; 0,10 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl zaznamenán u odrůdy Brigo (09H2300231; 0,60 kg/KR), dále pak u odrůdy Newton Seale (09H2300222; 0,42 kg/KR) a Paloma (09H2300244; 0,31 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt), který udává hodnotu poměru hmotnosti z infekčního pozemku ke kontrolnímu násobenou stem, byl zjištěn u odrůd Newton Seale (09H2300222; Kt=43,91), Agora (09H2300019; Kt=43,24) a Pindus (09H2300243; Kt=39,18).

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Paloma (09H2300244; 0,2 kg/KR), AVX 5007 (09H2300259; 0,2 kg/KR) a Sesam (09H2300187; 0,2 kg/KR), z kontrolního pozemku pak OE 3226 (09H2300220; 0,11 kg/KR), Agora (09H2300019; 0,12 kg/KR), Bora (09H2300001; 0,12 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Paloma (09H2300244; Kt=5,41), AVX 5007 (09H2300259; Kt=9,04) a Sesam (09H2300187; Kt=9,52) (obr.1).



Obr. 1: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů kvěťáku sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku. Červeným rámečkem jsou vyznačené nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm pak medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledním 1 až 3 čísly.

Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) (Kopecký a kol., 2012) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou kvěťáku je Agora (09H2300019) z Česka, nejméně odolným genotypem pak Sesam (09H2300187) (obr. 2).



Obr. 2: Porovnání jednotlivých genotypů květáku v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledním 1 až 3 čísly.

Znalost odolnosti jednotlivých genotypů je důležitá s ohledem na lokální podmínky v měnícím se klimatu, ale i s ohledem na rostlinnou a živočišnou výrobu a také na konzervaci genetických zdrojů rostlin rodu *Brassica*. Brukvovité rostliny byly na odolnost vůči nádorovitosti nejčastěji hodnocené ve skleníkových podmínkách (Carlsson a kol., 2004; Czajka a kol., 2020; Hasan a kol., 2012), zřídka v kontrolovaných podmínkách fytotronu (Yang a kol., 2021) a ojediněle v polních podmínkách (Manzanares-Dauleux a kol., 2000). Velice nízký koeficient tolerance zjištěný v této práci koresponduje s výsledky Manzanares-Dauleux a kol. (2000), kde byl květák nejméně odolnou plodinou jak v kontrolovaných, tak i polních podmínkách a nevykazoval významnou variabilitu mezi jednotlivými genotypy. Hasan a kol. (2012) hodnotil celkem 275 genotypů brukvovitých plodin, z toho 14 genotypů květáku a v souladu s výsledky této práce nenašel žádný zdroj rezistence k osmi různým patotypům *P. brassicae*. Potencionální rozdíly ve výsledcích však mohou být způsobené rozdílným patotypem patogena, jinými genotypy použitých rostlin, jiným půdním složením i odlišným klimatem v místě pěstování rostlin (Manzanares-Dauleux a kol., 2000).

Závěr

Hodnocením v polních podmínkách byly zjištěny jako nejodolnější testované položky Newton Seale, Agora a Pindus. Naopak nejméně odolné byly odrůdy Paloma, Modra a Slavia. Porovnáním odolnosti v kontrolovaných i polních podmínkách můžeme pro pěstování

v oblastech s výskytem *P. brassicae* doporučit jako nejvhodnější odrůdu květáku Newton Seale. Naopak jako nevhodná se jeví odrůda Sesam.

Dedikace

Výsledek vznikl za podpory projektů MZE-RO0423 a QK1910070.

Použitá literatura

- Ahmed, F. A., & Ali, R. F. (2013). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. *BioMed research international*, 2013.
- Botero, A., García, C., Gossen, B. D., Strelkov, S. E., Todd, C. D., Bonham-Smith, P. C., & Pérez-López, E. (2019). Clubroot disease in Latin America: distribution and management strategies. *Plant Pathology*, 68(5), 827-833.
- Bradfield, C. A., Chang, Y., & Bjeldanes, L. F. (1985). Effects of commonly consumed vegetables on hepatic xenobiotic-metabolizing enzymes in the mouse. *Food and chemical toxicology*, 23(10), 899-904.
- Carlsson, M., Bothmer, R. V., & Merker, A. (2004). Screening and evaluation of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) and clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in genetic resources of Brassica oleracea. *Hereditas*, 141(3), 293-300.
- Czajka, A., Markiewicz, M., Kowalska, B., & Smolińska, U. (2020). Reaction of clubroot-resistant genotypes of *Brassica rapa*, *Brassica napus* and *Brassica oleracea* to Polish *Plasmodiophora brassicae* pathotypes in laboratory tests. *European Journal of Plant Pathology*, 158(2), 533-544.
- Ernst, T. W., Kher, S., Stanton, D., Rennie, D. C., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2019). *Plasmodiophora brassicae* resting spore dynamics in clubroot resistant canola (*Brassica napus*) cropping systems. *Plant Pathology*, 68(2), 399-408.
- Fox, N. M., Hwang, S. F., Manolii, V. P., Turnbull, G., & Strelkov, S. E. (2022). Evaluation of lime products for clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) management in canola (*Brassica napus*) cropping systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44(1), 21-38.
- Gómez-Campo, C., & Gustafsson, M. (1991). Germplasm of wild n=9 Mediterranean species of Brassica. *Botanika Chronika*, 10, 429-434.
- Gossen, B. D., Adhikari, K. K. C., & McDonald, M. R. (2012). Effects of temperature on infection and subsequent development of clubroot under controlled conditions. *Plant Pathology*, 61(3), 593-599.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., Vincieri, F. F., & Romani, A. (2006). Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food chemistry*, 99(3), 464-469.
- Hennig, B. C., Hwang, S. F., Manolii, V. P., Turnbull, G., Robinson, S. V., & Strelkov, S. E. (2022). Evaluation of host resistance, hydrated lime, and weed control to manage clubroot in canola. *Horticulturae*, 8(3), 215.
- Howard, R. J., Strelkov, S. E., & Harding, M. W. (2010). Clubroot of cruciferous crops—new perspectives on an old disease. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32(1), 43-57.
- Hwang, S. F., Ahmed, H. U., Zhou, Q., Fu, H., Turnbull, G. D., Fredua-Agyeman, R. & Peng, G. (2019). Influence of resistant cultivars and crop intervals on clubroot of canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 99(6), 862-872.
- Chiu, L. W., Zhou, X., Burke, S., Wu, X., Prior, R. L., & Li, L. (2010). The purple cauliflower arises from activation of a MYB transcription factor. *Plant physiology*, 154(3), 1470-1480.
- Chytilová, V., & Dušek, K. (2007). *Metodika testování odolnosti brukvovitých plodin k nádorovitosti*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně.
- Jahangir, M., Kim, H. K., Choi, Y. H., & Verpoorte, R. (2009). Health-affecting compounds in Brassicaceae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(2), 31-43.

- Kopecký, P., Doležalová, I., Duchoslav, M., & Dušek, K. (2012). Variability in resistance to clubroot in European cauliflower cultivars. *Plant Protection Science*, 48(4), 156-161.
- Ludwig-Müller, J. (2022). What can we learn from-omics approaches to understand clubroot disease?. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 6293.
- Malinowski, R., Truman, W., & Blicharz, S. (2019). Genius architect or clever thief—how *Plasmodiophora brassicae* reprograms host development to establish a pathogen-oriented physiological sink. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 32(10), 1259-1266.
- R Development Core Team R. (2010). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.
- Sadowski, J., & Kole, C. (ed.) (2011). *Genetics, Genomics and Breeding of Vegetable Brassicas*. Boca Raton: CRC Press.
- the UNITED NATIONS. UNdata [online]. 2022, 2022/06/22 [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: <http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3A393>.
- Vallejo, F., Tomás-Barberán, F. A., & García-Viguera, C. (2003). Phenolic compound contents in edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1511-1516.
- Verkerk, R., Van der Gaag, M. S., Dekker, M., & Jongen, W. M. F. (1997). Effects of processing conditions on glucosinolates in cruciferous vegetables. *Cancer Letters*, 114(1-2), 193-194.
- Yang, H., Yuan, Y., Wei, X., Zhang, X., Wang, H., Song, J., & Li, X. (2021). A new identification method reveals the resistance of an extensive-source radish collection to *Plasmodiophora brassicae* race 4. *Agronomy*, 11(4), 792.
- Zamani-Noor, N., Brand, S., & Söchting, H. P. (2022). Effect of pathogen virulence on pathogenicity, host range, and reproduction of *Plasmodiophora brassicae*, the causal agent of clubroot disease. *Plant Disease*, 106(1), 57-64.
- Zhang, H., Feng, J., Zhang, S., Zhang, S., Li, F., Strelkov, S. E. & Hwang, S. F. (2015). Resistance to *Plasmodiophora brassicae* in *Brassica rapa* and *Brassica juncea* genotypes from China. *Plant Disease*, 99(6), 776-779.
- Zhang, Y., & Talalay, P. (1994). Anticarcinogenic activities of organic isothiocyanates: chemistry and mechanisms. *Cancer research*, 54(7_Supplement), 1976s-1981s.

Kontaktní adresa:

Mgr. Pavel Kopecký
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Šlechtitelů 29
783 71 Olomouc
kopecky@genobanka.cz,
+420 585 208 964

Odezva *VRN-A1* substitučních linií pšenice Norstar-Manitou na kombinaci dlouhodobého chladu a sucha

Wheat *VRN-A1* substitution lines Norstar-Manitou response to combined cold and drought

Kosová K., Vítámvás P., Vítámvás J., Cit Z., Prášil I. T.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Vysoce mrazuvzdorná ozimá pšenice Norstar, jarní pšenice Manitou, a reciproční *VRN-A1* substituční linie, tzv. „spring Norstar“ a „winter Manitou“, byly vystaveny dlouhodobému působení chladu (4 °C, 56 dnů) indukujícím u ozimých linek jarovizaci (J), sucha (30% půdní vodní kapacity), anebo kombinaci chladu a sucha (sucho následovalo chlad?). U všech variant byly hodnoceny růstové charakteristiky (hmotnost čerstvé nadzemní biomasy, plocha 2. listu), charakteristiky spojené s vodním režimem (osmotický potenciál OP, vodní sytostní deficit VSD) a charakteristiky spojené s fluorescencí chlorofylu (Fv/Fm), fotosyntézou, transpirací a otevřeností průduchů (poměr intercelulární a ambientní koncentrace CO₂ ci/ca, rychlost transpirace TR, vodivost průduchů SC, rychlost čisté fotosyntézy PR, účinnost využití vody WUE a tzv. vnitřní účinnost využití vody WUEi). Klastrová analýza ukázala, že kontrolní varianty se rozlišují dle genetického základu Norstar vs Manitou, zatímco v podmínkách dlouhodobého chladu (jarovizace), ale i sucha se uplatňuje vliv *VRN-A1* substituce, zvláště u ozimé alely *vrn-A1*. Srovnání variant vystavených pouze suchu a suchu následně po dlouhodobém chladu (jarovizaci) ukázalo, že dlouhodobý chlad vedoucí k jarovizaci rostlin působí jako faktor zmírňující nepříznivé vlivy sucha (tzv. stress priming).

Klíčová slova: *VRN-A1* lokus; růstový typ; jarovizace; chlad; sucho; kombinovaný stres

Abstract

Highly frost-tolerant winter wheat Norstar, frost-susceptible spring wheat Manitou and two reciprocal substitution lines with interchanged *VRN-A1* locus „spring Norstar“ and „winter Manitou“ were subjected to a long-term cold treatment (4°C, 56 d) inducing vernalization, drought (30% SWC) or combined cold and drought treatment. In all experiment variants, plant growth-related characteristics including the total shoot biomass and 2nd leaf area, water regime-related characteristics including water saturation deficit (WSD) and osmotic potential (OP), chlorophyll fluorescence parameter Fv/Fm, and photosynthesis-related characteristics net photosynthesis rate, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency (WUE) and intrinsic water use efficiency (WUEi) were determined. Cluster analysis revealed a differentiation of control genotypes based on their genetic background; however, in both long-term cold treatments (J-K and J-S), the effect of *VRN-A1* substitution was dominant over the background. Long-term cold treatment leading to vernalization has a priming effect on wheat tolerance to drought.

Keywords: *VRN-A1* locus; growth habit; vernalization; cold; drought; combined stress

Úvod

Zemědělské plodiny jsou v polních podmínkách obvykle vystaveny kombinacím různých environmentálních stresových faktorů (Mittler 2006). U ozimých obilnin je klíčová jejich schopnost úspěšně přezimovat (tzv. winter hardiness), přičemž stresy spojené s přezimováním nezahrnují pouze nízké teploty (chlad, mráz), ale řadu dalších faktorů, především stresy spojené s nedostatkem vody a buněčnou dehydratací. Ozimé obilniny jsou evolučně přizpůsobeny nízkým teplotám v průběhu zimy díky požadavku tzv. jarovizace (vernalizace; Chouard 1960), což je dlouhodobé vystavení nízkým teplotám nezbytné pro přechod do reprodukční fáze. U ozimých obilnin je známo, že schopnost indukovat zvýšenou mrazuvzdornost souvisí s jejich vývojem, kdy rostliny po splnění jarovizačního požadavku a přechodu do reprodukční fáze již nejsou schopny indukovat zvýšenou mrazuvzdornost odpovídající stavu před jarovizací (Danyluk et al. 2003). U ozimé pšenice je klíčovým genem *VRN-A1* gen, jehož alelická konstituce determinuje tzv. růstový typ, kdy dominantní alela *Vrn-A1* determinuje jarní růstový typ bez jaroviačního požadavku, zatímco recesivní *vrn-A1* alela ozimý růstový typ s jarovizačním požadavkem (Yan et al. 2003). Substituce *VRN-A1* genu s sebou nese i změnu růstového typu. Limin a Fowler (2002) vytvořili soubor *VRN-A1* recipročních substitučních linií mezi vysoce mrazuvzdornou ozimou odrůdou Norstar a jarní odrůdou Manitou zahrnující tzv. „spring Norstar“ (linka odvozená z Norstar, ale nesoucí dominantní *Vrn-A1* alelu z jarní pšenice Manitou) a „winter Manitou“ (linka odvozená z Manitou, ale nesoucí recesivní *vrn-A1* alelu z ozimé Norstar).

V našem experimentu byl soubor čtyř genotypů pšenice zahrnující rodičovské kultivary Norstar, Manitou a dvě reciproké substituční linie s vyměněným *VRN-A1* lokusem vystaven dlouhodobému působení chladu (4 °C, 56 dnů) indukujícímu vernalizaci, suchu (30% půdní vodní kapacita PVK) a kombinaci obou faktorů (dlouhodobý chlad následovaný suchem). U všech variant včetně kontrolní (18 °C, 70% PVK) byly stanoveny fyziologické charakteristiky související s růstem (hmotnost čerstvé nadzemní biomasy, plocha 2. listu) vodním režimem (osmotický potenciál OP, vodní sytostní deficit VSD), a charakteristiky spojené s fotosyntézou, transpirací a otevřeností průduchů (poměr intercelulární a ambientní koncentrace CO₂ ci/ca, rychlost transpirace TR, vodivost průduchů SC, rychlost čisté fotosyntézy PR, účinnost využití vody WUE a tzv. vnitřní účinnost využití vody WUEi). Všechny stanovené charakteristiky byly hodnoceny nejprve samostatně pomocí analýzy variance (ANOVA) a následně jako jeden soubor dat pomocí klastrové analýzy. Cílem experimentu bylo stanovit vliv substituce *VRN-A1* na odolnost jednotlivých linií vůči chladu, suchu a kombinovanému stresu, a rovněž vzájemně porovnat vliv jednotlivých stresových faktorů chladu, či sucha vzhledem ke kombinovanému působení chladu a sucha.

Materiál a metodika

Uspořádání experimentu

V experimentu bylo použito osivo ozimé pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) cv. Norstar, jarní pšenice cv. Manitou, a dvou recipročních substitučních linií s vyměněným *VRN-A1* lokusem, tzv. „spring Norstar“ a „winter Manitou“, které bylo získáno z laboratoře prof. D.B. Fowlera (University of Saskatchewan, Saskatoon, Kanada). Osivo bylo naklíčeno v regulovaných podmínkách termostatu (20 °C, 2 dny, tma) a naklíčené obilky byly vysety do květináčů naplněných směsí zeminy a zahradnického substrátu. Rostliny byly pěstovány v kultivačním

boxu (Tyler T-64, Budapešť, Maďarsko) za ozáření 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 16/8 h (světlo/tma), 18 °C, 70% půdní vodní kapacity (PVK) po dobu 14 dnů (všechny varianty), následně byly buď dále pěstovány za daných podmínek (kontrolní varianta K, 7 dnů), vystaveny suchu (varianta S: 18 °C, 35-30% PVK, 14 dnů), vystaveny dlouhodobému chladu (varianta J-K: 5 °C, 49 dnů a 18 °C 7 dnů, 70% PVK) zajišťujícímu splnění jarovizačního požadavku u ozimých linií, a následně odebrány 7 dnů po opětovném zvýšení teploty anebo současně s jarovizací vystaveny suchu (varianta J-S: 5 °C 49 dnů a 18 °C 7 dnů, 35-30% PVK).

Morfofyziologické charakteristiky

U všech variant (celkem 16; 4 genotypy \times 4 treatmenty) byly stanoveny základní parametry spojené s růstem (gravimetricky stanovená hmotnost čerstvé nadzemní biomasy, změření délky d a šířky s 2. listu a vypočtení přibližné listové plochy $(d*s)/2$), obsahem vody v listových pletivech (vodní sytostní deficit VSD, osmotický potenciál), fluorescencí chlorofylu a fotosyntézou. Vodní sytostní deficit (VSD) byl vypočten na základě gravimetrického stanovení čerstvé hmotnosti (FW), hmotnosti po 5 h nasycení vodou ve vlhkostní komůrce (TW) a sušiny po 12 h sušení při 60°C (DW) dle vzorce $VSD = (TW-FW)/(TW-DW)*100(\%)$ (Slavík 1963). Osmotický potenciál šťávy vymačkané ze zmrazených listů byl stanoven jako osmolarita pomocí osmometru WESCOR (VAPRO Dew Point Osmometer, WESCOR, Utah, USA) a vypočten dle van't Hoffovy rovnice. Maximální fotochemická účinnost fotosystému II Fv/Fm byla stanovena u temnotně adaptovaných listů (30 min. tma) pomocí FluorPen FP100 (PSI, Drásov, ČR). Rychlost čisté fotosyntézy (PR), rychlost transpirace (TR), stomatální vodivost (SC), poměr intercelulární a ambientní koncentrace CO_2 (c_i/c_a) byly stanoveny za světla pomocí LC-PRO+ (ADC Bioscientific, Velká Británie). Účinnost využití vody (WUE) a tzv. vnitřní účinnost využití vody (WUEi) byly vypočteny jako (PR/TR), respektive (PR/SC).

Statistické hodnocení dat

Data vztahující se k jednotlivým charakteristikám (minimálně 4 biologická opakování; $n=4$) byla hodnocena pomocí analýzy variance (ANOVA) a signifikantní rozdíly na hladině významnosti 0,05 byly stanoveny pomocí Duncanova testu rozpětí (DMRT0.05) za použití softwaru STATISTICA 13 (TIBCO, Velká Británie). Klastrová analýza celého souboru dat byla provedena u Z-skóre transformovaných dat za použití Euklideánských vzdáleností a Wardových minimálních kritérií pomocí softwaru PermutMatrix (Caraux a Pinloche 2005).

Výsledky a diskuse

Hodnoty jednotlivých stanovených charakteristik u všech 16 experimentálních variant (4 genotypy \times 4 treatmenty) jsou uvedeny v Tabulce 1 a 2. Je zřejmé, že kontrolní varianty (K) a varianty vystavené dlouhodobému chladu (jarovizaci J) ve srovnání s variantami vystavenými suchu (S) a kombinaci jarovizace a sucha (J-S) vykazují vyšší hmotnost čerstvé nadzemní biomasy, vyšší Fv/Fm, osmotický potenciál, rychlost čisté fotosyntézy, rychlost transpirace, a naopak nižší VSD. V případě WUE a WUEi dosahují nejvyšších hodnot varianty vystavené jarovizaci se zvýšenou i se sníženou záhlvkou, zatímco kontrolní a suché varianty mají hodnoty WUE a WUEi významně nižší. Srovnání čtyř experimentálních variant ukazuje největší rozdíly mezi kontrolou a suchem, ze tří stresových variant se samotné sucho jeví jako nejsilnější stres (viz rozdíly v rámci VSD, OP, PR, SC, TR; Tabulka 1, 2).

Klastrová analýza (Obr. 1) ukázala, že klíčovým faktorem pro rozdělení všech 16 experimentálních variant jsou jednotlivé treatmenty, tj. klastr 1 zahrnuje kontrolní varianty, klastr 2 jarovizované varianty, klastr 3 jarovizované varianty vystavené suchu (kromě Spring Norstar), klastr 4 varianty vystavené pouze suchu kromě Spring Norstar, a klastr 5 zahrnuje Spring Norstar vystavenou buď pouze suchu anebo kombinaci jarovizace a sucha. Na základě řazení jednotlivých linií lze konstatovat, že u kontrolních variant je dominantní vliv genetického pozadí (Norstar vs Manitou), zatímco u jarovizovaných variant pěstovaných jak za optimální (70% PVK), tak za snížené (30% PVK) závlivky se jako rozhodující faktor ukazuje substituce hlavního jarovizačního genu *VRN-A1*, tj. vedle sebe jsou řazeny Norstar (WN) a Winter Manitou (WM), které obě nesou recesivní *vrn-A1* alelu původem z Norstar.

Dalším zajímavým výsledkem, které lze dedukovat na základě klastrové analýzy, je pozitivní vliv jarovizace na varianty následně vystavené suchu ve srovnání s variantami, které byly vystavené pouze suchu (bez nízké teploty). Varianty kombinující jarovizaci a suchu (J-S) mají ve srovnání s variantami vystavenými pouze suchu (S) nižší VSD, vyšší WUE a WUE_i, což ukazuje na pozitivní vliv jarovizace na zvýšení odolnosti vůči suchu, což lze vysvětlit na základě fenoménu tzv. stress priming, tj. že působení jednoho stresu aktivuje obranné mechanismy rostliny, což vede ke zvýšení odolnosti i vůči dalším typům stresů (Rasmussen et al. 2013; Hilker a Schmölling 2019).

Tab. 1: Vybrané morfofyzilogické charakteristiky hodnocené u sledovaných vzorků: hmotnost čerstvé biomasy (g), listová plocha (cm²), vodní sytostní deficit (VSD), osmotický potenciál (OP), maximální fotochemická účinnost fotosystému II Fv/Fm a tzv. vnitřní účinnost využití vody WUEi. Čísla představují průměrné hodnoty z min. 4 biologických opakování (n=4), malá písmena značí signifikantní rozdíly na základě analýzy rozptylu (ANOVA), Duncanova testu rozpětí na hladině významnosti 0,05.

Vzorky: SM – Spring Manitou; SN – Spring Norstar; WM – Winter Manitou; WN – Winter Norstar; J – jarovizované varianty; K – kontrolní varianty; S – suché varianty;

Vzorek	Biomasa (g)	List.plocha (cm ²)	VSD (%)	OP (MPa)	Fv/Fm	WUEi (μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹)
SN-K	2,13 b	9,82 a	11,34 c	-0,908 a	0,723 b	77,238 c
WN-K	2,3 ab	9,97 a	12,42 c	-0,957 ab	0,75 ab	64,865 d
SM-K	2,038 b	10,54 a	8,37 b	-0,892 a	0,794 ab	59,478 d
WM-K	1,871 bc	10,47 a	8,12 b	-0,911 a	0,796 ab	60,942 d
SN-S	0,557 d	4,03 d	47,41 f	-3,293 e	0,604 e	23,958 g
WN-S	0,639 d	4,1 d	44,68 ef	-3,151 e	0,662 d	47 e
SM-S	0,596 d	3,81 de	45,14 ef	-2,754 d	0,745 ab	102,533 a
WM-S	0,522 e	3,44 e	43,18 e	-2,692 d	0,792 a	38,8 ef
SN-J-K	2,283 ab	4,72 c	5,08 a	-1,302 b	0,608 e	87,19 b
WN-J-K	2,097 b	4,76 c	6,12 a	-1,388 b	0,715 c	78,957 c
SM-J-K	2,44 a	7,82 b	6,16 a	-1,188 b	0,813 a	83,644 b
WM-J-K	2,37 a	8,39 b	6,91 a	-1,207 b	0,714 c	84,166 b
SN-J-S	0,847 d	2,82 fg	23,96 d	-2,254 c	0,552 f	39,502 ef
WN-J-S	1,017 c	2,46 g	22,6 d	-2,446 c	0,656 d	76,467 c
SM-J-S	1,019 c	4,03 d	22,65 d	-2,07 c	0,695 cd	100,163 a
WM-J-S	0,87 cd	3,05 f	14,15 c	-2,093 c	0,655 d	77,097 c

Tab. 2: Vybrané fyziologické charakteristiky související s fotosyntézou a transpirací: SB, ci/ca – poměr intercelulární a ambientní koncentrace CO_2 , PR – rychlost čisté fotosyntézy; SC – vodivost průduchů; SR – rezistence průduchů; TR – rychlost transpirace; WUE – účinnost využití vody. Čísla představují průměrné hodnoty z min. 4 biologických opakování ($n=4$), malá písmena značí signifikantní rozdíly na základě analýzy rozptylu (ANOVA), Duncanova testu rozpětí na hladině významnosti 0,05.

Vzorky: SM – Spring Manitou; SN – Spring Norstar; WM – Winter Manitou; WN – Winter Norstar; J – jarovizované varianty; K – kontrolní varianty; S – suché varianty;

Vzorek	SR (m^2s $mmol^{-1}$ 1H_2O)	ci/ca	TR ($mmol$ $H_2O m^{-2}s^{-1}$)	SC ($mmol$ $H_2O m^{-2}s^{-1}$)	PR (μmol $CO_2 m^{-2}s^{-1}$)	WUE (μmol CO_2 $mmol$ H_2O^{-1})
SN-K	336,9 c	0,693 c	1,99 ab	0,161 b	12,201 b	6,24 b
WN-K	358,6 b	0,74 b	2,295 ab	0,174 b	11,207 c	4,873 e
SM-K	367,3 b	0,748 b	2,565 a	0,22 a	12,804 ab	5,027 de
WM-K	358,3 b	0,739 b	2,76 a	0,233 a	14,147 a	5,131 d
SN-S	470,6 a	0,892 a	0,354 d	0,026 e	0,716 i	1,862 h
WN-S	376,9 b	0,689 c	0,265 d	0,013 f	1,586 h	6,306 b
SM-S	372,7 b	0,69 c	0,392 d	0,022 e	2,733 g	7,097 a
WM-S	387,7 b	0,706 c	0,379 d	0,031 e	1,982 h	5,698 c
SN-J-K	283,8 d	0,64 d	1,592 b	0,107 c	8,774 d	5,755 c
WN-J-K	296,5 d	0,673 cd	2,158 ab	0,136 bc	10,727 c	4,963 e
SM-J-K	279,4 de	0,637 d	2,271 ab	0,153 bc	12,618 ab	5,579 cd
WM-J-K	283,2 d	0,646 d	2,115 ab	0,135 bc	11,332 c	5,356 cd
SN-J-S	364,6 b	0,837 ab	0,753 c	0,047 de	1,919 h	2,418 g
WN-J-S	309,7 cd	0,715 c	0,804 c	0,049 de	3,534 f	4,379 f
SM-J-S	250,6 e	0,578 e	1,051 bc	0,073 d	7,194 e	6,954 a
WM-J-S	288,8 d	0,665 d	0,824 c	0,056 de	4,534 f	5,213 d

Poděkování

Práce byla podpořena projekty Ministerstva zemědělství ČR (MZe ČR), a to institucionálním projektem VÚRV, v.v.i. RO0423, a projekty QK1910269 a QK22010293.

Literatura

- Caraux, G., Pinloche, S., 2005: Permutmatrix: a graphical environment to arrange gene expression profiles in optimal linear order. *Bioinformatics* 21: 1280–1281.
- Chouard P., 1960: Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 11: 191-238.
- Danyluk J., Kane N., Breton G., Limin A.E., Fowler D.B., Sarhan F. 2003: *TaVRT-1*, a putative transcription factor associated with vegetative-to-reproductive transition in cereals. *Plant Physiol.* 132: 1849-1860.
- Hilker M., Schmölling T., 2019: Stress priming, memory, and signalling in plants. *Plant Cell Environment* 42: 753-761.
- Limin A., Fowler D.B., 2002: Developmental traits affecting low-temperature tolerance response in near-isogenic lines for the vernalization locus *Vrn-A1* in wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Ann. Bot.* 89: 579-585.
- Mittler R., 2006: Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Sci.* 11: 15-19.
- Rasmussen S., Barah P., Suarez-Rodriguez M.C., Bressendorff S., Friis P., Constantino P., et al. 2013: Transcriptome responses to combinations of stresses in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 161: 1783-1794.
- Slavík, B., 1963: Relationship between the osmotic potential of cell sap and the water saturation deficit during the wilting of leaf tissue. *Biol. Plant* 5: 258–264.
- Yan L., Loukoianov A., Tranquilli G., Helguera M., Fahima T., Dubcovsky J., 2003: Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1*. *PNAS* 100: 6263-6268.

Kontaktní adresa:

RNDr. Klára Kosová, Ph.D.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
Drnovská 507/73,
161 06 Praha 6 - Ruzyně, Česká republika;
tel.: +420 233022447;
email: kosova@vurv.cz

Kyseliny palmitová a stearová a jejich obsah ve lněných semenech

Palmitic and stearic acids and their content in the linseeds

Mrázková M.¹, Bjelková M.²

¹AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o.

²Agritec Plant Research s.r.o.

Abstrakt

Kyseliny palmitová a stearová představují dvě hlavní složky rostlinných olejů a živočišných tuků. Uhlovodíkové vazby, které jsou v jejich dlouhých řetězcích, způsobují, že jsou tyto nasycené karboxylové kyseliny obzvláště energeticky bohaté. Kvůli kapacitě akumulace energie je kyselina palmitová, stejně jako kyselina stearová či další mastné kyseliny účinnou zásobou energie v těle. V tomto příspěvku jsme se zaměřili na hodnocení obsahu uvedených dvou mastných kyselin ve lněných semenech, přičemž analýzám byl podroben soubor 419 genových zdrojů lnu setého (*Linum usitatissimum* L.) sklizených na pozemcích společnosti AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. Byl zjištěn průměrný obsah $5,36 \pm 0,61$ % kyseliny palmitové a $3,56 \pm 0,72$ % kyseliny stearové ve lněných semenech.

Klíčová slova: len setý, mastné kyseliny, genové zdroje

Abstract

Palmitic and stearic acids are the two main components of vegetable oils and animal fats. The hydrocarbon bonds that are in their long chains make these saturated carboxylic acids particularly energy-rich. Due to its energy storage capacity, palmitic acid, like stearic acid or other fatty acids, is an effective energy store in the body. In this contribution, we focused on the evaluation of the content of the mentioned two fatty acids in flax seeds, while a set of 419 genetic sources of flax (*Linum usitatissimum* L.) harvested on the lands of AGRITEC, research, breeding and services, Ltd. was subjected to analysis. The average content of 5.36 ± 0.61 % acid was found of palmitic and 3.56 ± 0.72 % of stearic acid in the linseeds.

Keywords: flax, fatty acids, genetic resources

Úvod

Kyselina palmitová je karboxylová kyselina, jejíž chemický název zní kyselina hexadekanová. Její molekulární (sumární) vzorec je $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_{14}\text{COOH}$. Je to vyšší nasycená mastná kyselina obsažená v tucích. Běžně se vyskytuje jak u zvířat, tak u rostlin. Je jednou z nejběžnějších nasycených mastných kyselin a jednou z nejrozšířenějších nasycených mastných kyselin v tělesných lipidech. Je hlavní složkou olejů, jako je palmový olej, kokosový či olivový olej. Je obsažena také v másle, sýrech, mléku a mase. Malé množství kyseliny palmitové se nachází také ve lněných semenech (Kakilashvili *et al.*, 2014). Goyal *et al.* (2014) uvádí obsah této kyseliny ve lněném semeni v rozmezí 4,90 – 8,00 %. Dorrell (1970) zjistil statistické rozdíly, když provedl podrobnější analýzu distribuce mastných kyselin ve lněném semeni. Zhang *et al.* (2011) srovnali obsah mastných kyselin ve lněném semeni z přadného a olejného lnu. Zjistili, že obsah kyseliny palmitové v semeni z přadného lnu byla na úrovni $8,77 \pm 0,08$ %, zatímco v olejném lnu na úrovni $5,34 \pm 0,01$ %. Olejný len měl však vyšší obsah omega-3 esenciální mastné kyseliny linolenové, což zvyšovalo jeho nutriční hodnotu. Silska a Walkowiak (2019) zkoumali u 84 vzorků lnu obsahy vybraných mastných kyselin a zjistili obsah kyseliny palmitové na úrovni 4,2 – 6,5 %, přičemž obsah tuku byl 39,8 – 44,8 %. K podobným výsledkům dospěli i Lee *et al.* (2016), kteří dokumentují průměrný obsah kyseliny palmitové u 121 vzorků lnu 5,3 %. Autoři Yi *et al.* (2022) na základě analýzy 253 vzorků olejného lnu uvádějí maximální obsah kyseliny palmitové na úrovni 5,09 %.

Kyselina stearová je rovněž jednou z mnoha karboxylových kyselin. Chemický název zní kyselina oktadekanová a její vzorec je $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_{16}\text{COOH}$. Název stearová pochází z řeckého *stéar* – lůj, což naznačuje, že je stejně jako kyselina palmitová důležitou součástí tuků. Z rostlinných zdrojů se kyselina stearová nachází ve větší míře v kakaovém másle. Jiné rostlinné oleje a tuky obvykle obsahují pouze maximálně 7 % kyseliny stearové. Kyselina stearová se nachází rovněž ve lněném semeni (Kakilashvili *et al.*, 2014), avšak v menší míře než kyselina palmitová. Goyal *et al.* (2014) uvádí obsah kyseliny stearové ve lněném semeni v rozmezí 2,24 – 4,59 %.

Kyselina stearová a kyselina palmitová představují dvě hlavní složky rostlinných olejů a živočišných tuků. Kvůli jejich podobné chemické struktuře se vyskytují tyto dvě mastné kyseliny vždy společně. Ve zvířecích nebo lidských organismech se kyselina stearová vytváří z kyseliny palmitové přidáním dvou atomů uhlíku. Fyziologickou rolí, metabolismem a nutričními implikacemi kyseliny palmitové se zabývali např. Carta *et al.* (2017), z dalších autorů pak Pascual *et al.* (2021).

Cílem tohoto příspěvku bylo vyhodnotit obsah kyseliny palmitové a kyseliny stearové ve lněných semenech, přičemž analýzám byl podroben soubor 419 genových zdrojů lnu setého (*Linum usitatissimum* L.) sklizených na pozemcích společnosti AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o.

Materiál a metody

Experiment s celkem 419 různými genetickými zdroji lnu setého (*Linum usitatissimum* L.) byl založen systémem polního maloparcelkového testování v závislosti na osivových parametrech jednotlivých odrůd ve výsevním množství 10 MKS ($60\text{--}80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na pozemcích společnosti AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. Komplexní pěstitelská technologie porostů probíhala dle standardní metodiky pěstování lnu setého. Po sklizni byl vyhodnocen produkční potenciál jednotlivých odrůd lnu a byly provedeny analýzy na obsah mastných kyselin palmitové a stearové pomocí technologie NIRS v laboratořích AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. Výsledky byly zpracovány pomocí softwaru Statistica (StatSoft).

Výsledky a diskuse

Na základě laboratorních analýz 419 genetických zdrojů lnu setého byl zjištěn průměrný obsah $5,36 \pm 0,61$ % kyseliny palmitové a $3,56 \pm 0,72$ % kyseliny stearové ve lněných semenech. Podrobnější statistické údaje jsou zobrazeny na obr. 1 (kyselina palmitová) a na obr. 2 (kyselina stearová).

Srovnáme-li naše zjištění s výsledky jiných autorů, zajímavou studii provedla např. Wondołowska-Grabowska (2014), která zkoumala vliv různého hnojení lnu dusíkem, sírou a bórem na profil mastných kyselin v semenech lnu. Tříletý experiment potvrdil, že dávka dusíku $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ zvyšovala obsah kyseliny palmitové i stearové v semeni, zatímco aplikace $15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ bóru a $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ síry vedla ke snížení obsahu kyseliny lignocerové. Ze slovenských autorů se Kolláthová *et al.* (2019) zabývali analýzou obsahů živin a profilem mastných kyselin v různých olejnatých semenech (slunečnicové, sójové, řepkové a lněné) a zjistili statistické rozdíly v rámci semen. Lněná semena měla přitom vyšší obsah kyseliny palmitové ($5,98 \pm 0,01$ %) než řepková ($4,51 \pm 0,0$ %) a slunečnicová semena ($5,60 \pm 0,0$ %), ale nižší obsah než semena sóje ($10,60 \pm 0,02$ %).

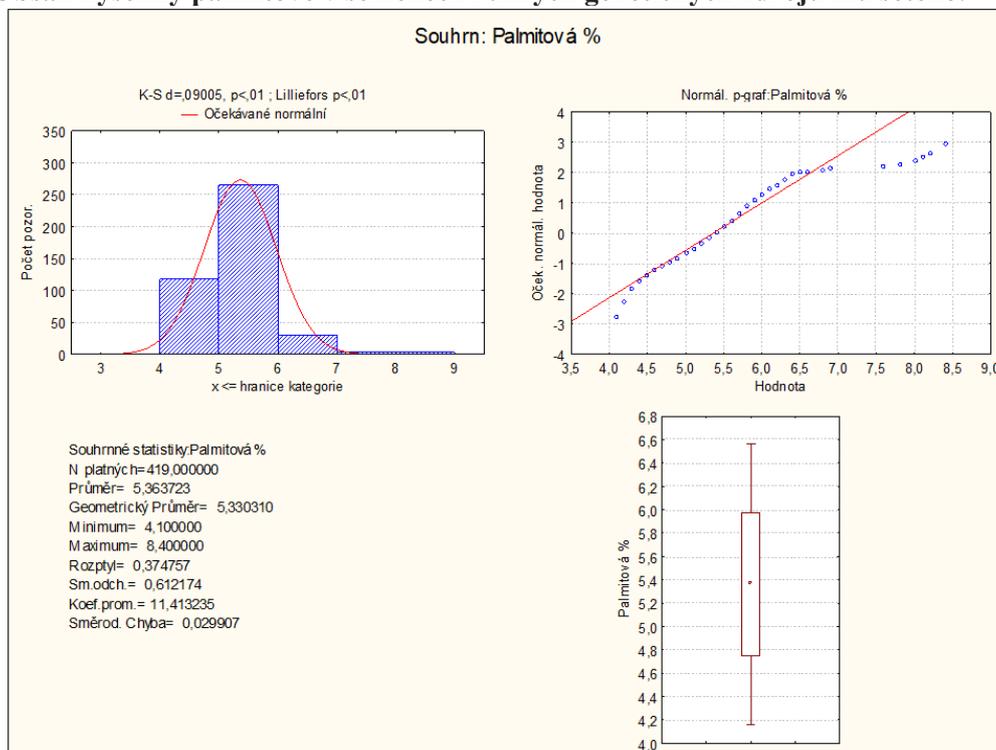
O tom, že existují průkazné meziodrůdové rozdíly z hlediska obsahu kyseliny palmitové v olejném lnu referovala Bjelková (2020) při provádění odrůdových zkoušek. Sledovala přitom blok českých odrůd (Amon, Jantar, Astella, Agram, Agriol a Raciol), dále blok francouzských odrůd (např. Festival, Koral aj.), polských odrůd (Szafir a Bukoz), odrůdu Velké Británie (Aquarius) a blok holandských odrůd (např. Bringhton, Libra aj.).

Různé genotypy olejného lnu (Gaurav, LC-2007, LC-15635, LC-2005 a LC-2203) byly studovány také indickými autory Dixit *et al.* (2007) z hlediska profilu mastných kyselin v semeni a byly zjištěny statistické rozdíly pro kyseliny palmitovou, stearovou, olejovou a linolovou. Obsah kyseliny palmitové se přitom pohyboval v rozmezí 4,21-8,71 %.

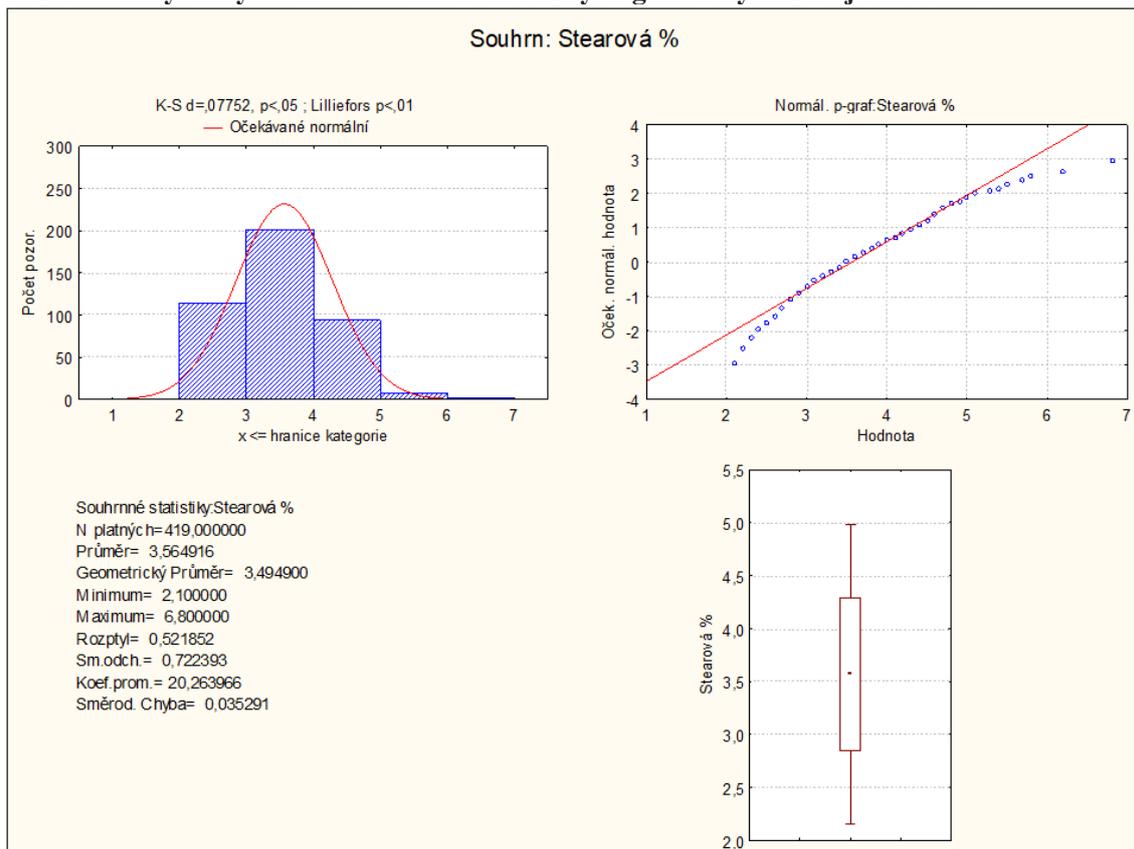
Kiralan *et al.* (2010) se rovněž zaměřili na studium různých odrůd lnu, a to mj. z Maďarska (Beladi, Nynke, Pinnacle), Německa (L.C.S.D., Leuwarden, Polen I, Rembrandt, Cascade Amer., Cascade D.H., Verum, Lila, Izolda, Vnii19, Bewing, Lin 1771/91, Lin 1772/90, Lin 1780/91, Lin 1793/92, Lin 1794/92, Lin 1835/93, Lin 1839/93) a Bulharska (Fasad). Obsah kyseliny palmitové byl přitom nejnižší (4,1 %) v odrůdě Cascade a nejvyšší (6,2 %) v odrůdě Lin 1793-92. Imran *et al.* (2013) studovali vliv zpracování lněného semene extruzí na retenci mastných kyselin. Jejich studie dokumentuje, že při extruzi nedošlo ke snížení obsahů kyselin palmitové, stearové, olejové ani linolové v produktu.

V problematice kyseliny stearové Zhang *et al.* (2011) zmiňují, že obsah kyseliny stearové v semenech z přadného lnu byl na úrovni $6,78 \pm 0,16$ %, zatímco v olejném lnu na úrovni $3,18 \pm 0,41$ %. Silska a Walkowiak (2019) zjistili obsah kyseliny stearové na úrovni 2,6 – 5,1 %. Lee *et al.* (2016) dospěli k průměrné hodnotě kyseliny stearové u 121 vzorků lnu 4,3 %. Autoři Yi *et al.* (2022) uvádějí nejvyšší obsah kyseliny stearové u olejného lnu až na úrovni 8,31 %. Studie, kterou provedla Wondołowska-Grabowska (2014), prokázala, že dávka dusíku $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zvyšovala obsah kyseliny stearové v semeni lnu. Podle Kolláthové *et al.* (2019) lněná semena obsahovala vyšší obsah kyseliny stearové ($2,87 \pm 0,0$ %) než řepková ($1,61 \pm 0,0$ %), ale nižší obsah než slunečnicová ($3,08 \pm 0,0$ %) a sójová ($4,39 \pm 0,0$ %) semena. Bjelková (2020) nezjistila meziodrůdové rozdíly z hlediska obsahu kyseliny stearové v semenech různých odrůd olejného lnu. Oproti tomu indiští autoři Dixit *et al.* (2007) dokumentují statistické rozdíly v rámci sledovaných genotypů i z hlediska obsahu kyseliny stearové, který se pohyboval v rozmezí 3,52 – 8,17 %. Kiralan *et al.* (2010) zjistili nejnižší obsah (3,3 %) kyseliny stearové v Normanu a nejvyšší (7,1 %) v genotypu Lin 1772-90.

Obr. 1 Obsah kyseliny palmitové v semenech různých genetických zdrojů lnu setého.



Obr. 2 Obsah kyseliny stearové v semenech různých genetických zdrojů lnu setého.



Závěr

Uhlovodíkové vazby, které jsou v dlouhých řetězcích kyseliny palmitové a stearové, způsobují, že jsou tyto mastné kyseliny obzvláště energeticky bohaté. Kvůli této kapacitě akumulace energie je kyselina palmitová, stejně jako kyselina stearová nebo další mastné kyseliny, účinnou zásobou energie v těle.

Je potřeba zmínit, že Světová zdravotnická organizace uvádí, že příjem nasycených mastných kyselin zvyšuje riziko kardiovaskulárních onemocnění. Na druhou stranu, podle korejské studie zveřejněné ve vydání časopisu *Journal of Medicinal Food* z roku 2010, kyselina palmitová vykazuje antioxidační vlastnosti a může napomáhat prevenci aterosklerózy u potkanů, i když není tak účinná jako kyselina olejová. Tato kyselina má tedy mírné antioxidační a antiaterosklerotické vlastnosti, což se potvrdilo ve studiích na zvířatech. Obecně ale platí, že jídelníček s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin je považován za zdravější.

Kyselina palmitová byla po mnoho let považována za činitele zvýšení hladiny cholesterolu, přestože kanadská studie z roku 2002 publikovaná v magazínu „*Asian Pacific Journal of Clinical Nutrition*“ zkoumala účinky vysoké spotřeby kyseliny palmitové u zdravých dobrovolníků a dospěla k závěru, že nezvyšuje hladinu cholesterolu, pokud je kombinována s kyselinou linolovou. To je významné, protože kyselina linolová, nenasycená mastná kyselina, se vždy nachází s kyselinou palmitovou v olivových, palmových a kokosových olejích. Když se však kyselina palmitová kombinovala s množstvím trans-mastných kyselin, hladiny „špatného“ LDL cholesterolu vzrostly a „dobrý“ HDL cholesterol se snížil. Jinými slovy, kyselina palmitová se prakticky nikdy nekonzumuje osamocená, bez jiných zdravějších tuků, takže její negativní dopad na zdraví mohl být dříve až moc přeceňován.

Literatura

- BJELKOVÁ M. (2020): Výsledky odrůdových zkoušek olejného lnu v ČR v roce 2020. In: Šmirous P., „Zápisník len a konopí 2021“. Svaz lnu a konopí ČR z.s.
- CARTA G., MURRU E., BANNI S., MANCA C. (2017): Palmitic acid: physiological role, metabolism and nutritional implications. *Front. Physiol.*, Vol. 8, DOI: [10.3389/fphys.2017.00902](https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00902)
- DIXIT S., KENDURKAR P. S., VAJPEYI M., PRASAD, R. N. (2007): Variability in elite linseed (*Linum usitatissimum* L.) germplasm for oil content and fatty acid composition. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, Vol. 20, No. 1, pp. 35-37.
- DORRELL D.G. (1970): Distribution of fatty acids within the seed of flax. *Can. J. Plant Sci.*, Vol. 50: 71-75.
- GOYAL A., SHARMA V., UPADHYAY N., GILL S. (2014): Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9): 1633-53. DOI: [10.1007/s13197-013-1247-9](https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9)
- IMRAN M., ANJUM F. M., ARSHAD, M. U. (2013): Influence of extrusion processing on fatty acids retention in full-fat flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) meal. *Journal of Food Processing and Technology*, Vol. 4, No. 9, pp. 268.
- KAKILASHVILI B.I., ZURABASHVILI D.Z., TURABELIDZE D.G., SHANIDZE L.A., PARULAVA G.K. (2014): The fatty acid composition of ordinary flax seed oil (*Linum usitatissimum* L.) cultivated in Georgia and its biological activity. *Georgian Med News*, 227: 86-8.
- KIRALAN M., GOKPINAR F., IPEK A., BAYRAK A., ARSLAN N., KOK M. S. (2010): Variability of fatty acid and mineral content in linseed (*Linum usitatissimum*) lines from a range of European sources. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol. 8, No. 4, pp. 1068-1073.
- KOLLÁTHOVÁ R., VARGA B., IVANIŠOVÁ E., GÁLIK B., BÍRO D., ROLINEC M., JURÁČEK M., ŠIMKO M., HANUŠOVSKÝ O., ZÁBRANSKÝ Ľ. (2019): The content of nutrients and fatty acids profile in different oilseeds. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 20, No. 4, pp. 1063-1068.
- LEE Y., BAE S., PARK W., KIM K., JANG Y., LEE K. (2016): Evaluation of agronomic characteristics and fatty acid composition of flax germplasms. *Korean Journal of Crop Science*, Vol. 61, No. 2, pp. 124-130.
- PASCUAL G., DOMÍNGUEZ D., ELOSÚA-BAYES M., BECKEDORFF F., LAUDANNA C., BIGAS C., DOUILLET D., GRECO C., SYMEONIDI A, HERNÁNDEZ I., GIL S.R., PRATS N., BESCÓS C., SHIEKHATTAR R., AMIT M., HEYN H., SHILATIFARD A., BENITAH S.A. (2021): Dietary palmitic acid promotes a prometastatic memory via Schwann cells. *Nature*, 599 (7885): 485-490. DOI: [10.1038/s41586-021-04075-0](https://doi.org/10.1038/s41586-021-04075-0)
- SILSKA G., WALKOWIAK M. (2019): Comparative analysis of fatty acid composition in 84 accessions of flax (*Linum usitatissimum* L.). *J Pre Clin Clin Res.*, 13(3): 118–129. DOI: [C:\Users\badalikova\AppData\Local\Temp\4f22eefb-6a73-4164-aa2d-f4b5ceaedddd zasilka-NHYMD3JCLCCICK69.zip.ddd](https://doi.org/10.26444/jpccr/111889)
DOI: <https://doi.org/10.26444/jpccr/111889>
[10.26444/jpccr/111889](https://doi.org/10.26444/jpccr/111889)
- WONDOŁOWSKA-GRABOWSKA, A. (2014): Effect of diversified fertilization with nitrogen, sulphur and boron on fatty acids profile in oil flax seeds. *Journal of Elementology*, Vol. 19, No. 4, pp. 1131-1142.
- YIL, SA R., FAN X., ZHAO C., LI R., SIQIN, B. (2022): Evaluation of flax germplasm phenotype. *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 24, No. 5., pp. 56-67.
- ZHANG Z.-S., WANG L.-J., LI D., LI S.-J., ÖZKAN N. (2011): Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. *International Journal of Food Properties*, 14(6): 1286-1296. DOI: [10.1080/10942911003650296](https://doi.org/10.1080/10942911003650296)

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1023, a dále s podporou dotačního titulu „Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin, zvířat a mikroorganismů významných pro výživu a zemědělství“ a s podporou projektu NAZV reg. č. QK1910302.

Kontakt:

Mgr. Marie Mrázková, Ph.D.
AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o.
Zemědělská 2520/16
787 01 Šumperk
+420 583 382 105,
mrazkova@agritec.cz

Implementace mikrosporové embryogeneze do šlechtitelského procesu hořčice sareptské (*Brassica juncea* (L.) Czern.)

Implementation of microspore embryogenesis in the breeding process of brown condiment mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern.)

Rosokha H.¹, Klíma M.¹, Bryxová P.², Vítámvás P.¹, Kosová K.¹, Prášil I.T.¹, Rychlá A.³, Vrbovský V.³

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

²Česká zemědělská univerzita v Praze

³OSEVA vývoj a výzkum, s.r.o.

Abstrakt

Byla optimalizována metoda mikrosporových kultur u hořčice sareptské (*Brassica juncea*). Regenerace celistvých rostlin byla dosažena u většiny genotypů, vysoce embryogenní byly genotypy Domo, Gieva, I.B.1434 a Opaleska a kříženec RLM 514 x I.B. 1434. Do nesterilních podmínek bylo převedeno 469 regenerantů dvanácti genotypů. Míra přežití v nesterilních podmínkách k 30. dni od vysázení se pohybovala v rozmezí 24,8 % (Gieva) – 51,9 % (Domo x Opaleska), s průměrem 37,5 %, dosažení generativního stádia od 54,8 % (Gieva) – 100 % (Bulharska) s průměrem 72,4 %, fertilita, tj. podíl spontánní diploidizace v rozmezí 23,5 % (Gieva) – 47,3 % (RLM x IB) s průměrem 33,8 %; podíl přemnožených rostlin z fertálních regenerantů činil průměrně 63,4 %. Byl získán dostatek regenerantů, schopných samoopylení v květu a přemnožení pro další využití ve šlechtitelských programech.

Klíčová slova: autoinkompatibilita, dihaploid, mikrosporové kultury, spontánní diploidizace

Abstract

The microspore culture method for brown condiment mustard (*Brassica juncea*) was optimized. Regeneration of whole plants was achieved in most genotypes, highly embryogenic were genotypes Domo, Gieva, I.B.1434 and Opaleska and the hybrid RLM 514 x I.B. 1434. 469 regenerants of twelve genotypes were transferred to non-sterile conditions. The survival rate in non-sterile conditions on the 30th day after planting ranged from 24.8% (Gieva) – 51.9% (Domo x Opaleska), with an average of 37.5%, reaching the generative stage from 54.8% (Gieva) – 100% (Bulharska) with an average of 72.4%, fertility, i.e. the proportion of spontaneous diploidization in the range of 23.5% (Gieva) – 47.3% (RLM x IB) with an average of 33.8%; the proportion of multiplied plants from fertile regenerants averaged 63.4%. Sufficient number of regenerants were obtained, capable of self-pollination in flower and reproduction for further use in breeding programmes.

Keywords: Self-compatibility, doubled haploid, microspore culture, spontaneous diploidization

Úvod

Spotřeba hořčic v České republice patří tradičně k nejvyšší na světě, okolo 2,2 kg/osobu/rok (Vašák *et al.* 2005, Lohr 2014). Z jemně mleté, žlutosemenné hořčice sareptské (*Brassica juncea*) se připravují ostře palčivé hořčice orientální (dijonská, ruská, anglická). Ve střední Evropě je tradiční pochutinou i hořčice kremžská, která je směsí podrcené tmavosemenné h. sareptské a jemně pomleté h. bílé (Vašák *et al.* 2005). Semena vykazují vysoký obsah glukosinolátů, které dávají h. sareptské jejich typicky palčivou chuť. Obsah oleje v semenech h. sareptské je ve srovnání s ostatními olejinami nižší (kolem 30%). K přímému použití v lidské výživě se olej nevyužívá, především z důvodu vysokého zastoupení kyseliny erukové

(kolem 30%). Semena vykazují vysoký obsah glukosinolátů, které dávají stolním hořčicím jejich typicky palčivou chuť. Intenzivním šlechtěním se ale u h. sareptské podařilo snížit obsah antinutričních látek, čímž se kvalita jejího oleje vyrovnala oleji řepkovému. Protože je tato hořčice ve srovnání s řepkou a řepicí odolnější k suchu, mohly by příslušné odrůdy představovat určitou alternativu k těmto tradičním olejninám v oblastech s nedostatkem vláhy (Vašák et al. 2005).

V ČR jsou registrovány dvě jarní hnědosemenné odrůdy hořčice sareptské – zahraniční Seco a tuzemská Opaleska – a žlutosemenná jarní Oportuna, obě vyšlechtěné ve Výzkumném ústavu olejnin Opava. Zajímavostí je ozimá až přesívková žlutosemenná odrůda Sarepta Spota, která vznikla v českých podmínkách (vyšlechtěna firmou Agrada, s.r.o.) výběrem z novošlechtění přesívkové hořčice sareptské původem z Výzkumného ústavu olejnin (VNIIMK) v Krasnodaru (Rusko). Tato odrůda se vyznačuje o cca 1/3 vyšším výnosem oproti jarním typům; nevýhodou je nižší odolnost k vyzimování (ve srovnání s ozimou řepkou, ale vyšší než u ozimého máku) a zastoupením nežádoucích typů glukosinolátů (Zukalová et al. 2008).

Klasické metody tvorby kultivarů z výchozích hybridních kombinací vyžadují dlouhodobý proces inbreedingu, trvající obvykle 8–10 let (Frauen 1994) v závislosti na požadavcích, kladených na uniformitu vznikajících odrůd. Efektivní cestou k výraznému zkrácení výše zmíněného postupu je využití tzv. mikrosporogeneze. Bylo zjištěno, že je možné v určité fázi „přeprogramovat“ haploidní buňky z vývoje k samčímu gametofytu (pylovému zrnu) směrem k mikrosporové embryogenezi (Zorinants et al. 2005). Výsledná sporofytická struktura je totožná s embryem zygotickým až na jednu zásadní výjimku: z hlediska genetiky a cytologie je identická s haploidní buňkou, zformovanou in planta během redukčního dělení pohlavních buněk. Schopnost efektivně zdvojit chromozómovou sádku takto vzniklého haploida, vedoucí ke kompletně homozygotnímu, dihaploidnímu genotypu během jedné generace (Klíma et al. 2008), umožňuje využít potenciál androgenetické embryogeneze i ve šlechtitelském procesu hořčice habešské. Dihaploidní (DH) regeneranty h. sareptské vytvořili regeneraci z mikrosporových kultur např. Lionneton et al. (2001), Mukhopadhyay et al. (2007), Ali et al. (2008) a Prem et al. (2008).

Cílem práce je uvést aktuální poznatky a optimalizovaný postup tvorby dihaploidů hořčice sareptské, využitelný v tuzemských šlechtitelských programech k tvorbě zcela uniformních, liniových odrůd.

Materiál a metody

Pro experimenty a optimalizaci metody byly použity jak dříve vytvořené dihaploidní linie (Bryxová et al. 2019), tak neustálené materiály (odrůdy typu populace) z genové banky a tak F₁ kříženci linií různého původu, vybrané ze šlechtitelského programu hořčice (viz tabulka 1) Příprava a udržování donorových rostlin, odběr pupat a zakládání mikrosporových kultur a další *in vitro* kultivace probíhaly dle standardního postupu (Klíma et al. 2008), modifikovaného pro hořčici. Donorové rostliny (12 rostlin od genotypu) byly ve stádiu 5–6 pravých listů (cca 8–12 týdnů po výsevu) jednotlivě vysázeny do zahradnického substrátu v kontejnerech 19×19 cm a od počátku udržovány v řízených podmínkách kultivační komory (fotoperioda 16/8 h, intenzita 180 μmol/m²/s, 22/18 °C den/noc). Poupata byla odebírána z hlavních i postranních větví, 20–30 pupat od každého genotypu. Velikost pupat pro odběry byla stanovována mikroskopicky tak, aby převažující zastoupení mikrospor v pupěti bylo v pozdně jednojaderném stádiu. Po třetí centrifugaci byla peleta mikrospor resuspendována v čerstvém NLN médiu (Lichter 1985) a koncentrace mikrospor upravena na 6 × 10⁴/ml kultivačního média. Suspenze byla po 10 ml v 90mm polystyrenových (PS), dvojitou vrstvou Parafilmu uzavřených Petriho miskách umístěna do termostatu (tma, 32,5 °C) na 24 hod. Po uplynutí této doby byly teplota v termostatu snížena na 25 °C. Kultivace ve tmě probíhala až do objevení prvních proembryí, viditelných pouhým okem (obvykle 12–18 dní od založení kultury). Poté

byly kultury přeneseny do kultivační místnosti (25/20 °C, fotoperioda 16/8 h a intenzita osvětlení 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.) na orbitální třepačku (60 rpm). Zelená, dobře vyvinutá kotyledonární embrya od délky 4 mm byla pasážována (obvykle po 20–30 dnech na světle) na médium s benzylaminopurinem (0,2 mg/l), kyselinou indolyloctovou (0,2 mg/l) a 2% sacharózou, zpevněného 0,8% agarem (Klíma *et al.* 2004) v 90 mm PS Petriho miskách po 25 ks/misku. Zde byla kultivována při 19 °C, fotoperiodě 16/8 h a světelné intenzitě 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ po dobu 7–14 dní. Po uplynutí této doby byly cca 2/3 obou děložních lístků embryí odříznuty ostrým skalpelem tak, aby nedošlo k poškození apikálního meristemického pletiva (místa regenerace budoucího prýtu). Takto upravená embrya byla pasážována na regenerační médium (Klíma *et al.* 2004) v 90 mm PS Petriho miskách po 20 ks/misku pro inicializaci regenerace a prorůstání vzrostného vrcholu. V případě nedostatečné regenerace byla u příslušných embryí odříznuta kořenová část a takto upravená embrya repasážována na čerstvé regenerační médium. Regeneranty s 3–4 pravými listy byly pasážovány na MS médium bez růstových regulátorů v Erlenmayerových baňkách k regeneraci kořenového systému. Regeneranty byly poté z kultivačních nádob vyjmuty, opláchnuty pod tekoucí vodou pro odstranění zbytků agarového média, ponořeny do 0,15% roztoku Previcuru na 20 minut, vysázeny do květináčů o průměru 8 cm s výsevním substrátem a zality roztokem Previcuru. Květináče byly zakryty perforovanou fólií na 7–10 dní pro vytvoření vlhkého mikroklima a pěstování ve skleníku až do doby aktivního růstu rostlin (14–18 dní). Zakořeněné rostliny byly přesázeny i s balem ve fázi 5–6 pravých listů do kontejnerů 19 × 19 cm se zahradnickým substrátem. Následovalo umístění do vytápěného skleníku s přisvětlováním (v zimních měsících) nebo do venkovních izolátorů. Byla prováděna pravidelná kontrola zdravotního stavu a preventivní ošetření rostlin proti chorobám a škůdcům. Na počátku sloupkování byly celé rostliny jednotlivě izolovány sáčky z netkané textilie, po odkvětu a nasazení šešulí byly sáčky sejmuty a rostliny udržovány ve stejných podmínkách až do plné zralosti.

Výsledky

První dělení mikroskop byla pozorována po 5 dnech inkubace, stádium globulárních embryí bylo pozorováno po 9–11 dnech. Embrya byla schopna převodu na diferenciační médium po 14 dnech kultivace na třepačce (obrázek 1A), převod do nesterilních podmínek započal 3,5 měsíce po založení kultury (obrázek 1D). Regenerace celistvých rostlin byla dosažena u většiny genotypů (tabulka 1).

Tabulka 1: Přehled výchozích materiálů hořčic, jejich embryogenní a regenerační schopnost

Materiál	Identif. č.	ESCH	VITRO	VIVO	GENER	FERT	OPKV
Bulharska	15O0700002	+	6	2	2	1	0
Domo	15O0700005	+++	30	12	9	3	2
Domo x Opaleska	F ₁ kříženec	++	27	14	10	4	3
Gibera	15O0700009	+	12	3	2	0	
Gieva	15O0700010	++++	125	31	17	4	2
I.B.143	15O0700014	++++	64	27	21	6	4
ĤB. 1434 x RLM 514	F ₁ kříženec	++	32	17	12	4	3
Mike Giant	15O0700064	++					
Opaleska	15O0700093	+++	31	11	8	4	3
Oportuna	15O0700096	++	13	4	3	1	1
Oportuna x Oplaleska	F ₁ kříženec	++	22	10	6	2	1
RLM 514	15O0700085	++	22	8	6	2	1
RLM 514 x I.B. 1434	F ₁ kříženec	++++	85	27	19	9	8
Terrafit	15O0703667						

Identifikační čísla viz <http://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>; ESCH – embryogenní schopnost: + 1–9 ks, ++ 10–19 ks, +++ 20–29 ks, ++++ 30 a více ks dobře vyvinutých, zelených embryí na 90 mm Petriho misku; VITRO – mikroskopové regeneranty *in vitro*; VIVO – regeneranty po převedení do nesterilních podmínek;

GENER – rostliny v generativním stádiu ve fázi kvetení; FERT – fertillní rostliny s vyvinutým, prášivým pylem v prašnicích; OPKV – získáno osivo po samoopylení v květu

Vysoce embryogenní byly genotypy Domo, Gieva, I.B.1434 a Opaleska a kříženec RLM 514 x I.B. 1434. Do nesterilních podmínek bylo převedeno 469 regenerantů dvanácti genotypů (tabulka 1). Míra přežití v nesterilních podmínkách k 30. dni od vysazení se pohybovala v rozmezí 24,8 % (Gieva) – 51,9 % (Domo x Opaleska), s průměrem 37,5 %, dosažení generativního stádia od 54,8 % (Gieva) – 100 % (Bulharska) s průměrem 72,4 %, fertilita, tj. podíl spontánní diploidizace v rozmezí 23,5 % (Gieva) – 47,3 % (RLM x IB) s průměrem 33,8 %; podíl přemnožených rostlin z fertillních regenerantů činil průměrně 63,4 %. Habitus rostlin se semeny v plné zralosti ilustruje obrázek 2. V populaci přemnožovaných regenerantů se vyskytovaly jak plně autokompatibilní rostliny (schopné samoopylení v květu, obrázek 2A), tak zcela autoinkompatibilní rostliny (pouze sporadická násada po samoopylení v květu, obrázek 2D) a přechodné typy (obrázek 1B,1C). Pro další přemnožení a následné využití ve šlechtitelských programech byly vybrány jen autokompatibilní dihaploidní regeneranty (tabulka 2).

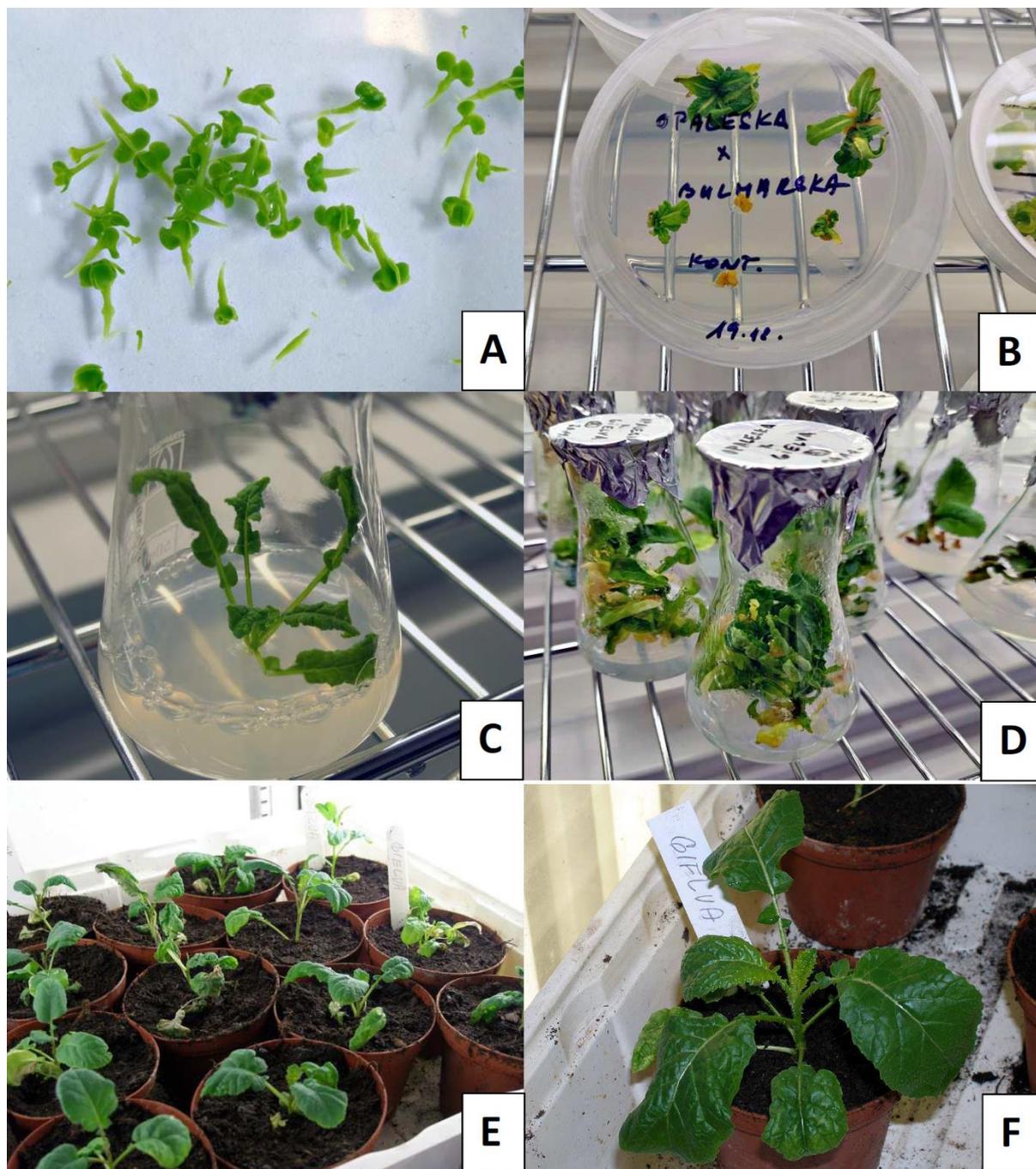
Tabulka 2: Výběr a přemnožení dihaploidních materiálů po samoopylení v květu (viz tabulka 1)

Označení	Číslo izolace	Rodičovské odrůdy	Zisk osiva F ₁ (g)
DH 1	83/1	DOMO x OPALESKA	1,31
DH 1	83/2	DOMO x OPALESKA	0,82
DH 1	83/3	DOMO x OPALESKA	0,33
DH 1	83/4	DOMO x OPALESKA	0,68
DH 1	83/5	DOMO x OPALESKA	0,86
DH 2	84/1	BULHARSKA	0,06
DH 2	84/2	BULHARSKA	0,14
DH 3	85/1	RLM x IB	-
DH 4	86/1	BULHARSKA	1,08
DH 4	86/2	BULHARSKA	1,12
DH 5	87/1	RLM x IB	0,76
DH 5	87/2	RLM x IB	0,79
DH 5	87/3	RLM x IB	1,00
DH 6	88/1	RLM x IB	1,02
DH 6	88/2	RLM x IB	0,30
DH 6	88/3	RLM x IB	0,20
DH 7	89/1	RLM x IB	0,61
DH 8	90/1	IB x RLM	0,10

Diskuze

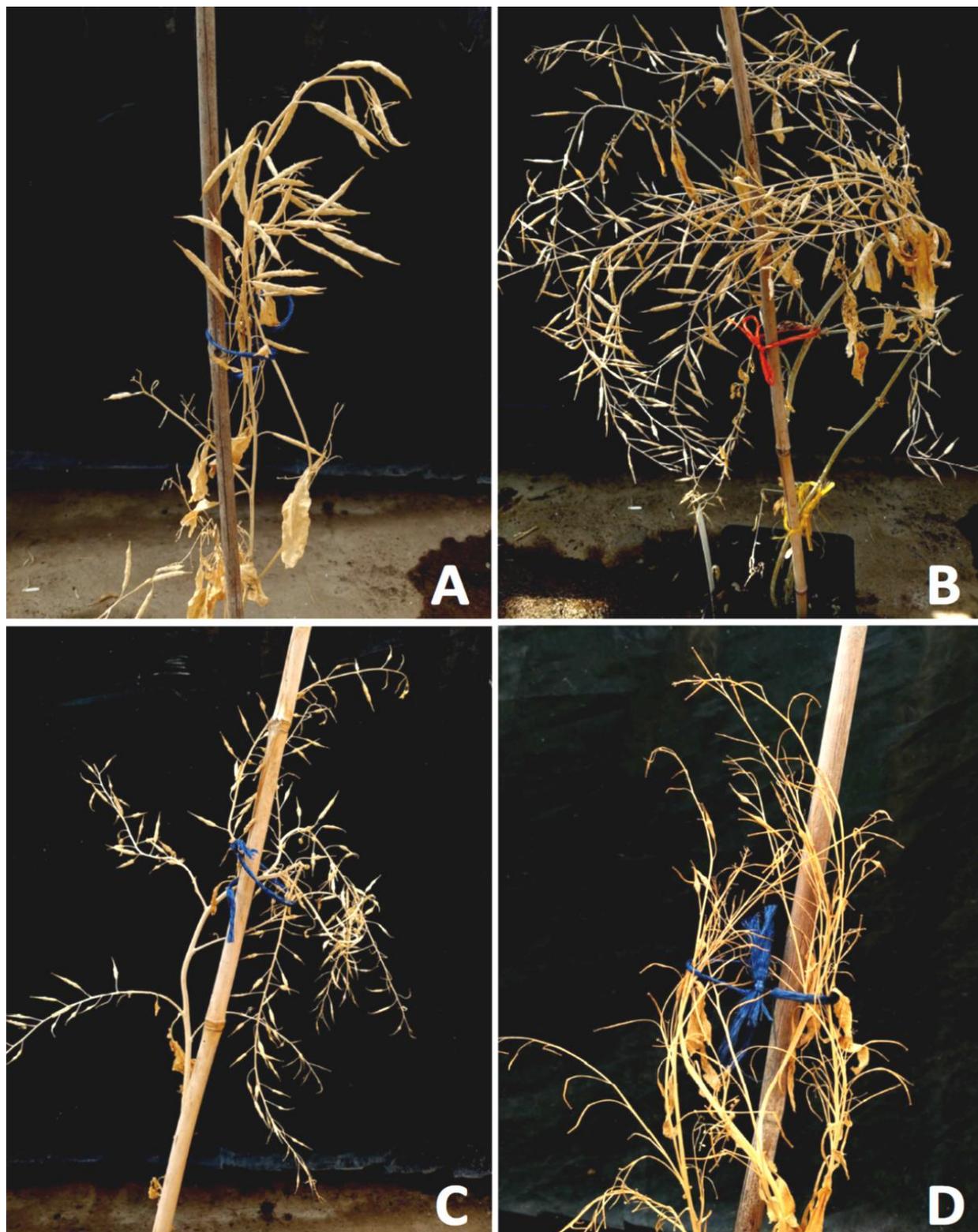
Obdobné výsledky z hlediska průměrné embryogenní schopnosti byly získány i v rámci předchozích experimentů u *B. juncea* (Lionetton *et al.* 2001). Naopak Prem *et al.* (2008) dosáhl výrazného zvýšení embryogenní schopnosti aplikací aktivního uhlí do kultivačního média nebo předpůsobením kultur v nízkých teplotách. Co se týče průběhu regenerace, první dělení mikrospor zaznamenali po 7 dnech inkubace, v našich experimentech první 2-jaderná proembrya byla pozorována již 5. dnem od založení kultury. Stádium globulárních embryí bylo v předchozích experimentech pozorováno po 12–17 dnech, v našich experimentech 9.–11. den. Embrya v experimentech Bryxové *et al.* (2019) byla schopna převodu na diferenciační médium po 7 dnech kultivace na třepačce, v našich experimentech až od 14. dne. Průměrný podíl spontánní diploidizace (33,8%) byl obdobný, jako uvádí např. Ren *et al.* (2017) v přehledové práci u řepky olejky (*Brassica napus*) (10–40%). U řepky byly publikovány i výsledky s vyšším podílem spontánní diploidizace. Např. Klíma *et al.* (2008) uvádí u třech genotypů řepky průměr 42,3% a rozpětí 31,9–55,5 % u do generativní fáze dopěstovaných regenerantů. Podobných výsledků dosáhl Weber *et al.* (2005), kde na základě fertility/sterility bylo zjištěno v průměru

44.9% podílu spontánních dihaploidů. Další zvýšení podílu dihaploidních rostlin u hořčice je možné realizovat pomocí aplikace antimitotických látek, např. pomocí kolchicinu (Lionneton *et al.* 2001, Prem *et al.* 2008) nebo dalších substancí (viz přehledový článek Dhooghe *et al.* 2011)



Obrázek 1: Klíčové fáze regenerace.

A – Kotyledonární embrya z F₁ křížence Opaleska x Gieva, před pasážováním na tuhé DM médium; B – Regenerace celistvých rostlin z embryí na RM médiu (genotyp Opaleska x Bulharska); C – Detail celistvé rostliny genotypu Oportuna x Bulharska na kořenícím MS médiu; D – Regeneranty Opaleska x Gieva před vysázením do nesterilních podmínek. E – regeneranty hořčice Gieva v rašelinném substrátu 7 dní od výsadby, F – regenerant hořčice Gieva 4 týdny po výsadbě, před přenesením do skleníku



Obrázek 2: Přemnožování mikrosporových regenerantů hořčice

A – DH regenerant, odvozený z křížence Oportuna x Opaleska (autokompatibilní (AK), plná násada po samoopylení v květu); B – DH r. z Domo x Opaleska (částečně AK, některé šesule s menším počtem semen); C – DH r. z RLM x IB (částečně autoinkompatibilní (AI), plná násada šesulí, ale s malým počtem semen na šesuli; D – DH r. z IB x RLM (AI, občasná násada šesulí s 1–2 semeny po samoopylení v květu)

Závěr

Bylo potvrzeno, že pomocí optimalizovaného postupu lze vytvořit u vysoce embryogenních genotypů hořčice sareptské dostatečné množství regenerantů v *in vitro*. Toto bylo ověřeno i u F₁ kříženců s embryogenním materiálem jako výchozích materiálů, takže je zde předpoklad využití metody ve šlechtitelském procesu. Další optimalizační opatření jsou ale nutná i v případě převodu rostlin do nesterilních podmínek a snížení podílu sterilních regenerantů, kde kumulativní podíl přemnožených k *in vitro* udržovaných regenerantů činil v průměru jen 7%. Dalším jevem byl významný podíl fertálních rostlin s velmi nízkou nebo žádnou násadou semen po samoopylení v květu, což bylo s největší pravděpodobností způsobeno autoinkompatibilitou. Přesto byl získán dostatek regenerantů, schopných samopylení v květu a přemnožení pro další využití ve šlechtitelských programech.

Literatura

- Ali M. M., Mian M. A. K., Custers J. B. M., Khurram, M. M. H. 2008: Microspore culture and the performance of microspore derived doubled haploid in *Brassica juncea* (L.) Bangladesh J. Agril. Res. 33(3): 571–578.
- Bryxová P., Klíma M., Fernández-Cusimamani E., Ulvrová T. 2019: Mikrosporové kultury u nových genotypů hořčice sareptské (*Brassica juncea*). Úroda, 67(13 věd.př.)
- Dhooghe E., Van Laere K., Eeckhaut T., Leus L., Van Huylenbroeck J. 2011: Mitotic chromosome doubling of plant tissues *in vitro*. Plant Cell, Tissue Organ Culture 104: 359–373.
- Frauen M. 1994: Use of biotechnology in breeding new varieties of winter oilseed rape in Germany. Bui. GCIRC 10: 16–29.
- Klíma M., Vyvadilová M., Kučera V. 2004: Production and utilization of doubled haploids in *Brassica oleracea* vegetables. Horticultural Science (Prague) 31: 119–123.
- Klíma M., Vyvadilová M., Kučera V. 2008: Chromosome doubling effects of selected antimutagenic agents in *Brassica napus* microspore culture. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 44: 30–36.
- Lichter R. 1985: From microspores to rape plants. A tentative way to low glucosinolate strains. In: Sorensen H. (ed.): Advance in the Production and Utilisation of Cruciferous Crops. Martinus Dordrecht, Boston, Lancaster, Nijhoff M., Junk W. Publishers, 268–277.
- Lionneton E., Beuret W., Delaitre C., Ochatt S., Rancillac M. 2001: Improved microspore culture and doubled-haploid plant regeneration in the brown condiment mustard (*Brassica juncea*). Plant Cell Reports 20: 126–130.
- Lohr V. 2014: Hořčice – tradice a perspektivy. In: Švachula, V., Vach, M., Bečka, D. (eds.). Prosperující olejnin 2014. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, pp. 130–132. ISBN 978-80-213-2517-3.
- Mukhopadhyay A., Arumugam N., Sodhi Y. S., Gupta V., Pradhan A. K., Pental D. 2007: High frequency production of microspore derived doubled haploids (DH) and its application for developing low glucosinolate lines in Indian *Brassica juncea*. In: Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, Wuhan, pp. 303–305.
- Prem D., Gupta K., Sarkar G., Agnihotri A. 2008: Activated charcoal induced high frequency microspore embryogenesis and efficient doubled haploid production in *Brassica juncea*. Plant Cell Tissue Organ Cult. 93: 269–282.
- Ren J., Wu P., Trampe B., Tian X., Lübberstedt T., Chen S. 2017: Novel technologies in doubled haploid line development. Plant Biotechnology Journal 15: 1361–1370.
- Vašák J., Zúkalová H., Kerbert V. 2005: Pěstování a aktuální problematika hořčice. In: Vrkoč, F., Vach, V. (eds.). Řepka, mák, slunečnice a hořčice. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, pp. 137–149. ISBN 80-213-1289-0.

- Weber S., Ünker F., Friedt W. 2005: Improved doubled haploid production protocol for *Brassica napus* using microspore colchicine treatment in vitro and ploidy determination by flow cytometry. *Plant Breeding* 124: 511–513.
- Zorinants S., Tashpulatov A. S., Heberle-Bors E., Touraev A. 2005: The Role of Stress in the Induction of Haploid Microspore Embryogenesis. In: Palmer, C. E., Keller, W. A., Kasha, K. J. (eds.): *Haploids in Crop Improvement II*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 324 pp.
- Zukalová H., Vašák J., Cihlár P., Bečka D., Mikšík V. 2008: Nová odrůda hořčice „Sarepta Spota“. In: Švachula, V., Vach, M., Bečka, D. (eds.). *Prosperující olejniny 2008*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, pp. 124–125. ISBN 978-80-213-1860-1.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za finanční podpory projektů Ministerstva zemědělství České republiky, QK1910225 a institucionální podpora MZE-RO0423.

Kontaktní adresa:

Ing. Hanna Rosokha
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně
Telefon 233 022 368,
hanna.rosokha@vurv.cz

Pěstování česneku: Analýza výnosových komponent

Growing garlic: An analysis of yield components

Zámečník J., Stavělíková H., Leišová-Svobodová L.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Práce teoreticky vymezuje vztah mezi výnosem česneků a počtem stroužků v cibuli česneku a mezi výnosem a hustotou česneku na jednotku plochy. Tato práce navazuje na publikovaná data a všímá si charakteristiky výnosových prvků u 21 českých registrovaných odrůd v sedmi parametrech. Prezentován je výnosový parametr průměrný počet stroužků a jejich hmotnost v cibuli česneku u šesti genetických populací. Z těchto dvou parametrů je vypočítáván hlavní výnosový parametr hmotnost cibule česneku. Diskutovány jsou další výnosové parametry, počet jedinců na plochu a vliv orientace stroužku v jamce při výsadbě.

Klíčová slova: hmotnost stroužku, počet stroužků, hustota porostu, hmotnost cibule česneku

Abstract

This work theoretically defines the relationship between the yield of garlic and the number of cloves of garlic and between the yield and the density of garlic per unit area. This work follows on published data and records the characteristics of yield elements in 21 Czech registered varieties in seven parameters. The yield parameter average number of cloves and their weight in a garlic bulb in six genetic populations is presented. From these two parameters, the main yield parameter, the weight of the garlic bulb, is calculated. Other yield parameters, the number of individual plants per area and the influence of the orientation of the cloves in the soil are discussed.

Key words: clove weight, number of cloves, stand density, garlic bulb weight

Úvod

Jsou známy dvě formy česneku paličák a nepaličák, obě formy se liší v anatomii. Paličák vybíhá, tvoří stvol a na jeho konci vytváří okolík (lichookolík) s pacibulkami. Nepaličák netvoří květní stvol a také nevytváří pacibulky. Tyto dvě formy byly odlišeny na základě genetické analýzy již dříve (Ovesná et al. 2014).

Tato práce je založena na genetické (Leišová-Svobodová et al., 2024) a morfologické (Stavělíková a Fáberová, 2005, Stavělíková, 2008) analýze klonů česneků uchovávaných v polní sbírce česneků v Olomouci (Stavělíková, 2008). Na základě této analýzy bylo identifikováno celkem sedm klastřů, s výrazným odlišením dvou klastřů nepaličáků a 4 klastřů paličáku podle genetické analýzy.

Za hlavní výnosotvorné parametry jsou považovány počty stroužků v cibuli česneku, hmotnost jednoho stroužku a počet rostlin na jednotku plochy.

Cílem této práce bylo, na základě dříve publikované práce (Leišová-Svobodová et al., 2024), zabývajících se genetickou analýzou 635 klonů česneků, odlišit 6 geneticky odlišných klastřů a analyzovat výnosové komponenty jednotlivých klastřů u 21 českých registrovaných odrůd. Na základě analýzy poté navrhnout možnost jejich potenciálního využití pro šlechtění česneku.

Materiál a metody

Celkem bylo analyzováno 635 genotypů česneku; z toho 21 českých registrovaných odrůd, z nich bylo 14 odrůd typu paličák a 7 odrůd typu nepaličák. Analyzované odrůdy: Dukát, Unikát, Vekan, Bjetín, Karel IV, Jovan, Havran, Slavin, Severský paličák, Tristan, Stanik, Blanin, Tantal, Trubač, Anton, Lumír, Japo, Záhorský, Lukan, Benátčan a Tutor. Rostliny česneku byly pěstovány výzkumným týmem Genetické zdroje zelenin a speciálních plodin, VÚRV, v. v. i, Olomouc.

Bylo hodnoceno sedm morfologických charakteristik souvisejících s cibulí česneku: tvar cibule zralého česneku, barva slupky cibule, barva slupky stroužku, typ struktury cibule tvar cibule v příčném řezu, počet stroužků v cibuli a hmotnost stroužku. Poslední zmíněný znak znamená hmotnost 10 náhodně vybraných obvodových stroužků deseti náhodně vybraných cibulí. Poslední dva znaky byly analyzovány jako potenciální výnosové parametry. Z obou znaků byla vypočtena průměrná hmotnost česnekové cibule jako hlavní výnosový parametr.

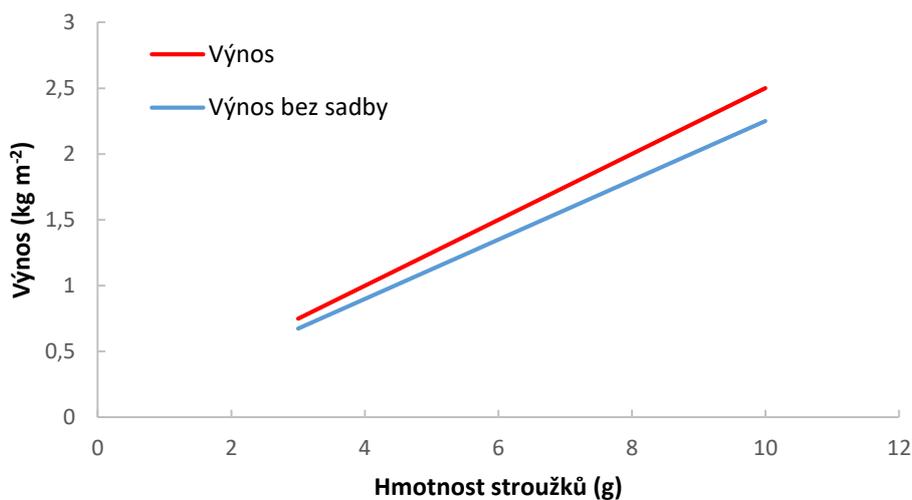
K popisu genetických populací česneků byla použita extrakce DNA a analýza mikrosatelitů. Detaily metodiky jsou popsány v práci Leišová-Svobodová et al. (2024).

Výsledky a diskuze

Byla zpracována teoretická analýza vztahu výnosu česneku na hustotě rostlin na m^2 . Bylo prokázáno, že se zvyšující se hustotou rostlin se lineárně zvyšuje výnos. Výnos s odpočtením hmotnosti, která je potřeba pro sadbu, je nižší a se zvyšující se hustotou porostu se jeho podíl relativně zmenšuje (Obr. 1)



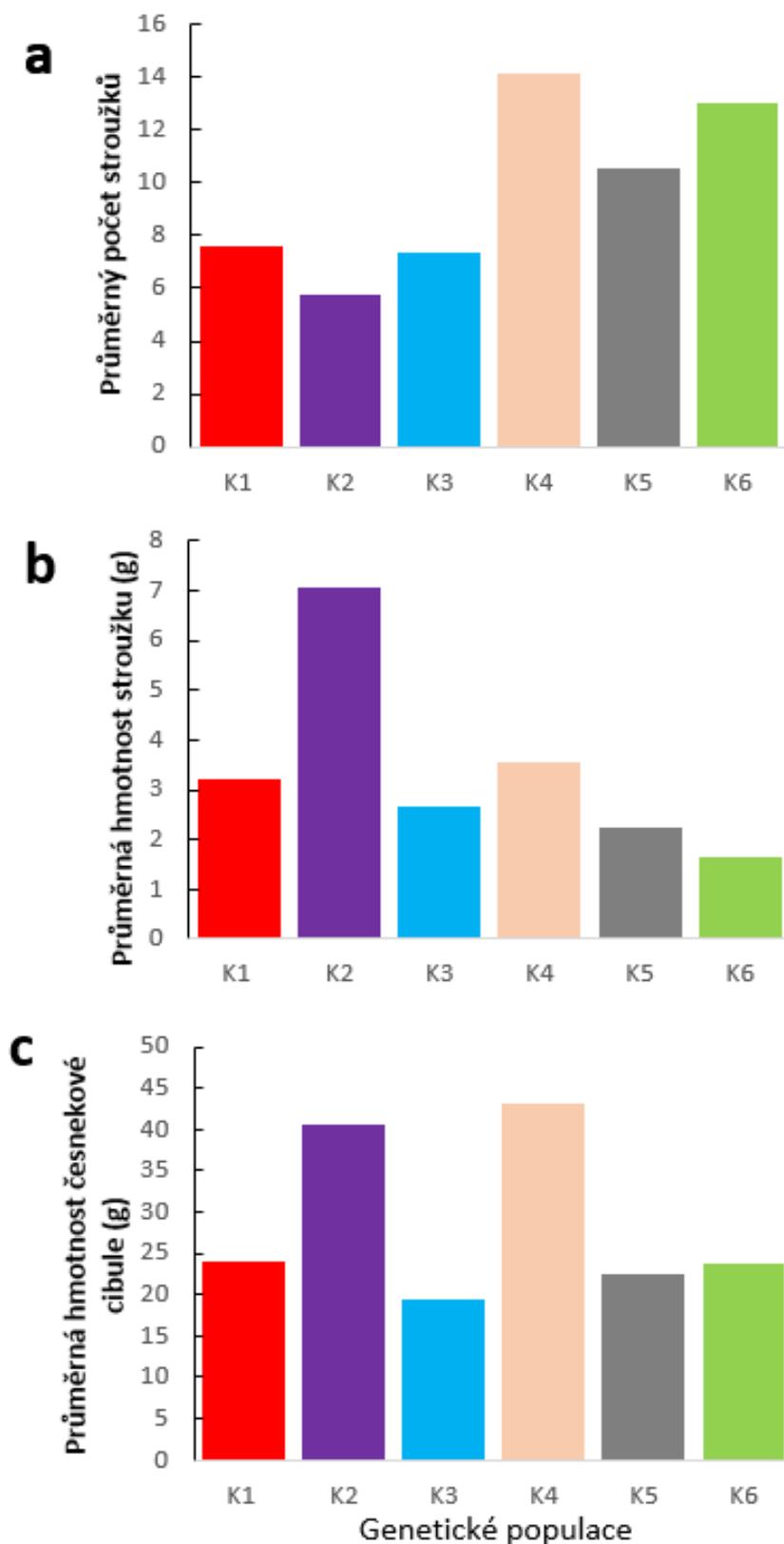
Obr. 1: Průměrný výnos při různé hustotě rostlin na m^2 , při průměrné hmotnosti stroužku 4 g a průměrném počtu 5 stroužků v cibuli česneku



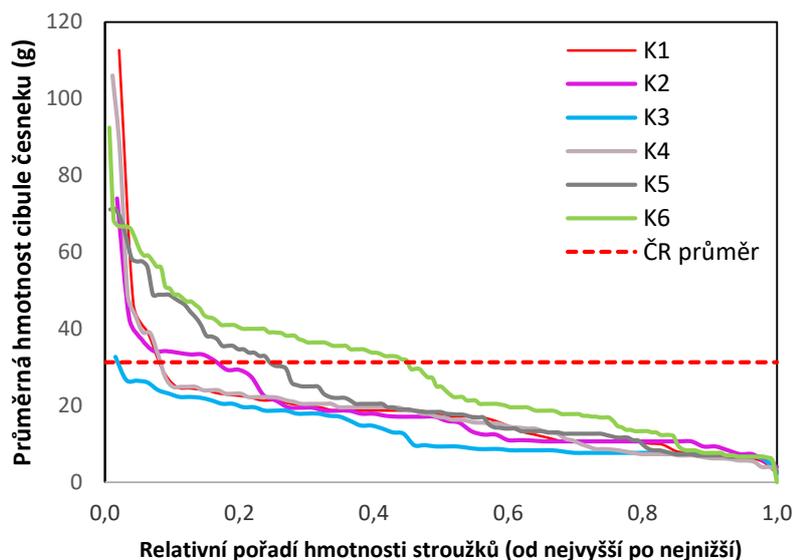
Obr. 2: Průměrný výnos při různé hmotnosti stroužku (g), při průměrné hustotě 25 rostlin na m² a průměrném počtu 5 stroužků v cibuli česneku

Byla zpracována teoretická analýza vztahu výnosu česneku na průměrné hmotnosti stroužku. Bylo prokázáno, že se zvyšující se průměrnou hmotností stroužku se lineárně zvyšuje výnos. Výnos s odečtením hmotnosti stroužků použitých na sadbu je nižší a se zvyšující se hustotou porostu se jeho podíl relativně zmenšuje (Obr. 2).

Výnos česneku se skládá ze tří výnosových prvků: počet cibulí na plochu násobenou průměrnou hmotností jedné cibule a hustotou výsadby. Čím vyšší je hmotnost cibule, tím vyšší je výnos při stejném počtu jednotlivých rostlin na plochu. Zatímco genetické populace K4 a K6 měly nejvyšší průměrný počet stroužků v cibuli, u genetických populací K2 a K3 měly nejnižší počet mezi sledovanými genetickými populacemi (Obr. 3a). Naproti tomu genotypy česneku genetických populací K2 a K4 měly nejvyšší průměrnou hmotnost stroužků (Obr. 3b). Genetické populace K2 a K4 shodně vykazovaly nejvyšší průměrnou hmotnost cibule (Obr. 3c). Z této analýzy lze odvodit, že v českém šlechtění se uplatňují spíše odrůdy česneky typu paličák. Na rozdíl od analýzy 635 genotypů (Leišová-Svobodová et al. (2024), z které vyplynulo, že větší výnosový potenciál mají nepaličáci, nehledě na ekonomickou stránku jejich velkoplošného pěstování, při kterém odpadá nákladová položka odhlávkování.



Obr. 3 Analýza výnosových prvků vybraných registrovaných českých odrůd. Průměrný počet stroužků v česnekové cibuli (a), průměrná hmotnost stroužku (b), průměrná hmotnost cibule (c), u šesti genetických populací, K1-K6. Populace K1-K4 reprezentují paličáky, K5 a K6 jsou nepaličáci. Počty odrůd v jednotlivých klastrech K1-K6 jsou 3,4,2,5,3,4.



Obr. 4: Průměrná hmotnost cibule česneku a relativní pořadí hmotnosti stroužků u šesti genetických klastřů. Průměrný výnos $31,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (vyznačená červená čárkovaná čára), nad červenou čarou je potenciální možnost zvýšení výnosu výběrem genotypů

K analýze potenciálních možností výběru nových výnosných klonů byly použity hodnoty publikovaných dat, stejného souboru genetické analýzy (Leišová-Svobodová et al., 2024). Průměrné hmotnosti cibulí byly v každém klastru seřazeny od nejvyšší po nejnižší, a protože v každém klastru byl různý počet jedinců, tak byly všechny normovány na 100 %. Hodnoty nad průměrným výnosem česneku (červená čárkovaná přímka), jsou genotypy s vyšším biologickým potenciálem výnosu, charakterizovaný vysokou průměrnou hmotností česnekové cibule.

Vedle počtu stroužků, jejich hmotností a biologickým výnosem, jsou publikovány korelace s dalšími charakteristikami výnosu. Neykov et al. (2002) zjistil signifikantní pozitivní korelaci mezi hmotností cibule a výškou cibule, hmotností stroužku a počtem stroužků. Výška rostliny pozitivně korelovala s výškou stvolu a počtem listů. Počet listů pozitivně koreloval s výškou stvolu, hmotností stroužku a počtem stroužků, zároveň negativně koreloval s počtem slupek cibule. Ukázalo se, že hmotnost cibule je závislá na délce cibule, hmotnosti stroužku, počtu listů a průměru cibule (Neykov et al., 2002).

Hustota porostu je jedním z hlavních faktorů, které hrají důležitou roli v růstu, výnosu a kvalitě česneku. Pro dosažení nejvyššího výnosu je důležité vyhovět optimálnímu počtu rostlin na jednotku plochy půdy. Hustota rostlin silně ovlivňuje intenzitu a rozložení světla, které dopadá dovnitř porostu. Výnos a kvalita česneku může být ovlivněna kulturními zvyklostmi, kultivačními podmínkami a podmínkami prostředí. Kontrola rozmístění rostlin je jednou z kulturních praktik, které ovlivňují výnos.

Optimální hustota porostu pro vysoký výnos česneku se řídí podmínkami prostředí. V České republice se hustota porostu doporučuje s roztečí rostlin v řádku 5-12 cm a mezi řádky 20-40 cm. Například v Pákistánu bylo dosaženo nejvyššího výnosu česneku (14 t/ha) při rozteči rostlin 8 cm v řádku a 15 cm mezi řádky (Jamroz et al., 2001). V podmínkách Iránu zajistila rozteč rostlin 12,5 x 12,5 cm nejvyšší výnos 19 t/ha (Fakhar et al., 2019).

Dále je velmi důležitá orientace stroužku česneku v brázdě. V případě, že je odkloněn od svislé osy, dochází k redukcí výnosu až o 29 %, v případě, kdy je orientován obráceně, tj. podpučím nahoru, dochází až k 34 % redukcí výnosu (Prášil et al., 2016).

Závěr

Z analýzy českých registrovaných odrůd vyplynulo, že dva ze čtyř genetické klustry paličáků jsou nejvýnosnější. Na rozdíl od testovaných všech 635 genotypů česneků, u kterých se ukázal vyšší potenciální průměrný výnos u nepaličáků. Z analýzy vyplynulo, že je dostatečný geneticky podmíněný biologický potenciál česneků (hmotnost jednoho stroužku a počet stroužků v česnekové cibuli) při výběru na vyšší výnos. Analýzou výnosových prvků lze přispět k výběru klonů s potenciální vyšší výnosovou charakteristikou. Hustota porostu, jako další výnosový parametr, záleží na dalších podmínkách, jako je kulturní zvyklosti, kultivační podmínky a podmínky prostředí. Při pěstování česneku a při volbě sponu je třeba přihlídnout k charakteristikám jednotlivých genotypů česneku.

Použitá literatura

- Fakhar F., Biabani A., Zarei M., Moghadam A. N., 2019. Effects of cultivar and planting spacing on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.). Italian Journal of Agronomy, Vol. 14, iss. 2, p. 108-113.
- Jamroz M., Ishtiaq M., Naeem N., Muhammad N., Jamiher B., Iqbal J., 2001. Effect of different planting dates and spacing on growth and yield of garlic. J. Bio. Sci. Vol. 1: p. 206-8.
- Leišová-Svobodová L., Stavělíková H., Zámečník J. 2024. Evaluation of genetic diversity and phenotypic description of garlic (*Allium sativum* L.) from the Czech field collection. Scientia Horticulturae, Vol. 323, p. 112506.
- Neykov S., Todorov J., Lozanov I., 2002. Statistical analysis of some quantitative characters of garlic accessions. In compilers. 2002. European collections of vegetatively propagated Allium. Report of a Workshop, 21-22 May 2001, Gatersleben, Germany. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, Vol. 472, p. 88.
- Ovesná J., Leišová-Svobodová L., Kučera L., 2014. Microsatellite analysis indicates the specific genetic basis of Czech bolting garlic. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, Vol. 50 iss. 3, p. 226-234.
- Prášil J., Smékal M., Hrubý V., 2016. Vliv orientace stroužků česneku při výsadbě na výnos. Dostupné z: <https://www.semo.cz/wp-content/uploads/download/semo-cesnek-orientace-strouzku-hustota-buchlovice-2016.pdf>
- Stavělíková H., Faberová I., 2005. Klasifikátor / Descriptor List Genus *Allium* L. Dostupné z: https://www.gzr.cz/wp-content/uploads/2020/06/Allium_2005.pdf
- Stavělíková H., 2008. Morphological characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) genetic resources collection–Information. Europe, Vol. 123, iss. 116, 220, p. 114-040.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory MZe, projektu QK1910476 a RO0423.

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Zámečník, CSc.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně
Mob.: +420 702087666, e-mail: zamecnik@vurv.cz

Vliv způsobu založení porostu a přístupu k regulaci plevelů na růst a vývoj kmínu se zkrácenou vegetační dobou

Effect of the way of crop establishment and the approach to weed control on the growth and development of winter caraway

Blažek L.^{1,2}, Seidenglanz M.¹, Muñoz-Arbeláez M.¹,
Hanáková Bečvářová P.¹, Šmirous P.¹, Šafář J.¹

¹Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk

²Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Tento příspěvek vychází z výsledků dvou-sezónního (2020/21, 2021/22) testování účinnosti a selektivity vybraných herbicidů a způsobů jejich aplikace v kmínu se zkrácenou vegetační dobou doplněných o výsledky tří-faktoriálního pokusu (2022/23) zaměřeného na vyhodnocení interakcí mezi způsobem regulace zaplevelení (volba herbicidu), diverzitou porostu (monokultura nebo porost s doprovodnými plodinami) a výší výsevu (2.5 nebo 3.5 MKS / ha). Vhodnou volbou herbicidu lze vytvořit podmínky vedoucí k vyššímu výnosu nažek v každé sezoně, i když v odlišných podmínkách se stejné aplikace projeví různě. Jedná se především o přínos preemergentních aplikací. Obohacení porostu kmínu se zkrácenou vegetační dobou o hrách (jako vymrzající doprovodnou plodinu) se projevilo jako opatření s významným pozitivním vlivem na zvýšení hustoty porostu kmínu, jeho biomasu a výnos nažek.

Klíčová slova: *Carum carvi*; dvouděložné plevely, Integrovaná ochrana rostlin; faktory ovlivňující výnos nažek; více-faktoriální analýza

Abstract

This paper is based on results gathered during two seasons long (2020/21, 2021/22) testing effects and selectivity of herbicides and the ways of their application in caraway with shortened vegetation period supplemented with the results of three-factorial trial (2022/23) which was aimed at analysing impacts of interactions among the way of weeds regulation (type of herbicide application), crop diversity (monoculture or caraway with accompanying crops) and seeding rate (2.5 or 3.5 seeds / ha). Preconditions leading to higher yield were induced with choice of suitable herbicide in each season although the same applications did not show the same effects under different field situations. It relates especially to possible positive effects of preemergent applications. Addition of field pea as a frost susceptible accompany to caraway had significant positive effect on caraway plants density, biomass, and the yield of caraway achenes.

Key words: *Carum carvi*; dicotyledon weeds, Integrated Weed Management; Caraway yield influencing factors; multi-factorial analysis

Úvod

Kmín se zkrácenou vegetační dobou je vzhledem k době, kdy se porosty zakládají (konec srpna, začátek září) často nazýván ozimý kmín. Tím, že se tato forma kmínu seje výrazně později než tradiční dvouleté odrůdy, se vytváří prostor pro efektivní využití orné půdy (ozimý kmín neobsazuje pole na dvě celé sezony). Díky době vzházení (září) se porosty vyhýbají možnosti být napadeny a následně poškozeny ekonomicky nejvýznamnějším škůdcem kmínu, roztočem druhu vlnovník kmínový (*Aceria carvi*). Ve výnosu nažek ani silic ozimý kmín navíc nijak

významně nezaostává za tradiční dvouletou formou kmínu a zdravotní stav porostů (poškození houbovými chorobami) není obvykle horší než v případě dvouletého kmínu. Existují tedy podstatné důvody pro to, aby byl kmín se zkrácenou vegetační dobou vnímán jako perspektivní plodina.

Rostliny kmínu, a to jak u tradiční dvouleté, tak i u ozimé formy, často velmi nevyrovnaně a obecně pomalu (3 týdny i déle než měsíc) vzchází. To dělá po relativně dlouhou dobu řídké, nezapojené porosty velmi nekonkurenceschopné vůči většině dvouděložných plevelů (platí to i pro jednoděložné plevele – tento příspěvek se ale soustředí na dvouděložné plevele). Ochrana je tedy většinou postavena na použití preemergentně aplikovaných herbicidů. Ty díky době setí ozimého kmínu přichází do kontaktu s vlhčí půdou než v případě kmínu dvouletého, což je pro jejich účinnost důležité. Vzhledem k pomalému klíčení a vzcházení rostlin kmínu je pro aplikaci preemergentních herbicidů poněkud delší čas než v případě jiných plodin. Nemusí se tedy tak spěchat. Vhodný termín k aplikaci se ale propást nesmí. Výběr z registrovaných selektivních herbicidů není příliš velký. Na dvouděložné plevele jsou do kmínu (mezi formami kmínu se nerozlišuje, co se týče spektra registrovaných herbicidů) povoleny pouze tři účinné látky (aclonifen, MCPB a tembotrion), z nichž pouze jedna je použitelná pro preemergentní aplikace (aclonifen). To je technologicky neudržitelné. Navíc nemožnost účinné regulace zaplevelení je zásadní překážkou pro větší rozšíření ozimého kmínu v praxi. Je tedy nutné hledat nové možnosti, testovat přípravky registrované do jiných plodin na vhodnost použití v kmínu a v případě nalezení použitelných alternativ se pokusit rozšířit jejich registraci do kmínu. Je také třeba vyhodnotit souvislosti (interakce) mezi různými přístupy k regulaci plevelů a způsobem zakládání porostů (monokultura vs. obohacení o doprovodné / pomocné plodiny; různé úrovně výsevu) s cílem nalézt a doporučit postupy uplatnitelné v praxi. Tento příspěvek je založen na výsledcích dvou-sezónního testování účinnosti a selektivity vybraného spektra herbicidů a způsobů jejich aplikací (preemergentní, postemergentní, kombinace obojího) v kmínu se zkrácenou vegetační dobou doplněných o výsledky tří-faktoriálního pokusu zaměřeného na vyhodnocení interakcí mezi způsobem regulace zaplevelení (typ herbicidní aplikace), diverzitou porostu (kmínová monokultura versus porost obohacený o doprovodné / pomocné plodiny) a výši výsevu (2.5 MKS / ha versus 3.5 MKS / ha).

Metodika

Jednofaktorové herbicidní pokusy:

V sezónách 2020-21 a 2021-22 byly v Agritecu Šumperk v maloparcelních pokusech porovnávány různé varianty herbicidních aplikací s cílem zjistit jejich potenciální využití v ozimém kmínu (Tabulka 1). První pokus byl zaset 4.9.2020, druhý pokus 5.9.2021. Práce byla zaměřena na vyhodnocení účinnosti herbicidů tlumit výskyt dvouděložných plevelů, na zjišťování dopadů provedených aplikací na růst rostlin kmínu a vývoj jeho porostů a na výnosové parametry a výnos nažek. Výskyt plevelů (weed density; počet plevelných rostlin celkově a počet plevelů jednotlivých druhů na 3 – 4 místech parcely; každé místo o velikosti 0.25 m²) byl hodnocen v obou sezonách celkem třikrát, a to 42, 63 a 206 dní po setí (DAS). Ve výsledkové části se weed density vyjadřuje jako počet rostlin / m². Biomasa rostlin kmínu (suchá hmotnost nadzemních částí) byla v první sezoně hodnocena jednou, a to 217 DAS, ve druhé sezoně dvakrát, a to 217 DAS a 317 DAS. Při každém hodnocení byly rostliny kmínu odebrány ze 4 míst / parcelu (velikost plochy každého místa: 0.25 m²). Ve výsledkové části se biomasa kmínu vyjadřuje v t/ha. V obou letech byly pokusy sklizeny na přelomu července a srpna, každá parcela zvlášť (použita maloparcelní sklízecí mlátička Wintersteiger Quantum – automatické vážení sklizené produkce a její vlhkosti). Výnosy nažek (přepočteno na standardní

jednotnou vlhkost 10 %) z jednotlivých variant (každá varianta ve čtyřech opakováních; kontroly zahrnuté do bloku) jsou ve výsledkové části vyjádřeny v t / ha. Pro analýzu primárních dat získaných v tomto pokusu byla použita jednofaktorová ANOVA a následné testování rozdílů mezi průměry (Tukeyův a Fischerův test; Software Statistica 10 a 12).

Tabulka 1 - Testované varianty herbicidních aplikací (preemergentních i postemergentních) v pokusech s kmínem se zkrácenou vegetační lhůtou založených a vedených na lokalitách poblíž města Šumperk v sezonách 2020-21 a 2021-22. V pokusu 2020-21 byla preemergentní aplikace provedena 11.9.2020 a postemergentní 19.10.2020. V pokusu 2021-22 byla preemergentní aplikace provedena 9.9.2021 a postemergentní aplikace 22.10.2021.

sezona 2021/2022				
Zkrácené označení varianty (použito v grafech)	Účinná látka(y)	Název použitého přípravku	Dávka přípravku	Typ aplikace
Acl	aclonifen	Bandur	3 l/ha	Pre-emergent
Pend3	pendimethalin	Stomp aqua	3 l/ha	
Pend3.5			3.5 l/ha	
Met2	S-metolachlor, terbutylazine	Gardoprim Plus Gold 500 SC	2 l/ha	
Met3.5			3.5 l/ha	
Isox0.08	isoxaflutole	Merlin 750 WG	0.08 kg/ha	
Isox0.13			0.13 kg/ha	
Isox_acl	isoxaflutole + aclonifen	Merlin 750 WG + Bandur	0.08 kg/ha + 3.0 l/ha	
Acl_temb	aclonifen + tembotrione, isoxadifenethyl	Bandur + Laudis	3.0 l/ha (pre) + 2.25 l/ha (post)	Pre-emergent + Post-emergent
Pend_acl	pendimethalin + aclonifen	Stomp Aqua + Bandur	3.0 l/ha + 3.0 l/ha	Pre-emergent
MCPB	MCPB	Butoxone	3 l/ha	Post-emergent
Pend_pos	pendimethalin	Stomp Aqua	3 l/ha	
Temb	tembotrione, isoxadifenethyl	Laudis	2.25 l/ha	
Temb_pend	tembotrione, isoxadifenethyl + pendimethalin	Laudis + Stomp Aqua	2.25 l/ha + 3.0 l/ha	
Meta	metamitron	Agro-metamitron	2 l/ha	

sezona: 2020/2021				
Zkrácené označení varianty (použito v grafech)	Účinná látka(y)	Název použitého přípravku	Dávka přípravku	Typ aplikace
Acl	aclonifen	Bandur	3 l/ha	Pre-emergent
Pend2.6	pendimethalin	Stomp Aqua	2.6 l/ha	
Pend3.0			3.0 l/ha	
Pend3.5			3.5 l/ha	
Met2.0	S-metolachlor, terbutylazine	Gardoprim Plus Gold 500 SC	2.0 l/ha	
Met3.5			3.5 l/ha	
Met5.0			5.0 l/ha	
Isox0.08	isoxaflutole	Merlin 750 WG	0.08 kg/ha	
Isox0.13			0.13 kg/ha	
PendPos	pendimethalin	Stomp Aqua	3.0 l/ha	
MCPB3.0	MCPB	Butoxone	3 l/ha	
Temb	tembotrione, isoxadifenethyl	Laudis	2.25 l/ha	Post-emergent

Tří-faktoriální pokus

Stejně jako v případě dvou předcházejících pokusů, byl i tento pokus maloparcelní. Popis faktorů a to, jak byly kombinovány, je patrný z Obrázku 1. Úrovně Faktoru způsob regulace zaplevelení (tj. herbicidní aplikace a kontrola bez ošetření) jsou blíže popsány v Tabulce 2. V případě herbicidních aplikací vybraných do tohoto pokusu jde o ty, které na základě výsledků z předcházejících pokusů prokázaly relativně vysokou účinnost a selektivitu, a navíc je u nich možnost využití v praxi (u ú.l. aclonifen, nebo je předpokládáno, že brzy bude, ú.l. pendimethalin). Weed density, biomasa rostlin kmínu a výnos nažek byly hodnoceny v tomto pokusu obdobným způsobem, jak již bylo popsáno výše (plochy, počty míst a počty hodnocení). Dopad sledovaných faktorů na variabilitu závislých proměnných (= zaplevelení, biomasa kmínu, výnosové parametry) byl nejprve analyzován samostatně pro každý faktor zvlášť. Při těchto analýzách byl zanedbán efekt vždy dvou zbývajících neanalyzovaných faktorů. Dále šlo o zjištění, jestli jednotlivé faktory ovlivňují variabilitu konkrétních závislých proměnných nezávisle na sobě nebo mezi nimi existují statisticky významné interakce. Pro analýzu

primárních dat získaných v tomto pokusu byly použity jednofaktorová ANOVA a vícefaktorová ANOVA s interakcemi a následné testování rozdílů mezi průměry (Tukeyův a Fischerův test; Software Statistica 10 a 12).

kmín mono						kmín + hrách						kmín + hrách + bob						
3	1	6	2	4	5	3	1	6	2	4	5	3	1	6	2	4	5	3.5 MKS
5	4	1	3	2	6	5	4	1	3	2	6	5	4	1	3	2	6	2.5 MKS
4	5	3	6	1	2	4	5	3	6	1	2	4	5	3	6	1	2	3.5 MKS
3	1	5	2	6	4	3	1	5	2	6	4	3	1	5	2	6	4	2.5 MKS
2	6	4	5	1	3	2	6	4	5	1	3	2	6	4	5	1	3	3.5 MKS
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	2.5 MKS

Obr. 1: Design tří-faktoriálního pokusu vedeného a hodnoceného v sezoně 2022-23. Faktor 1, způsob regulace plevelů měl šest úrovní (5 různých herbicidních aplikací a neošetřená kontrola), Faktor 2, diverzita porostu, měl tři různé úrovně (v případě hrachu i bobu šlo o jarní formy, které během zimy vymrzly), Faktor 3, výsevek, měl dvě úrovně (2.5 respektive 3.5 MKS / ha). Plocha parcely: 1,25 x 11 m.

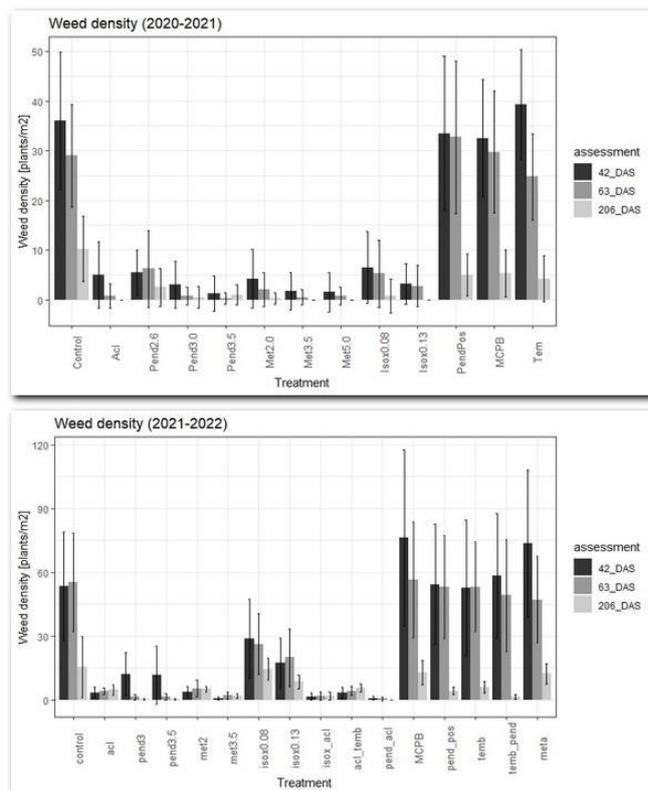
Tab. 2: Úrovně Faktoru způsob regulace zaplevelení

Číslo varianty ošetření (= úroveň faktoru 1)	Název komerční formulace herbicidu	účinná látka herbicidu	aplikovaná dávka komerční formulace	typ aplikace	aplikovaná dávka účinné látky	datum postřiku	označení varianty použité v grafech
1	Bandur	aclonifen	3 l/ha	pre-emergent	1800 g a.i. / ha	13.09.2022	Ban pre
2	Pendifin 400 SC	pendimethalin	3.41 l/ha	pre-emergent	1365 g a.i. / ha	13.09.2022	Pen 3.41
3	Pendifin 400 SC	pendimethalin	3.98 l/ha	pre-emergent	1593 g a.i. / ha	13.09.2022	Pen 3.98
4	Bandur + Pendifin 400 SC	aclonifen + pendimethalin	3l/ha + 3.41 l/ha	pre-emergent, 1 postřik	1800 g a.i. / ha + 1365 g a.i. / ha	13.09.2022	Ban pre + Pen pre
5	1) Bandur + 2) Pendifin 400 SC	1) aclonifen; 2) pendimethalin	1) 3l/ha + 2) 3.41 l/ha	pre-emergent + post-emergent; 2 postřiky	1)1800 g a.i. / ha + 2)1365 g a.i. / ha	13.09.2022; 14.10.2022	Ban pre, Pen post
6	neošetřená kontrola	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	Con

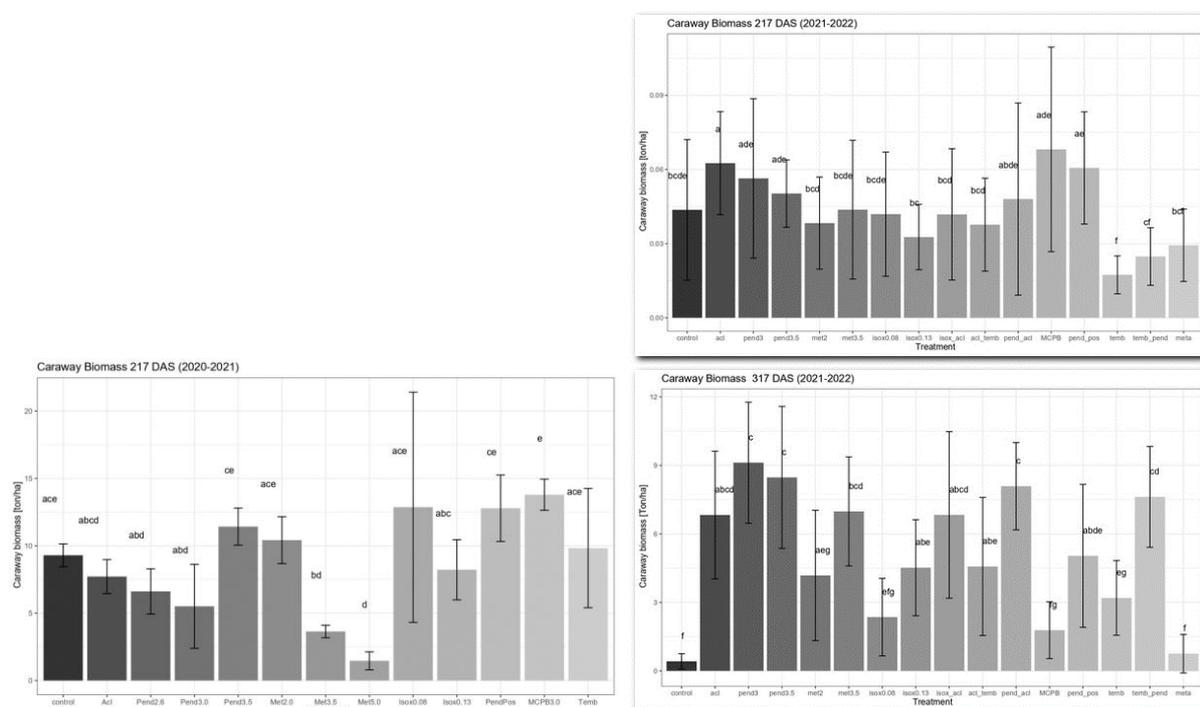
Výsledky

Jednofaktorové herbicidní pokusy:

Z výsledků je zřejmé, že v obou letech úroveň zaplevelení klesala s časem. 42 DAS byl rozdíl mezi různě ošetřenými variantami navzájem a vůči kontrole největší. Jak se porost kmínu začal zapojovat (63 DAS), začal postupně potlačovat i plevele. V první sezoně byly v tomto smyslu pro kmín podmínky obecně příznivější (nižší míra zaplevelení na lokalitě obecně). Z výsledků je také dobře patrné, že aplikace postemergentní, které v obou letech nebylo možné provést dříve než na konci druhé dekády října (pomalé vzcházení kmínu), mají již poměrně slabou šanci zasáhnout do vývoje plevelů (Obrázek 2).



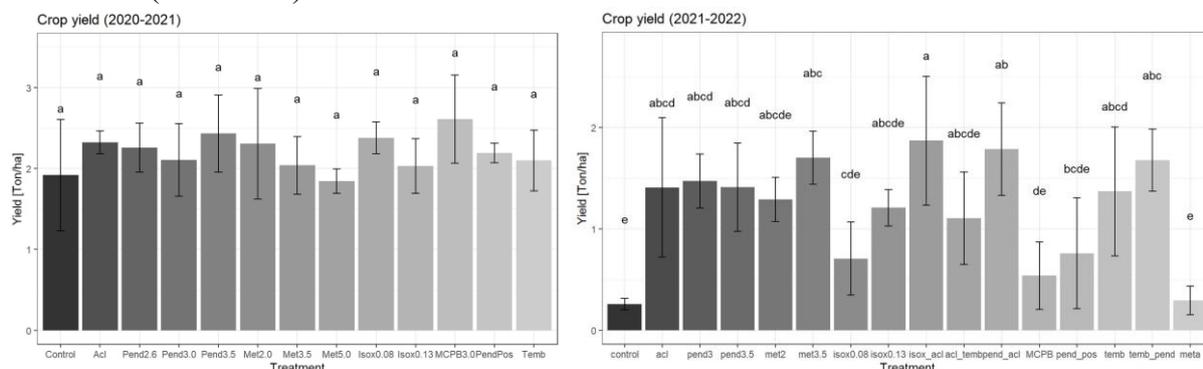
Obr. 2: Dopad porovnávaných herbicidních aplikací v první (2020–2021) a druhé sezoně (2021–2022) na míru zaplevelení porostů dvouřádkovými pleveli



Obr. 3: Rozdíly mezi suchou biomasou rostlin kmínu (t / ha) zaznamenané 217 (první sezona) respektive 217 a 317 (druhá sezona) DAS

Na druhou stranu ovšem, v letech a na lokalitách, kde není míra zaplevelení vysoká (dobrá předseťová příprava, volba vhodného pozemku), se nemusí postemergentní aplikace projevit

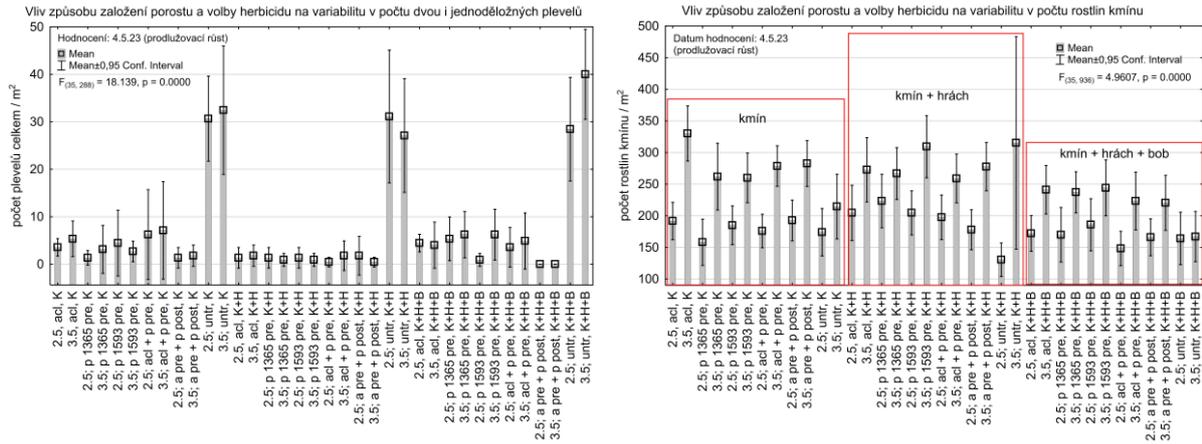
jako horší volba, a to z důvodu obecně nižšího negativního dopadu na růst rostlin (typické pro pokus vedený v první sezoně: Obrázek 3 vlevo). Preemergentní aplikace však mají své jednoznačné opodstatnění tam, kde si rostliny kmínu s pleveli nedokážou poradit (velmi pomalé vzcházení, vysoká zaplevelenost) a negativní dopad jejich přítomnosti (ubírání zdrojů) je vyšší než negativní dopad preemergentních aplikovaných herbicidů na růst rostlin kmínu (typické pro druhou sezonu: Obrázek 3 vpravo). Výše zmíněné dobře koresponduje s výsledky výnosových hodnocení (Obrázek 4).



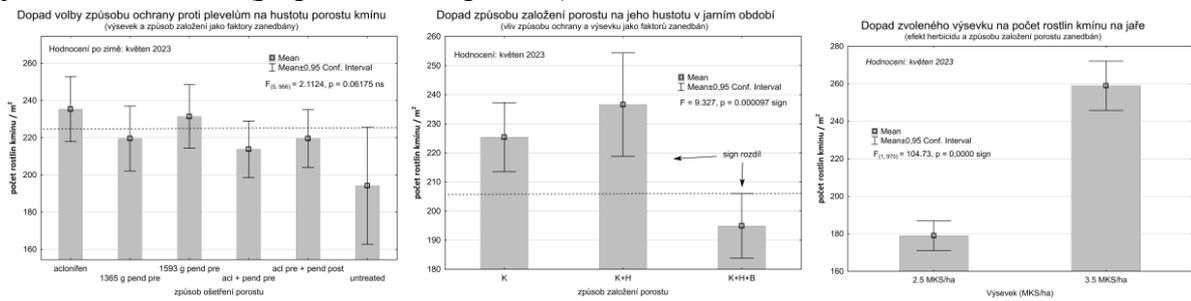
Obr. 4: Výsledky výnosového hodnocení pokusů vedených v první (2020-21) a druhé (2021-22) sezonách

Tří-faktoriální pokus:

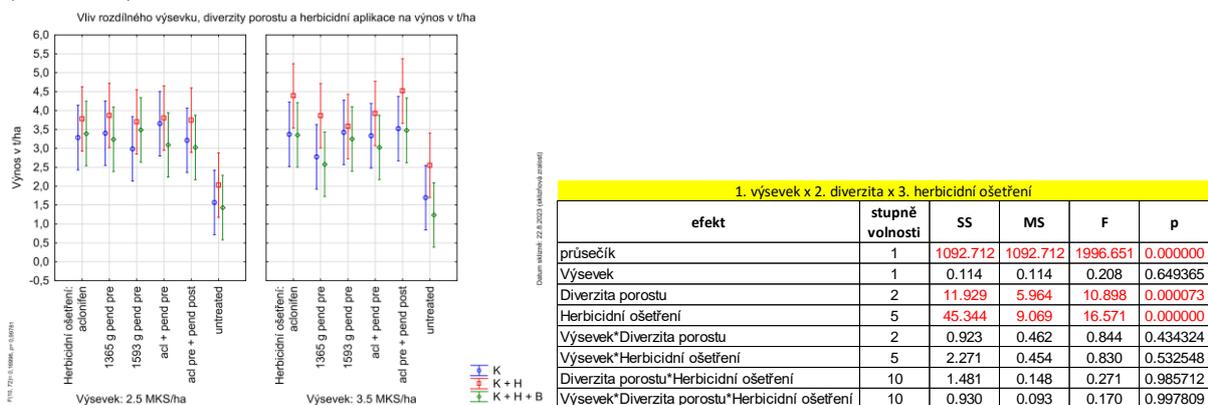
Dopad jednotlivých porovnávaných tří-faktoriálních kombinací (celkem jich bylo 18) na variabilitu v početnosti plevelných rostlin (celkově) i rostlin kmínu ukazuje Obrázek 5. Z analýzy dopadů tří posuzovaných faktorů (hodnocených jednotlivě) na variabilitu v počtu rostlin kmínu na jednotkové ploše na počátku prodlužovacího růstu porostu vyplývá, že volba způsobu regulace plevelů neměla jako faktor statisticky významný vliv, naopak diverzita porostu i výše výsevu ovlivnily hustotu porostu kmínu významným způsobem. Tento pokus byl stejně jako pokus vedený v první sezoně pod poněkud menším tlakem plevelů, proto se zřejmě neprojevil způsob regulace plevelů jako významným faktorem (Obrázek 6). Podíváme-li se ale na výsledky výnosového hodnocení (Obrázek 7) zjistíme, že variabilita ve výnosu nažek byla významně ovlivněna diverzitou porostu ($F = 10.898$, $p = 0.000$, pozitivně se projevilo obohacení o hrách) a volbou způsobu regulace plevelů (a to ještě se silnějším vlivem: $F = 16.571$, $p = 0.000$). Jako nevýznamný faktor se zde naopak ukázala výše výsevu. To napovídá, že početnost rostlin (předcházející popsání hodnocení) není úplně spolehlivý indikátor budoucího výnosu. Spolehlivějším ukazatelem jsou hodnocení biomasy rostlin (zde z důvodu nedostatku místa neuváděny). Porovnávané faktory působily na formování výnosu nezávisle na sobě, interakce mezi nimi byly nevýznamné.



Obr. 5: Vliv porovnávaných faktoriálních kombinací na snížení počtu plevelných rostlin v porostu ozimého kmínu (vlevo) a na variabilitu v počtu rostlin kmínu (vpravo). Výsledky jarního hodnocení (po přezimování porostu)



Obr. 6: Vliv faktoru způsobu regulace plevelů (vlevo), faktoru diverzita porostu (uprostřed) a faktoru výše výsevku (vpravo) na hustotu porostu kmínu na počátku prodlužovacího růstu (4.5.2023)



Obr. 7: Výsledky 3-way ANOVA postihující dopad tří hodnocených faktorů a jejich interakcí na variabilitu ve výnosu nažek z 18 porovnávaných kombinací. Vlevo je grafické vyjádření, vpravo popis síly dopadů jednotlivých faktorů a jejich interakcí. Červeně uvedené faktory měly signifikantní dopad na variabilitu ve výnosu nažek.

Diskuze

Z analýzy výsledků získaných během tříletého testování různých přístupů k regulaci zaplevelení porostů kmínu se zkrácenou vegetační dobou vyplývá, že je třeba velké opatrnosti při volbě herbicidu. Porovnávané preemergentní aplikace (bez ohledu na použitou účinnou látku) měly obecně větší negativní dopad na růst kmínu a hustotu jeho porostů než aplikace postemergentní. Na druhou stranu, vynechání preemergentní aplikace s sebou nese velké riziko,

neexistuje-li jistota, že pozemek je z hlediska budoucího tlaku plevelů bezproblémový (volba pozemku, kvalita předset'ové přípravy a potřebný čas na její provedení). Z výsledků dále vyplývá, že ovlivnit míru zaplevelení, hustotu porostu kmínu a jeho biomasu lze i dalšími opatřeními (faktory) jako jsou obohacení kmínu o doprovodné plodiny (pozitivně se projevilo přidání hrachu) a též volbou výsevku. Vhodnou volbou herbicidu lze vytvořit podmínky vedoucí k vyššímu výnosu nažek v každé sezoně, i když v odlišných podmínkách (lokalita, ročník) se stejné aplikace projeví různě (některé preemergentní aplikace při nízké úrovni zaplevelení spíše škodí, než pomáhají). Výsledky uvedené v tomto příspěvku nelze srovnat s jinými vědeckými pracemi na toto téma, neboť v posledních patnácti letech, pokud je autorům známo, nebyly takové práce uveřejněny v žádném z běžně dostupných vědeckých časopisů.

Závěry

- 1) Volbou herbicidu a typu aplikace lze významně ovlivnit růst (biomasa rostlin) a vývoj (výnosové parametry) porostu kmínu se zkrácenou vegetační dobou.
- 2) Obohacení porostu kmínu se zkrácenou vegetační dobou o hrách (jako vymrzající doprovodnou plodinu) se projevilo jako opatření s významným pozitivním vlivem na zvýšení hustoty porostu kmínu, jeho biomasu a výnos nažek.
- 3) Zvýšení výsevku (z 2.5 MKS / ha na 3.5 MKS / ha) se projevilo vyšší hustotou porostu kmínu na počátku prodlužovacího růstu, avšak ne nárůstem výnosu nažek.
- 4) Výsledky tří-faktoriálního pokusu naznačují, že mezi faktory 1) přístup k regulaci plevelů (výběr herbicidu), 2) způsob založení porostu (obohacení o vymrzající leguminózy) a 3) výše výsevku zřejmě nejsou významné interakce, co se týče jejich dopadu na variabilitu ve výnosu nažek (působí samostatně).
- 5) Závěry 2 – 4 je nutné podložit dalšími pokusy.

Literatura

(žádná citovaná literatura – viz závěr Diskuse)

Poděkování

Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly získány a příspěvek byl vytvořen díky možnosti využívat institucionální podporu od Ministerstva zemědělství (MZE-RO1023).

Kontaktní adresa:

Bc. Lukáš Blažek

Agritec Plant Research s.r.o.

Zemědělská 2520/16, Šumperk

+420 605 011 163, blazek@agritec.cz

Možnosti detekce a kvantifikace *Rhizoctonia solani* v půdě

Possibilities of detection and quantification of *Rhizoctonia solani* in soil

Holková L.,¹ Jílková B.,¹ Víchová J.,¹ Bačová N.,¹ Kmoch M.²

¹AF Mendelu v Brně

²Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s.r.o.

Abstrakt

Cílem této práce bylo optimalizovat metodu qPCR pro kvantifikaci *R. solani* v půdě. Hodnocení bylo provedeno u vzorků odebraných ze 3 stanovišť S1, S2 a S3. Pro ověření účinnosti izolace DNA a následné kvantifikace pomocí qPCR byla část vzorku půdy S1 kontaminován myceliem *R. solani*. Kalibrace byla provedena pomocí DNA izolované z mycelia tohoto patogenu. DNA ze vzorků půdy byla izolována pomocí kitu AllPrep® PoverFecal®DNA/RNA Kit a pro kvantifikaci byla optimalizována metoda relativní kvantifikace. Výsledky byly vyjádřeny poměrem k vybranému vzorku kalibrační křivky, který odpovídal koncentraci DNA 0,5 ng μ l⁻¹. Ve dvou vzorcích půdy byla prokázána DNA *R. solani* na úrovni asi 1000x nižší oproti vnitřnímu kalibrátoru.

Klíčová slova: houbové patogeny, qPCR, brambory

Abstract

The aim of this work was to optimize the qPCR method for quantification of *R. solani* in soil. The evaluation was carried out on samples taken from three localities S1, S2 and S3. To verify the efficiency of DNA isolation and subsequent quantification by qPCR, part of the soil sample S1 was contaminated with *R. solani* mycelia. Calibration was performed using DNA isolated from the mycelium of this pathogen. DNA from soil samples was isolated using the AllPrep® PoverFecal®DNA/RNA Kit and evaluation of the *R. solani* specific DNA level was done by the relative quantification method. The results were expressed as a ratio to the selected sample of the calibration curve, which corresponded to a DNA concentration of 0.5 ng μ l⁻¹. In two soil samples, *R. solani* DNA was detected at the level about 1000x lower than the internal calibrator.

Keywords: fungal pathogens, qPCR, potatoes

Úvod

Lilek brambor napadá celá řada patogenů z řad virů, bakterií, *Oomycetes* a hub. Významným houbovým patogenem je kořenomorka bramborová – *Rhizoctonia solani* Kühn, teleomorfa *Thanatephorus cucumeris* (Fr.) Donk, třída *Basidiomycetes*, která způsobuje onemocnění s odborným názvem vločkovitost hlíz bramboru. *R. solani* je celosvětově rozšířený půdní nekrotrofní organismus, který má široký hostitelský okruh rostlin zahrnující i hospodářsky důležité plodiny. Napadány jsou rostliny z čeledí *Poaceae* (pšenice, ječmen, oves, rýže, kukuřice), *Fabaceae* (sója, vaječnice), *Solanaceae* (brambor, tabák), *Amarantaceae* (řepa), *Brassicaceae* (řepka olejka), *Asteraceae* (salát) a další (Ackerman et al., 2013).

Na rostlinách a hlízách brambor se *R. solani* projevuje typickými symptomy. Patogen způsobuje již na klíčcích hnědé až černé nekrotické skvrny, klíčky od vrcholů odumírají a rostliny špatně vzcházejí. V průběhu vegetace se objevují nekrózy rovněž na stolonech a na stonkových podzemních částech. Rostliny žloutnou a vrcholové lístky se podélně svinují. Ke konci vegetace se na hlízách tvoří hnědá až černá sklerocia v podobě vloček a povlaků. Pokud patogen infikuje i lenticely hlíz, objevují se na slupce drobné propadlé nekrotické skvrny a pod nimi píštěle, které pronikají několik milimetrů do dužniny hlíz. V případě půdní infekce bývají hlízy velmi často těžce deformované, malé a nevyrovnané.

Diagnostika *R. solani* je v současné době založena především na molekulárně biologických testech s využitím konvenční PCR nebo real-time PCR (qPCR). Vzhledem k vnitrodruhové specifitě mezi vnitřními transkribovanými mezerníky (ITS) rDNA činí tuto oblast jako velmi vhodnou pro molekulární detekci a také pro zařazení izolátů *R. solani* do jednotlivých AG-skupin (Lees et al., 2002; Okubara et al., 2008; Dubey et al., 2016). PCR analýzy jsou rychlé, citlivé, umožňující nejen kvalitativní, ale i kvantitativní hodnocení (Woodhall et al., 2013) patogenů nejen v hlízách bramboru, ale i v půdě. Mikroskopické metody mají při diagnostice *R. solani* pouze doplňkový charakter, a to z toho důvodu, že se patogen vyskytuje především ve vegetativní fázi bez tvorby nepohlavních spor (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018).

R. solani přezimuje na hlízách a v půdě v podobě sklerocií a mycelia. V předešlých letech platilo, že v podmínkách ČR byl zdroj infekce ze sadby významnější než zdroj z půdy, kde patogen přežívá na posklizňových zbytcích. V souvislosti s minimalizací obdělávání půdy, a tudíž s vyšším obsahem nerozložené organické hmoty na pozemcích, se navyšuje riziko infekce z půdy. Pokud jsou hlízy skladovány při vyšší teplotě na relativní vlhkosti vzduchu, může mycelium vyrůstající ze sklerocií infikovat očka a později klíčky sousedních hlíz. Po výsadbě je infekce klíčků a podzemní části stonků silnější při chladném a vlhkém počasí, kdy porosty dlouho vzcházejí. Z hlediska kontroly promořenosti půdy tímto patogenem je důležité vytvořit citlivou metodu detekce a kvantifikace tohoto patogenu přímo v půdních vzorcích bez předcházející kultivace.

Cílem této práce bylo optimalizovat metodu qPCR pro kvantifikaci polyfágního houbového patogenu *R. solani* ve vzorcích půdy.

Materiál a metody

Stanovení *R. solani* bylo provedeno ve vzorcích půdy odebrané ze 3 stanovišť S1, S2 a S3. Vzorky S1 a S2 byly odebrány z pozemků, na kterých byly pěstovány brambory (Havlíčkův Brod). Vzorek S3 byl odebrán z pozemku, na kterém byl opakovaně pěstován ječmen (Brno). Jako negativní kontrola byla brána sterilizovaná půda. Pro ověření účinnosti izolace DNA a následné kvantifikace pomocí qPCR byla část vzorku půdy S1 kontaminována myceliem *R. solani*.

Vlastní izolaci DNA z půdy pomocí kitu AllPrep® PowerFecal®DNA/RNA Kit (Qiagen, Hilden, Germany) předcházela homogenizace většího objemu půdy. Mírně vlhká půda (0,5kg) byla přeseta na sítu 2 mm a promíchána. Aliqoty (10 g) takto upravené zeminy byly homogenizovány 3 min pomocí homogenizátoru Ultra-Turrax. Do části vzorku S1 bylo před homogenizací přidáno mycelium *R. solani* (10 g půdy + 200 mg mycelia) (S1+RS). Z takto homogenizovaných vzorků byly odebrány 2 g do následné homogenizace pomocí tekutého dusíku. Z této frakce bylo přeneseno 250 mg do 800 µl izolačního pufru a další kroky izolace byly provedeny dle standardního protokolu použitého kitu. Množství DNA ve vzorcích bylo vyrovnáno na koncentraci 50 ngµl⁻¹.

Jako pozitivní kontrola a DNA pro vytvoření kalibračních křivek byla použita DNA izolovaná z myceliární kultury monosporických izolátů *R. solani* (RSM). 100 mg mycelia bylo rozdrobeno v tekutém dusíku a DNA byla izolována pomocí kitu DNease Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany) podle standardního protokolu. Za pomoci stejného kitu byla izolovaná DNA z tkáňové kultury *Nicotiana tabacum*. Tato DNA byla použita jako vnitřní referenční kontrola do všech vzorků.

Vyizolovaná DNA byla naředěna na koncentraci 50 ngµl⁻¹, s výjimkou DNA izolované ze sterilizované půdy (STS), ze které byla získána nejvyšší možná koncentrace 15 ngµl⁻¹. Příprava vzorků je sumarizována v tabulce 1. První vzorek kalibrační křivky (RSM I.) byl připraven smícháním DNA izolované z myceliární kultury (RSM) a DNA izolované ze sterilní půdy (STS). Další vzorky kalibrační křivky (RSM II. - V.) byly postupně 4x ředěny v poměru 1:9. Také základní vzorky DNA z půdy cíleně kontaminované myceliem (S1+RS I.) a vzorky DNA

izolované z neošetřené půdy (S1 I., S2 I. a S3 I.) byly postupně 3x ředěny v poměru 1:9. Ke všem vzorkům byla přidána DNA izolovaná z *N. tabacum* tak, aby byla ve vzorcích její koncentrace stejná, vždy 5 ng μl^{-1} .

Tab.1 Množství DNA ve vzorcích připravených pro kvantifikaci *R. solani*

Označení vzorku	Množství DNA (ng μl^{-1})		
	<i>R. solani</i> mycelium	Půda	<i>N. tabacum</i>
RSM I.	50	15	5
RSM II.	5	1,5	5
RSM III.	0,5	0,15	5
RSM IV.	0,05	0,015	5
RSM V.	0,005	0,0015	5
S1 + RS I.	50		5
S1 + RS II.	5		5
S1 + RS III.	0,5		5
S1 + RS IV.	0,05		5
S1 I.	0	50	5
S1 II.	0	5	5
S1 III.	0	0,5	5
S1 IV.	0	0,05	5
S2 I.	0	50	5
S2 II.	0	5	5
S2 III.	0	0,5	5
S2 IV.	0	0,05	5
S3 I.	0	50	5
S3 II.	0	5	5
S3 III.	0	0,5	5
S3 IV.	0	0,05	5
STS	0	15	5
K-	0	0	0

qPCR byla připravena pomocí kitu Xceed qPCR SG 2x Mix Lo-ROX (Institute of Applied Biotechnologies, London, Great Britain), který umožňuje hodnocení reakce v reálném čase díky obsahu interkalačního barviva SYBR Green I. Složení reakční směsi a koncentrace jednotlivých složek je uvedena v tabulce 2. Kvantifikace *R. solani* byla provedena pomocí specifických primerů ARSF4/ARSR4 dle Dubey et al. (2016). Pro hodnocení vnitřní referenční DNA byla provedena reakce s univerzálními primery Plant1(c)/Plant2 (d) (Taberlet et al., 1991). Sekvence primerů jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 2 Složení reakční směsi qPCR

Složky reakční směsi (25 μl)	Objem (μl)	Výsledná koncentrace
Xceed qPCR 2x Mix	12,5	1 x
Forward primer	0,6	480 nM
Reverse primer	0,6	480 nM
PCR ddH ₂ O	9,3	
DNA	2	viz Tab.1

Pozn. 2 μl DNA obsahovalo 1 μl analyzované DNA a 1 μl DNA *N. tabacum* o koncentracích dle tabulky 1.

Tab. 3 Sekvence použitých primerů

Organismus	Označení primerů	Sekvence (5'-3')	Velikost produktu	Autoři
<i>R. solani</i>	ARSF4	CAACGGATCTCTTGGCTCTC	317 pb	Dubey et al., 2016
	ARSR4	GGTGTCCCTCGGCGATAGATA		
<i>N. tabacum</i>	Plant1 (c)	CGAAATCGGTAGACGCTACG	577 pb	Taberlet et al., 1991
	Plant2 (d)	GGGGATAGAGGGACTTGAAC		

Reakce s primery Plant1c/Plant2d probíhala za následujících podmínek. Po 1. denaturaci (2 minuty při 95°C) následovalo 40 cyklů střídání podmínek 95°C 10 s, 55°C 10 s a 65°C 30 s. Specificita reakce bylo ověřena následnou analýzou teploty tání syntetizovaných produktů. Reakční teplota stoupala z 55°C na 95°C. Každých 10 s vzrostla o 0,5°C. qPCR s primery ARSF4/ARSR4 probíhala za podobných podmínek, jen teplota nasedání primerů byla 62°C. Účinnost reakcí s primery ARSF4/ARSR4 v opakovaných testech (byla provedena 3 technická opakování) se pohybovala mezi 97-100 % ($R^2 = 0,966-0,999$). Analýza teploty tání specifického PCR produktu potvrdila jeden specifický produkt o teplotě tání 82,5 °C. Výpočet účinnosti reakcí je součástí softwaru BioRad iQ5a vychází z hodnot kalibrační křivky vzorků RSM I.-RSM V.

Pro ověření účinnosti reakcí hodnotících množství referenční DNA ve vzorcích byla přidána kalibrační řada ředění čisté DNA *N. tabacum* (50, 5, 0.5, 0.05, 0,005 $\text{ng}\mu\text{l}^{-1}$). Účinnost dosahovala 94 % ($R^2 = 0,997$). Teplota tání tohoto specifického produktu byla 85°C.

Výsledky qPCR byly hodnoceny metodou relativní kvantifikace, při které porovnáme úroveň specifického signálu v jednotlivých vzorcích s úrovní tohoto signálu ve vzorku, který označujeme jako vnitřní kalibrátor. V tomto výpočtu byl jako vnitřní kalibrátor vybrán vzorek 100x ředěné DNA izolované z mycelia *R. solani* (v tabulce 4 je označen *). Hodnota specifického signálu v tomto vzorku (průměr ze 3 opakování) byla brána jako 1 (nebo 100 %) a hodnoty specifického signálu v ostatních vzorcích s ní byly porovnávány. Výpočet relativní kvantifikace byl proveden dle Pffafel (2001), přičemž účinnost jednotlivých reakcí byla přepočítána dle Rassmusen (2001). Do výpočtů byly brány hodnoty CT při úrovni $T_h = 100$ generované softwarem, který je součástí cykleru BioRad iQ5. Výsledné hodnoty uvedené v tabulce 4 představují průměrné hodnoty ze 3 opakování a jejich variabilita je vyjádřena hodnotami směrodatné odchylky (SD).

Výsledky

Výsledky relativní kvantifikace *R. solani* ve vzorcích testované půdy jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4: Hodnoty vyjadřující relativní množství specifické DNA v 1 μl izolátu v porovnání s množstvím specifické DNA *R. solani* ve 100x ředěném vzorku kalibrační křivky (*)

Označení vzorku	Relativní množství DNA <i>R. solani</i>	SD
RSM I.	98,4844	18,8321
RSM II.	9,7452	0,1642
RSM III. *	0,9990	0,0518
RSM IV.	0,0827	0,0062
RSM V.	0,0072	0,0003
S1 + RS I.	64,8504	3,6293
S1 + RS II.	3,8097	0,4387
S1 + RS III.	0,4763	0,0297
S1 + RS IV.	0,0265	0,0176
S1 I.	0,0028	0,0004
S1 II.	0,0003	0,0000
S1 III.	0,0001	0,0000
S1 IV.	0,0002	0,0001
S2 I.	0,0024	0,0007
S2 II.	0,0005	0,0000
S2 III.	0,0002	0,0001
S2 IV.	0,0001	0,0000
S3 I.	0,0008	0,0003
S3 II.	0,0002	0,0000
S3 III.	0,0001	0,0000
S3 IV.	0,0001	0,0000
STS	0,0003	0,0002
K-	0	0

Výsledné hodnoty relativní kvantifikace DNA *R. solani* jsou vztaženy k 100 x ředěnému vzorku DNA mycelia (0,5 ng μl⁻¹ specifické DNA). Z hodnot vzorků kalibrační křivky RSM I.-V. je zřejmá lineární závislost ($R^2 = 0,9$) mezi množstvím DNA ve vzorcích a relativním množstvím specifické DNA vypočítaného na základě hodnot CT. Tato závislost byla potvrzena hodnotami získanými u ředěných vzorků S1+RS I.-IV. V rámci kalibrační křivky jsme byli schopni hodnotit vzorky obsahující DNA z mycelií až do koncentrace 0,005 ng μl⁻¹. Ve vzorcích S1 + RS bylo ředění provedeno do hodnot 0,05 ng μl⁻¹ DNA izolované z cíleně kontaminované půdy (S1 + RS IV.). Přičemž 1 μl DNA tohoto vzorku odpovídá asi 0,014 ng mycelia. Čistý specifický produkt jsme byli schopni detekovat i ve vzorcích půdy S1 a S2, ve kterých bylo detekováno řádově 1000 x méně specifického produktu než ve vzorku RSM III (což odpovídá asi 0,5 pg specifické DNA na μl⁻¹ izolované DNA) a 10x méně než v posledním ředění cíleně kontaminovaného vzorku (~DNA z 0,0014 ng mycelia).

Množství specifické DNA v ředěných vzorcích S1 a S2, ve vzorku S3 a ve vzorku ze sterilizované půdy bylo již na hranici nebo za hranicí detekce. Lze je považovat za negativní.

Diskuze

Použitá metoda real-time PCR (qPCR) umožňuje citlivou detekci patogenů v půdě a zajišťuje relativně vysokou spolehlivost diagnostiky. První práce, které se touto problematikou zabývají pocházejí z roku 2001. Na rozdíl od kvantifikace patogenů v pletivech hostitele, může být stanovení koncentrací patogenů ve vzorcích půdy komplikované. Je to dáno několika faktory. Koncentrace patogenů v půdě bývá hodně nízká, může být přítomno mnoho různých půdních mikroorganismů, a proto jakákoli následná kultivace vzorků může vést ke změnám v kvantitativních poměrech. Citlivost kvantifikace musí být vysoká a ve všech publikovaných pracích byla prokazována na vzorcích uměle kontaminovaných (Cullen et al., 2001; Woodhall et al., 2013; Dubey et al., 2016). Takovéto vzorky mohou sloužit jako základ kalibrace, ale při izolaci DNA z kontaminované půdy může docházet ke ztrátám způsobeným různou účinností izolace, a proto jsou pro kalibraci vhodnější izoláty DNA přímo z čistého mycelia. Pro zohlednění pozadí DNA z půdy (zejména vzhledem k možným příměsím látek inhibičního charakteru) by mohlo být přesnější přimíchání DNA z půdy k přesně změřeným vzorkům DNA z mycelia.

Citlivost detekce musí být také doprovázena účinnou metodou izolace DNA z půdy, což v případě houbových patogenů není jednoduché. V současné době je na trhu více kitů, které jsou doporučeny pro izolaci DNA z půdy, ale my jsme nejlepší výtěžky získávali při použití kitu, který je určen pro izolaci DNA z fekálií. Primery musí být vysoce specifické a současně musí reakce probíhat při nízkých koncentracích matricové DNA. Vyšší specifitu řeší systém kvantifikace s využitím vnitřních TagMan sond (Woodhall et al., 2013). Tento systém je však náročný na kvalitní přístrojové vybavení a provozní chemikálie jsou dražší než v systémech využívajících SybrGreen. Specifické primery, které jsme použili, byly autory Dubey et al. (2016) navrženy pro qPCR, komplementární k oblasti ITS rDNA. Protože jsme prováděli kvantifikaci *R. solani* obecně, bez ohledu na druh izolátu, nebylo nutno používat systém využívající vnitřní sondy. Specifita reakce byla ověřena analýzou teploty tání PCR produktu a pravděpodobně díky účinné izolaci DNA se citlivost našich reakcí zvýšila ještě o jeden řád oproti výsledkům publikovaným v práci Dubey et al. (2016). Se stejnými primery byli schopni detekovat 1,24 pg DNA patogenu.

V neposlední řadě může být problematická interpretace výsledků absolutní kvantifikace. Přepočty hodnot CT na množství specifické DNA ve váhových jednotkách obsažených v konkrétním množství půdy by mohlo být zkresleno odlišnou účinností izolace DNA.

Námi použitá metoda relativní kvantifikace tyto problémy obchází. Hodnoty specifické DNA jsou vyjádřeny poměrem k dobře definovanému vzorku o známém obsahu DNA patogenu. Při použití stejného vnitřního kalibrátoru mohou být takto hodnoceny vzorky DNA z půdy z nezávislých izolací.

Závěr

Naše výsledky dokumentují vhodnost metody pro stanovení *R. solani* ve vzorcích půdy při relativně nízké koncentraci DNA. Specifický produkt odpovídající DNA *R. solani* jsme byli schopni detekovat ve vzorcích půdy které obsahovaly 1000 x méně specifického produktu oproti vzorku RSM III (což odpovídá asi 0,5 pg specifické DNA na μl^{-1} izolované DNA) a 10x méně než v posledním ředění cíleně kontaminovaného vzorku půdy (~DNA z 0,0014 ng mycelia).

Literatura

- Ackermann, P., Talich, P., Řehák, V., Kocourek, F. (ed.). (2013). Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům. Praha: Česká společnost rostlinolékařská. ISBN 978-80-02-02480-4.
- Ajayi-Oyetunde, O.O., Bradley, C.A. (2018). *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant Pathology* 67: 3-17, <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>.
- Cullen, D.W., Lees, A.K., Toth, I.K. Duncan, J.M. (2001). Conventional PCR and real-time quantitative PCR detection of *Helminthosporium solani* in soil and on potato tubers. *European Journal of Plant Pathology* 107: 387-398, <https://doi.org/10.1023/A:1011247826231>.
- Dubey, S.C., Tripathi, A., Upadhyay, B.K., Kumar, A. (2016). Development of conventional and real time PCR assay for detection and quantification of *Rhizoctinia solani* infecting pulse crops. *Biologia* 71: 133-138, <https://doi.org/10.1515/biolog-2016-0027>.
- Lees, A.K., Cullen, D.W., Sullivan, L., Nicolson, M.J. (2002). Development of conventional and quantitative real-time PCR assays for the detection and identification of *Rhizoctonia solani* AG-3 in potato and soil. *Plant Pathology* 51: 293-302, <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00712.x>.
- Okubara, P.A., Schroeder, K.L., Paulitz T.C. (2008). Identification and quantification of *Rhizoctonia solani* and *R. oryzae* using Real-Time Polymerase Chain Reaction. *Phytopathology* 98: 837-847, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-7-0837>.
- Pfaffl, M.W. (2001). A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. *Nucleic Acids Res* 29(9): e45. <https://doi.org/10.1093/nar/29.9.e45>.
- Rasmussen, R. (2001). Quantification on the LightCycler, s. 1-34. In: Meuer, S., Wittwer, C., Nakagawaran, K.I.: *Rapid Cycle Real-Time PCR*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59524-0_3.
- Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G., Bouvet J. (1991). Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. *Plant Molecular Biology* 17: 1105-1109, <https://doi.org/10.1007/BF00037152>.
- Woodhall, J.W., Adams, I.P., Peters, J. C., Harper, G., Boonham, N. (2013). A new quantitative real-time PCR assay for *Rhizoctonia solani* AG3-PT and the detection of AGs of *Rhizoctonia solani* associated with potato in soil and tuber samples in great Britain. *European Journal of Plant Pathology* 136: 273-280, <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0161-8>.

Poděkování

Tato práce byla financována z projektu NAZV MZe QK21010083.

Kontaktní adresa:

RNDr. Ludmila Holková Ph.D.

Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, AF Mendelu v Brně

Zemědělská 1, 613 00 Brno

Telefon: +420 545133136,

e-mail: holkova@mendelu.cz

Účinnost esenciálních olejů na *Fusarium coeruleum* Lib. ex Sacc., 1886, způsobující fusariovou hnilobu bramboru

Efficacy of essential oils against *Fusarium coeruleum* Lib. ex Sacc., 1886, causing fusarium dry soft of potato

Kmoch M.¹, Loubová V.¹, Jílková B.², Víchová J.²

¹Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.

²Mendelova univerzita v Brně

Abstrakt

Fusariová hniloba bramboru může být způsobena několika druhy rodu *Fusarium*. Cílem experimentů bylo zjištění vlivu vybraných EO (α -pinene, carvacrol, cinnamaldehyde, eucalyptol, L-menthone, (R)-(+)-limonene, thymol) na růst *Fusarium coeruleum* Lib. ex Sacc. pomocí *in vitro* a *in vivo* metod. Antifungální aktivita v *in vitro* testech byla stanovena při koncentraci 0–1600 ppm. Všechny hodnocené EO měly průkazný vliv na inhibici růstu *F. coeruleum*. Antifungální aktivita jednotlivých EO se významně lišila. Pro *in vivo* experimenty byly vybrány EO s nejvyšší účinností v testech *in vitro* (carvacrol, thymol a cinnamaldehyde). Jednalo se o preventivně-kurativní ošetření hlíz EO při koncentraci 2 %. Pro vyšší účinnost byly EO navázány na biopolymer. Po ošetření hlíz všemi testovanými EO bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení rozsahu infekce hlíz. EO mají potenciál pro ekologickou ochranu hlíz bramboru před *F. coeruleum*.

Klíčová slova: Brambory, skládkové choroby, ekologická ochrana.

Abstract

Potato dry rot could be caused by several species from *Fusarium* genus. The aim of the experiments was to evaluate an effect of selected EOs (α -pinene, carvacrol, cinnamaldehyde, eucalyptol, L-menthone, (R)-(+)-limonene, thymol) on the growth of *Fusarium coeruleum* Lib. ex Sacc. using *in vitro* and *in vivo* methods. Antifungal activity using *in vitro* assays was determined at the concentrations of 0-1600 ppm. All evaluated EOs had a significant effect on growth inhibition of *F. coeruleum*. Antifungal activity of individual EOs significantly differed. For *in vivo* experiments EOs were selected, which had the highest efficacy in the *in vitro* assays (carvacrol, thymol and cinnamaldehyde). It was a preventive-curative tuber treatment with EOs at 2 % concentration. To provide higher efficacy EOs were bound to biopolymer. After tuber treatment with all tested EOs a statistically highly significant reduction of tuber infection extent was found. EOs has potential for ecological control of *F. coeruleum*.

Keywords: Potatoes, storage diseases, ecological control.

Úvod

Fusariová hniloba bramboru, která může být způsobena několika druhy rodu *Fusarium*, je významnou skládkovou chorobou bramboru (*Solanum tuberosum* L.) s celosvětovým hospodářským významem (Stevenson *et al.*, 2001; Cullen *et al.*, 2005). Potenciálně může způsobit velké ztráty na výnosu odhadované v průměru od 6 do 25 % a zhoršit kvalitu hlíz (Chelkowski, 1989; Cullen *et al.*, 2005; Fan *et al.*, 2021). Protože druhy rodu *Fusarium* nemohou proniknout přes periderm hlíz, k infekci může dojít pouze přes rány nebo praskliny v peridermu (Secor *et Gudmestad*, 1999), způsobené hlavně manipulací při sázení, sklizni a třídění (Secor *et Salas*, 2001). *Fusarium* spp. mají kromě bramboru širokou škálu hostitelů, včetně např. obilnin, luskovin a červené řepy (Peters *et al.*, 2008). Kromě patogenity jsou druhy rodu *Fusarium* známé produkcí mykotoxinů (Desjardins, 2006). Příznaky suché hniloby na hlízách se projevují jako tmavé, propadlé a vrásčité skvrny, na průřezu hlíz

s bílým, růžovým nebo fialovým myceliem. Infekce může vést k hnilobě hlíz (Stevenson *et al.*, 2001). Ochrana proti *Fusarium* spp., způsobující fusariovou hnilobu bramboru zahrnuje používání odolných odrůd, pěstitelská opatření (střídání plodin, použití zdravé sadby), zahojení poraněných hlíz před uskladněním, využití bioagens, ultrafialové záření a použití fungicidů (Al-Mughrabi *et al.*, 2013; Bojanowski *et al.*, 2013; Bång 1992; Gachango *et al.*, 2012; Peters *et al.*, 2008a; Ranganna *et al.*, 1997). Nadměrné používání fungicidů vedlo nejen k vývoji rezistence, ale i k toxickým účinkům na necílové organismy (Arcury *et* Quandt 2003; Huang *et al.*, 2012). V současné době je celosvětovým trendem posun směrem k omezování používání syntetických fungicidů, a proto existuje silná a rostoucí tendence hledat bezpečnější a ekologičtější alternativy v boji proti patogenům rostlin (Zubrod *et al.*, 2019). Ekologickým řešením může být použití rostlinných silic (esenciálních olejů, EO), které mají antimikrobiální vlastnosti (Albuquerque *et al.*, 2006) EO jsou extrahovány z různých částí aromatických rostlin (Bahrami *et al.*, 2016; Bergman *et al.*, 2019; Sempere *et al.*, 2021). Kvůli přirozenému původu jsou snadno biologicky odbouratelné (Pavela *et* Benelli, 2016) a nezpůsobují vážné poškození životního prostředí (Coleman *et al.*, 2001).

Cílem studie bylo zjištění antifungální aktivity vybraných EO na houbu *Fusarium coeruleum* Lib. ex Sacc., 1886 (syn. *F. solani* var. *coeruleum*), které je jedním z patogenů způsobujících fusariovou hnilobu bramboru. Pro tento účel byly provedeny *in vitro* a *in vivo* experimenty, kde byly EO aplikovány preventivně-kurativně na hlízy bramboru. Byl posouzen potenciál EO pro ekologickou ochranu hlíz bramboru.

Materiál a metody

Pro stanovení antifungální aktivity jednotlivých EO byly nejprve provedeny *in vitro* testy za použití techniky inhibice radiálního růstu mycelia. Houba *Fusarium coeruleum* (CCM F-3) potřebná pro experimenty byla získána z České sbírky mikroorganismů (Brno) a byla kultivována na Potato dextrose agar (PDA) (HiMedia, Mumbai, India) při 25 ± 1 °C

Pro pokusy byly vybrány čisté přírodní EO: α -pinene (98%; 147524-250ML), carvacrol (99%, W224511-100G-K), cinnamaldehyd ($\geq 95\%$, W228613-100G-K), eucalyptol ($\geq 99\%$; W246506-1KG-K), L-menthone ($\geq 96\%$; W266701-1KG-K), (R)-(+)-limonene (97%; 183164-100ML) a thymol ($\geq 98,5\%$; T0501-100G) [Sigma-Aldrich, Německo]. Testované EO byly ředěny 96% etanolem (1:10) s následným přidáním pár kapek Tweenu 20 [0,01% (v/v)] k dokonalému rozptýlení v médiu. Příslušný objem rozpuštěné EO byl přidán do sterilizovaného PDA média o teplotě 40–45 °C pro získání finální koncentrace 0–1600 ppm. Po dostatečném promíchání byly roztoky PDA okamžitě nality do Petriho misek (20 ml/PM) o průměru 90 mm. Po zchladnutí a ztuhnutí živné půdy byl pomocí korkovrtu vykrojen agarový disk z týden staré kultury s inokulem houby o průměru 6 mm a umístěn do středu PM, které byly následně utěsněny parafilmem. Od každé varianty koncentrace byly připraveny tři opakování a PM byly inkubovány při 25 ± 1 °C po dobu 14 dnů. PM bez OE byly použity jako kontrola. Potom byly změřeny průměry kultur hub jednotlivých variant pokusu (v mm) a byla vypočítána inhibice růstu mycelia (MGI) pomocí následujícího vzorce (Albuquerque *et al.*, 2006): $MGI = [(DC - DO)/DC] \times 100$ [%]

DC: Radiální růst mycelia kontroly (mm) – průměr kolonie houby neošetřené EO

DO: Radiální růst mycelia (mm) – průměr kolonie houby ošetřené EO

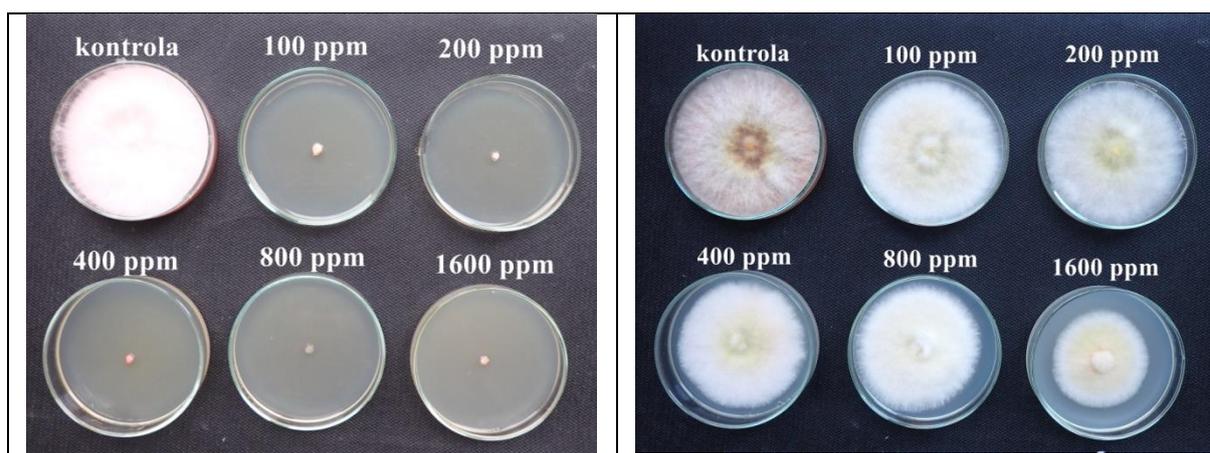
Účinnost EO s nejvyšší antifungální aktivitou zjištěnou v *in vitro* testech (carvacrol, thymol, cinnamalehyde) byla ověřena pomocí *in vivo* experimentů přímo na hlízách bramboru. Zdravé hlízy odrůdy 'Red Anna' (česká konzumní odrůda šlechtitelské společnosti Vesa Velhartice, a.s. citlivá na infekci houbami) o velikosti 35–45 mm byly omyty pod tekoucí vodou pro odstranění ulpívajících zbytků půdy, dezinfikovány v 1% roztoku chlornanu sodného po dobu 15 min, opláchnuty ve sterilní destilované vodě a následně ponechány k oschnutí přes noc

na vzduchu při pokojové teplotě. Hlízy (n = 21) byly uměle poraněny vpichem sterilní ocelové tyčky (průměr: 3 mm; délka: 10 mm) v korunkové a pupkové části. Do připravených ran bylo nejprve pipetou nanášeno 20 µl roztoku EO o koncentraci 2 %. Pro vyšší účinnost a stabilitu byly EO navázány na polymer podle patentu Matušinský *et al.* (2020). Hlízy byly ponechány po dobu 30 min, aby roztok mohl dobře difundovat do pletiv. Rány byly potom pomocí pipety inokulovány 10 µl suspenze spor o koncentraci 5×10^5 konidií/ml. Po 30 min bylo do ran opět aplikováno 20 µl roztoku EO. Jako pozitivní kontrola sloužila varianta bez ošetření hlíz EO (pouze inokulace houbou). Jako negativní kontrola byla použita varianta s aplikací sterilní destilované vody. Hlízy byly vyrovnány do sterilních uzavíratelných plastových boxů (30 l) na filtrační papír nasycený destilovanou vodou (150 ml). Boxy byly uzavřeny a uloženy do tmy při teplotě 5 ± 1 °C. Od každé varianty pokusu byla provedena tři opakování. Po čtyřech týdnech inkubace byly hlízy rozříznuty přes očkovací body pro potřebné změření plochy hniloby na průřezu a zjištění rozsahu infekce hlíz (závažnosti onemocnění) jednotlivých variant pokusu. Pro tento účel byly rozkrojené hlízy vyfotografovány fotoaparátem Olympus TG-6 (Olympus, Tokyo, Japan) a následně bylo provedeno vyhodnocení rozsahu infekce hlíz pomocí softwaru ImageJ 1.53e (Maryland, USA, <https://imagej.net/software/imagej/>).

Statistické vyhodnocení experimentů bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu (MS Excel) a Tukey-HSD testu ($\alpha = 0,01$; program STATISTICA 7; StatSoft, Inc., USA).

Výsledky a diskuze

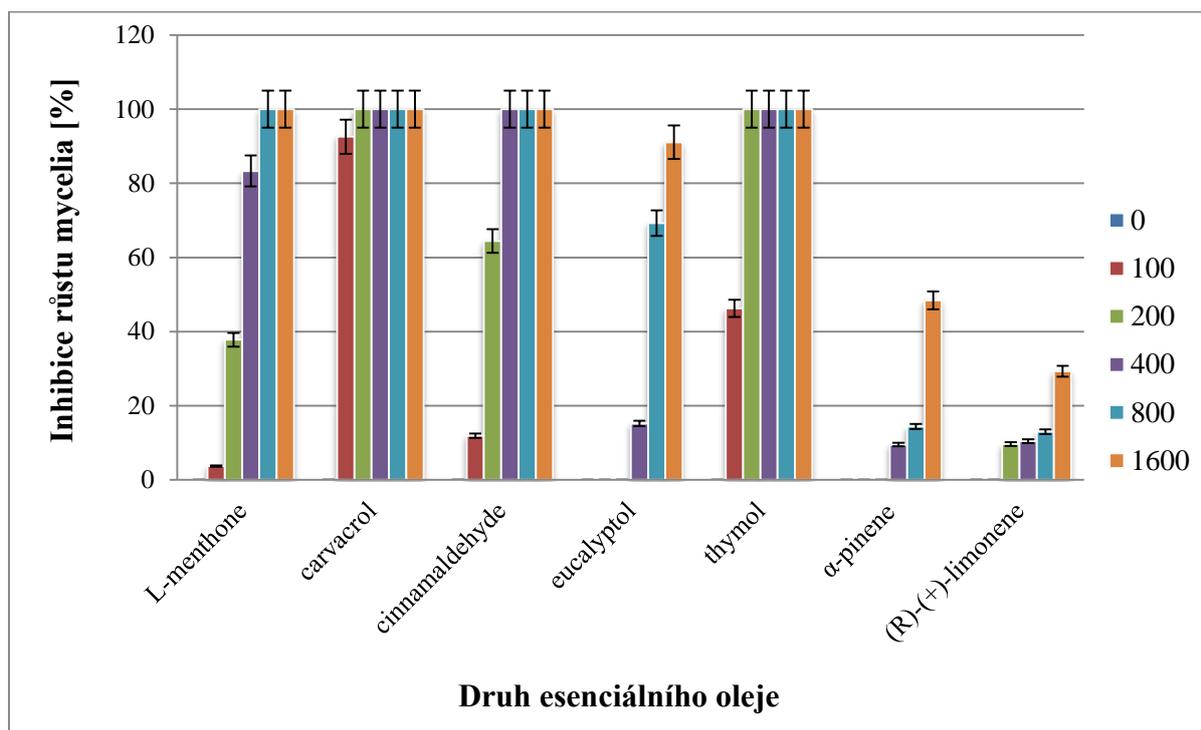
Pomocí *in vitro* a *in vivo* experimentů byla zjištěna antifungální aktivita vybraných EO na *F. coeruleum* způsobující fusariovou hnilobu bramboru. Z výsledků *in vitro* pokusů vyplývá, že všechny hodnocené EO měly průkazný vliv na inhibici růstu *F. coeruleum* (obr. 3). Mezi kontrolou a jednotlivými koncentracemi silic byly zjištěny významné rozdíly. Antifungální aktivita jednotlivých EO se průkazně lišila (obr. 4). Nejvyšší antifungální aktivita byla zaznamenána u carvacrolu (obr. 1), thymolu a cinnamaldehyde, které způsobily již při koncentraci 200 ppm inhibici růstu mycelia *F. coeruleum* 100 %, resp. 64,4 %. Nejnižší antifungální aktivita byla zaznamenána u (R)-(+)-limonene (obr. 2) a α -pinene. Účinnost eucalyptolu a L-menthone byla oproti thymolu, carvacrolu a cinnamaldehyde podstatně nižší.



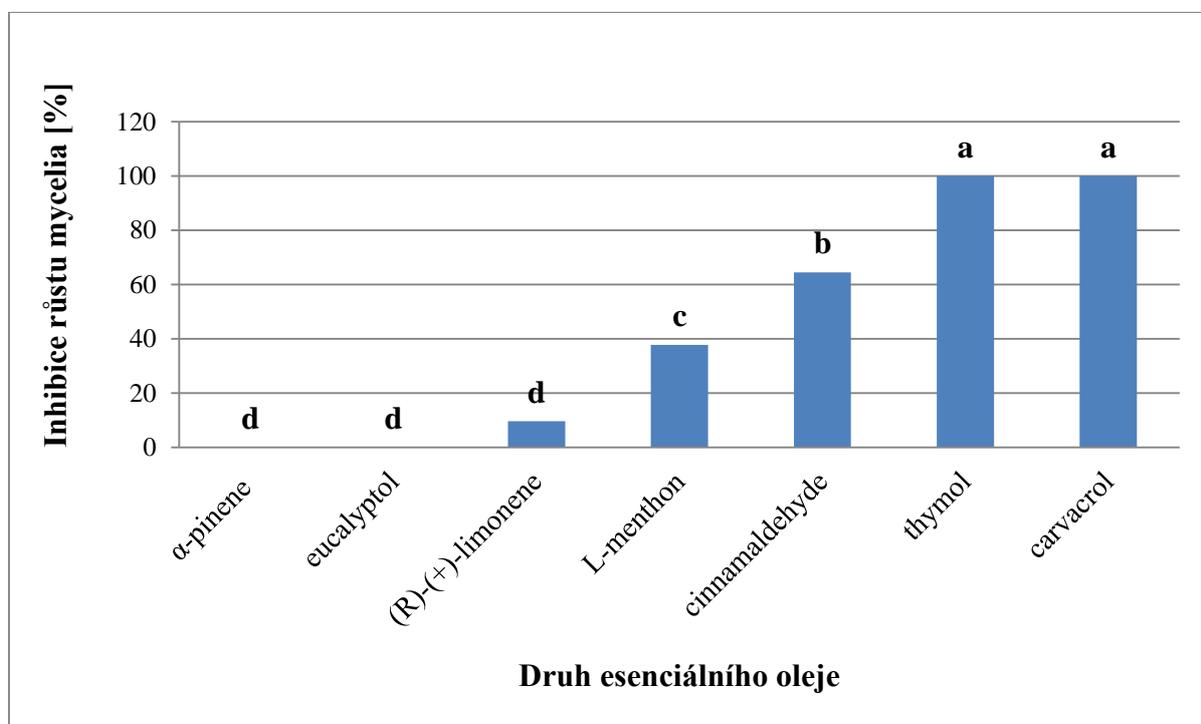
Obr. 1 Inhibice růstu *F. coeruleum* při aplikaci carvacrolu

Obr. 2 Inhibice růstu *F. coeruleum* při aplikaci (R)-(+)-limonene

Obr. 3: Průměrná inhibice růstu *F. coeruleum* při aplikaci EO o koncentraci 0 až 1600 ppm



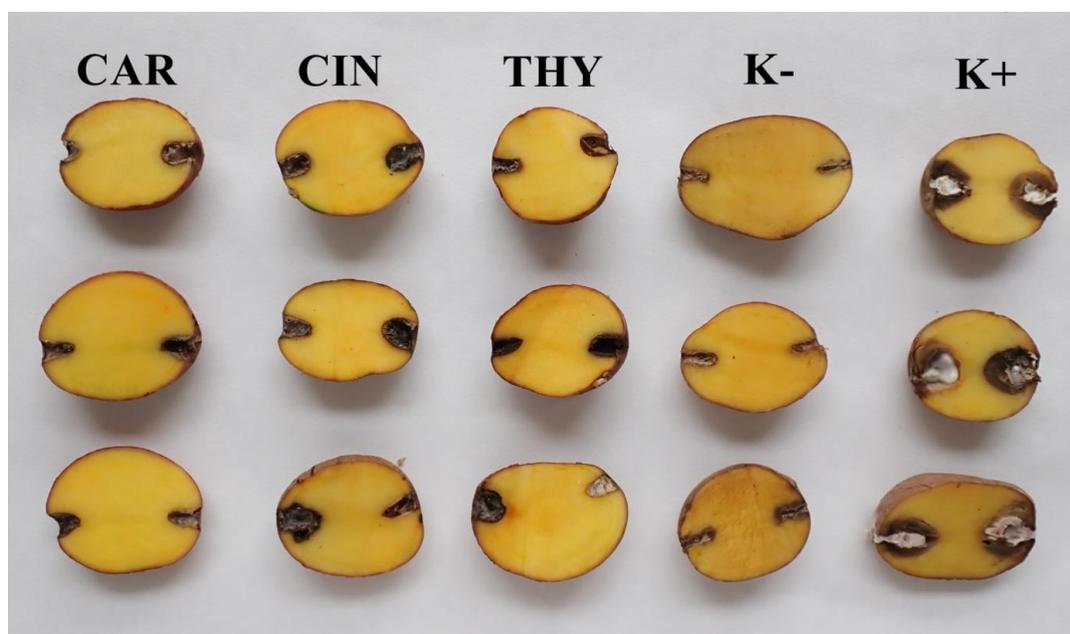
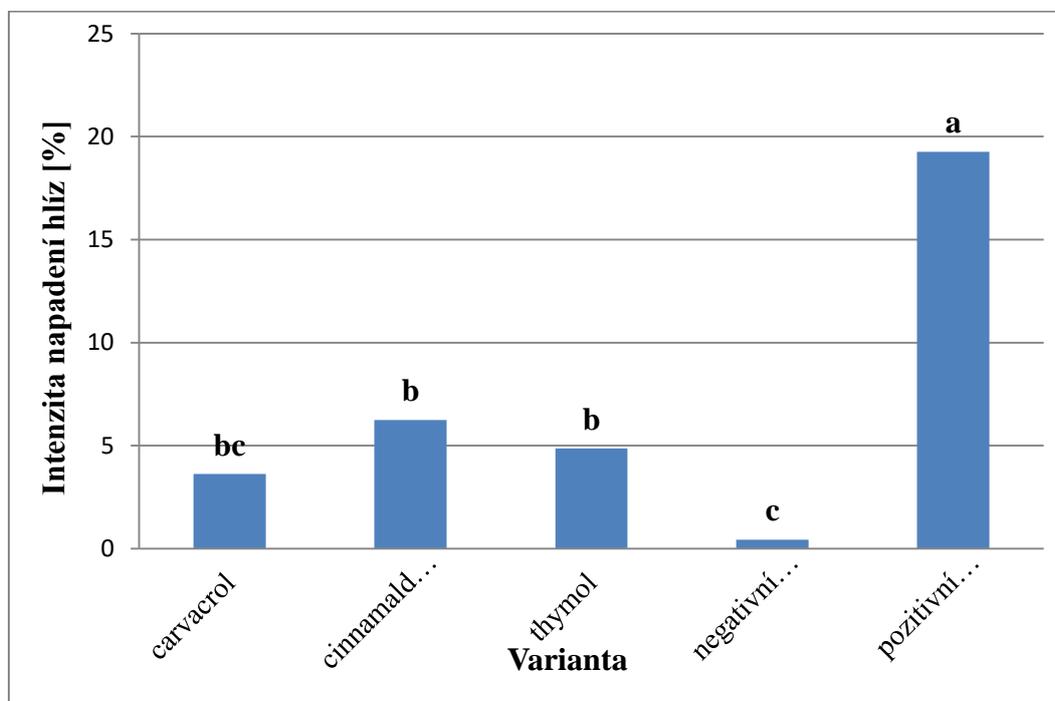
Obr. 4: Průměrná inhibice růstu mycelia *F. coeruleum* při aplikaci EO o koncentraci 200 ppm



Po *in vitro* pokusech následovaly *in vivo* pokusy (obr. 6), pro které byly vybrány EO s nejvyšší antifungální aktivitou. Pro vyšší účinnost a stabilitu byly EO navázány

na biopolymer. Po ošetření hlíz EO (carvacrol, thymol a cinnamaldehyde) bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení intenzity napadení *F. coeruleum* oproti neošetřené kontrole u všech testovaných EO (obr. 5). Mezi testovanými EO nebyl v účinnosti na patogena zaznamenán statisticky významný rozdíl. Relativní snížení intenzity napadení hlíz (plochy hniloby) po ošetření EO se pohybovalo od 67,55 do 81,21 %.

Obr. 5: Průměrná intenzita napadení hlíz (plocha lézí v %) po ošetření EO



Obr. 6: Vyhodnocení napadení hlíz po ošetření EO

Ověřováním antifungální aktivity EO na *F. coeruleum*, způsobující fusariovou hnilobu bramboru, pomocí *in vitro* a *in vivo* experimentů se zabývali různí autoři. Oosterhaven (1995) zjistil účinnost S-carvone, monoterpenu nalezeném v kmínu (*Carum carvi*), na inhibici růstu fytopatogenních hub *F. coeruleum* a *F. sulphureum*. Ve studii Gorris *et al.* (1994) byl

zaznamenám rovněž významný vliv S-carvone na *F. coeruleum* a *F. sulphureum*. Awadalla *et al.* (2008) se zabýval účinností EO na *F. solani* pomocí *in vitro* a *in vivo* pokusů. Testoval oleje z voňatky citronové (*Cymbopogon stratus*), máty klasnaté (*Mentha spicata*), máty peprné (*Mentha piperita*), pelargonie (*Pelargonium* sp.), fenyklu (*Foeniculum vulgare*), bazalky (*Ocimum basilicum*), majoránky (*Origanum majorana*) a karafiátu (*Dianthus* sp.). Všechny testované EO výrazně inhibovaly růst *F. solani* v *in vitro* a *in vivo* podmínkách (během skladování), kdy byl nejvíce účinný peppermintový olej. Rai *et al.* (1999) uvádí, že esenciální olej z eukalyptu (*Eucalyptus* sp.) výrazně inhibuje růst hub *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. pallidoroseum*, *F. acuminatum* a *F. chlamydosporum*. Bång (2007) prokázal fungicidní účinek různých EO proti *F. coeruleum* v *in vitro* i *in vivo* podmínkách. Al-Mughrabi *et al.* (2013) se zabýval účinností S-carvone, L-menthone a peppermintového a spearmintového oleje v podmínkách *in vitro* na *F. coeruleum*, *F. sambucinum*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*. Prokázal inhibiční účinek EO u většiny patogenů. Rovněž Bounar *et al.* (2020) zjistil v *in vitro* a *in vivo* podmínkách výrazné antifungální účinky EO z tymiánu (*T. vulgare*) a oregana (*O. vulgare*) na *F. oxysporum*. Hartmans *et al.* (1995) prokázal antifungální aktivitu carvonu, získaného z kmínu na *F. sulphureum* v experimentech *in vitro*. Suleiman *et al.* (2019) prokázal v *in vitro* podmínkách antimykotickou aktivitu ethanolového extraktu hřebíčkovce kořeného (*Syzygium aromaticum*) na *F. oxysporum*. Také Manganyi *et al.* (2015) zjistil v *in vitro* podmínkách nejvyšší antimikrobiální účinnost hřebíčkového a tymiánového oleje na *F. oxysporum*. Medjahed *et al.*, (2023) prokázal v *in vitro* a *in vivo* podmínkách antifungální aktivitu EO z *Artemisia alba* a *Ammoides verticillata* proti *F. solani*.

Závěr

Pomocí *in vitro* a *in vivo* experimentů byl testován vliv esenciálních olejů (α -pinene, carvacrol, cinnamaldehyd, eucalyptol, L-menthone, (R)-(+)-limonene, thymol) na houbu *F. coeruleum*, jednomu z původců fusariové hniloby bramboru. Všechny hodnocené EO měly v *in vitro* podmínkách vliv na inhibici růstu patogenu. Antifungální aktivita jednotlivých EO se významně lišila. Nejvyšší vliv na inhibici růstu mycelia prokázal thymol, carvacrol a cinnamaldehyde. Nejnižší úroveň inhibice růstu patogenu byla pozorována u (R)-(+)-limonene a α -pinene. Účinnost EO s nejvyšší antifungální aktivitou byla ověřena v *in vivo* experimentech preventivně-kurativní aplikací na hlízy. Pro vyšší účinnost a stabilitu byly EO navázány na biopolymer. Po ošetření hlíz všemi testovanými EO bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení rozsahu intenzity napadení hlíz *F. coeruleum*. Testované EO mohou být využity jako ekologická alternativa k omezování napadení hlíz brambor *F. coeruleum*.

Literatura

- Albuquerque C.C.D., Camara T.R., Mariano R.D.L.R., Willadino L., Marcelino Junior C., Ulisses C., 2006. Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 49(4), 527–535.
- Al-Mughrabi K.I., Coleman W.K., Vikram A., Poirier R., Jayasuriya, K.E., 2013. Effectiveness of Essential Oils and Their Combinations with Aluminum Starch Octenylsuccinate on Potato Storage Pathogens. *J. Essent. Oil Bear. Plant.* 16. 23-31.
- Arcury T.A., Quandt, S.A., 2003. Pesticides at work and at home: Exposure of migrant farmworkers. *The Lancet* 362(9400), 2021.
- Awadalla, Omya & El-Souod, Soad & Assawah, Susan & Eldebaiky, Samah., 2008. Control of dry and soft rot diseases of potato tubers using essentials oils, fungicides and antagonistic fungi. *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)*. 4. 1-11.
- Bahrami R., Kocheili F., Ziaee M., 2016. Fumigant toxicity and persistence of essential oils from asafetida, geranium, and walnut on adults of *Rhyzopertha dominica* (Col.: Bostrichidae). *Toxin Rev.* 35(3–4), 63–68.

- Bång U., 1992. Influence of seed tuber infestation, chemical seed treatment, and pre-harvest climate on incidence of gangrene and dry rot of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Res* 35: 3–15.
- Bång U., 2007. Screening of Natural Plant Volatiles to Control the Potato (*Solanum tuberosum*) Pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. *Potato Res.* 50, 185–203.
- Bergman M.E., Davis B., Phillips M.A., 2019. Medically Useful Plant Terpenoids: Biosynthesis, Occurrence, and Mechanism of Action. *Molecules*, 24(21), 3961.
- Bojanowski A., Avis T.J., Pelletier S., Tweddell R.J., 2013. Management of potato dry rot. *Postharvest Biol Technol* 84:99–109.
- Bounef R., Krinat S., Bouregda H., Dob T., 2020. Chemical analyses, antioxidant and antifungal effects of oregano and thyme essential oils alone or in combination against selected *Fusarium* species. *International Food Research Journal* 27. 66-77.
- Coleman W.K., Lonergan G., Silk P., 2001. Potato Sprout Growth Suppression by Menthone and Neomenthol, Volatile Oil Components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* Species. *Am. J. Potato Res.* 78(5), 345–354.
- Cullen D.W., Toth I.K., Pitkin Y., Boonham N., Walsh K., Barker I., Lees A.K., 2005. Use of quantitative molecular diagnostic assays to investigate *Fusarium* dry rot in potato stocks and soil. *Phytopathology* 95: 1462-1471.
- Desjardins A.E., 2006. *Fusarium Mycotoxins: Chemistry, Genetics, and Biology*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 260 pp. ISBN: 978-0-89054-335-1.
- Fan Y., Zhang W., Kang Y., Shi M., Yang X., Yu H., Zhang R., Liu Y., Qin S., 2021. Physiological and dynamic transcriptome analysis of two potato varieties reveal response of lignin and MAPK signal to dry rot caused by *Fusarium sulphureum*. *Sci. Hortic.* 289, 110470.
- Gachango E, Hanson L.E., Rojas A., Hao J.J., Kirk W.W., 2012. *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides. *Plant Dis* 96:1767–1774.
- Hartmans K.J., Diepenhorst P., Bakker W. Gorriss, L.G.M., 1995. The use of carvone in agriculture: Sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Ind. Crops Prod.* 4(1), 3–13.
- Huang X., Zhang N., Yong X., Yang X. Shen Q., 2012. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber with *Bacillus pumilus* SQR-N43. *Microbiol. Res.*, 167(3) 135–143.
- Chelkowski J., 1989. Toxicity of *Fusarium* species causing dry rot of potato tubers. Pages 435-440 in: *Fusarium Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. J. Chelkowski, ed. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York.
- Leslie J.F., Summerell B.A., 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Oxford: Blackwell Publishing. 388 pp. ISBN: 9780813819198.
- Manganyi M.C., Regnier T., Olivier E.I., 2015. Antimicrobial activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* isolates and their biofilms. *S. Afr. J. Bot.* 99. 115-121.
- Matušínský P., Maňasová M., Zouhar M., 2020. Fungicidní prostředek na ochranu rostlin na základě esenciálního oleje z *Thymus vulgaris*, způsob jeho výroby a použití. Majitel patentu: Agrotest fyto, s.r.o., Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika. Patentový spis CZ 308145 B6.
- Medjahed I.M., Nassira G.B., Senouci H., Manel G., 2023. Individual and Combined Antifungal Activities of *Artemisia herba alba* and *Ammoides verticillata* Essential Oils against the Three Main Pathogenic Microorganisms of Potato. *Comb. Chem. High Throughput Screening.* 26.

- Oosterhaven J., 1995. Different aspects of s-carvone, natural potato sprout growth inhibitor. 152 pp. ISBN 90-5485-435-9.
- Pavela R., Benelli G., 2016. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. *Trends Plant Sci.* 21(12), 1000–1007.
- Peters J.C., Lees A.K., Cullen D.W., Sullivan L., Stroud G.P., Cunnington A.C., 2008a. Characterization of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. *Plant Pathol* 57: 262–271.
- Peters R., MacLeod C., Seifert K., Martin R., Hale L., Grau C., MacInnis S., 2008b. Pathogenicity to potato tubers of *Fusarium* spp. Isolated from potato, cereal and forage crops. *Am J Potato Res* 85: 367–374.
- Rai M.K., Qureshi S., Pandey A.K., 1999. *In vitro* susceptibility of opportunistic *Fusarium* spp. to essential oils. *Natl Libr. Med. Mycoses* 42(1-2): 97-101.
- Ranganna B., Kushalappa A.C., Raghavan G.S.V., 1997. Ultraviolet irradiance to control dry rot and soft rot of potato in storage. *Can J Plant Pathol* 19:30–35
- Secor G.A., Gudmestad N.C., 1999. Managing fungal diseases of potato. *Can. J. Plant. Pathol.* 21, 213-221.
- Secor G.A., Salas B., 2001. Fusarium dry rot and Fusarium wilt. In: Stevenson WR, Loria R, Franc GD, Weingartner DP (eds) Compendium of potato diseases, 2nd edn. APS Press, St. Paul.
- Sempere-Ferre F., Asamar J., Castell V., Roselló J., Santamarina M.P., 2021. Evaluating the Antifungal Potential of Botanical Compounds to Control *Botryotinia fuckeliana* and *Rhizoctonia solani*. *Molecules* 26(9), 2472.
- Stevenson W.R., Loria R., Franc G.D., Weingartner D.P. (eds), 2001. Compendium of Potato Diseases, Second Edition. St. Paul, USA: American Phytopathological Society Press. 144 pp. ISBN 0 89054 275 9.
- Suleiman W.B., Heba El-baz, Mona E., Mohsen I., 2019. *In vitro* evaluation of *Syzygium aromaticum* L. ethanol extract as biocontrol agent against postharvest tomato and potato diseases. *Egypt. J. Bot* 59. 81-94.
- Zheng H., Chen Y., Guo Q., Wei H., Yue J., Zhou H., Zhao M., 2021. Inhibitory Effect of Osthole from *Cnidium Monnieri* (L.) Cusson on *Fusarium Oxysporum*, a Common Fungal Pathogen of Potato. *Molecules* 26, 3818.
- Zubrod J.P., Bundschuh M., Arts G., Brühl C.A., Imfeld G., Knäbel A., Payraudeau S., Rasmussen J.J., Rohr J., Scharmüller A., Smalling K., Stehle S., Schulz R., Schäfer R.B., 2019. Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environ. Sci. Technol.* 53(7), 3347–3365.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR – projekt NAZV č. QK21010083 „Ekologická ochrana konzumních brambor jako zdravé zeleniny proti vybraným půdou a sadbou přenášeným patogenům“.

Poděkování patří České sbírce mikroorganismů (CCM) – Masarykova univerzita patřící pod Národní program genetických zdrojů mikroorganismů a drobných živočichů hospodářského významu) za poskytnutí potřebných kultur hub.

Kontaktní adresa:

Ing. Martin Kmoch, Ph.D.
Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.
Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod
569 466 231, kmoch@vubhb.cz

Citlivosti nosatčků rodu *Apion* k účinným látkám insekticidů v letech 2018 – 2023

Results of susceptibility of laboratory testing of *Apion* weevils to the a.i. of insecticides in 2018 – 2023

Kolařík P.

Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko

Abstrakt

V letech 2018–2023 bylo na vybraných pěstitelských lokalitách České republiky, kde se pěstuje jetel luční pro semenné využití, shromážděno celkem 37 místních populací nosatčků rodu *Apion*. Cílem bylo analyzovat citlivost daných populací k vybraným účinným látkám insekticidů. Vzorokly brouků byly testovány na citlivost k ú.l. lambda-cyhalothrin, thiacloprid, acetamiprid a tau-fluvalinate. Účinnost testovaných insekticidů se v jednotlivých regionech značně lišila. Na základě získaných dat jsme zaznamenali pokles citlivosti k ú.l. lambda-cyhalothrin a tau-fluvalinate, ale citlivost k neonicotinoidům (thiacloprid, acetamiprid) zůstala stabilní po celé sledované období. Mezi testovanými bylo celkem 57,5 % klasifikováno jako vysoce citlivé k ú.l. lambda-cyhalothrin, 30,3 % jako citlivé, 3 % středně resistantní a 9,1 % jako resistantní. V případě thiaclopridu resp. acetamipridu bylo 94 % vzorků vysoce citlivých na danou ú.l., 6 % bylo citlivých. U tau-fluvalinatu bylo celkem z 12 testovaných populací 41,7 % vysoce citlivých, 16,7 % citlivých, středně resistantních a resistantních pak 8,3 % a vysoce resistantních téměř 25 %. Výsledky, které jsou uvedeny, znázorňují vývoj pokračující citlivosti vůči vybraným ú.l. insekticidů v populaci nosatčků rodu *Apion* v České republice a zároveň zdůrazňují význam kontinálního sledování založených na datech při optimalizaci řízení rezistence vůči insekticidům v polních podmínkách.

Klíčová slova: rezistence; hmyzí škůdci; insekticidy; jetel luční; nosatčci rodu *Apion*

Abstract

In the years 2018–2023, a total of 33 local populations of weevils of the genus *Apion* were collected at selected growing locations in the Czech Republic where red clover is grown for seed use. The aim was to analyze the sensitivity of the given populations to selected active ingredients of insecticides. Beetle samples were tested for sensitivity to a.i. lambda-cyhalothrin, thiacloprid, acetamiprid and tau-fluvalinate. The effectiveness of the tested insecticides varied considerably in individual regions. For the entire monitored period, based on the data obtained, we recorded a decrease in the sensitivity to a.i. lambda-cyhalothrin and tau-fluvalinate, but sensitivity to neonicotinoids (thiacloprid, acetamiprid) remained stable throughout the monitored period between 2018 and 2023. Among the tested samples in this period, a total of 57.5% were classified as highly sensitive to a.i. lambda-cyhalothrin, 30.3% as susceptible, 3% moderately resistant and 9.1% as resistant. In the case of thiacloprid or of acetamiprid, 94% of the samples were highly sensitive to the given a.i. 6% were sensitive. For tau-fluvalinate, out of a total of 12 tested populations, 41.7% were highly sensitive, 16.7% were sensitive, 8.3% were moderately resistant, and 8.3% were resistant, and almost 25% were highly resistant. The results presented show the development of continued sensitivity to selected a.i. of insecticides in the *Apion* weevil population in the Czech Republic and at the same time emphasize the importance of continuous data-based monitoring in optimizing the management of insecticide resistance in field conditions.

Keyword: resistance; insect pests; insecticides; red clover; *Apion* weevils

Úvod

Rezistence (odolnost, citlivost) je vlastnost všech živých organismů, od jednobuněčných až po savce. Dle definice Světové zdravotnické organizace (WHO) je to schopnost členovců přežít dávky insekticidů, které působí hynutí většiny jedinců normální populace. Je možné kvantifikovat rezistenci populace z poměru hodnot: LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ pro sledovanou rezistentní populaci v porovnání s hodnotami kontrolní populace. Jedná se o množství látky, po které uhynulo 50, 90 a 95 % testovaných živočichů za 24 hodin po expozici (Hrudová, 2008). Rezistenci lze charakterizovat jako metabolický proces uvnitř těla hmyzu. Brouci pomocí jediného mechanismu detoxikace dokážou zničit celou řadu účinných látek se stejným mechanismem účinku (Havel et al., 2012). Je to schopnost hmyzu účinnou látku tolerovat, detoxikovat, kompenzovat její účinky (Stará et al., 2012). Dle Seidenglanze et al. (2016) jde o oxidaci účinné látky, o změnu této látky na netoxickou a následně její vyloučení z organismu. Z praktického hlediska by se dala nazvat ztrátou účinnosti ochrany na poli vlivem změn citlivosti škůdce (Stará et al., 2012). Vznik rezistence může nastat: mutací genu škůdce, nebo jejich rekombinací, či se může přirozeně vyskytovat, byť jen v malém množství v populaci škůdce. Může za to dlouhodobé působení na populaci škůdce jedné účinné látky některého insekticidu (tzv. selekčního tlaku) a dříve či později se v populaci jedinci se zvýšenou odolností objeví. Při trvalém selekčním tlaku může dojít k vykazování rezistence celé populace (Stará et al., 2012).

Jako nejvýznamnější škůdci u jetele lučního jsou uváděni Nosatčici rodu *Apion* a *Protapion*, kteří způsobují škody především v semenných porostech (Kolařík et al., 2012; Langer et al., 2008). Samičky kladou vajíčka na bazální části kvítků, kde je následně vyvíjející se larvičky svým žírem významně poškozují. Lze proti nim použít dostupné metody nepřímé a přímé ochrany (Rotrekl, 2008). V rámci přímé ochrany proti dospělcům byly hojně využívány pyrethroidní přípravky (Karate se Zeon technologií 5 SC, ú.l. lambda-cyhalothrin) a zároveň to byl jediný registrovaný přípravek (Kolařík et al., 2012). Ošetřování proti nim je tak třeba provádět hlavně u semenných porostů. U tohoto škůdce je z důvodu opakovaných aplikací naplněn předpoklad zvýšení rizika vyselektování méně citlivé (rezistentní) populace k dané skupině účinných látek nemožností použít jiný než daný registrovaný pyrethroid. Na území České republiky se dle dostupných zdrojů vyskytují rezistentní populace dalších významných hmyzích škůdců. Jedná se o blýskáčka řepkového, jehož populace jsou rezistentní k pyrethroidům (Seidenglanz et al., 2021), populace mandelinky bramborové rezistentní vůči pyrethroidům a organofosfátům, populace obaleče jablečného vůči organofosfátům (phosalonu), regulátorům růstu (diflubenzuron), regulátorům vývoje (fenoxycarb) a diacylhydrazinům (indoxacarb), populace mery skvrnitě vůči inhibitorům tvorby chitinu, pyridabenu, organofosfátům a také hojně používaným pyrethroidům (Kocourek et al., 2020). U dalších ú.l. pak dochází k posunu v jejich citlivosti proti hmyzím škůdcům.

Význam plošného monitoringu je v současné době velmi důležitý nejen u druhů, u kterých již problémy s rezistencí zaznamenány byly, ale i u druhů, kde dosud (jak v laboratorních, tak v polních podmínkách) žádné problémy zaznamenány nebyly. A to především z důvodu účinného dopadu antirezistentních postupů. Je možno tak předejít praktickým problémům s kontrolou škůdců v polních podmínkách a zachování použitelnosti (optimální účinnosti) insekticidů po delší dobu. Toto je možné jen, když jsou posuny v citlivosti odhaleny včas, tedy v době, kdy je frekvence rezistentních jedinců v populacích ještě nízká.

Cílem naší práce bylo shromáždit a laboratorně otestovat populace hmyzích škůdců víceletých píceň (nosatčici rodu *Apion*) z různých pěstitelských oblastí České republiky pro zjištění vývoje stavu citlivostí k vybraným účinným látkám.

Materiál a metody

Laboratorní metodou použitou pro hodnocení citlivosti k insekticidům byl lahvičkový test (Adult vial test) doporučovaný organizací Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). Pro pyrethroidy (lambda-cyhalothrin, tau-fluvalinate) je určena Metoda č. 011 (Met 011, verze 3, pro přípravek Biscaya 240 OD (ú.l. thiacloprid) pak metoda č. 021. Metody jsou detailně popsány na stránkách IRAC: <http://www.irac-online.org>. Roztoky insekticidů se aplikují do skleněných lahviček se známým vnitřním povrchem (v našem případě: 37,97 cm²) ve velmi nízkých koncentracích pomocí dávkovacích pipet. Jako rozpouštědlo slouží aceton. Cílem aplikace je dosáhnout rovnoměrného pokrytí vnitřních stěn testovacích lahviček příslušnou dávkou účinné látky: určitá dávka v µg ú.l./cm² povrchu lahvičky odpovídá určité hektarové dávce. Mezi testovanými dávkami je zařazena i kontrola (= 0 µg ú.l./cm²) a dávka odpovídající dávce registrované. U lambda-cyhalothrinu bylo testováno 6 různých dávek, u tau-fluvalinatu pak 5 různých dávek. Ověřovaná populace, resp. insekticid, byla každá dávka testována ve třech opakováních (= 3 lahvičky od každé dávky).

Příprava lahviček před vlastním testem: do testovací lahvičky byl z příslušného zásobního roztoku přenesen 1 ml tekutiny. Lahvičky s roztokem byly bezprostředně po aplikaci umístěny na otáčející se válečky rolleru. Po odpaření acetonu zůstala na vnitřních stěnách rovnoměrně rozprostřená vrstva konkrétní účinné látky.

Do připravených lahviček se vkládali dospělci (10 imag/lahvičku) odebraní z určité lokality. Reakce brouků na jednotlivé dávky účinné látky byly hodnoceny po 24 hodinách. Na základě charakteru reakcí jsou brouci zařazeni do kategorie 1 (živí a aktivní jedinci) či 2 (jedinci postižení a mrtví jedinci)

Pro každou testovací lahvičku (dávka a opakování) je vyjádřen počet brouků v kategorii 1 a počet brouků v kategorii 2. Na základě podílu brouků v kategorii 2 je stanoveno procento mortality pro jednotlivé dávky a opakování. Tyto hodnoty jsou využity pro vyjádření procent účinností a hodnot letálních dávek (LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅). Pro jednotlivé sběry (= populace) byly stanoveny hodnoty účinnosti pro jednotlivé testované dávky (dle Abotta; 1925). K vyjádření hodnot letálních dávek (LD₅₀₋₉₅ v g ú.l./ha) je využit software Polo Plus (LEORA software; metoda probitová regrese). V případě pyrethroidů je na základě zaznamenaných výsledků populacím přiřazen určitý stupeň rezistence (resp. citlivosti) dle kategorizace užívané v IRAC. Podobnou kategorizaci lze také použít i v případě dalších testovaných ú.l. (neonikotinoidy).

Výsledky a diskuze

Smýkáním porostů jetele lučního byly získané vzorky hmyzu (nosatčící rodu *Apion*) pro provedení vlastních laboratorních testů citlivosti. Na základě účinností dosažených 100% a 20% dávkami vyplývá, že se na počátku testování v ČR vyskytovaly k ú.l. lambda-cyhalothrin pouze citlivé populace. Vypočtené hodnoty LD jsou pro tyto populace hluboko pod úroveň registrované dávky (7,5 g ú.l./ha). Od roku 2022 došlo v posunu v citlivosti v případě této ú.l., kde již byly v souboru testovaných populací zjištěny kromě citlivých i středně resistantní a resistantní. Vypočtené hodnoty LD se také v porovnání s minulými lety sledování výrazně zvyšují. Nejspíše byl tedy zaznamenán okamžik postupného získání necitlivosti tohoto škůdce k této ú.l., podobně tak jako u dalších hmyzích škůdců (Seidenglanz et al., 2018; Kocourek et al., 2018; Zimmer & Nauen 2011). Celkem bylo k této látce za celé sledované období otestováno 33 českých populací. Odhadované hodnoty LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ jsou znázorněny v tabulce 2 a změny v podílovém zastoupení Obr. 1.

Pyrethroidy s ú.l. tau-fluvalinate nejsou v ČR proti nosatčícím rodu *Apion* registrovány (anonymus, 2023). Přesto v rámci prováděných testů dochází v posunu jejich citlivosti tak jako v případě dalších hmyzích škůdců (Seidenglanz et al. 2021). Na počátku testování byly zaznamenány pouze citlivé populace, v následných testech pak převažují populace necitlivé k dané ú.l. s tím že se to týká především oblasti Vysočiny (tabulka 3 a 4, obr. 2).

Oba testované neonikotionidní přípravky se v ochraně proti nosatčikům v provozních polních podmínkách běžně používaly (Kolařík, 2018). Evropská komise rozhodla svým nařízením č. 2020/23 ze dne 13. ledna 2020 o neschválení ú.l. thiacloprid, proto byla místo ní v dalších letech do testů zařazena ú.l. acetamiprid. Na základě provedených testů byly na území ČR zjištěny pouze populace citlivé k dané skupině účinných látek (tabulka 5, 6, 7, 8; obr. 3). Hodnoty LD dávek se drží na velmi nízké úrovni a v rámci ochrany je tak velmi vhodné tyto látky používat pro minimalizaci jejich škodlivosti. V roce 2022 v důsledku velmi vysoké citlivosti na jednotlivé koncentrace (již ty nejmenší) nebylo možné spočítat hodnoty LD pro tohoto škůdce. Naproti tomu u blýskáčků je patrné, že u těchto látek jsou minimální hodnoty LD (LD₅₀, LD₉₀) v průběhu posledních několika let vyšší v porovnání s předchozími lety testování a i variabilita v rámci provedených testů bývá velmi vysoká (Seidenglanz et al., 2014).

Tabulka 1. Průměrné úrovně mortality a stupně rezistence (popř. citlivosti) pro lambda-cyhalothrin (24 hodin) u populací nosatčiků rodu *Apion* otestovaných v letech 2018-2023

rok sběru	kód populace	obec	GPS souřadnice	kontakt. lab. účinnost max. registr. dávky 7,5 g/ha (%)	kontakt. lab. účinnost dávky 1,5 g/ha (%)	st. rezistence dle IRAC
2018	1NOS	Němčičky	49.0494069N 16.4983489E	100,00	93,33	2
	2NOS	Troubsko	49.1715461N 16.5119603E	100,00	90,00	2
	3NOS	Litostrov	49.2298522N 16.3320908E	100,00	96,67	2
	4NOS	Březí	48.8108578N 16.5829650E	100,00	100,00	1
	5NOS	Vikýřovice	49.9771111N 17.0178056E	100,00	100,00	1
	6NOS	Zábřeh na Moravě	49.8822081N 16.8972533E	100,00	96,67	2
	7NOS	Náměšť na Hané	49.6086564N 17.0875061E	100,00	100,00	1
	8NOS	Olomouc Topolany	49.5923169N 17.1865311E	100,00	100,00	1
2019	1NOS	Němčičky	49.0469025N, 16.5149814E	100,00	100,00	1
	2NOS	Javůrek	49.2513472N, 16.3703139E	100,00	100,00	1
	3NOS	Troubsko	49.1758586N, 16.5060336E	100,00	100,00	1
	4NOS	Tvoříhráz	48.9185539N, 16.1267206E	100,00	100,00	1
2020	1NOS	Jívoví	49.4021392N, 16.0966947E	100,00	100,00	1
	2NOS	Březejc	49.3461975N, 16.0937336E	100,00	100,00	1
	3NOS	Troubsko	49.1596914N, 16.5004114E	100,00	100,00	1
	4NOS	Tvoříhráz	48.9194561N, 16.1288236E	100,00	100,00	1
	5NOS	Němčičky	49.0469850N, 16.5149911E	100,00	100,00	1
2021	1NOS	Troubsko	49.1595239N, 16.5000517E	100,00	100,00	1
	2NOS	Němčičky	49.0474753N, 16.5179044E	100,00	100,00	1
	3NOS	Holasice	49.0798683N, 16.5966969E	100,00	100,00	1
2022	1NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	100,00	93,30	2
	2NOS	Němčičky	49.0468944N, 16.5152233E	100,00	100,00	1
	3NOS	Bukov	49.4581731N, 16.2383403E	100,00	60,00	2
	4NOS	Ostrov nad oslavou	49.4800236N, 16.0018800E	93,75	66,67	3
	5NOS	Záblatí	49.3297419N, 16.1637933E	86,67	73,33	4
	6NOS	Olší	49.4196078N, 16.2951381E	100,00	73,33	2
	7NOS	Radňovice	49.5628011N, 16.0092681E	100,00	87,50	2
2023	1NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	100,00	60,00	2
	2NOS	Němčičky	49.0468944N, 16.5152233E	100,00	100,00	1
	3NOS	Horní Dunajovice	48.9492236N, 16.1607533E	100,00	100,00	1
	4NOS	Zašovice	49.2591317N, 15.7253389E	100,00	43,75	2
	5NOS	Salavice	49.3312714N, 15.4880439E	86,67	46,67	4
	6NOS	Sazomín	49.5120556N, 15.9785708E	86,67	53,33	4

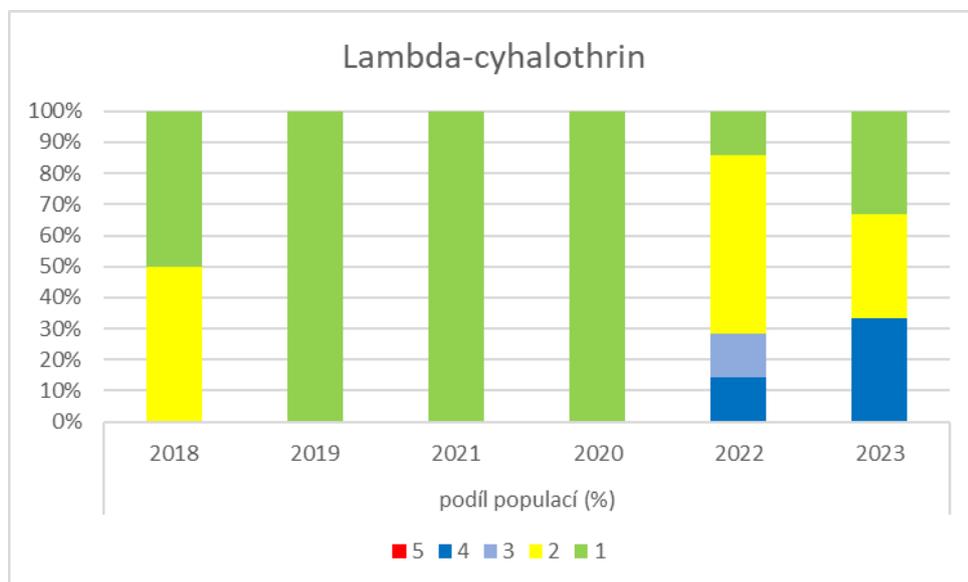
Tab. 2: Odhadované hodnoty LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ pro lambda-cyhalothrin a rezistenční poměry (RR) u populací nosatčků rodu Apion otestovaných v letech 2018-2023.

Registrovaná dávka pro lambda-cyhalothrin = 7.5 g ú.l. / ha

rok sběru	kód populace	LD ₅₀ (g ú.l./ha)	CI (0,50)	Resistance ratio (minLD ₅₀ v roce)	LD ₉₀ (g ú.l./ha)	CI (0,90)	Resistance ratio (minLD ₉₀ v roce)	LD ₉₅ (g ú.l./ha)	CI (0,95)	Resistance ratio (minLD ₉₅ v roce)
2018	NOS1	0,33	0.23-0.47	1,74	1,27	0.82-2.64	1,95	1,87	1.12-4.48	2,15
	NOS2	0,24	0.15-0.36	1,26	1,26	0.77-2.87	1,94	2,03	1.13-5.53	2,33
	NOS3	0,21	0.15-0.31	1,11	0,88	0.56-1.90	1,35	1,32	0.77-3.35	1,52
	NOS4	0,19	0.13-0.27	1,00	0,65	0.42-1.36	1,00	0,92	0.56-2.26	1,06
	NOS5	0,23	0.16-0.31	1,21	0,65	0.44-1.28	1,00	0,87	0.56-1.99	1,00
	NOS6	0,23	0.16-0.33	1,21	0,86	0.55-1.78	1,32	1,25	0.75-3.02	1,44
	NOS7	0,20	0.14-0.29	1,05	0,77	0.49-1.71	1,18	1,14	0.67-2.98	1,31
	NOS8	0,23	0.16-0.33	1,21	0,86	0.55-1.85	1,32	1,25	0.74-3.14	1,44
2019	NOS1	0,17	0.139-0.183	1,07	0,28	0.236-0.365	1,00	0,33	0.270-0.452	1,00
	NOS2	0,19	0.160-0.226	1,22	0,41	0.316-0.626	1,45	0,50	0.376-0.852	1,54
	NOS3	0,16	0.139-0.186	1,05	0,30	0.246-0.393	1,05	0,35	0.284-0.495	1,07
	NOS4	0,15	0.114-0.207	1,00	0,75	0.461-1.995	2,67	1,17	0.646-4.013	3,56
2020	1NOS	0,25	0.186-0.346	1,53	0,65	0.448-1.263	1,67	0,84	0.555-1.893	1,84
	2NOS	0,19	0.115-0.303	1,12	0,68	0.395-1.979	1,77	0,99	0.531-3.560	2,17
	3NOS	0,25	0.156-0.391	1,48	0,71	0.434-2.121	1,84	0,96	0.549-3.620	2,11
	4NOS	0,22	0.161-0.287	1,34	0,39	0.295-1.388	1,01	0,46	0.329-2.317	1,00
	5NOS	0,17	0.106-0.252	1,00	0,39	0.254-0.9400	1,00	0,49	0.308-1.439	1,08
2021	1NOS	0,22	0.147-0.322	1,07	0,55	0.367-1.346	1,00	0,72	0.450-2.131	1,00
	2NOS	0,24	0.152-0.388	1,19	0,71	0.435-2.205	1,29	0,97	0.550-3.844	1,34
	3NOS	0,20	0.121-0.332	1,00	0,70	0.413-2.164	1,27	1,00	0.544-3.959	1,39
2022	1NOS	0,17	0.071-0.329	4,75	1,34	0.623-7.237	1,91	2,41	0.980-20.492	2,41
	2NOS	0,27	0.159-0.448	7,58	1,05	0.601-3.272	1,49	1,53	0.811-6.201	1,54
	3NOS	0,43	0.130-1.138	11,94	5,55	1.863-84.745	7,89	11,46	3.222-353.611	11,48

2023	4NOS	0,30	0.090-0.719	8,44	8,52	2.865-89.683	12,12	21,93	5.911-455.065	21,97
	5NOS	0,04	0.000-0.192	1,00	8,36	1.1766-3786.361	11,89	39,01	5.299-456204.885	39,09
	6NOS	0,17	0.067-0.320	4,67	1,35	0.639-6.693	1,92	2,44	1.015-18.872	2,45
	7NOS	0,20	0.121-0.332	5,67	0,70	0.413-2.164	1,00	1,00	0.544-3.959	1,00
	1NOS	0,41	0.230-0.706	1,74	1,76	0.962-5.926	3,16	2,66	1.334-11.721	3,75
	2NOS	0,24	0.174-0.362	1,00	0,58	0.375-1.728	1,05	0,75	0.452-2.772	1,06
	3NOS	0,24	0.178-0.374	1,01	0,56	0.359-1.696	1,00	0,71	0.428-2.666	1,00
2023	4NOS	0,79	0.486-1.426	3,35	4,68	2.332-16.331	8,40	7,75	3.486-34.024	10,92
	5NOS	1,33	0.799-2.469	5,65	8.612	4.194-29.002	15,37	14,61	6.449-60.674	20,61
	6NOS	1,31	0.787-2.395	5,56	7,91	3.935-25.879	14,20	13,17	5.956-52.978	18,57

Obr. 1: Změny v podílovém zastoupení populací nosatčků rodu *Apion* s různým stupněm rezistence (resp. citlivosti) k lambda-cyhalothrinu v jednotlivých ročníkových kolekcích v ČR v průběhu monitoringu (2018-2023). Legenda: st. 1 = vysoce citlivá populace; st. 2 = citlivá populace; st. 3 = středně rezistentní populace; st. 4 = rezistentní populace; st. 5 = vysoce rezistentní populace



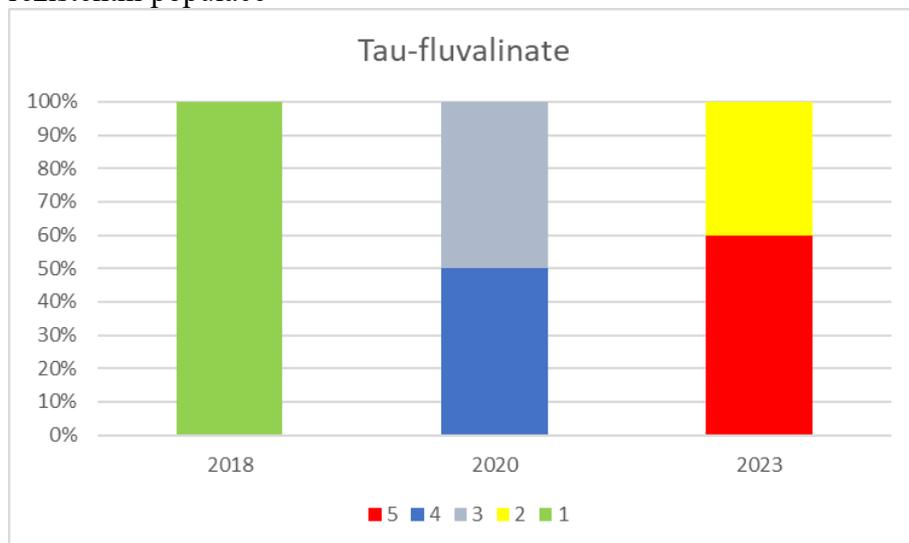
Tab. 3: Průměrné úrovně mortality a stupně rezistence (popř. citlivosti) pro tauflivalinate (24 hodin) u populací nosatčků rodu *Apion* otestovaných v letech 2018, 2020 a 2023

rok sběru	kód populace	obec	GPS souřadnice	kontakt. lab. účinnost max. registr. dávky 48 g/ha (%)	kontakt. lab. účinnost dávky 9.6 g/ha (%)	st. rezistence dle IRAC
2018	1NOS	Němčičky	49.0469850N, 16.5149911E	100,00	100,00	1
	2NOS	Troubsko	49.1596914N, 16.5004114E	100,00	100,00	1
	9NOS	Jívoví	49.4021392N, 16.0966947E	100,00	100,00	1
	10NOS	Tvoříhráz	48.9194561N, 16.1288236E	100,00	100,00	1
	11NOS	Březejc	49.3461975N, 16.0937336E	100,00	100,00	1
2020	3NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	60,00	100,00	4
	6NOS	Olší	49.4196078N, 16.2951381E	94,44	82,35	3
2023	1NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	100,00	20,00	2
	2NOS	Němčičky	49.0468944N, 16.5152233E	100,00	33,33	2
	4NOS	Zašovice	49.2591317N, 15.7253389E	40,00	20,00	5
	5NOS	Salavice	49.3312714N, 15.4880439E	13,33	13,33	5
	6NOS	Sazomín	49.5120556N, 15.9785708E	46,67	20,00	5

Tab. 4: Odhadované hodnoty LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ pro tau-fluvalinate a rezistenční poměry (RR) u populací nosatčků rodu *Apion* otestovaných v letech 2018, 2020 a 2023

rok sběru	kód populace	LD ₅₀ (g ú.l./ha)	CI (0,50)	Resistance ratio (minLD ₅₀ v roce)	LD ₉₀ (g ú.l./ha)	CI (0,90)	Resistance ratio (minLD ₉₀ v roce)	LD ₉₅ (g ú.l./ha)	CI (0,95)	Resistance ratio (minLD ₉₅ v roce)
2018	1NOS	1,35	0,990-1,940	1,10	2,96	2,03,2-9,468	1,26	3,70	2,377-15,555	1,31
	2NOS	1,68	1,297-2,763	1,37	3,19	2,201-16,635	1,36	3,82	2,478-28,552	1,36
	3NOS	1,23	0,901-1,638	1,00	2,35	1,728-6,000	1,00	2,82	1,971-9,139	1,00
	4NOS	1,68	1,297-2,754	1,37	3,19	2,202-16,401	1,36	3,82	2,479-28,062	1,36
	5NOS	1,52	1,147-2,278	1,23	3,59	2,069-12,056	1,53	3,59	2,352-20,105	1,27
2020	1NOS	6,55	0,882-18,178	4,21	281,51	72,323-25779,312	17,09	817,70	151,757-335224,238	25,43
	2NOS	1,56	0,164-3,581	1,00	16,47	7,532-100,487	1,00	32,16	13,164-438,154	1,00
2023	1NOS	19,02	13,754-25,593	1,33	43,21	31,074-80,592	1,16	54,54	37,494-116,493	1,12
	2NOS	14,29	10,450-19,652	1,00	37,24	25,925-68,460	1,00	48,86	32,439-100,840	1,00
	4NOS	47,26	33,639-65,239	3,31	152,47	104,139-279,647	4,09	212,52	137,519-440,737	4,35
	5NOS	58,43	35,641-95,657	4,09	241,70	137,798-693,638	6,49	361,48	190,162-1293,168	7,40
	6NOS	31,18	21,343-44,693	2,18	134,18	86,682-262,414	3,60	202,93	122,909-454,792	4,15

Obr. 2: Změny v podílovém zastoupení populací nosáčků rodu *Apion* s různým stupněm rezistence (resp. citlivosti) k tau-fluvalinatu v jednotlivých ročníkových kolekcích v ČR v průběhu monitoringu (2018, 2020 a 2023). Legenda: st. 1 = vysoce citlivá populace; st. 2 = citlivá populace; st. 3 = středně rezistentní populace; st. 4 = rezistentní populace; st. 5 = vysoce rezistentní populace



Tab. 5: Průměrné úrovně mortality a stupně rezistence (popř. citlivosti) pro přípravek Biscaya 240 OD (thiacloprid) (24 hodin) u populací nosáčků rodu *Apion* otestovaných v roce 2020

rok sběru	kód populace	obec	GPS souřadnice	kontakt. lab. účinnost max. registr. dávky 72 g/ha (%)	kontakt. lab. účinnost dávky 14.4 g/ha (%)	st. rezistence dle IRAC
2020	1NOS	Jívoví	49.4021392N, 16.0966947E	100,00	100,00	1
	2NOS	Březejc	49.3461975N, 16.0937336E	100,00	93,33	2
	3NOS	Troubsko	49.1596914N, 16.5004114E	100,00	100,00	1
	4NOS	Tvoříhráz	48.9194561N, 16.1288236E	100,00	100,00	1
	5NOS	Němčičky	49.0469850N, 16.5149911E	100,00	100,00	1

Tab. 6: Odhadované hodnoty LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ pro přípravek Biscaya 240 OD (thiacloprid) a rezistenční poměry (RR) u populací nosáčků rodu *Apion* otestovaných v roce 2020

rok sběru	kód populace	LD ₅₀ (g ú.l./ha)	CI (0,50)	Resistance ratio (minLD ₅₀ v roce)	LD ₉₀ (g ú.l./ha)	CI (0,90)	Resistance ratio (minLD ₉₀ v roce)	LD ₉₅ (g ú.l./ha)	CI (0,95)	Resistance ratio (minLD ₉₅ v roce)
2020	1NOS	7,66	6,681-8,992	4,60	11,18	9,393-16,984	3,57	12,45	10,175-20,680	3,32
	2NOS	1,66	1,202-2,300	1,00	3,13	2,273-6,713	1,00	3,75	2,612-9,478	1,00
	3NOS	2,91	2,082-4,884	1,75	6,60	4,173-22,943	2,11	8,32	4,936-36,619	2,22
	4NOS	3,43	2,403-5,802	2,06	8,15	5,048-26,291	2,60	10,42	6,059-41,490	2,78
	5NOS	1,93	1,057-3,197	1,16	8,18	4,553-34,060	2,61	12,32	6,191-74,085	3,28

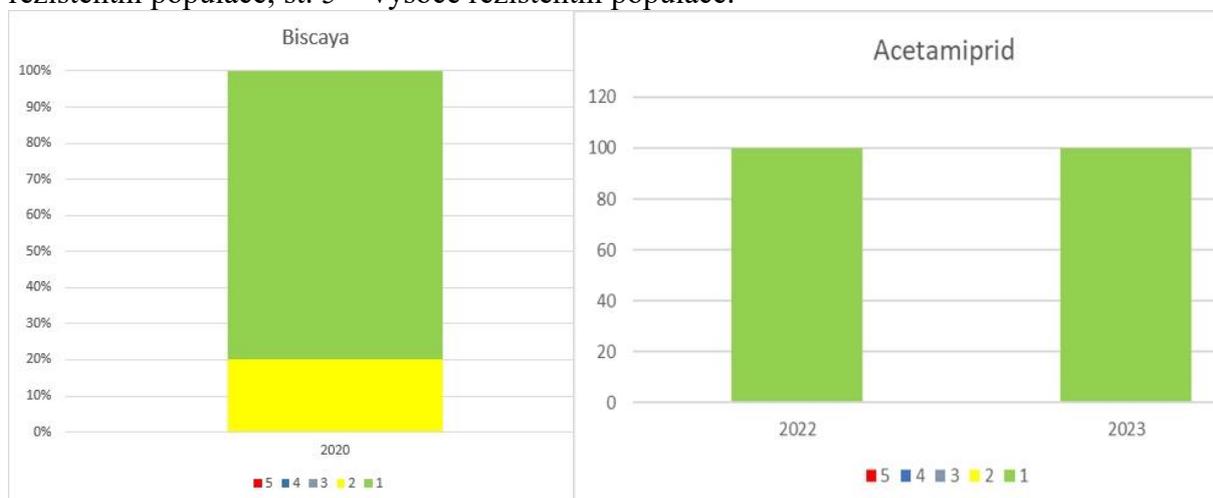
Tabulka 7. Průměrné úrovně mortality a stupně rezistence (popř. citlivosti) pro ú.l. acetamiprid (24 hodin) u populací nosáčků rodu *Apion* otestovaných v letech 2022-2023

rok sběru	kód populace	obec (okres)	GPS souřadnice	kontakt. lab. účinnost max. registr. dávky 7,5 g/ha (%)	kontakt. lab. účinnost dávky 1,5 g/ha (%)	st. rezistence dle IRAC
2022	1NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	100,00	100,00	1
	2NOS	Němčičky	49.0468944N, 16.5152233E	100,00	100,00	1
	3NOS	Bukov	49.4581731N, 16.2383403E	100,00	100,00	1
	5NOS	Záblatí	49.3297419N, 16.1637933E	100,00	100,00	1
	6NOS	Olší	49.4196078N, 16.2951381E	100,00	100,00	1
2023	1NOS	Troubsko	49.1721536N, 16.4989603E	100,00	100,00	1
	2NOS	Němčičky	49.0468944N, 16.5152233E	100,00	100,00	1
	3NOS	Horní Dunajovice	48.9492236N, 16.1607533E	100,00	100,00	1
	4NOS	Zašovice	49.2591317N, 15.7253389E	100,00	100,00	1
	5NOS	Salavice	49.3312714N, 15.4880439E	100,00	100,00	1
	6NOS	Sazomín	49.5120556N, 15.9785708E	100,00	100,00	1

Tab. 8: Odhadované hodnoty LD₅₀, LD₉₀ a LD₉₅ pro pro ú.l. acetamidrid) a rezistenční poměry (RR) u populací nosatčků rodu *Apion* otestovaných v roce 2023

rok sběru	kód populace	LD ₅₀ (g ú.l./ha)	CI (0,50)	Resistance ratio (minLD ₅₀ v roce)	LD ₉₀ (g ú.l./ha)	CI (0,90)	Resistance ratio (minLD ₉₀ v roce)	LD ₉₅ (g ú.l./ha)	CI (0,95)	Resistance ratio (minLD ₉₅ v roce)
2023	1NOS	1,05	0.822-1.377	1,08	2,18	1.615-3.702	1,00	2,67	1.908-5.021	1,00
	2NOS	0,98	0.712-1.359	1,00	2,79	1.871-6.201	1,28	3,76	2.359-9.948	1,41
	3NOS	1,44	1.113-1.989	1,47	3,59	2.476-6.873	1,65	4,65	3.048-9.955	1,74
	4NOS	1,72	1.317-2.310	1,75	3,93	2.806-7.202	1,81	4,97	3.389-10.197	1,86
	5NOS	1,29	0.966-1.740	1,31	3,15	2.222-5.959	1,45	4,07	2.725-8.721	1,52
	6NOS	1,29	0.966-1.740	1,31	3,15	2.222-5.959	1,45	4,07	2.725-8.721	1,52

Obr. 3: Změny v podílovém zastoupení populací nosatčků rodu *Apion* s různým stupněm rezistence (resp. citlivosti) k neonikotinoidům (Biscaya 240 OD resp. acetamidrid) v jednotlivých ročníkových kolekcích v ČR v průběhu monitoringu (2020-2023). Legenda: st. 1 = vysoce citlivá populace; st. 2 = citlivá populace; st. 3 = středně rezistentní populace; st. 4 = rezistentní populace; st. 5 = vysoce rezistentní populace.



Závěr

Na základě laboratorních testů resistance byly otestovány v letech 2018 až 2023 populace nosatčků rodu *Apion* (hlavního hmyzího škůdce jetele lučního) k vybraným skupinám účinných látek. U pyrethroidu lambda-cyhalothrin dochází k posunu v jeho citlivosti, převažují spíše necitlivé populace a dochází i k postupnému navyšování hodnot LD u daných citlivých populací. U ú.l. tau-fluvalinate je daná situace nejhorší, zde ale není žádný přípravek k použití proti nim registrován. V případě neonikotinodních přípravků je situace na základě laboratorních testů nejpříznivější – na území ČR se vyskytují pouze citlivé populace a hodnoty LD jsou pro danou skupinu ú.l. na velmi nízké úrovni.

Literatura

K dispozici u autora příspěvku

Poděkování

Výsledek vznikl s institucionální podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko a při řešení výzkumného projektu QK21010332 „Mechanismus rezistence řepkových škůdců proti insekticidům, jejich výchozí citlivost k novým insekticidům a dopad insekticidních aplikací na vývoj larev škůdců a jejich přirozených nepřátel“, který financuje MZe ČR prostřednictvím Národní agentury pro zemědělský výzkum.

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Kolařík
Zemědělský výzkum, spol. s r.o.,
Zahradní 1
664 41 Troubsko
kolarik@vupt.cz

Možnosti ochrany ředkve olejné (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) proti blýskáčku řepkovému

Possibilities of protection of *Raphanus sativus*
against *Brassicogethes aeneus*

Kolařík, P., Kolaříková K.

Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko

Abstrakt

V letech 2022 a 2023 byla v maloparcelkových polních pokusech s ředkví olejnou (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) ověřována účinnost perspektivních insekticidních přípravků proti blýskáčku řepkovému (*Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775). Účinnost jednotlivých pokusných variant byla vyhodnocována na základě zjištěné početnosti dospělců na vrcholovém květenství. Zkoušené přípravky vykazovaly dobrou biologickou účinnost v obou letech testování v porovnání s neošetřenou kontrolou. Při hodnocení nebyly zjištěny projevy fytoxicity na rostlinách.

Klíčová slova: ochrana rostlin, ředkev olejná, blýskáček řepkový, insekticidy

Abstract

In the years 2022 and 2023, the effectiveness of perspective insecticide preparations against the rapeseed weevil (*Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775) was verified in small-plot field trials with oil radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). The effectiveness of individual experimental variants was evaluated based on the detected abundance of adults on the peak inflorescence. The tested preparations showed good biological efficacy in both years of testing compared to the untreated control. During the evaluation, no signs of phytotoxicity were detected on the plants.

Keyword: plant protection, *Raphanus sativus*, *Brassicogethes aeneus*, insecticides

Úvod

Ředkev olejná (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) se využívá zejména jako letní či strnisková meziplodina. Kromě pícního využití má význam pro pěstování na zelené hnojení. Významný je fyto-sanitární účinek proti háďátku řepnému. Ředkev olejná se vyznačuje krátkou vegetační dobou a dobrou odolností proti mrazu (Brant et al., 2008). V letním výsevu je pozdní a nepravidelné nakvétání. Rychlost počátečního růstu je středně vysoká až vysoká. Výnos zelené hmoty, suché hmoty a kořenů bývá vysoký (Anonymus, 2023b).

Dospělci blýskáčka řepkového (*Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775; Coleoptera: Nitidulidae) jsou hlavním škodlivým stadiem u velkého množství rostlin z čeledi brukvovitých (Rotrekl, 2000). Brouci se z povrchu uzavřených pupat prokusují k pylu, a tak poškozují generativní orgány. Tato poškození vedou k opadu pupat (abscise) v květenstvích. Poškozená pupata žloutnou, usychají a později opadávají, takže zůstává pouze stopka. Stopky jsou na květenství rozloženy nepravidelně. Podobné je také poškození pozdními mrazy, ale stopky jsou delší. Lépe lze odlišit poškození suchem, kdy květy po předčasném opadu pupat chybějí jen v určité části květenství.

Zimuje jako dospělec mělce v půdě, v přizemní vegetaci nebo v listové hrabance na okrajích polí (v mezích) či lesních a křovinných biotopů, nikdy však nezimuje na polích. Opouští zimoviště v době, kdy teploty vzduchu začnou překračovat hodnotu 10,2 °C (většinou od března, někdy ale také výrazně později). V této době jsou k zastižení na různých rostlinách poskytujících pyl, kterým se živí (jsou v tomto smyslu polyfágní). První brouci se v objevují v porostech brukvovitých již na počátku března, k výraznému nárůstu letové aktivity pak dochází

většinou až v průběhu dubna. K masové migraci dochází, když denní maximální teploty překročí 13,5 °C (Kocourek et al., 2018). Krátce po migraci do porostů dochází k páření a následnému kladení vajíček

Rostliny jsou na poškození způsobovaná dospělci blýskáčků nejvíce citlivé v raných fázích generativního vývoje (mezi fázemi BBCH 51 – 55). V této době se vyšší, než prahový výskyt v porostu projeví ztrátou na výnose, pokud není počet jedinců redukován ochranným zásahem (Kocourek et al., 2018).

V posledních asi deseti letech je význam tohoto škůdce zvýrazněn i faktem jeho rezistence k pyretroidům a snížením jeho citlivosti k neonikotinoidům (Seidenglanz et al., 2017). To značně stěžuje možnosti efektivní ochrany nejen tohoto škůdce (především v porostech řepky ozimé), ale též to zasahuje do postupů ochrany před dalšími významnými škůdci, kteří se více či méně s výskyty blýskáčků časově prolínají (Seidenglanz et al., 2018).

Základem pro monitoring blýskáčka řepkového jsou vizuální odpočty dospělců na květenstvích rostlin (Rotrekl, 2000). Podle výsledků hodnocení lze rozhodnout o ošetření porostu ve srovnání s hodnotou prahů škodlivosti. Jelikož ředkev nakvétá v období, kdy už jsou řepková pole ve většina případech po odkvětu, je výskyt tohoto škůdce velmi intenzivní spojený i s vysokou mírou škodlivosti na vyvíjejících se květenstvích. Pro minimalizaci škodlivosti hmyzích škůdců by se měly ošetřovat především semenné porosty pro zvýšení množství a kvality sklizeného produktu

Tento příspěvek přináší dvouleté výsledky testování vybraných insekticidních přípravků proti blýskáčku řepkovému u ředkve olejné.

Materiál a metody

V letech 2022 a 2023 byl založen na lokalitě Troubsko maloparcelkový polní pokus s cílem ověřit biologickou účinnost vybraných insekticidních přípravků proti dospělcům blýskáčka řepkového. Pokus se skládal z neošetřené kontrolní varianty a ošetřených variant – přehled jednotlivých variant uvádí pro jednotlivé roky testování tabulka 1 a 2. Velikost jednotlivých parcel byla 25 m² (5 x 5 m) s úplné znáhodněnými bloky ve čtyřech opakováních. Velikost parcel byla stanovena na základě minimalizace vlivu okrajů. Pro zjištění účinnosti bylo využito hodnocení odpočtu dospělců zjištěných na vrcholových květenstvích rostlin – celkem 50 rostlin na parcel, tj. celkem 200 rostlin na variantu. Aplikace byla provedena pomocí maloparcelového postřikovače ZEMS. Termíny hodnocení byly stanoveny na základě signalizace škůdce v porostu a to – před pokusnou aplikací, a následně 1-3 a 4-6 dnů po aplikaci, stejně tak i hodnocení fytotoxicity použitých přípravků.

Výsledky byly statisticky zpracovány metodou jednofaktorové analýzy variance s následným testováním Tukey test (α 0,05) v programu UPAV GEP.

Tabulka 1 – pokusné varianty v roce 2022

2022	Přípravek	Účinná látka	Dávka přípravku v g (l)/ha	Dávka účinné látky v g/ha
1	kontrola			
2	Flipper	Draselná sůl přírodních mastných kyselin (479,8 g/l)	5 l/ha	2399
3	Mavrik Smart	Tau-fluvalinát (240 g/l)	0,2 l/ha	48
4	Gazelle Liquid	Acetamidrid (120 g/l)	0,35 l/ha	42
5	Mospilan Mizu 120 SL	Acetamidrid (120 g/l)	0,35 l/ha	42
6	Mospilan 20 SP	Acetamidrid (200 g/kg)	0,1 kg/ha	20
7	Trebon	Etofenprox (287,5 g/l)	0,2 l/ha	57,5
8	Sherpa Duo	Cypermethrin (100 g/l)	0,15 l/ha	15
		Piperonil butoxide (300g/l)		45

Tabulka 2 – pokusné varianty v roce 2023

2023	Přípravek	Účinná látka	Dávka přípravku v g (l)/ha	Dávka účinné látky v g/ha
1	kontrola			
2	Magma	etofenprox (287,5 g/l)	0,2 l/ha	57,5
3	Mavrik Smart	Tau-fluvalinát (240 g/l)	0,2 l/ha	48
4	Gazelle Liquid	Acetamidrid (120 g/l)	0,35 l/ha	42
5	Mospilan Mizu 120 SL	Acetamidrid (120 g/l)	0,35 l/ha	42
6	Mospilan 20 SP	Acetamidrid (200 g/kg)	0,1 kg/ha	20
7	Sumiapha	esfenvalerate (50 g/l)	0,15 l/ha	7,5
8	Sherpa Duo	Cypermethrin (100 g/l)	0,15 l/ha	15
		Piperonil butoxide (300g/l)		45

Výsledky a diskuze

Z výsledků je patrné (Tab. 3, Graf 1), že v roce 2022 byla zjištěná početnost před aplikací přípravků pohybující se v průměru na jedno květenství od 1,6 do 2,5 jedinců. Při detailním zjištění byla sledována ale velmi silná destrukce daných kvítků. Na daný porost migrovali jedinci, z již odkvetlých porostů řepky a celkové poškození daných květenství bylo i přes relativně nízké číslo velmi vysoké. Následný den po aplikaci testovaných přípravků bylo zjištěno snížení v početnosti. Byl zjištěn průkazný rozdíl při porovnání neošetřené kontroly a variant 4, 5 a 6. Biologická účinnost se pohybovala v rozmezí od 41,5 % (varianta 2) do 67,4 % (varianta 5). V dalším termínu hodnocení nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl při porovnání ošetřených variant a neošetřené kontrolní varianty. Biologická účinnost se pohybovala v rozmezí od 10,7 % (variant 3) do 55,7 % (varianta 7). V posledním termínu hodnocení vzrostla průměrná početnost u kontrolní varianty na 4,6 jedinců/květenství. U

ošetřených variant byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl při porovnání s neošetřenou kontrolou (mimo variantu 8). Maximální biologická účinnost zjištěna u varianty 2 (78,8 %). Dle vizuálního hodnocení byla na této variantě zjištěna relativně malá početnost kvítků. Blýskáčci se tak spíše vyskytovali na variantách s vyšší početností kvítků (tam kde měli ještě co žrát). Další termíny hodnocení nebylo možné již provést z důvodů snížení početnosti kvítků z důvodu významného žiru blýskáčků v porostu. Nebylo možné provést ani sklizňové hodnocení. Byla hodnocena fytotoxicita u jednotlivých použitých insekticidů s tím, že ani v jednom termínu nebylo na rostlinách ředkve zjištěn negativní projev dané aplikace v porostu.

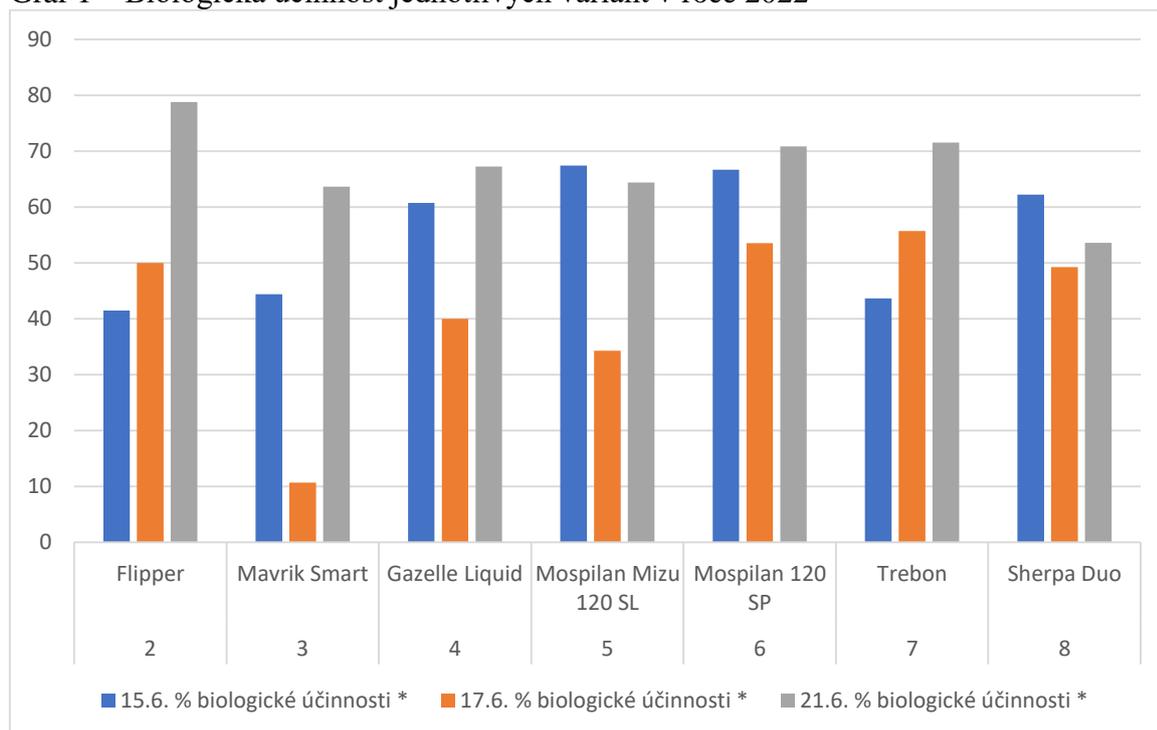
Tabulka 3 – Výsledky hodnocení aplikace insekticidů proti blýskáčku řepkovému – Troubsko 2022

varianty		14.6.	15.6.		17.6.		21.6.	
		průměrný počet jedinců na květenství	průměrný počet jedinců na květenství	% biologické účinnosti	průměrný počet jedinců na květenství	% biologické účinnosti	průměrný počet jedinců na květenství	% biologické účinnosti
1	kontrola	2,2	2,25a	*	2,3a	*	4,6a	*
2	Flipper	1,9	1,3ab	41,48	1,16a	50	0,98b	78,78
3	Mavrik Smart	1,8	1,2ab	44,44	2,08a	10,71	1,68b	63,67
4	Gazelle Liquid	2,1	0,8b	60,74	1,4a	40	1,5b	67,27
5	Mospilan Mizu 120 SL	1,6	0,7b	67,41	1,5a	34,29	1,65b	64,39
6	Mospilan 120 SP	1,5	0,75b	66,67	1,08a	53,57	1,35b	70,86
7	Trebon	2,5	1,2ab	43,7	1,03a	55,74	1,3b	71,58
8	Sherpa Duo	1,8	0,85b	62,22	1,18a	49,29	2,15ab	53,6

**biologická účinnost nebyla počítána (hodnocení před aplikací)*

pozn.: a, b, c – statistické rozdíly v porovnání jednotlivých variant Tukey test (α 0,05)

Graf 1 – Biologická účinnost jednotlivých variant v roce 2022



V roce 2023 se před aplikací průměrná početnost dospělců pohybovala od 11,1 do 14,2 jedince na vrcholové květenství. Uvedená početnost tak několikanásobně převyšovala početnost z roku 2022. V následném termínu hodnocení dne 12.6. (1 den po aplikaci) byl zjištěn na neošetřené kontrolní variantě nárůst v početnosti na 19,44 dospělců na jedno vrcholové květenství. U ošetřených variant se početnost pohybovala v rozmezí od 3,68 (varianta 5) do 7,26 (varianta 2). Byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl při porovnání variant 3, 7 a ostatními ošetřenými variantami. Biologická účinnost se pohybovala na velmi vysoké úrovni, a to v rozmezí od 62,5 % do 81 %. V následném termínu hodnocení dne 14.6. se početnost na neošetřené kontrole pohybovala v průměru 10,8 jedinců na vrcholové květenství, dle vizuálního hodnocení byly téměř všechny kvítky ve vrcholovém květenství zničeny žírem dospělců. Na ošetřených variantách vzrostla průměrná početnost u všech sledovaných, pohybovala se v rozmezí od 6,5 (varianta 6) do 9,6 (varianta 5). Mezi ošetřenými variantami nebyl zjištěn průkazný statistický rozdíl. Biologická účinnost se pak pohybovala v rozmezí od 8,9 % do 38 %. Další termín hodnocení nebylo již možné provést z důvodu totální destrukce vrcholových květenství u všech variant. Dle početnosti blýskáčků na bočních větvích nebyl rozdíl mezi jednotlivými variantami.

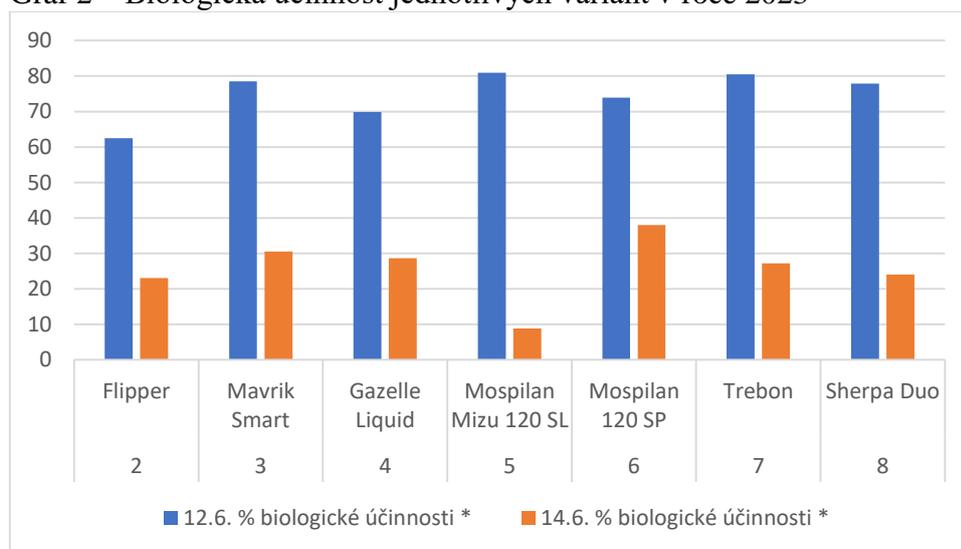
Tabulka 4 – Výsledky hodnocení aplikace insekticidů proti blýskáčku řepkovému – Troubsko 2023

varianty		8.6.	12.6.		14.6.	
		průměrný počet jedinců na květenství	průměrný počet jedinců na květenství	% biologické účinnosti	průměrný počet jedinců na květenství	% biologické účinnosti
1	kontrola	12,14	19,44a	*	10,86a	*
2	Magma	12,25	7,26b	62,49	7,95ab	23,09
3	Mavrik Smart	14,18	4,13bc	78,48	7,08ab	30,57
4	Gazelle Liquid	11,89	5,84bc	69,85	7,51ab	28,61
5	Mospilan Mizu 120 SL	14,86	3,68c	80,98	9,60ab	8,89
6	Mospilan 120 SP	13,01	5,06bc	73,9	6,48b	37,99
7	Sumiapha	11,12	3,80c	80,45	7,46ab	27,24
8	Sherpa Duo	11,74	4,31bc	77,91	8,06ab	24,09

*biologická účinnost nebyla počítána (hodnocení před aplikací)

pozn.: a, b, c – statistické rozdíly v porovnání jednotlivých variant Tukey test (α 0,05)

Graf 2 – Biologická účinnost jednotlivých variant v roce 2023



Ředkev olejná je nenáročná plodina na pěstování. Její využití spočívá především jako meziplodina, kromě pícního využití má význam pro pěstování na zelené hnojení (Brant et al., 2008.). Za hlavního hmyzího škůdce mnoha polních plodin z čeledi brukvovitých je považován blýskáček řepkový (Rotrekl, 2000). Proti tomuto škůdci není do ředkve olejné registrován v České republice žádný insekticidní přípravek (Anonymus, 2023a). Zároveň by se ale měly ošetřovat insekticidem pouze semenné porosty této plodiny. Dle našich pozorování je u této plodiny velmi dlouhé období kvetení, resp. možného období zvýšené početnosti blýskáčka v porostu. Je tak vystaven mnohem většímu tlaku, než jak je tomu běžné u řepky ozimé. Ředkev dále nakvétá etapovitě, tj. z nových bočních větví, dále kvete v období, kdy v přírodě nejsou významné zdroje potravy pro daného škůdce, tudíž je porost osídlován velmi silně a po celou dobu kvetení (Anonymus, 2023b). V maloparcelových polních pokusech byla sledována na základě početnosti dospělců blýskáčků biologická účinnost vybraných

insekticidních přípravků. Výsledky v jednotlivých letech byly odlišné – v prvním roce testování pomalý nárůst v účinnosti s tím, že nejvyšší byla dosažena v posledním termínu hodnocení, ve druhém roce pak vysoká účinnost v termínu po aplikaci, v následném pak razantní vzestup početnosti u všech variant a s tím spojená biologická účinnost. Dle těchto zjištění by tak ošetření mělo být závislé na opětovném náletu škůdce do porostu a opakování již cíleného zásahu proti němu, aby došlo k minimalizaci jeho početnosti tak jako v případě řepky olejky (Kocourek et al., 2017).

Zároveň s těmito výsledky biologické účinnosti bylo zjištěno, že u žádné sledované varianty nebyly pozorovány příznaky fytoxicity na rostlinách v obou letech sledování.

Závěr

Z výsledků testování insekticidních přípravků lze konstatovat jejich dobrou biologickou účinnost proti blýskáčku řepkovému u ředkve olejné. Při sledování vlivu aplikace na jejich početnost, resp. jejich biologickou účinnost byl zjištěn staticky průkazný rozdíl v porovnání s neošetřenou kontrolní variantou a ošetřenými variantami. Zároveň nebyly zjištěny v porostech žádné negativní projevy na rostlinách v obou letech sledování.

Literatura

Anonymus (2023a): Registr přípravků na ochranu rostlin

Dostupné z:

<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx> [online] [13.10.2023]

Anonymus (2023b): Odrůdy

Dostupné z: <https://www.vupt.cz/cz/odrudy/redkev-olejna> [online] [13.10.2023]

Brant, V., Balík, J., Fuksa, P., Hakl, J., Holec, J., Kasal, P., Neckář, K., Pivec, J., Prokinová, E. (2008): Meziploidy, Katedra agroekologie a biometeorologie Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, ISBN 978-80-87111-10-9, 98 s

Rotrekl, J. (2000): Zemědělská entomologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 84s

Kocourek, F., Havel, J., Hovorka, T., Jursík, M., Kazda, J., Kolařík, P., Plachká, E., Skuhrovec, J., Seidenglanz, M., Šafář J., (2018): Metodika integrované ochrany řepky vůči škodlivým organismům vyjma podzimmích škůdců. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.: 114 str.

Seidenglanz M., Šafář, J., Hrudová M., Kocourek F., Kolařík P., Rotrekl J., Havel J., Táncik J., Ruseňáková M., Víchová L., (2018): Praktické důsledky rezistence řepkových škůdců proti různým druhům insekticidů. Rostlinolékař 6: 26 – 30

Seidenglanz, M., Hrudová, E., Kolařík, P., Havel, J., Rotrekl, J., Táncik, J., Tóth, P., Šafář, J., Poslušná, J., Plachká, E., Hudec, K. (2017): Změny v citlivosti českých a slovenských populací blýskáčků (*Meligethes aeneus*) k neonikotinoidům mezi roky 2011 a 2016. *Úroda*, Vol. 65, No. 4, XX – XX. ISSN 0139-6013

Poděkování

Výsledek vznikl s institucionální podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko.

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Kolařík
Zemědělský výzkum, spol. s r.o.,
Zahradní 1, 664 41 Troubsko
kolarik@vupt.cz

Vliv herbicidního ošetření svazenky na výnosové parametry

The influence of *Phacelia* herbicide treatment on yield parameters

Kubíková Z.¹, Hutýrová H.²

¹Zemědělský výkum, spol. s r. o.; ²Výkumný ústav pícninářský, spol. s r. o.

Abstrakt

V průběhu tří let (2021-2023) byl u svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) hodnocen vliv herbicidního ošetření. Bylo hodnoceno pět účinných látek: pyridát (přípravek Onyx), tembotrion (přípravek Laudis), metazachlor (přípravek Butisan 400), mesotrion (přípravek Callisto 480 SC) a klopýralid (přípravek Lontrel 300). Byla hodnocena fytoxicita k plodině, účinnost na nejčastější plevely a po sklizni byl stanoven výnos, vlhkost sklizené hmoty, HTS, energie klíčivosti a klíčivost. Fytoxicita k plodině se projevovala především chlorózami, nekrózami a omezením růstu. U metazachloru, tembotrionu a mesotrionu dosahovala počáteční fytoxicita až 60 %, u pyridátu až 35 % a u klopýralidu až 2 %. Nejvyšší byla fytoxicita po 7 až 14 dnech a poté příznaky postupně odeznívaly. Nebyl zjištěn vliv ošetření na výnos, ale byly zjištěny průkazné rozdíly ve vlhkosti sklizené hmoty, HTS a klíčivosti.

Klíčová slova: Svazenka vratičolistá, plevely, herbicidy, účinnost, fytoxicita

Abstract

The influence of *Phacelia* herbicide treatment on phytotoxicity and yield parameters was monitored for three years (2021-2023). In five active substances (pyridate, tembotrione, metazachlor, mesotrione and clopyralid) the phytotoxicity, efficiency and yield parameters were evaluated. The chlorosis, necrosis and growth restriction were recorded in *Phacelia*. The highest phytotoxicity was recorded after 7 to 14 days. The initial phytotoxicity was up to 60 % for metazachlor, tembotrione and mesotrione, up to 35 % for pyridate and up to 2 % in clopyralid. The symptoms of phytotoxicity gradually disappeared. The influence of herbicide treatment on yield was not recorded, but there were significant differences in moisture of harvest mater, weight of thousand and germination.

Key words: *Phacelia tanacetifolia*, weeds, herbicides, phytotoxicity, efficacy

Úvod

Existuje mnoho druhů svazenek, ale nejvíce se pěstuje svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), která je mimo jiné i významnou medonosnou rostlinou, má vysoký potenciál pro výnos medu (Orsi a Biancoi 1987) a je vhodná jako pastva pro včely (Kumova et al. 2001, Peatidou 2003) i čmeláky (Williams a Christian 1991). Využívá se především jako mezplodina na zelené hnojení (Bacq-Labreuil et al. 2019) a také k omezení růstu plevelů (Blaževitz-Woźniak a Konopiński 2012) a jako pícnina (Kosolapov et al. 2021). Má poměrně dobrou konkurenceschopnost (Kubíková et al. 2022), ale u semenných porostů mohou plevely komplikovat sklizeň. Svazenka je poměrně citlivou plodinou a jsou do ní registrovány pouze dva herbicidy: Agil 100 EC s účinnou látkou propachizafop proti jednoděložným plevelům a Galera s kombinací účinných látek picloram a klopýralid proti dvouděložným plevelům. Cílem této práce bylo vyhodnotit fytoxicitu ke svazence u dalších účinných látek a vliv herbicidního ošetření na výnosové parametry u semenných porostů svazenky.

Materiál a metody

Polní pokusy se svazenkou vrtičolistou byly zakládány v letech 2021-2023 v řepařské výrobní oblasti v katastru obce Troubsko na černozemi degradované, střední půdě s neutrální pH reakcí, s obsahem humusu 2 %, s vyhovujícím obsahem fosforu a dobrým obsahem hořčíku a draslíku. Pozemek leží v nadmořské výšce 270 m n. m. Průběh počasí v jednotlivých letech dokumentuje Tabulka 1.

Jednalo se o maloparcelkové pokusy s jarními výsevy svazenky provedenými na konci března až v první dekádě měsíce dubna. Byla hodnocena fytotoxicita u celkem pěti účinných látek: pyridátu (přípravek Onyx), tembotrionu (přípravek Laudis), metazachloru (přípravek Butisan 400), mesotrionu (přípravek Callisto 480 SC) a klopyralidu (přípravek Lontrel 300). První variantou byla neošetřená kontrola. Ošetření bylo provedeno ve vývojové fázi 4 až 6 pravých listů (BBCH 14 až 16). Hodnocení fytotoxicity probíhalo ve 3 až 4 termínech, po 7, 14, 21 a 28 dnech. V letech 2021 a 2023 byla hodnocena také účinnost na nejčastější plevel. V roce 2022 bylo zaplevelení porostu minimální a účinnost na plevel hodnocena nebyla. Po dozrání porostu byla provedena sklizeň, kdy byly hodnoceny výnosové parametry (výnos v kg na ha, vlhkost sklizené hmoty v %, hmotnost tisíce semen (HTS) v g, energie klíčivosti a klíčivost.

Tab. 1.: Průběh počasí v letech 2021-2023

Rok	Ukazatel/Měsíc:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
2021	Průměrné měsíční teploty (°C)	-0,1	0,0	3,5	7,1	12,7	20,2	20,8	17,9	15,6	8,8	4,7	1,2
	Maximální měsíční teploty (°C)	8,8	13,1	22,4	24,1	28,6	31,8	30,5	31,7	25,7	23,1	12,4	13,3
	Minimální měsíční teploty (°C)	-7,6	-13,7	-6,3	-2,3	4,3	11,7	14,9	10,9	7,2	-1,4	-1,8	-7,7
	Sumy srážek (mm)	36	31	21	16	58	67	100	130	15,0	10,9	40,4	39,2
2022	Průměrné měsíční teploty (°C)	1,3	3,7	3,8	8,0	15,7	20,3	20,6	20,9	13,4	10,9	4,9	0,4
	Maximální měsíční teploty (°C)	12,8	11,6	19,2	21,1	28,7	32,6	34,2	33,2	25,3	22,2	16,3	10,0
	Minimální měsíční teploty (°C)	-7,8	-6,8	-9,1	-1,1	9,1	13,4	13,6	14,1	4,6	1,4	-2,5	-7,3
	Sumy srážek (mm)	12	9	11	12	74	34	56	81	37,0	11,5	13,3	47,3
2023	Průměrné měsíční teploty (°C)	2,8	2,3	5,6	8,0	13,8	18,7	21,8	19,9	17,8	-	-	-
	Maximální měsíční teploty (°C)	11,4	13,9	20,1	19,7	25,1	31,5	32,8	33,1	29,1	-	-	-
	Minimální měsíční teploty (°C)	-6,0	-9,6	-7,0	-1,4	7,0	11,9	13,7	10,7	10,1	-	-	-
	Sumy srážek (mm)	27	17	16	78	53	32	21	117	19,8	-	-	-

Zjištěné výsledky byly zpracovány v programu Excel a statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12 metodou analýzy rozptylu. Pro následné testování byl použit Tukeyův test na hladině $\alpha=0,05$.

Výsledky

Druhové složení plevelů se v jednotlivých letech lišilo. V roce 2021 se vyskytovaly merlíky, rdesno ptačí, oves hluchý a řepka olejka (viz. Tabulka 2). V roce 2022 bylo zaplevelení velmi nízké a ojediněle se vyskytovaly merlíky nebo slunečnice. V roce 2023 byl porost poměrně silně zaplevelený a převažoval heřmánkovec, dále pcháč, oves hluchý, merlíky a rdesno blešník (viz. Tabulka 2). Ve všech letech se vyskytovaly pouze merlíky, zejména merlík bílý. Výskyt plevelů měl vliv zejména na vlhkost sklizené hmoty, kdy plevel, zejména merlíky nepříznivě ovlivňovaly vlhkost sklizené hmoty.

Nejčastějšími příznaky fytotoxicity byly chlorózy, nekrózy a omezení růstu. U účinné látky klopyralid byly zaznamenány také deformace květenství a květů. U metazachloru, tembotrionu a mesotrionu dosahovala počáteční fytotoxicita až 60 %, u pyridátu 35 % a u klopyralidu 2 %. Nejvyšší byla fytotoxicita po 7 až 14 dnech a poté příznaky postupně odeznívaly. Po 28 dnech se fytotoxicita u metazachloru snížila na 35 %, u mesotrionu na 30 %, u tembotrionu na 13 % a u pyridátu na 17 % (viz Tabulka 3). Nebyl zjištěn vliv ošetření na výnos osiva, ale byly zjištěny průkazné rozdíly ve vlhkosti sklizené hmoty v roce 2021, kdy po ošetření pyridátem došlo k průkaznému snížení vlhkosti sklizené hmoty. Vlhkost sklizené hmoty byla ovlivněna přítomností plevelů, kdy byla vlhkost nižší u variant, u kterých byla dobrá účinnost na merlík,

tj. u variant ošetřených pyridátem a tembotrionem. U varianty ošetřené tembotrionem byla v tomto roce zjištěna průkazně nižší HTS. V roce 2023 byla u varianty ošetřené mesotrionem průkazně nižší klíčivost (viz tabulka 4).

Tab. 2.: Účinnost na plevele v %

Rok/ varianta	Přípravek	Účinná látka	Termín:	Účinnost na plevele v %/na kontrole pokryvnost plevelů v %													
				Druh: Merlík bílý		Oves hluchý		Pcháč oset		Heřmánkovec přímořský		Rdesno blešník		Rdesno ptačí		Řepka olejka	
				T14	T28	T14	T28	T14	T28	T14	T28	T14	T28	T14	T28	T14	T28
2021																	
1	kontrola	-	-	3	5,3	1	0,54	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5	1	0,4
2	Onyx	Pyridát 600 g/l	1,5	97	100	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	40	90	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	17
4	Butisan	Metazachlor 400 g/l	2	60	60	0	0	-	-	-	-	-	-	7	0	0	20
2023																	
1	Kontrola	-	-	2,2	-	0,1	-	0,1	-	8,5	-	2	-	-	-	-	-
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	83	-	0	0	-	-	57	30	83	75	-	-	-	-
5	Callisto	Mesotrion 480 g/l	0,2	-	-	40	10	83	-	72	42	-	-	-	-	-	-
6	Lontrel	Klopyralid 300 g/l	0,28	0	-	-	0	60	0	10	0	8	0	-	-	-	-

Tab. 3.: Fytotoxicita v %

Rok/ Varianta	Přípravek	Účinná látka	Dávka přípravku na ha	A7	Fytotoxicita v %		
					A14	A21	A28
2021							
1	kontrola	-	-	0	0	-	0
2	Onyx	Pyridát 600 g/l	1,5	0	0	-	0
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	0	0	-	0
4	Butisan 400	Metazachlor 400 g/l	2	32	60	-	35
2022							
1	Kontrola	-	-	0	0	0	0
2	Onyx	Pyridát 600 g/l	1,5	33	35	30	17
5	Callisto 480 SC	Mesotrion 480 g/l	0,2	15	15	15	10
6	Lontrel 300	Klopyralid 300 g/l	0,28	0	2	0	7
2023							
1	Kontrola	-	-	0	0	-	0
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	60	28	-	13
5	Callisto 480 SC	Mesotrion 480 g/l	0,2	47	62	-	30
6	Lontrel 300	Klopyralid 300 g/l	0,28	0	2	-	3

Tab. 4.: Výnosové parametry

Varianta	Přípravek	Účinná látka	Dávka přípravku na ha	Výnos v kg/ha	Vlhkost při sklizni (%)	Energie klíčivosti HTS (g)	Energie klíčivosti (%)	Klíčivost (%)
2021								
1	kontrola	-	-	755a	41,06bc	1,6433 b	87a	91a
2	Onyx	Pyridát 600 g/l	1,5	760a	13,04a	1,5600ab	90a	92a
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	678a	27,89ab	1,4900 a	94a	96a
4	Butisan 400	Metazachlor 400 g/l	2	627a	59,67c	1,5867ab	87a	88a
2022								
1	Kontrola	-	-	273a	10,80a	1,9232 a	94a	94a
2	Onyx	Pyridát 600 g/l	1,5	308a	10,07a	2,1209 b	95a	96a
5	Callisto 480 SC	Mesotrion 480 g/l	0,2	360a	10,10a	2,0970 b	94a	95a
6	Lontrel 300	Klopyralid 300 g/l	0,28	411a	10,57a	2,0118ab	94a	94a
2023								
1	Kontrola	-	-	655a	23,33a	1,9496 a	86a	98b
3	Laudis	Tembotrion 44 g/l	1	683a	18,60a	2,0157 a	76a	95ab
5	Callisto 480 SC	Mesotrion 480 g/l	0,2	709a	20,07a	1,9446 a	73a	91a
6	Lontrel 300	Klopyralid 300 g/l	0,28	744a	18,43a	1,9604 a	84a	95ab

Diskuze

Horváth a Szabó (2014) sledovali vliv výsevu a šířky řádků u svazenky vratičolisté na množství plevelů. Stejně jako v naší práci byl i zde jedním z významných plevelů merlík bílý. Merlík bílý zaznamenali jako významný plevel v porostech svazenky také Pinke et al. (2022). V naší práci se druhové spektrum plevelů i míra zaplevelení lišily podle ročníku, kdy v roce 2022 nebylo kvůli nízkému zaplevelení porostů možné hodnotit účinnost herbicidního ošetření na plevele. K herbicidnímu ošetření svazenky se často využívají herbicidy s účinnou látkou klopyralid (Pinke et al. 2022), přípravek s touto účinnou látkou je k použití registrován také u nás. V našich pokusech měla tato účinná látka nejnižší fytotoxicitu a u všech ostatních sledovaných účinných látek byla zjištěna vyšší fytotoxicita, která se nejvíce projevovala v prvních týdnech po ošetření a neměla průkazný vliv na výnos semen. Účinná látka tembotrion se využívá k herbicidnímu ošetření u dalšího druhu svazenky, a to u svazenky shloučené (*Phacelia congesta*) (Hutyrová et al. 2018). Poměrně vysoká fytotoxicita této účinné látky, která byla v našich pokusech zaznamenána u svazenky vratičolisté, zejména v prvních týdnech po ošetření, naznačuje rozdíly v citlivosti obou druhů k této účinné látce. Mesotrion a tembotrion byly zkoušeny také do svazenky modré (*Phacelia campanularia*) (Kubikova et al. 2021) a také u tohoto druhu byla zjištěná fytotoxicita těchto účinných látek nižší než u svazenky vratičolisté. To naznačuje rozdíly v citlivosti k účinným látkám herbicidů u jednotlivých druhů svazenek.

Závěr

Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že u svazenky vratičolisté má dobrou selektivitu účinná látka klopyralid a u ostatních zkoušených účinných látek je uspokojivá až silná fytotoxicita, která se projevuje zejména v prvních týdnech po ošetření a postupně odeznívá. Nebyl zjištěn vliv herbicidního ošetření na výnos semen, ale ukázalo se, že herbicidní ošetření může mít vliv na vlhkost sklizené hmoty, HTS a klíčivost.

Literatura

- Bacq-Labreuil A., Crawford J., Mooney S.J., Neal A. L., Ritz K. (2019): *Phacelia (Phacelia tanacetifolia Benth.)* affects soil structure differently depending on soil texture. *Plant Soil* 441, 543–554.
- Blaževitz-Woźniak M., Konopiński M. (2012): Influence of ridge cultivation and *phacelia* intercrop on weed infestation of root vegetables of the *Asteraceae* family. *Folia Horticulturae* 24 (1): 21-32.
- Horváth E, Szabó R. (2014): Weed surveying of *Phacelia (Phacelia tanacetifolia L)* and evaluating the efficacy of the weed control. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.*79 (2): 99-103.
- Hutyrová H., Pelikán J., Kubíková Z. (2018): Svazenky – modrofialové krásky na poli. *Agromanuál* 8/2018
- Kosolapov V. M. Cherniavskih V. I, Dumacheva E. V., Konoplev V. V., Tseiko V. I. and Markova E. I. (2021): The Search For Source Material Of *Phacelia Tanacetifolia Benth* For Breeding For Fodder Productivity. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 901 012006
- Kubíková Z., Smejkalová H., Kolaříková K. (2021): Ošetření semenných porostů jetelovin a dalších píceňin – Svazenka. *Agromanuál* 8/2021
- Kumova U., Saglamtimur T., Korkmaz A. (2001): Research on honeybee (*Apis mellifera* L.) foraging preferences among varieties of *phacelia (Phacelia tanacetifolia Benth)*. *Mellifera* . 2001, Vol. 1 Issue 1, p60. 5p.
- Orsi, S., Bionoi, A. (1987): *Phacelia tanacetifolia*: its honey potential. *Italia Informatore Agrario* 43(47): 53-51.
- Petanidou T. (2003): Introducing plants for bee-keeping at any cost? – Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. *Plant Systematics and Evolution* 238 (1): 155–168.
- Pinke G., Giczi Z., Vona V., Dunai É., Vámos O., Kulmány I., Koltai G., Varga Z., Kalocsai R., Botta-Dukát Z., Czúcz B., Bede-Fazekas Á. (2022): Weed Composition in Hungarian *Phacelia (Phacelia tanacetifolia Benth.)* Seed Production: Could Tine Harrow Take over Chemical Management? *Agronomy.*; 12(4):891.
- Williams I. H., Christian D. G. (1991): Observations on *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) as a food plant for honey bees and bumble bees. *Journal of Apicultural Research* 30 (1): 3-12.

Poděkování

Výsledek vznikl s institucionální podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko.

Kontaktní adresa:

Kubíková Zuzana, Ing., PhD.

Výzkumný ústav pícninářský spol. s r. o.

Zahradní 1, Troubsko 66441

kubikova@vupt.cz

The potential effects of intercropping on diseases in field peas (*Pisum sativum*) and spring barley (*Hordeum vulgare*)

Kumar R.¹, Seidenglanz M.¹

¹Agritec Plant Research, s.r.o., Zemědělská 2520/16, 787 01, Šumperk

Abstract

The objectives of this study were to conduct field trials and experiments under field conditions with the aim of evaluating the effects of field pea (*Pisum sativum*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping on diseases in comparison to monocropping, as well as its impact on crop development.

Key words: field pea, spring barley, Intercropping, disease, monocropping

Introduction

The impact of intensive agriculture has been substantial, causing far-reaching consequences on soil, water, and biodiversity within agricultural ecosystems (Foley, et al. 2005). Unfortunately, the excessive use of synthetic fertilizers and pesticides in intensive farming practices has resulted in soil degradation, water pollution, and a significant decline in biodiversity (Pretty, J., et al. 2018; Giller, K.E., et al. 2015). However, amidst these challenges, there is a glimmer of hope for a more sustainable approach to agriculture. By adopting practices like intercropping, crop rotation, and no-till farming, it is possible to achieve high yields while fostering ecological balance and reducing the environmental impact (Miguez, F.E., et al. 2012). Intercropping, as an agronomic practice, involves the simultaneous cultivation of two or more crops in a single field (Andrews and Kassam, 1976). Intercropping has numerous benefits, such as increased yield, environmental security, production sustainability, and enhanced ecosystem services (Maitra, Sagar, et al. 2021). This approach allows for a diverse range of planting arrangements, such as mixed intercropping without any specific row pattern, or alternating rows to create a beneficial synergy between different plant species (H. Adam et al., 2000). The significance of intercropping lies in its ability to promote biodiversity, maximize land utilization, and enhance crop resilience (C. P. Huss et al., 2022). To address these issues long-term data (2023) from on-farm trials was collected to show the importance rotation and intercropping in traditional agriculture, plant diseases. The specific objectives of this study were to investigate field trials and experiments under field conditions were conducted with the aim of evaluating the effect of pea-cereal intercropping on diseases impact on development in intercropping compared to monocropping.

Materials and methods

Experimental site

Field experiments were conducted at the Agritec Plant Research (APR), Šumperk, Czech Republic during year 2023 in the spring cropping season (March to August). APR is considered a mixed crop field trial of pea (*Pisum sativum*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) area assessed for diseases presence in the trial fields in APR.

Experimental design and treatments

A randomized complete block design was used in a factorial combination of three cropping systems: field pea, spring barley monocropping, and field pea- spring barley mixed cropping. Field pea was intercropped in rows with barley in a 50:50 ratio, while field pea and spring barley alone were used as the control. The field pea and spring barley associated crops represent

a common practice of farmers of the study region. Planting was completed in March-2023 and harvested in August-2023 during the cropping season. There was no fungicide or fertilizer applied in mono and mixed cropping and disease development was entirely based on natural inoculum.

Disease assessment

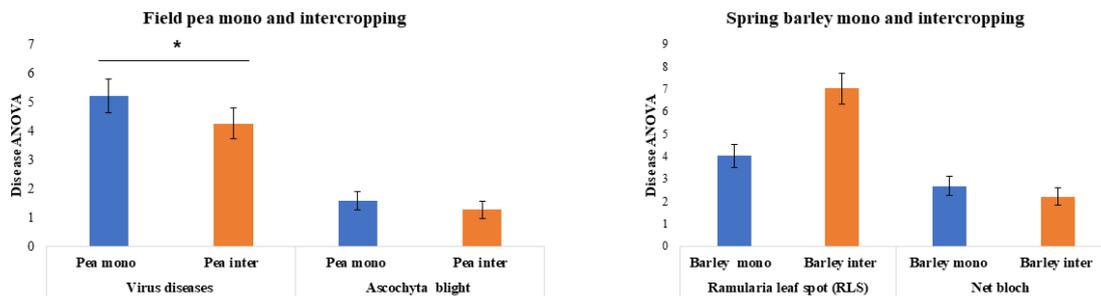
Incidence and severity of field pea and spring barley diseases were assessed three times at two-week intervals starting from the first appearance of disease appearance in the experimental plots. Fifteen to twenty selected assessment points, excluding the two outer rows, were used for evaluating diseases. Tagged points were utilized within each assessment point for conducting the evaluation. Severity was rated on leaves from the same selected points. Five plants were assessed at each point, representing points within the plot. A severity scale from 0 to 5 was used, where 0 indicates no visible symptoms and 5 represents complete plant destruction or mortality (Wheeler, 1969). Whereas disease incidence was assessed on a scale of 0 to 100% at the same places and on the same plants as the severity assessment. On this scale, 0-5% represents no symptoms, 5-20% represents very low incidence, 20-50% represents moderate incidence, 50-80% represents high incidence, and 80-100% represents very high incidence (ICARDA, 1986).

Sadie Analysis

Latitude and longitude of the disease occurrences were assessed to create a spatial dataset (Perry, J., & Dixon, P. 2002). Assessment points were georeferenced to the same spatial format for seamless integration into the analysis (Stoms, D. M., & DeGloria, S. D. 1996). The Sadie analysis methodology was employed to evaluate the spatial distribution patterns of diseases (Perry, J. 1995). The Nearest Neighbor Index (NNI) was calculated to assess the degree of clustering or dispersion of the occurrences (Clark, J. S., & Evans, F. C. 1954). NNI was derived by comparing the observed NNI value with the expected NNI value under a random spatial distribution assumption (Perry, J. et al. 1999). Statistical tests, such as hypothesis testing were conducted to determine the significance of the observed spatial patterns (Zar, J. H. (2010). This allowed for the identification of disease hotspots and areas of even dispersion (Jones, K. R., & Smith, R. J. (2004).

Results

After analysing the data collected during this study, we observed a significant difference in virus disease incidence in field peas between the monocropping and intercropping systems. Field peas grown in intercrop conditions showed a significantly lower incidence of virus diseases compared to those in monoculture. However, in the case of spring barley, we did not find any statistically significant difference in disease incidence between the monocropping and intercropping systems. This suggests that intercropping may have a disease-suppressing effect specifically on field peas but not on spring barley.



* Statistically significant test result ($P \leq 0.05$)

Figure 1. Disease severity in field pea and spring barley in monocrop and intercrop.

Table 1. Spatial analysis was conducted to examine the associations between diseases in field peas and spring barley, both in mono-cropping and intercropping systems.

Positive value of X describes the value of overall association between the two sets of cluster indices (two distribution patterns) = that is a value of positive spatial autocorrelation					
Negative value of X describes the value of overall disassociation between the two sets of cluster indices (two distribution patterns) = that is a value of negative spatial autocorrelation					
Probability level should be less than 0.025 for significant association, or greater than 0.975 for significant dissociation.					
DATE	Trait 1	Trait 2	Overall association; X	Probability level	*Red When significant
12.06.2023	Net blotch ass.1	Net blotch ass.2	0.6512	0.0001	Association
12.06.2023	Net blotch ass.1	Net blotch ass.3	0.6612	0.0001	Association
26.06.2023	Net blotch ass.2	Net blotch ass.3	0.7779	0.0001	Association
12.06.2023	RLS ass.1	RLS ass.2	0.6151	0.0001	Association
12.06.2023	RLS ass.1	RLS ass.3	0.7036	0.0001	Association
26.06.2023	RLS ass.2	RLS ass.3	0.7036	0.0001	Association
12.06.2023	AB ass.1	AB ass. 2	0.5218	0.0039	Association
12.06.2023	AB ass.1	AB ass. 3	0.63	0.0001	Association
26.06.2023	AB ass.2	AB ass. 3	0.4512	0.0054	Association
12.06.2023	Virus ass.1	Virus ass. 2	0.4895	0.0002	Association
12.06.2023	Virus ass.1	Virus ass. 3	0.4945	0.0006	Association
12.06.2023	Virus ass.2	Virus ass. 3	0.5732	0.0001	Association
10.07.2023	Net blotch	RLS	0.7225	0.0001	Association
10.07.2023	Ascochyta blight (AB)	Virus	0.776	0.0001	Association

Discussion

The results of this study provide valuable insights into the potential benefits of intercropping as a disease management strategy, particularly in the context of field pea cultivation. The significant reduction in virus disease incidence in intercropped field peas compared to monocrop field peas is a significant finding. However, the absence of a significant difference in disease incidence in spring barley between the cropping systems is an intriguing outcome. This suggests that the disease dynamics in spring barley may not be as influenced by intercropping as in field peas, or that the diseases affecting barley in this study were less responsive to the intercropping environment.

Conclusion

Our findings highlight the potential benefits of intercropping, specifically in the context of disease management for field peas. Intercropping has the potential to reduce disease pressure in field peas by creating a more diverse cropping environment.

Funding

This paper is supported by European Union's Horizon research and innovation programme under grant agreement No 101082289, project LEGUMINOSE (Legume-cereal intercropping for sustainable agriculture across Europe).

References

- Foley, J.A., et al. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309(5734), 570-574.
- Pretty, Jules, et al. "Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification." *Nature Sustainability* 1.8 (2018): 441-446.
- Giller, K.E., et al. (2015). Beyond Conservation Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 6, 870.
- Miguez, F.E., et al. (2012). Long-term no-till: A meta-analysis of soil organic carbon changes under continuous no-till and alternative tillage. *Agronomy Journal*, 104(2), 147-159
- Maitra, Sagar, et al. "Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental security." *Agronomy* 11.2 (2021): 343.
- Andrews, D.J. and Kassam, A.H. (1976) The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies in Multiple Cropping. *American Society of Agronomy*, 27, 1-10.
- Hugh Adam Smith, Robert McSorley, Intercropping and Pest Management: A Review of Major Concepts, *American Entomologist*, Volume 46, Issue 3, Fall 2000, Pages 154–161, <https://doi.org/10.1093/ae/46.3.154>
- C P Huss and others, Benefits and Risks of Intercropping for Crop Resilience and Pest Management, *Journal of Economic Entomology*, Volume 115, Issue 5, October 2022, Pages 1350–1362, <https://doi.org/10.1093/jee/toac045>
- Wheeler, Bryan Edward John. "An introduction to plant diseases." *An introduction to plant diseases*. (1969).
- Perry, J., & Dixon, P. (2002). SADIE: A software package for the analysis of spatial patterns in count-based data. *Ecological Modelling*, 157(1-2), 1-16.
- Stoms, D. M., & DeGloria, S. D. (1996). A comparison of spatial interpolation methods in environmental modeling. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(11), 1337-1344.
- Perry, J. (1995). Spatial analysis by distance indices: A new method for the analysis of spatial patterns in count-based data. *Journal of Applied Ecology*, 32(3), 587-604.
- Clark, J. S., & Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35(4), 445-453.
- Perry, J., Dixon, P., & Hewitt, G. M. (1999). Testing the significance of spatial patterns in count-based data using SADIE. *Ecological Modelling*, 122(1), 67-82.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Jones, K. R., & Smith, R. J. (2004). *Spatial epidemiology: Methods and applications*. Oxford, UK: Oxford University Press

Contact person address

Dr Ram Kumar, Ph.D.
Agritec Plant Research, s.r.o.
Zemědělská 2520/16
78701 Šumperk
kumar@agritec.cz

Antifungální aktivita vybraných esenciálních olejů na *Phoma foveata* způsobující fomovou hnilobu bramboru

Antifungal activity of selected essential oils against *Phoma foveata* causing Phoma gangrene of potato

Loubová V., Kmoch M.

Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod

Abstrakt

Cílem experimentů bylo zjištění vlivu vybraných esenciálních olejů EO (carvacrol, cinnamaldehyde, thymol, D-carvone, L-menthol, α -pinene, L-limonene) na růst patogena *Phoma foveata* u bramboru, pomocí *in vitro* (metoda inhibice radiálního růstu mycelia) a *in vivo* testů. Účinnost vybraných EO na *Phoma foveata* pomocí *in vitro* testů byla stanovena při koncentraci 0–1600 ppm. Byla zjištěna antifungální aktivita všech testovaných esenciálních olejů. Účinnost vybraných EO na růst patogena se mezi jednotlivými EO lišila. Pro experimenty *in vivo* byly vybrány EO, které byly nejvíce účinné v testu *in vitro*. Jednalo se o preventivně-kurativní ošetření. Antifungální aktivita byla testována při koncentraci 2 %. Po ošetření hlíz všemi testovanými EO bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení symptomů patogena. EO mají potenciál v biologické ochraně hlíz bramboru proti *P. foveata*.

Klíčová slova: patogen, biologická kontrola, thymol, carvacrol, cinnamaldehyde

Abstract

The aim of the experiments was to determine an effect of selected essential oils (EOs; carvacrol, cinnamaldehyde, thymol, D-carvone, L-menthol, α -pinene, L-limonene) on the growth of the pathogen *Phoma foveata* in potato, using *in vitro* (a method of radial mycelial growth inhibition) and *in vivo* assays. The efficacy of selected EOs against *Phoma foveata* using *in vitro* assays was tested at the concentrations of 0-1600 ppm. Antifungal activity of all tested EOs was found. The efficacy of selected EOs against pathogen growth differed among individual EOs. For *in vivo* experiments EOs were selected, which had the highest efficacy in the *in vitro* assay. It was a preventive-curative treatment. Antifungal activity was tested with 2 % concentration. After tuber treatment with all tested EOs a statistically highly significant reduction of pathogen symptoms was recorded. EOs have potential in the biological protection of potato tubers against *P. foveata*.

Keywords: pathogen, biological control, thymol, carvacrol, cinnamaldehyde

Úvod

Phoma foveata (Foister) Aveskamp, Gruyter et Verkley, 2010 je jedním z nejčastěji se vyskytujících skládkových patogenů napadající brambor (*Solanum tuberosum* L.). Způsobuje značné ztráty výnosu ve skladu. Vyskytuje se zejména v závěru vegetace a v období sklizně. Přítomnost *Phoma foveata* se projevuje symptomy na hlízách na jejichž slupce lze pozorovat propadlé nekrotické skvrny. Tyto skvrny jsou hladké nebo nepravidelně zvrásněné. Pod nekrotickými se vytvářejí dutiny s myceliem fialově šedé barvy a s černými pyknidami. Symptomy na hlíze lze pozorovat od listopadu a prosince. *Phoma foveata* může napadat také stonky, na jejichž bázích se tvoří podélné nekrotické skvrny a hnědé pyknidy. Tyto příznaky lze pozorovat až v závěru vegetace. Ochranou proti *Phoma foveata* u bramboru je omezení mechanického poškození pomocí vhodných technologií v období sklizně a po sklizni omezením manipulace s hlízami v průběhu skladování. Pro zabránění výskytu choroby je také použití zdravé sadby. Další možností ochrany bramboru proti *Phoma foveata* je moření dlouhodobě skladovaných hlíz fungicidy (Rasocha et al., 2008; Stevenson et al.,

2001). Jednou z možností ekologické ochrany je využití esenciálních olejů (EO). Esenciální oleje jsou extrahovány z aromatických rostlin (Bahrami *et al.*, 2016; Sempere *et al.*, 2021). Jedná se o koncentrované, hydrofobní kapaliny obsahující těkavé aromatické látky (Bakkali *et al.*, 2008; Bergman *et al.*, 2019). EO jsou snadno rozložitelné a šetrné k životnímu prostředí (Pavela 2016), z tohoto důvodu by jejich aplikace byla vhodnou biologickou ochranou proti patogenům a alternativou k chemickým fungicidům (Bahrami *et al.*, 2016; Sempere *et al.*, 2021, Colmen *et al.*, 2001). V mnoha studiích byla prokázána jejich antimikrobiální aktivita (Šmíd *et al.*, 2013).

V naší studii byla testována účinnost vybraných EO (carvacrol, cinnamaldehyd, thymol, D-carvone, L-menthol, α -pinene, L-limonene) na růst *Phoma foveata* u bramboru pomocí testů *in vitro* a *in vivo*. Snahou bylo najít vhodnou biologickou ochranu proti *Phoma foveata* u bramboru účinnou a zároveň šetrnou k životnímu prostředí.

Materiál a metody

Patogen

Phoma foveata byla zapůjčena z České sbírky mikroorganismů v Brně, pěstována na PDA agaru na Petriho miskách a uchována při teplotě 25 ± 1 °C.

Esenciální oleje

Pro experimenty byly vybrány čisté přírodní EO: α -pinene (98%; 147524-250ML), carvacrol (99%, W224511-100G-K), cinnamaldehyd ($\geq 95\%$, W228613-100G-K), D-carvone ($\geq 96\%$, W224928-100G-K, L-menthol ($\geq 99\%$; W266523-100G-K, (R)-(+)-Limonene (97%; 183164-100ML) a thymol ($\geq 98,5\%$; T0501-100G) [Sigma-Aldrich, Německo].

Rostlinný materiál pro metodu *in vivo*

Pro pokusy byly použity hlízy konzumní odrůdy 'Red Anna' pocházející z podniku Vesa Velhartice a.s.

***In vitro* metoda**

Antifungální aktivita testovaných silic byla stanovena pomocí techniky inhibice radiálního růstu mycelia (disková difuzní metoda).

Testované esenciální oleje byly ředěny 96% ethanolem (100 μ l oleje v 1 ml ethanolu) s následným přidáním pár kapek Tweenu 20 [0,01% (v/v)] k dokonalému rozptýlení v živném médiu. Poté byl určitý objem rozpuštěné silice přidán do sterilizovaného média (Potato Dextrose Agar, PDA) o teplotě 40–45 °C pro získání konečné koncentrace 0–1600 ppm. Po promíchání byly roztoky PDA okamžitě nality do Petriho misek (PM) o průměru 9 cm (20 ml/PM). Po ztuhnutí živné půdy byl pomocí korkovrtu vykrojen agarový disk z mladé kultury s inokulem houby (o průměru 6 mm) a umístěn do středu Petriho misek, ty byly následně utěsněny parafilmem. Pro každou koncentraci byly připraveny tři opakování. Petriho misky byly inkubovány při 25 ± 1 °C po dobu 7 dnů. Následně byl změřen průměr kolonií jednotlivých variant pokusu (v mm) a byly vypočítány parametry inhibice růstu mycelia. MGI (inhibice růstu mycelia) byla vypočítána pomocí následujícího vzorce dle Albuquerque *et al.* (2006): $MGI (\%) = [(DC - DO)/DC] \times 100$

DC: Radiální růst mycelia kontroly (mm) – průměr kolonie houby neošetřené EO

DO: Radiální růst mycelia (mm) – průměr kolonie houby ošetřené EO

Statistické vyhodnocení pokusu bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu (MS Excel) a Tukey-HSD testu ($\alpha = 0,05$; program STATISTICA 7).

In vivo metoda

Antifungální aktivita nejúčinnějších testovaných silic (carvacrol, cinnamaldehyde, thymol) byla ověřena metodou *in vivo*. Esenciální oleje carvacrol a cinnamaldehyde byly pro vyšší účinnost a stabilitu navázány na polymer dle patentu Matušinský et al., (2020). Thymol byl testován bez navázání polymeru. EO byly testovány při koncentraci 2 %. Jednalo se o preventivně-kurativní ošetření. Inokulum houby *Phoma foveata* bylo připraveno seškrábnutím mycelia z živného média z Petriho misky pomocí skalpelu a vloženo do epruvety se sterilní destilovanou vodou. Počet konidií na ml vody byl vyhodnocen pomocí Bürkerovy komůrky. Následně byla suspenze zředěna na požadovanou koncentraci konidií houby. Pro experiment byla použita koncentrace 4×10^4 jednotek konidií na ml.

Výpočet pro stanovení koncentrace částic v 1 ml suspenze:

$$X = (a \times 10^4)/n$$

X = koncentrace buněk v suspenzi

a = stanovený počet buněk

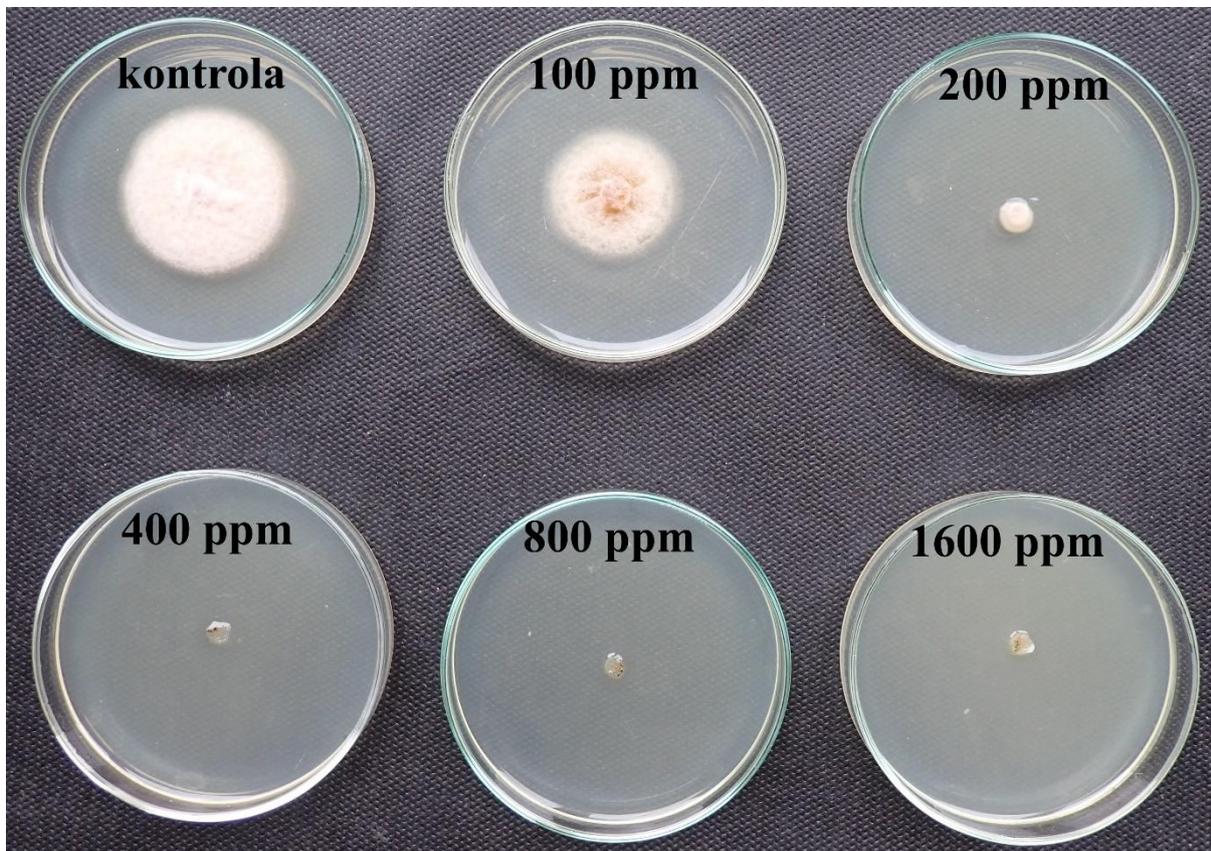
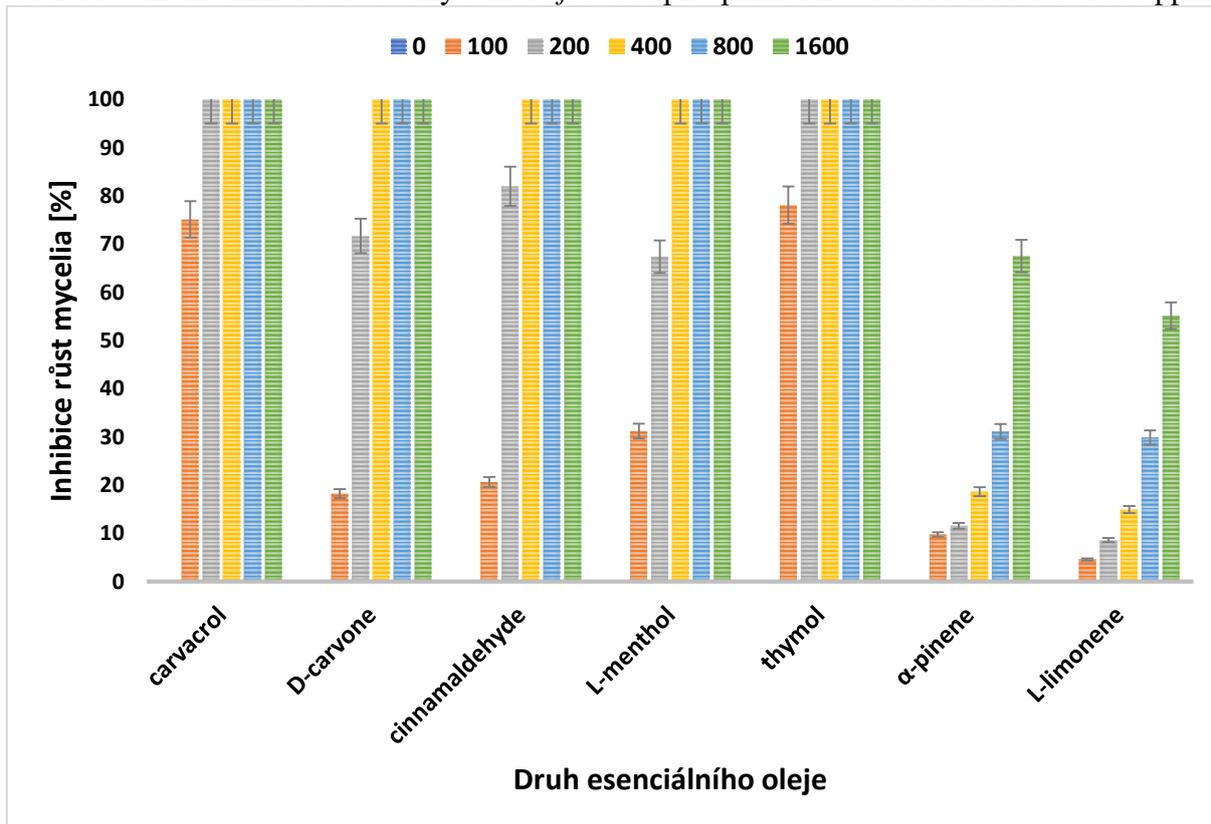
n = počet opakování (počet spočítaných čtverců)

Zdravé hlízy odrůdy 'Red Anna' (česká konzumní odrůda šlechtitelské společnosti Vesa Velhartice, a.s. citlivá na infekci houbami) o velikosti 35–45 mm byly omyty pod tekoucí vodou pro odstranění ulpívajících zbytků půdy, dezinfikovány v 1% roztoku chlornanu sodného po dobu 15 min, opláchnuty ve sterilní destilované vodě a následně ponechány k oschnutí přes noc na vzduchu při pokojové teplotě. Hlízy byly v pupkové a korunkové části poraněny pomocí korkovrtu (3 mm široký, 10 mm dlouhý). Připravené rány byly pomocí pipety nejprve ošetřeny EO (20 μ l), po 30 minutách inokulovány roztokem konidií *Phoma foveata* (10 μ l suspenze houby) a po dalších 30 min znovu ošetřeny EO (20 μ l). Ve variantě bylo sedm hlíz, každá varianta měla tři opakování. kontrola K+ (hlízy s houbou) a K- (zdravá hlíza). Hlízy byly vyrovnány do sterilních uzavíratelných plastových boxů (30 l) na filtrační papír nasycený destilovanou vodou (150 ml) a umístěny do sklepa při teplotě 5-6°C. Hodnocení hlíz proběhlo po čtyřech týdnech. Pomocí nože byla hlíza rozkrojena přes očkovací body. Po vyfocení fotoaparátem Olympus TG-6 (Olympus, Tokyo, Japan) byla hodnocena plocha hniloby (%) pomocí softwaru ImageJ 1.53e (Maryland, USA, <https://imagej.net/software/imagej/>). Statistické vyhodnocení experimentů bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu (MS Excel) a Tukey-HSD testu ($\alpha = 0,01$; program STATISTICA 7; StatSoft, Inc., USA).

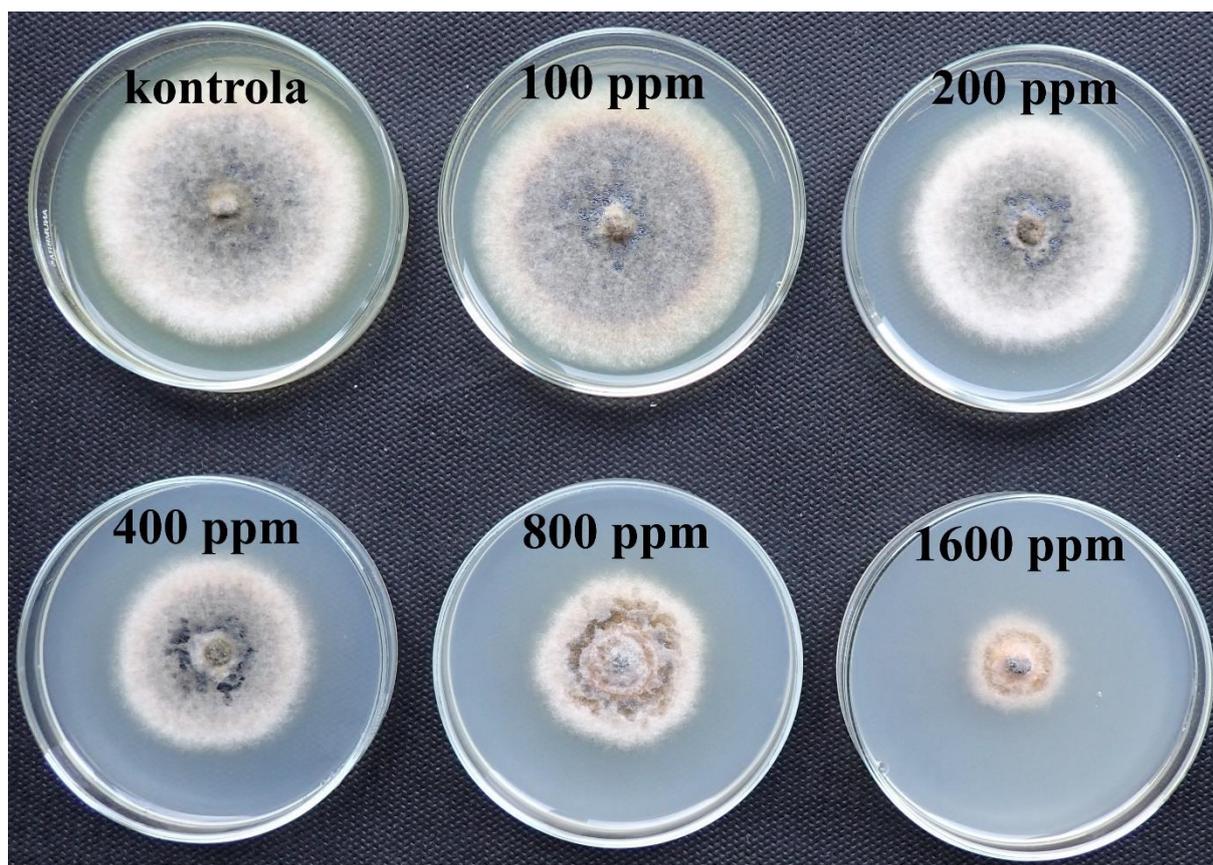
Výsledky

Testování antifungální aktivity esenciálních olejů na *Phoma foveata* metodou *in vitro* ukázalo inhibici růstu patogena u všech testovaných silic (graf 1). Nejvíce účinné silice byly carvacrol, thymol a cinnamaldehyde. Carvacrol vykazoval při nejnižší koncentraci 100 ppm inhibici 75% a thymol dokonce 78%. Při koncentraci 200 ppm vykazovaly již 100% účinnost. Cinnamaldehyde byl 100 % účinný až při koncentraci 400 ppm. Oproti tomu α -pinene vykazoval při 1600 ppm inhibici 68 % a L-limonene 55 % inhibici. D-carvone a L-menthol vykazovaly nižší inhibici růstu patogena než carvacrol, cinnamaldehyde a thymol (obr 1 a 2).

Graf 1 Průměrná inhibice růstu mycelia *P. foveata* při aplikaci EO o koncentraci 0–1600 ppm



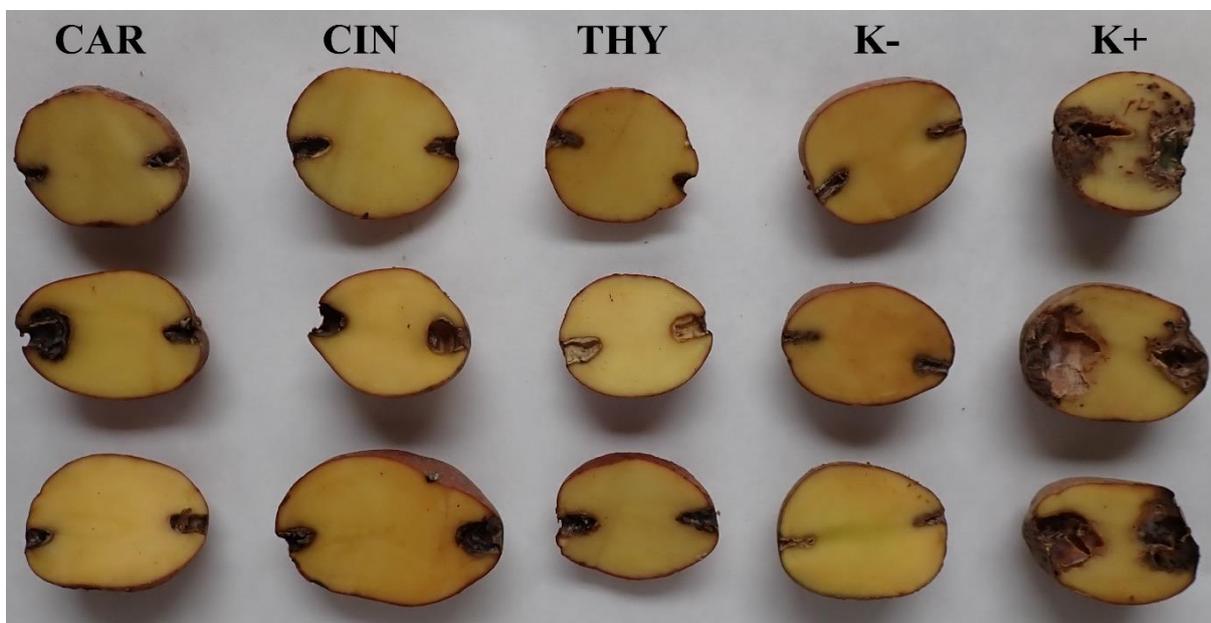
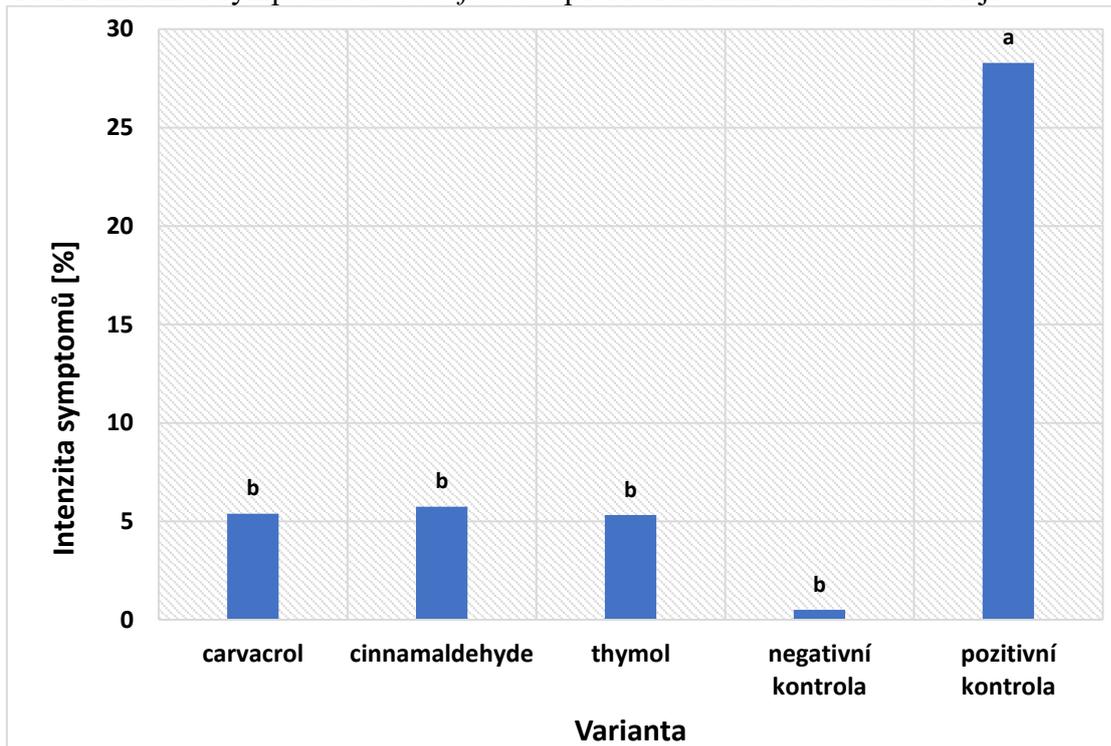
Obr. 1 Inhibice růstu mycelia *P. foveata* při aplikaci cinnamaldehydu o koncentraci 0-1600 ppm



Obr. 2 Inhibice růstu mycelia *P. foveata* při aplikaci α -pinene o koncentraci 0-1600 ppm

Použití esenciálních olejů carvacrol, thymol a cinnamaldehyde metodou *in vivo* na *Phoma foveata* vykazovalo částečnou účinnost na patogena. (obr. 3) Po ošetření hlíz všemi testovanými EO bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení symptomů patogena. Mezi testovanými EO nebyl v účinnosti na patogena zaznamenán statisticky významný rozdíl. Relativní snížení intenzity symptomů po ošetření hlíz EO se pohybovalo od 79,70 % - 81,18 % (graf 2).

Graf 2 Intenzita symptomů *Phoma foveata* po ošetření hlíz esenciálními oleji



Obr. 3 Testování účinnosti vybraných EO metodou *in vivo*

Diskuze

Testované EO (carvacrol, cinnamaldehyde, thymol, D-carvone, L-menthol, α -pinene, L-limonene) metodou *in vitro* při různých koncentracích vykazovaly antifungální aktivitu na *Phoma foveata*. Mezi účinností jednotlivých esenciálních olejů a kontrolou byly značné rozdíly. Nejvyšší antifungální aktivitu vykazovaly carvacrol, cinnamaldehyde a thymol. Tyto nejúčinnější EO na *Phoma foveata* byly dále vybrány pro metodu *in vivo*, kde byla potvrzena jejich účinnost.

Existuje řada studií zabývajících se antifungální aktivitou esenciálních olejů, ale jedná se o jiné patogeny napadající jiné plodiny. Antifungální aktivitu EO z hřebíčku (*Caryophyllus aromaticus*), skořice (*Cinnamomum zeylanicum*) a oregana (*Origanum vulgare*) na *Phoma foveata* u bramboru zjišťoval Šmíd et al., (2013) v *in vivo* podmínkách. Vysokou inhibici patogena zjistil u *O. vulgare* a *C. aromaticus*. Antifungální vlastnosti silic potvrdil ve svých studiích také Bång (2008), který testoval EO na *Phoma foveata* u bramboru metodami *in vitro* a *in vivo*. V experimentech *in vitro* dokázal, že výpary mnoha rostlinných extraktů mají fungicidní účinek na daného patogena, avšak při vhodné koncentraci a době expozice. Hartmans et al., (1995) se zabýval účinností carvonu, získaného z kmínu. Zjistil jeho antifungální aktivitu na *Phoma exigua* var. *foveata* metodou *in vitro*. Účinností S-carvone, L-menthone a oleje z máty peprné a oleje z máty kadeřavé se zabýval Al-Mughrabi et al., (2013), kdy testoval účinnost EO na *P. exigua* metodou *in vitro*.

Závěr

V experimentech *in vitro* byl testován vliv vybraných EO (carvacrol, cinnamaldehyde, thymol, D-carvone, L-menthol, α -pinene, L-limonene) při různých koncentracích (0–1600 ppm) pomocí techniky inhibice radiálního růstu mycelia na houbu *P. foveata*, způsobující fomovou hnilobu bramboru. Všechny testované EO měly vliv na inhibici růstu patogena. Antifungální aktivita na *Phoma foveata* mezi jednotlivými EO se lišila. Nejvyšší antifungální aktivitu vykazoval carvacrol, cinnamaldehyde a thymol. Účinnost D-carvone a L-mentholu na inhibici růstu patogena byla nižší než u carvacrolu, cinnamaldehydu a thymolu. Nejnižší antifungální aktivitu na *Phoma foveata* vykazoval α -pinene a L-limonene. Nejvíce účinné EO byly dále vybrány pro hodnocení *in vivo*, kde po ošetření hlíz všemi testovanými EO bylo zjištěno statisticky vysoce průkazné snížení symptomů patogena. Testované esenciální oleje carvacrol a cinnamaldehyde byly pro testy *in vivo* obohaceny o polymer, thymol byl testován bez polymeru. Pro zjištění uplatnitelnosti testovaných EO v praxi je nutné jejich další testování *in vivo* (ověření v provozu a poloprovozu) a najít vhodnou formu aplikace.

Literatura

- Albuquerque C.C., Camara T.R., Mariano R.L.P., Willadino L., Junior C.M., Ulisses C. (2006): Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. Braz. Arch. Biol. Technol., 49, 527–535.
- Stevenson W.R., Loria R., Franc G.D., Weingartner D.P. (2001): Compendium of Potato Diseases, The American Phytopathological Society, second edition, pp. 106, ISBN: 0-89054-275-9.
- Šmíd, J., Klouček, P., Legarová, V.: Antimicrobial protection of potatoes using combination of essential oils and warm air flow. In: MendelNet 2013: Proceedings of International PhD Students Conference, November 20th and 21st, 2013. Brno: Mendel University, 2013, s. 609–613.
- Rasocha V., Hausvater E., Doležal P. (2008): Škodliví činitelé bramboru, abionózy, choroby, škůdci. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. 110–111. ISBN: 978-80-86940-12-0.

- Bahrami R., Kocheili F., Ziaee M. (2016): Fumigant toxicity and persistence of essential oils from asafetida, geranium, and walnut on adults of *Rhizopertha dominica* (Col.: Bostrichidae). *Toxin Rev.*, 35, 63–68.
- Sempere F.F., Asamar J., Castell V. Roselló J., Santamarina M.P. (2021): Evaluating the Antifungal Potential of Botanical Compounds to Control *Botryotinia fuckeliana* and *Rhizoctonia solani*. *Molecules.*, 26, 9, 2472.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008): Biological effects of essential oils-A review. *Food Chem. Toxicol.*, 46, 446–475.
- Bergman M.E., Davis B., Phillips M.A. (2019): Medically useful plant terpenoids: Biosynthesis, occurrence, and mechanism of action. *Molecules*, 24, 3961.
- Pavela R., Benelli G. (2016): Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends Plant Sci.*, 21, 1000–1007.
- Matušinský P., Maňasová M., Zouhar M. (2020): Fungicidní prostředek na ochranu rostlin na základě esenciálního oleje z *Thymus vulgaris*, způsob jeho výroby a použití. Majitel patentu: Agrotest fyto, s.r.o., Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika. Patentový spis CZ 308145 B6.
- Colmen W.K., Lonergan G., Silk, P. (2001): Potato sprout suppression by the volatile oil components menthone and neomenthol of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon* and *Mentha* species, *Am. J. Potato Res.*, 78, 345–354.
- Bång U. (2008): Screening of Natural Plant Volatiles to Control the Potato (*Solanum tuberosum*) Pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*, *Potato Res.*, 50, 185–203.
- Hartmans K.J., Diepenhorst P., Bakker W., Gorris L.G.M. (1995): The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Ind. Crops Prod.*, 4(1): 3–13.
- Al-Mughrabi K.I., Coleman W.K., Vikram A., Poirier R., Jayasuriya K.E. (2013): Effectiveness of Essential Oils and Their Combinations with Aluminum Starch Octenylsuccinate on Potato Storage Pathogens, *J. Essent. Oil Bear. Plants.*, 16(1): 23–31.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR – projekt NAZV č. QK21010083 „Ekologická ochrana konzumních brambor jako zdravé zeleniny proti vybraným půdou a sadbou přenášeným patogenům“. Poděkování patří České sbírce mikroorganismů (CCM) – Masarykova univerzita patřící pod Národní program genetických zdrojů mikroorganismů a drobných živočichů hospodářského významu) za poskytnutí potřebné kultury houby.

Kontaktní adresa:

Mgr. Věra Loubová
Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.
Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod
569 466 232, loubova@vubhb.cz

Molekulární analýzy zaměřené na určení mechanismů rezistence u jedinců *Meligethes aeneus* F. fenotypově rezistentních k pyretroidům

Molecular analysis for determination of resistance mechanisms in individuals of *Meligethes aeneus* F. phenotypically resistant to pyrethroids

Ludvíková M., Seidenglanz M.

Agritec Plant Research s.r.o., Zemědělská 16, 78701 Šumperk

Abstrakt

V letech 2021, 2022 a během prvních 8 měsíců roku 2023 byla u populací blýskáčka řepkového (*Meligethes aeneus* F.) pocházejících z různých lokalit České republiky testována molekulárními metodami přítomnost mutací L1014F a M918T, způsobujících rezistenci vůči pyretroidům. Běžnými laboratorními testy (Adult vial tests; International Resistance Action Committee) byl proveden výběr rezistentních jedinců z jednotlivých populací blýskáčka řepkového. Z rezistentních jedinců byla izolována DNA, byla provedena PCR amplifikace oblasti domény II sodíkového kanálku, sekvence byly purifikovány a odeslány na sekvenování. Následně byla vyhodnocena přítomnost mutace L1014F nebo M918T. Celkem bylo takto testováno 306 jedinců fenotypově rezistentních k pyretroidům na přítomnost mutace L1014F a 131 jedinců na přítomnost mutace M918T (skdr).

Klíčová slova: blýskáček řepkový, rezistence, pyretroidy, PCR, sekvenování

Abstract

In the years 2021, 2022 and during the first 8 months of 2023, populations of the pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) originating from various locations in the Czech Republic were tested by molecular methods for the presence of mutations L1014F and M918T, which cause resistance to pyrethroids. The selection of resistant individuals from the individual populations of pollen beetle was carried out using common laboratory tests. DNA was isolated from resistant individuals, PCR amplification of the domain II region of the sodium channel was performed, the sequences were purified and sent for sequencing. Subsequently, the presence of the L1014F or M918T mutation was evaluated. In total, 306 individuals phenotypically resistant to pyrethroids have been tested for the presence of the L1014F mutation and 131 individuals for the presence of the M918T mutation (skdr).

Key words: pollen beetle, resistance, pyrethroids, PCR, sequencing

Úvod

Blýskáček řepkový (*Meligethes aeneus* F.) patří v Evropě k hlavním škůdcům řepky olejné (*Brassica napus*). Přesto na sebe poutá v posledních letech pozornost pěstitelů méně než dřív. Daleko větší škody s vyšším dopadem způsobují dřepčík olejkový (*Psylliodes chrysocephala* L.) a stonky poškozující krytonosci, krytonosec čtyřzubý (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham, 1802) a krytonosec řepkový (*Ceutorhynchus napi* Gyllenhal, 1837). Příčiny nižších výskytů blýskáčka řepkového jsou zřejmě komplexního původu. Nedá se tedy předvídat, jestli období nižších výskytů bude pokračovat, nebo se výskyt blýskáčeků naopak zvýší. Faktem je, že vzrostou-li výskyt blýskáčka řepkového, bude problém ho v porostu pomocí nyní dostupných přípravků účinně kontrolovat (Seidenglanz et al., 2022). Důvodem je rezistence k pyretroidům, která je nyní rozšířena po celé Evropě.

Jedním ze dvou mechanismů rezistence k pyretroidům u blýskáčeků je tzv. metabolická rezistence. Ta spočívá v tom, že se u rezistentních jedinců schopných přežít i vysoké dávky insekticidů zvýšila aktivita určitých enzymů, které tyto insekticidy dokážou rozložit dříve, než

se v těle hmyzu naváží na příslušný receptor (ten je pro pyretroidy na nervovém vlákne). Do tohoto procesu jsou zapojeny enzymy ze skupiny oxygenáz, monooxygenázy Cytochromu P450 (Zimmer et al., 2014). Tyto enzymy lze v těle hmyzu inhibovat látkou nazvanou piperonyl butoxid (PBO). Je-li rezistence způsobena vyšší aktivitou monooxygenáz Cytochromu P450, musí po jejich inhibici v těle hmyzu v důsledku vystavení účinkům PBO dojít k návratu k citlivosti k pyretroidům (Seidenglanz et al., 2022). Metabolická rezistence je převládající mechanismus rezistence u českých a obecně i evropských populací blýskáček. Studie Zimmer et al. (2014) odhalila gen CYP6BQ23, který je zvýšeně exprimován (až 900krát) u dospělých jedinců a larev kmenů rezistentních na pyretroidy ve srovnání s kmeny citlivými. Výsledky naznačují, že zvýšená exprese CYP6BQ23 je primárním mechanismem umožňujícím rezistenci na pyretroidy v populacích blýskáček ve velké části Evropy.

Druhým typem mechanismu způsobujícího rezistenci je „target site insensitivity“ – mutace cílového místa pyretroidů. Tento typ rezistence je způsoben mutacemi L1014F a M918T, fenotypě se projevujícími jako tzv. knock-down rezistentní (kdr) a super-kdr (s-kdr), které byly původně popsány u *Musca domestica* rezistentní na pyretroidy (Williamson et al., 1993).

Od té doby byla mutace L1014F (CTT; nebo varianty, jako je L1014S) identifikována v řadě různých druhů škůdců (Davies et al., 2007; Foster et al., 2014; Bkhache et al., 2016; Liu et al., 2019; da Cruz et al., 2021; Rai a Saha, 2022; Roca-Acevedo 2023 a řada dalších). Obvykle poskytuje střední (10–20násobnou) úroveň rezistence vůči všem pyretroidům. Jedná se o záměnu jednoho nukleotidu, která vede k substituci aminokyseliny v doméně II sodíkového kanálku.

M918T (mutace ATG) a další podobné super-kdr mutace objevené také u celé řady škůdců (Lee et al., 1999; Eleftherianos et al., 2008; Zhao et al., 2014; Haddi et al. et al., 2012, Kasai et al., 2016 a mnoho dalších), propůjčují výrazně vyšší úroveň rezistence. Tyto mutace se nacházejí v doméně II S4–S5 linkeru a S5, S6 transmembránových oblastech kanálového proteinu a předpokládá se, že tvoří součást hydrofobního vazebného místa pro pyretroidy (Davies et al., 2007).

Vedle výše zmíněných mutací byly u blýskáček objeveny také další mutace vedoucí k substituci aminokyseliny v doméně II sodíkového kanálku, které mohou ovlivňovat rezistenci k insekticidům (Wrzesińska et al., 2014).

Metodika

Molekulární analýza byla zaměřena na prokázání nebo vyvrácení přítomnosti kdr resp. super-kdr rezistence u blýskáčka řepkového v různých oblastech ČR. Běžnými laboratorními testy (Adult vial tests; International Resistance Action Committee), které se používají pro testování úrovně citlivosti/rezistence k pyretroidům (ale i dalším účinným látkám insekticidů) byl proveden výběr rezistentních jedinců z jednotlivých populací blýskáčka řepkového. Pro molekulární analýzu byli použiti jedinci, kteří se v IRAC testech projevili jako fenotypově rezistentní k pyretroidům. Šlo o jedince, kteří bez výrazných projevů poškození přežili kontaktní expozici (24 hodin; světlo: tma = 12: 12 hodin; 18–20 °C) vysokým dávkám těchto pyretroidů: lambda-cyhalothrin (pro blýskáčky od dávky 7.5 g a.i./ha); cypermethrin (pro blýskáčky od dávky 5 g a.i./ha) a tau-fluvalinate (pro blýskáčky od dávky 48 g a.i./ha). Brouci, kteří prošli selekčním sítím, byli ihned po ukončení IRAC testu zamrazení (-72 °C). IRAC testy byly prováděny na pracovištích Agritec Plant Research s.r.o. (Šumperk), ÚKZÚZ – pracoviště Olomouc, Zemědělský výzkum, spol s r.o. (Troubsko), OSEVA vývoj a výzkum s.r.o. (Opava) a MENDELU (Brno).

Vybraní rezistentní jedinci byli následně analyzováni na přítomnost mutace udělující kdr a super-kdr typ rezistence. Jednotliví brouci byli homogenizováni v kapalném dusíku a pomocí Quickgene DNA tissue kit (Kurabo Industries, Německo) z nich byla izolována genomová DNA dle protokolu výrobce. Oblast domény II sodíkového kanálku v oblasti mutace skdr byla

amplifikována prostřednictvím metody PCR na základě metodiky dle Nauen et al. (2012); použity byly primery PB1, PB2, PB3 a PB4, složení reakční směsi a teplotní podmínky dle uvedené publikace. Pro testování oblasti kdr byly využity primery nově navržené na základě sekvence dostupné v GenBank: AF354457.1, které jsou uvedeny v tabulce 1.

PBtestF	AGAGTGTTATGCGGGGAATG
PBtestR	TGGTGCTGATAAGCTGGATG

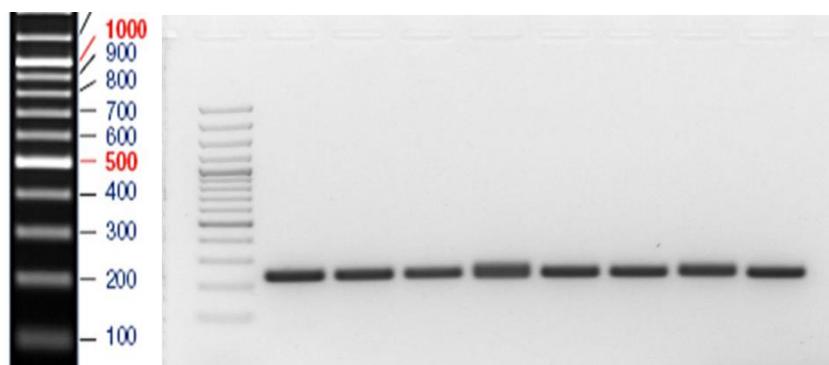
Tab.1: Primery pro amplifikaci domény II sodíkového kanálku v oblasti mutace kdr

Při použití uvedených primerů pro amplifikaci oblasti kdr bylo složení reakční směsi pro PCR: 20–50 ng DNA, 1x Dream Taq PCR buffer, 100 µM každého nukleotidu, 0,4 µM každého primeru a 1 U Dream Taq polymerázy (Thermo Scientific). Teplotní profil PCR reakcí byl 94 °C /10 min + 35x (94 °C /30 s, 55 °C /30 min, 72 °C /60 s) se závěrečnou elongací 72 °C /5 min. 10 µl vzorku po PCR reakci bylo pro kontrolu naneseno na 1,5% agarózový gel barvený ethidium bromidem, nasvíceno UV světlem a nasnímáno.

Amplifikované sekvence oblastí mutaci kdr a skdr byly následně purifikovány Isolate II PCR and gel kit (Meridian Bioscience) a odeslány na sekvenování. Získané sekvence byly analyzovány v programu Sequence Scanner (Applied Biosystems, Foster City, CA). Na základě sekvencí byl vyhodnocen genotyp jednotlivých brouků (SS/SR/RR – senzitivní versus rezistentní genotyp).

Výsledky a diskuze

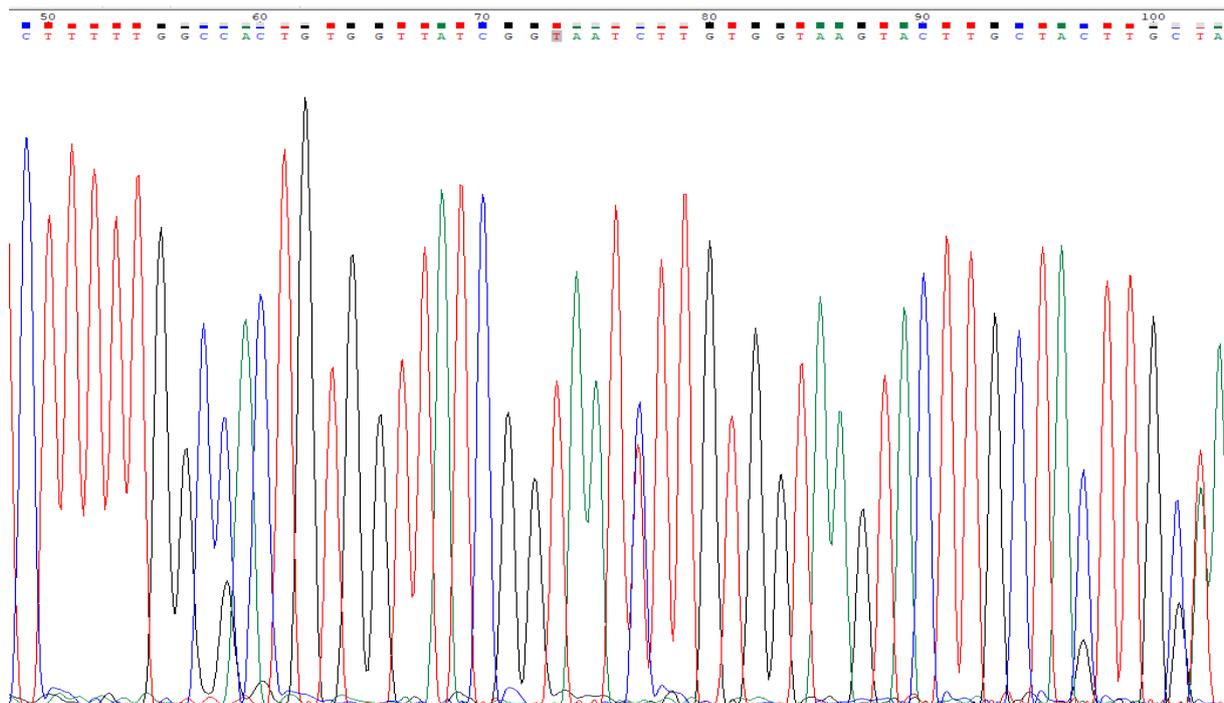
Při použití primerů PBtest F+R byla výsledná délka amplifikovaného produktu 233 bp (viz obr.1), při použití primerů a metodiky dle publikace Nauen et al. (2012), byla výsledná délka amplifikovaných PCR produktů 510 bp.



Obr. 1: Výsledek PCR amplifikace oblasti mutace kdr (233 bp), vlevo 100 bp Plus DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific)

Během let 2021, 2022 a prvních 8 měsíců roku 2023 bylo testováno celkem 306 fenotypově rezistentních jedinců blýskáčka řepkového k pyretroidům (přežili vysoké dávky lambda-cyhalothrinu, cypermethrinu nebo tau-fluvalinatu) na přítomnost mutace kdr a 131 jedinců na přítomnost mutace skdr.

Mutace M918T (skdr) nebyla během testování detekována u žádného vzorku. Mezi výše uvedenými testovanými vzorky byl však během molekulárních analýz v r. 2021 objeven 1 vzorek heterozygotní v kdr mutaci – výsledek jeho sekvenování je uveden na obrázku 2.



Obr.2.: Sekvence vzorku s heterozygotním (T/C) genotypem v oblasti kdr mutace L1014F (CTT)

Jednalo se o vzorek, který přežil expozici tau-fluvalinate 48 g a.i./ha, pocházející z lokality poblíž Českých Budějovic. Jde o první potvrzení tohoto typu rezistence nejen u populací blýskáčků v ČR, ale i ve střední Evropě.

U tohoto vzorku bylo tedy na území ČR poprvé prokázáno, že jde o rezistenci vyvolanou mutací, projevující se obměnou dvou aminokyselin v proteinu, který je součástí vazného místa (receptoru) na nervovém vlákne (místo, kde se pyretroidní účinná látka za normální situace váže) a ne pouze o metabolickou rezistenci související s nárůstem aktivity některých enzymů (předpokládá se, že cytochromu P450 – monooxygenáz; popř. jiných skupin enzymů) v tělech rezistentních jedinců.

Navzdory vyššímu počtu sekvenovaných vzorků proti roku 2021 nebyl v dalších dvou letech v testovaném souboru objeven další vzorek nesoucí kdr mutaci L1014F.

V poslední době byl v mnoha evropských zemích, včetně Finska, Německa, Francie, Polska, Dánska, České republiky a dalších, popsán široce rozšířený vývoj rezistence k pyretroidům v populacích blýskáčků (Tiilikainen a Hokkanen, 2008; Zimmer et al., 2011; Philippou et al., 2011, Nauen et al. 2012; Hovorka et al., 2021).

Nauen et al. (2012) zveřejnili výsledky testování přítomnosti mutací L1014F a M918T u více než 350 populací pocházejících ze 13 evropských zemí. Autoři nepozorovali ve studovaných populacích výskyt mutace M918T zapříčínující skdr rezistenci. Ve většině z testovaných populací nebyla přítomna ani mutace L1014F. Pouze vzorky ze dvou zemí, Dánska a Švédska, prokázaly výskyt blýskáčků heterozygotních nebo homozygotní pro tuto mutaci. Jeden heterozygotní jedinec byl objeven také v Německu (což odpovídá i našim výsledkům). V rámci publikace Nauen et al. (2012) byly testovány pouze dvě populace pocházející z ČR, ve kterých mutace nalezena nebyla. Stará a Kocourek (2018) testovali v letech 2009 až 2015 v rámci ČR 9 populací blýskáčků, kdr mutace u vzorků rovněž nebyla objevena. Rozsáhlejší testování jedinců blýskáčka řepkového pocházejících z České republiky popsali také Hovorka et al. (2021). Navzdory vysoké úrovni rezistence vůči pyretroidům opět nebyla ve zmíněné studii u žádného z 244 testovaných jedinců detekována mutace kdr.

Závěr

Cílem práce bylo u populací blýskáčka řepkového (*Meligethes aeneus* F.) pocházejících z různých lokalit ČR testovat molekulárními metodami přítomnost mutací L1014F a M918T, způsobujících rezistenci vůči pyretroidům. Laboratorními testy byl proveden výběr rezistentních jedinců z jednotlivých populací blýskáčka řepkového. Celkem bylo takto testováno 306 jedinců fenotypově rezistentních k pyretroidům na přítomnost mutace L1014F (kdr) a 131 jedinců na přítomnost mutace M918T (skdr). V rámci této práce byl objeven 1 vzorek heterozygotní v kdr mutaci. Jde o první potvrzení tohoto typu rezistence nejen u populací blýskáčků v ČR, ale i ve střední Evropě.

Molekulární analýzy tedy prokázaly, že u českých populací jsou přítomné oba výše zmíněné typy rezistence (jak metabolická, tak rezistence díky mutaci L1014F), nicméně metabolický typ rezistence má výrazně vyšší praktický dopad. Nadále bude pokračováno v molekulárních analýzách vzorků, které se v testech budou jevit jako fenotypově rezistentní. Analýzy budou probíhat se zaměřením na lokalitu, kde byl nalezen heterozygotní vzorek.

Literatura

- Bkhache M., Tmimi F.Z., Charafeddine O., Faraj Ch., Failloux A.B., Sarih M. (2016): First report of L1014F-kdr mutation in *Culex pipiens* complex from Morocco. *Parasites Vectors* 9, 644.
- da Cruz D.L., Paiva M.H.S., Guedes D.R.D., Gomes E., Pires S., Gómez L., Ayres, C. (2021): First report of the L1014F kdr mutation in wild populations of *Anopheles arabiensis* in Cabo Verde, West Africa. *Parasites Vectors* 14, 582.
- Davies T.G.E., Field L.M., Usherwood P.N.R., Williamson M.S. (2007): Critical review: DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. *IUBMB Life* 59, 151–162.
- Eleftherianos I., Foster S.P., Williamson M.S., Denholm I. (2008): Characterization of the M918T sodium channel gene mutation associated with strong resistance to pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Bull Entomol Res.* (2):183–91.
- Foster S.P., Paul V.L., Slater R., Warren A., Denholm I., Field L.M., Williamson M.S (2014): A mutation (L1014F) in the voltage-gated sodium channel of the grain aphid, *Sitobion avenae*, is associated with resistance to pyrethroid insecticides. *Pest Manag Sci.*, 70(8):1249–53.
- Haddi K., Berger M., Bielza P., Cifuentes D., Field L.M., Gorman K., Rapisarda C., Williamson M.S., Bass Ch. (2012): Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 42 (7): 506–513, ISSN 0965–1748.
- Hovorka T., Kocourek F., Horská, T., Stara J. (2021): Widespread resistance of pollen beetles to pyrethroids in Czechia with no evidence for kdr mutation. *Crop Protection*. 145. 105648. 10.1016/j.cropro.2021.105648.
- Kasai S., Sun H., Scott J.G. (2017): Diversity of knockdown resistance alleles in a single house fly population facilitates adaptation to pyrethroid insecticides. *Insect Mol Biol.* 26(1):13–24. doi: 10.1111/imb.12267.
- Lee S.H., Smith T.J., Knipple D.C., Soderlund D.M. (1999): Mutations in the house fly *Vssc1* sodium channel gene associated with super-kdr resistance abolish the pyrethroid sensitivity of *Vssc1*/tipE sodium channels expressed in *Xenopus oocytes*. *Insect Biochem Mol Biol.* (2):185–94. doi: 10.1016/s0965-1748(98)00122-2.
- Liu, N., Feng X., Li M. Qiu X. (2019): First detection of the kdr mutation (L1014F) in the plague vector *Xenopsylla cheopis* (Siphonaptera: Pulicidae). *Parasites Vectors* 12, 526 <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3775-2>.

- Nauen R., Zimmer C. T., Andrews M., Slater R., Bass C. G., Ekbohm B., Gustafsson G., Hansen L. M., Kristensen M., Zebitz C. P. W., Williamson, M. S. (2012): Target-site resistance to pyrethroids in European populations of pollen beetle, *Meligethes aeneus* F. Pesticide Biochemistry and Physiology, 103, 173–180.
- Philippou D., Field L.M., Wegorek P., Zamojska J., Andrews M.C., Slater R., Moores G.D. (2011): Characterising metabolic resistance in pyrethroid-insensitive pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) from Poland and Switzerland. Pest Manag Sci. 67(2):239–43. doi: 10.1002/ps.2061.
- Rai P., Saha D. (2022): Occurrence of L1014F and L1014S mutations in insecticide resistant *Culex quinquefasciatus* from filariasis endemic districts of West Bengal, India. PLOS Neglected Tropical Diseases 16(1): e0010000. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010000>
- Roca-Acevedo G., Boscaro I., Toloza A.C. (2023): Global pattern of kdr-type alleles in *Musca domestica* (L.). Curr Trop Med Rep 10, 1–10.
- Seidenglanz M., Šafář J., Ludvíková M., Horáček J., Kolařík P., Hrudová E., Havel J., Gališová V., Kocourek F., Stará J., Tánčík J., Bokor P., Tóth P., Víchová L., Bajerová R., Muñoz M. (2022): Rezistence blýskáčka řepkového: aktuální stav, rozšíření, příčiny a možné dopady Úroda: řepka: odborná příloha, 70(4), 8–14. ISSN 0139-6013.
- Stará J., Kocourek F. (2018): Seven-year monitoring of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Brassicogethes aeneus* F.) during implementation of insect resistance management. Pest Manag Sci. 74(1):200–209. doi: 10.1002/ps.4695.
- Tiilikainen T., Hokkanen H. (2008): Pyrethroid resistance in Finnish pollen beetle (*Meligethes aeneus*) populations – is it around the corner? EPPO Bulletin. 38. 99–103. 10.1111/j.1365-2338.2008.01190.x.
- Williamson M.S., Denholm I., Bell C.A., Devonshire A.L. (1993): Knockdown resistance (Kdr) to DDT and pyrethroid insecticides maps to a sodium channel gene locus in the housefly (*Musca domestica*), Mol. Gen. Genet. 240 17–22.
- Wrzesińska B., Czerwoniec A., Wiczorek P., Węgorzek P., Zamojska J., Obrepalska-Stęplowska A. (2014): A survey of pyrethroid-resistant populations of *Meligethes aeneus* F. in Poland indicates the incidence of numerous substitutions in the pyrethroid target site of voltage-sensitive sodium channels in individual beetles. Insect Mol Biol. (5):682–93. doi: 10.1111/imb.12112.
- Zhao M., Dong Y., Ran X. Guo X, Xing D., Zhang Y., Yan T., Zhu X., Su J., Zhang H., Wang G., Hou W., Wu Z., Li C., Zhao T. (2014): Sodium channel point mutations associated with pyrethroid resistance in Chinese strains of *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). Parasites Vectors 7, 369. doi: 10.1186/1756-3305-7-369.
- Zimmer C.T., Bass C., Williamson M.S., Kausmann M., Wölfel K., Gutbrod O., Nauen R. (2014): Molecular and functional characterization of CYP6BQ23, a cytochrome P450 conferring resistance to pyrethroids in European populations of pollen beetle, *Meligethes aeneus*. Insect Biochem Mol Biol. 45:18–29. doi: 10.1016/j.ibmb.2013.11.008.
- Zimmer, C.T., Nauen, R. (2011): Cytochrome P450 mediated pyrethroid resistance in European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). Pesticide Biochemistry and Physiology. 100. 10.1016/j.pestbp.2011.04.011.

Dedikace

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, grant QK21010332.

Kontaktní adresa:

Ing. Michaela Ludvíková, Ph.D., Agritec Plant Research s.r.o., Zemědělská 16, 78701 Šumperk, 583382127, ludvikova@agritec.cz

Nové možnosti v ochraně travosemenných porostů vůči chorobám

New possibilities for diseases control in grass seed crop

Macháč R., Petřeková P.

OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Zubří

Abstrakt

Biotický stres způsobený chorobami, zejména černou rzivostí trav je závažným problémem v českém travním semenářství, zejména u porostů jílků. Ve dvouletých polních maloparcelních pokusech byly hodnoceny možnosti ochrany semenářských porostů jílků (vytrvalý, italský) proti chorobám aplikací nových fungicidů. Všechny testované fungicidy snižovaly napadení černou rzivostí i listovými skvrnitostmi. Zároveň u obou jílku došlo ke zvýšení výnosu semen. Pozitivní vliv aplikace fungicidů na zvýšení hmotnosti tisíce obilek se projevil jen u jílku vytrvalého. Na základě výsledků polních pokusů byly fungicidy Variano Xpro (*bixafen*, *fluoxastrobin*, *prothioconazol*) a Input 460 EC (*prothioconazol*, *spiroxamin*) navrženy na rozšíření použití do trav na semeno v České republice.

Klíčová slova: jílek, rzivost, výnos semen

Abstract

Biotic stress caused by diseases, especially stem rust, is significant problem in Czech grass seed growing, especially in Ryegrass seed crops. In two-years small plot field trials, the possibilities for stem rust control of Ryegrass (perennial, Italian) seed crop were evaluated. All the tested fungicides effectively decreased attack of stem rust and the leaf spot. Simultaneously at of both Ryegrass species were observed increasing of seed yield. Positive effect of fungicide application on increasing of the thousands seed weight was shown only in Perennial Ryegrass. Based on field trial results were fungicides Variano Xpro (*bixafen*, *fluoxastrobin*, *prothioconazol*) and Input 460 EC (*prothioconazol*, *spiroxamin*) proposed for exstension of application into Grass seed crops in the Czech Republic.

Keywords: Ryegrass, stem rust, seed production

Úvod

Onemocnění semenářských porostů trav způsobené původci z říše hub je významným biotickým stresovým faktorem, který může přinést značné ztráty na výnosu obilek trav a tedy i osiva trav. V České republice je pěstováno na semeno více než 20 druhů trav. Ačkoliv tyto trávy spadají do jedné čeledi, jsou mezi nimi odlišnosti jak po stránce morfologické, tak i po stránce fyziologické či fenologické. Často se mohou lišit i spektrem chorob. Nejpěstovanější trávy na semeno jsou z rodu jílek (*Lolium* sp.). Jílky, ale i jiné druhy trav (např. kostřavy, lipnice, bojínek) často napadají rzivostí, zejména černá rzivost trav, způsobena původcem *Puccinia graminis* subsp. *graminicola*, dále korunkatá rzivost trav způsobená původcem *Puccinia coronata* var. *coronata*. Nejvyšší hospodářskou škodlivost má černá rzivost trav, která u neošetřených porostů může snížit výnos až o 90 % (Cagaš, 2010). Napadení černou rzivostí napomáhá dle Pfendera (2006a) ovlhčení čepelí listů trav při vyšších teplotách. Vzhledem ke klimatické změně a nárůstu průměrných teplot v poslední době jsou tak příznivé podmínky pro napadení černou rzivostí stále častější. V České republice je pro ochranu semenářských porostů trav proti černé rzivosti registrován fungicid Amistar s účinnou látkou *azoxystrobin*. Aplikaci tohoto fungicidu doporučuje Cagaš (2010) preventivně ve fázi sloupkování. Přípravek Amistar je v současnosti jediným účinným přípravkem na ochranu rostlin proti chorobám, registrovaným do trav pěstovaných na semeno. Cílem této publikace je prezentovat výsledky

polních pokusů s novými fungicidy, které by bylo možno v českém travním semenářství používat.

Materiál a metody

Polní maloparcelní pokusy s jíllem vytrvalým (*Lolium perenne* L.) a jíllem mnohokvětým italským (*Lolium multiflorum* Lam. subsp. *italicum*) byly provedeny v letech 2021-2022 na pozemcích Výzkumné stanice travinářské v Zubří. Charakteristiky stanoviště: nadm. výška: 356 m, průměrná teplota: 7,5 °C, srážkový normál: 864 mm, půdní typ: luvizem oglejená, půdní druh: písčitohliná. Pokusné plochy s oběma druhy jílku byly vysety v srpnu 2020. Jílky byly vysety do parcel širokých 1,26 m (6 řádků á 21 cm). Hodnocená a sklizňová plocha parcely činila 10 m². Na podzim bylo každoročně u obou druhů provedeno přihnojení NPK v dávce ekvivalentní 60 kg dusíku na ha. Na jaře bylo provedeno přihnojení ledkem amonným s dolomitem v dávce 75 kg dusíku na ha. V období před počátkem sloupkování byly oba pokusy přihnojeny DAM-390 v dávce 30 kg dusíku na ha. Celková jarní dávka dusíku činila 105 kg na ha. Proti dvouděložným plevelům byl v prvním roce aplikován herbicid Mustang v dávce 0,6 l.ha⁻¹.

V období konce sloupkování byly provedeny pokusné aplikace fungicidů. Aplikace fungicidů proběhla pomocí bezezbytkového přesného parcelního postřikovače Zems 09/00. Použité fungicidy a jejich dávky jsou uvedeny v tabulce 1. Dávka vody činila 300 l.ha⁻¹. V rámci hodnocení byl sledován vliv na napadení černou rzivostí a doplňkově i listové skvrnitosti. Hodnocení účinnosti na choroby proběhlo ve třech termínech (14 dnů po aplikaci (T1), 4 týdny po aplikaci (T2) a před sklizní (T3). Hodnocení bylo pomocí stupnice 9 (bez napadení) – 1 (zcela napadeno). Obecně bylo napadení černou rzivostí slabší a významněji se projevilo na neošetřené kontrole až v období dozrávání. Napadení listovými skvrnitostmi bylo střední. Výmlat jílku byl proveden přímou sklizní maloparcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger Elite. Vymláčené osivo bylo šetrně dosušeno v komorové sušárně a následně vyčištěno na soustavě laboratorních čističek Westrup-Kamas. Z vyčištěného osiva byl stanoven výnos semen a odebrány vzorky pro stanovení kvalitativních parametrů. Výsledky byly statisticky analyzovány prostřednictvím programu Statistica 10 (Cochranův test, ANOVA, post hoc test dle Tukeye).

Tabulka 1 Použité fungicidy a dávky

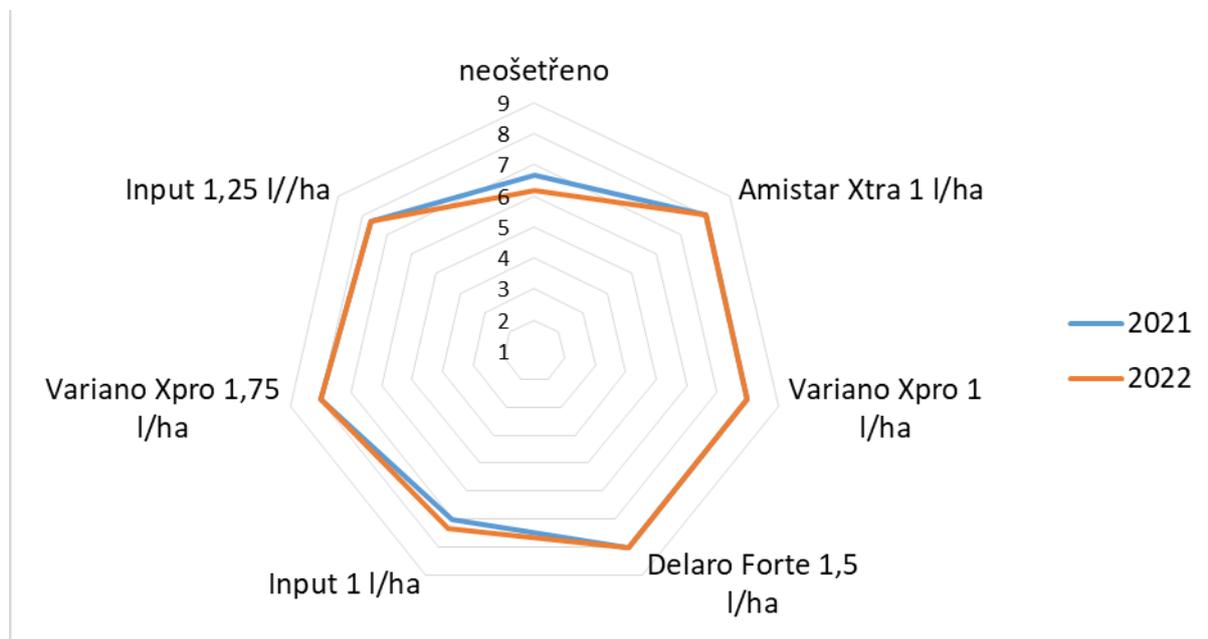
Var.	Fungicid	účinné látky	dávka na ha
1.	neošetřeno		-
2.	Amistar Xtra	<i>azoxystrobin + cyproconazol</i>	1 l
3.	Variano Xpro	<i>bixafen + fluoxastrobin + prothioconazol</i>	1 l
4.	Delaro Forte	<i>prothioconazol + spiroxamin + trifloxystrobin</i>	1,5 l
5.	Input 460 EC	<i>prothioconazol + spiroxamin</i>	1 l
6.	Variano Xpro	<i>bixafen + fluoxastrobin + prothioconazol</i>	1,75 l
7.	Input 460 EC	<i>prothioconazol + spiroxamin</i>	1,25 l

Výsledky

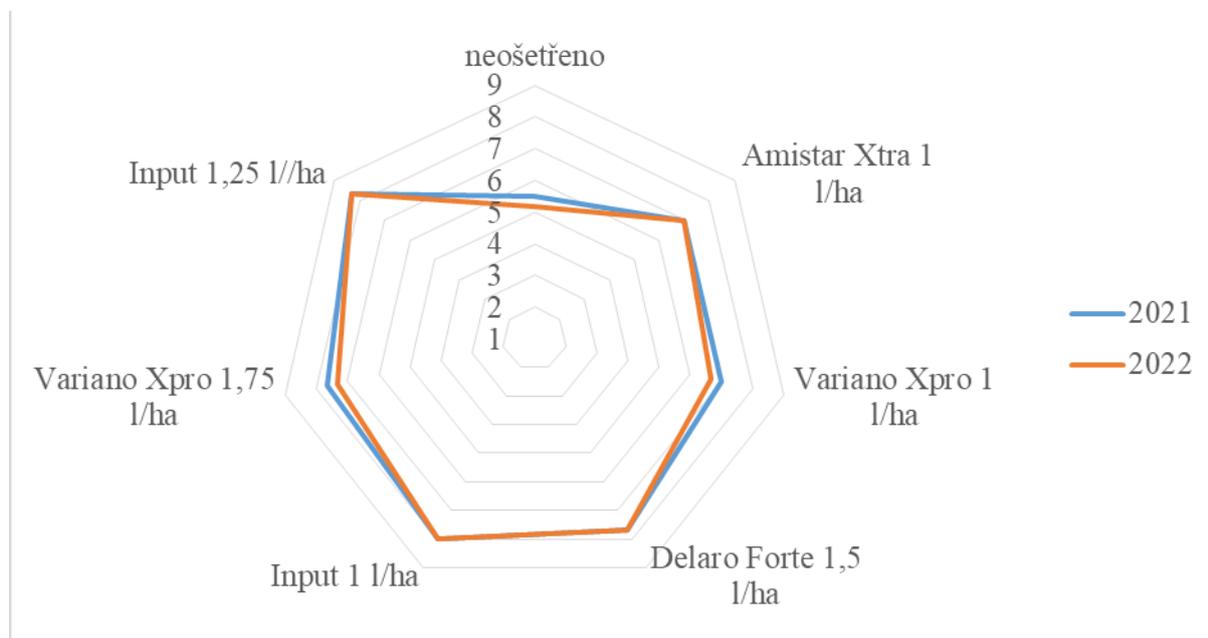
U jílku vytrvalého všechny fungicidy zvýšily odolnost k oběma chorobám, přičemž přípravek Input 460 EC vykazoval nižší účinnost na rzivost, avšak nejvyšší účinnost na listové skvrnitosti. Účinnost Variana Xpro a Delara Forte byla na úrovni Amistaru Xpro. Účinnost fungicidů na černou rzivost i listové skvrnitosti byla v termínech T2 a T3 statisticky průkazná u všech fungicidů. Celkově bylo v obou letech napadení zejména černou rzivostí nízké a na neošetřené kontrole bylo hodnoceno hodnotou 8,5 v prvním termínu hodnocení, před sklizní hodnoceno hodnotou 6,2 (2022) - 6,7 (2021). Napadení listovými skvrnitostmi (hnědá skvrnitost trav, *Pyrenophora lolii*) bylo o něco vyšší – na neošetřené kontrole 7,2 (2022) – 7,7 (2021) v prvním

termínu hodnocení, před sklizní bylo hodnoceno stupněm 5,2 (2022) - 5,5 (2021) Účinnost na choroby byla v obou letech podobná (viz grafy 1,2).

Graf 1 Vliv fungicidů a dávek na napadení jílku vytrvalého černou rzivostí trav (Zubří 2021-22)



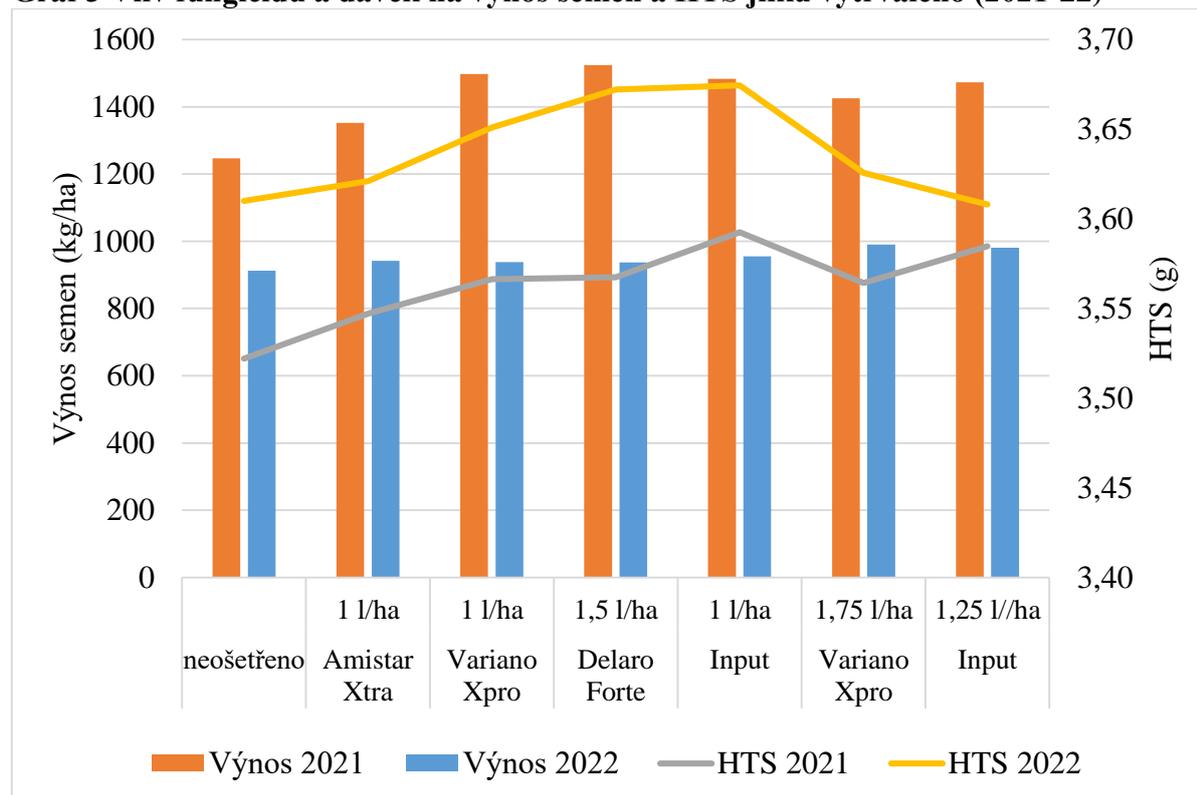
Graf 2 Vliv fungicidů a dávek na napadení jílku vytrvalého listovými skvrnitostmi (Zubří 2021-22)



Ošetření fungicidy mělo příznivý vliv na výnos semen jílku vytrvalého. V roce 2021 všechny varianty ošetřené fungicidy statisticky významně (na hladině významnosti 5 %) zvýšily výnos semen. Nejvyšší výnos byl dosažen po aplikaci Delara Forte v dávce 1,5 l/ha a Variana Xpro

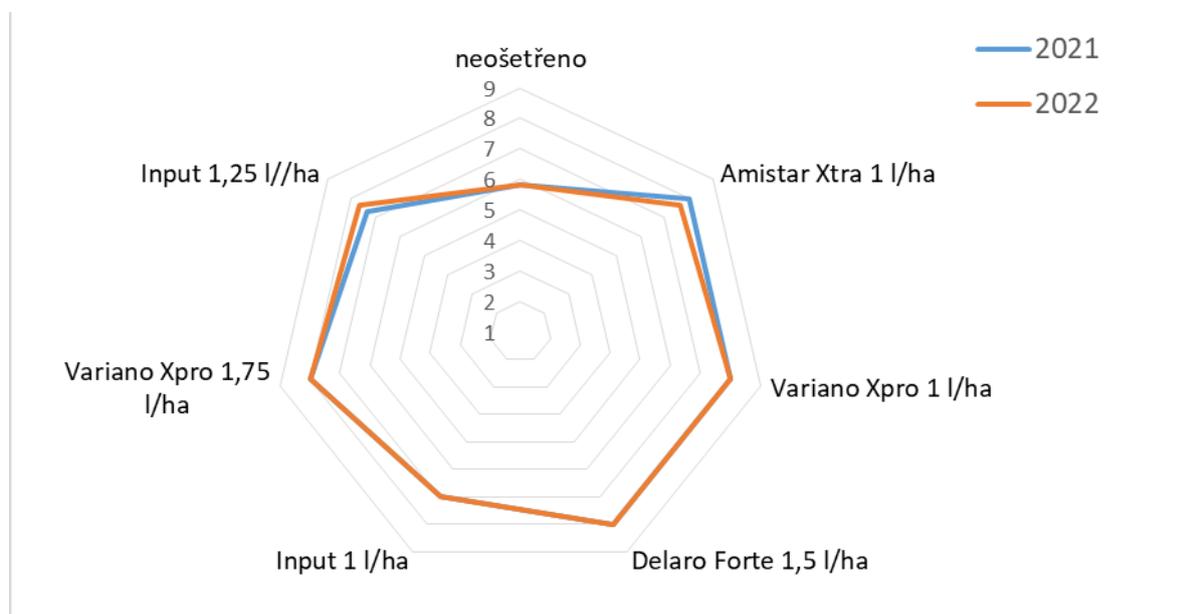
v dávce 1 l/ha. V případě Amistaru Xtra byl zaznamenán průkazně nižší výnos než u jiných fungicidů. V roce 2022 rovněž všechny varianty ošetřené fungicidy poskytly vyšší výnos než neošetřená varianta, ovšem toto zvýšení již nebylo statisticky významné. Nejvyšší výnos byl dosažen po aplikaci Variana Xpro v dávce 1,5 l/ha následované Inputem v dávce 1,25 l/ha. Všechny aplikace fungicidů měly za následek zvýšení HTS, nicméně toto zvýšení nebylo ani v jednom roce statisticky průkazné. Nejvyšší HTS byla v roce 2021 u varianty ošetřené fungicidem Input v dávce 1 l.ha⁻¹, v roce 2022 byla stanovena nejvyšší HTS u varianty ošetřené fungicidy Delaro Forte (1,5 l/ha) a Input v dávce 1 l.ha⁻¹. V grafu 3 je znázorněn vliv fungicidů na výnos semen a HTS v obou letech.

Graf 3 Vliv fungicidů a dávek na výnos semen a HTS jílku vytrvalého (2021-22)

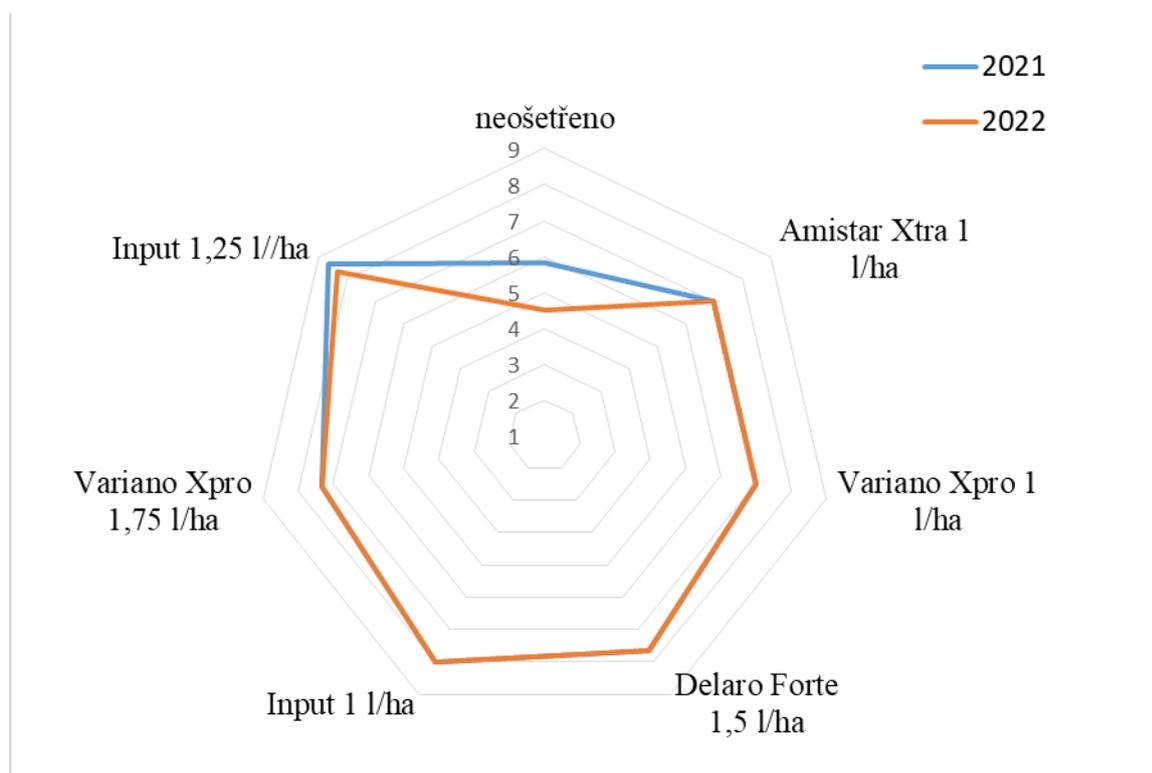


Také u jílku mnohokvětého italského všechny fungicidy zvýšily odolnost k oběma chorobám. I zde přípravek Input 460 EC vykazoval nižší účinnost na rzivost, avšak nejvyšší účinnost na listové skvrnitosti. Obdobně účinnost Variana Xpro a Delaro Forte byla na úrovni Amistaru Xpro (viz grafy 4 a 5). Účinnost fungicidů na listové skvrnitosti byla v termínech T2 a T3 statisticky průkazná u všech fungicidů, na černou rzivost byla účinnost statisticky významná u fungicidů Delaro Forte, Variano Xpro a Amistar Xtra. Celkově bylo v obou létech napadení zejména černou rzivostí nízké a na neošetřené kontrole bylo hodnoceno hodnotou 8,5 v prvním termínu hodnocení, před sklizní hodnoceno hodnotou 5,8. Napadení listovými skvrnitostmi (hnědá skvrnitost trav, *Pyrenophora lolii*) bylo o něco vyšší – na neošetřené kontrole 7,3 (2022) – 7,8 (2021) v prvním termínu hodnocení, před sklizní bylo hodnoceno stupněm 5,2 (2022), resp. 4,5 (2022). Účinnost na choroby byla v obou letech podobná (viz grafy 4,5).

Graf 4 Vliv fungicidů na napadení jílku mnohokvětého italského černou rzivostí (Zubří 2021-22)



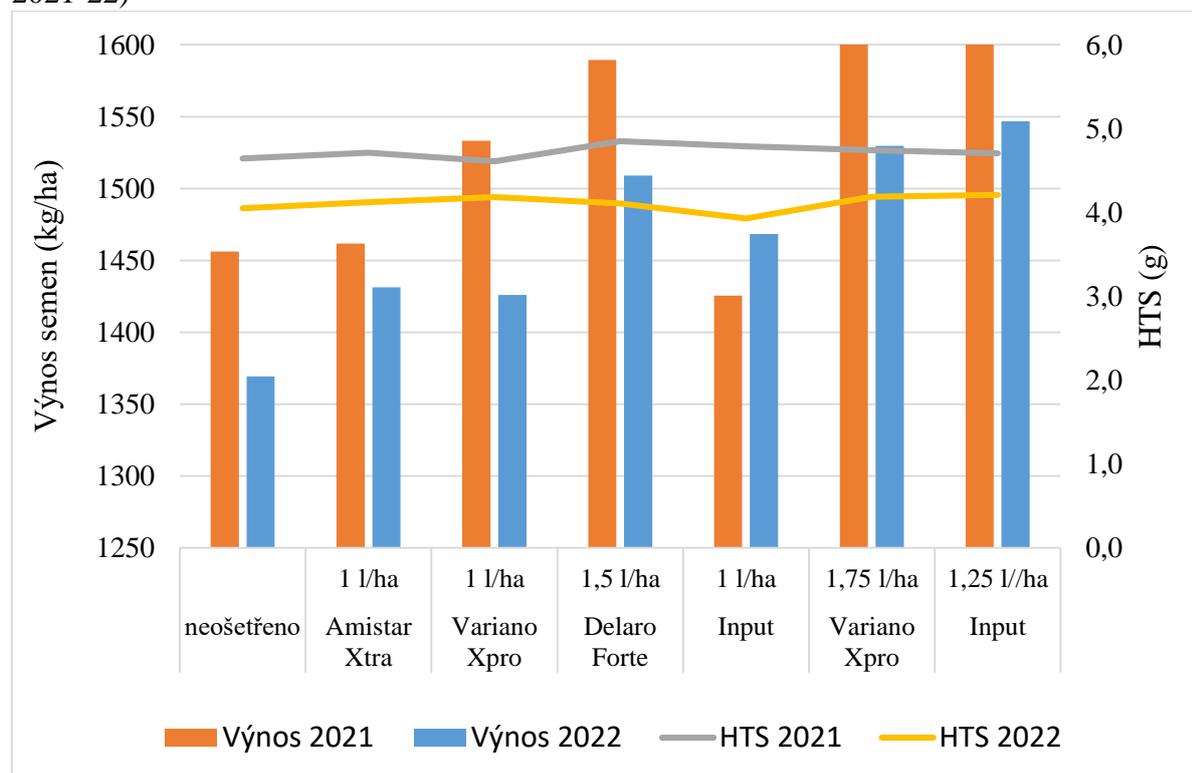
Graf 5 Vliv fungicidů a dávek na napadení jílku mnohokvětého listovými skvrnitostmi (Zubří 2021-22)



U jílku mnohokvětého italského byly v obou létech nejvyšší výnosy dosaženy u variant ošetřených Varianem Xpro v dávce 1,75 l/ha a Inputem v dávce 1,25 l/ha, kdy bylo dosaženo statisticky významného zvýšení výnosu semen oproti neošetřené kontrole. U ostatních variant

bylo v roce 2021 zvýšení výnosu neprůkazné, v roce 2022 bylo dosaženo statisticky významného zvýšení výnosu semen oproti neošetřené kontrole u všech variant ošetřených fungicidy s výjimkou Variana Xpro v nižší dávce, kde bylo zvýšení výnosu neprůkazné. V případě hmotnosti tisíce obilek (semen) nebyly v obou letech pozorovány statisticky významné rozdíly mezi ošetřenými variantami a kontrolou. Porovnání vlivu fungicidů a dávek na výnos semen a HTS jílku mnohokvětého v obou letech je znázorněn v grafu 6.

Graf 6 Vliv fungicidů a dávek na výnos semen a HTS jílku mnohokvětého italského (Zubří 2021-22)



Diskuze

Ošetření fungicidy je standardním opatřením v ochraně semenářských porostů jílků, které snižuje napadení hospodářsky významnými chorobami, zejména rzivostí. V České republice je proti závažným chorobám pro použití v porostech trav na semeno v současnosti registrován pouze jediný fungicid – Amistar. V registru přípravků na ochranu rostlin jsou do trav povoleny i přípravky na bázi síry, s deklarovanou účinností proti braničnatkám (Septoriová skvrnitost trojštětů), které však v travách na semeno nemají významnou hospodářskou škodlivost (Cagaš, 2010). O nutnosti ošetřovat semenářské porosty jílku proti rzivostem referují Rodriguez-Algaba *et al.* (2020), kteří v dánských podmínkách doporučují dvojitou aplikaci fungicidů na bázi azolů či strobilurinů, Pfender (2006b) zjistil, že aplikace propiconazolu snižuje produkci spor černé rzivosti až o 73 %, aplikace azoxystrobinu je účinnější a redukuje produkci spor až o 98 %. Rolston *et al.* (2009) na základě 19 pokusů v průběhu 12 let zjistili, že aplikace fungicidů v průměru zvyšuje výnos semen pícních odrůd jílku vytrvalého o 25 %, zatímco u travníkových odrůd až o 42%. Koutouan *et al.* (2023) porovnávali možnosti biologické ochrany jílku vytrvalého vůči černé rzivosti. Tři biologické přípravky (Veg'lys, LBG-01F34 a 030-P-3-D) statisticky významně zvýšily odolnost jílku vůči napadení, nicméně účinnost těchto přípravků byla nižší než u standardní ochrany fungicidy. Ve Francii jsou do trav na semeno mimo jiné

registrovány fungicidy Variano Xpro v dávce 1,75 l.ha⁻¹ a Input v dávce 1,25 l.ha⁻¹ (FNAMS, 2020).

Závěr

Výsledky dvouletých pokusů s ochranou jílků proti černé rzivosti trav a listovým skvrnitostem přinesly dobré výsledky. Všechny testované fungicidy prokázaly dobrou účinnost na dané choroby. Přípravek Input vykazoval vyšší účinnost na listové skvrnitosti, přípravky Variano Xpro a Delaro Forte měly vyšší účinnost na černou rzivost trav. Testované fungicidy byly v letošním roce navrženy na rozšíření použití v porostech trav na semeno.

Literatura

- Cagaš, B. (2010). Choroby, škůdci, abionózy a ochrana proti nim. In: Cagaš a kol. *Trávy pěstované na semeno*. Vydavatelství Ing. Petr Baštan. s. 207-235.
- FNAMS (2020) Guide pratique Spécial protection des cultures fourragères porte-graine - Janvier 2020. 24s.
- Koutouan C.E., Buridant Ch., Defforges R., Pateau Y., Poirier V. (2023) Stem rust of perennial ryegrass, how effective are biocontrol and alternative solutions against this disease? Proceedings of the 11th International Herbage Group Conference, Angers. s. 191.
- Pfender, W. F. (2006a). Interaction of fungicide physical modes of action and plant phenology in control of stem rust of perennial ryegrass grown for seed. *Plant Dis.* 90:1225-1232
- Pfender, W. F. (2006b). Interaction of Fungicide Physical Modes of Action and Plant Phenology in Control of Stem Rust of Perennial Ryegrass Grown for Seed. *Plant disease*, 90(9), 1225-1232.
- Rodriguez-Algaba, J., Boelt, B., Matzen, N., Jørgensen, L. N. (2020). Fungicide application improves seed yield of perennial ryegrass upon infection with stem and crown rust fungi. *Crop protection*, 134, 105178.
- Rolston, M. P., McCloy, B. L., Harvey, I. C., & Chynoweth, R. W. (2009). Ryegrass (*Lolium perenne*) seed yield response to fungicides a summary of 12 years of field research. *New Zealand Plant Protection*, 62, 343-348.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu DKRVO MZE-RO1823

Kontaktní adresa:

Ing. Radek Macháč, Ph.D.
OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.
Hamerská 698, 756 54 Zubří
tel.: 571 658 294, e-mail: machac@oseva.cz

Vliv vybraných botanických pesticidů na predátory mšic

Effect of botanical pesticides on aphid predators

Novák M.^{1,2}, Pavela R¹.

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně

²Česká zemědělská univerzita v Praze

Abstrakt

Cílem výzkumu bylo zjistit insekticidní účinnost na mšice 6 botanických pesticidů prodávaných v České republice, a zároveň zkoumat jejich bezpečnost pro 2 druhy přirozených predátorů mšic, kteří jsou používáni jako bioagens. Testům na akutní toxicitu byly podrobeny 2 přípravky na ochranu rostlin (Pyregard, Oroganic), 3 pomocné prostředky na ochranu rostlin (Rock Effect, Floravita SiO, Floravita Citro) a jeden suchý rostlinný materiál prodávaný jako základ pro domácí výrobu odvary (kvasiové dřevo).

Akutní toxicita přípravků byla testována na kyjatce travní (*Metopolophium dirhodum* Walker, 1849), a následně byly pomocí probitové analýzy odhadnuty subletální (LC₃₀ a LC₅₀) a letální (LC₉₀) koncentrace. Následně byli těmito přípravkům vystaveni 2 významní predátoři mšic používající se jako bioagens ve sklenících, a sice larvy 2. instaru zlatoočky obecné (*Chrysoperla carnea* Stephens, 1836) a larvy 3. instaru bejlmorky *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani, 1847). Larvy obou druhů byly vystaveny jak nejvyšším výrobcem doporučeným koncentracím testovaných přípravků, tak koncentracím rovným letálním koncentracím LC₉₀ pro *M. dirhodum*. Na základě námi zjištěných výsledků jsme došli k závěru, že nejbezpečnější přípravky pro *Ch. carnea* jsou Rock Effect New a Pyregard a pro *A. aphidimyza* přípravky Oroganic, Rock Effect New a Pyregard. Zároveň lze konstatovat, že tyto přípravky mohou být kompatibilní s uvedenými druhy bioagens a ve sklenících mohou být aplikovány společně.

Klíčová slova: botanické pesticidy, *Chrysoperla carnea*, *Aphidoletes aphidimyza*, mšice, mortalita.

Abstract

The aim of this study was to find out insecticidal efficiency against aphids of 6 botanical pesticides, which are sold in Czech republic and concurrently find out if these products are safe for natural enemies of aphids, which can be used as biological plant protection. For acute toxicity test were chosen 2 plant protection Products (Pyregard, Oroganic), 3 alternative products (Rock Effect, Floravita SiO, Floravita Citro) and 1 dried plant material as the basis for homemade infusion (quassia wood).

Acute toxicity was tested on aphid *Metopolophium dirhodum* Walker, 1849 and then by using the probit analysis a sublethal (LC₃₀ a LC₅₀) and lethal (LC₉₀) concentration was estimated. Afterwards was 2 important aphid predators, *Aphidoletes aphidimyza* Rondani, 1847 and *Chrysoperla carnea* Stephens, 1836, exposed to tested botanical pesticides. Both species are used as biological plant protection in greenhouses. Acute toxicity tests was provided on 3th instar larvae of *A. aphidimyza* and on 2nd instar larva of *Ch. carnea*. Both species were exposed to both the maximum recommended dose and the concentration equal to estimated LC₉₀ for *M. dirhodum*. Based on the results we found, we came to the conclusion that the most safety botanical pesticides for *Ch. carnea* are Rock Effect New and Pyregard, and for *A. aphidimyza* are safe products like Oroganic, Rock Effect New and Pyregard. Withal it can be stated that these products can be compatible with both insect species used as biological plant protection and can be applied together in greenhouses.

Key words: botanical pesticides, *Chrysoperla carnea*, *Aphidoletes aphidimyza*, aphids, mortality

Úvod

V rámci zemědělské politiky Evropské unie se v členských zemích neustále snižuje počet povolených účinných látek syntetického původu a tím pádem počet povolených pesticidů (Vasiliiu 2022). Kromě syntetických přípravků jsou na trhu ale i přípravky přírodní, kam patří i botanické pesticidy, tedy přípravky, jejichž účinnou látkou jsou pesticidně aktivní sekundární metabolity rostlin. Jednou z hlavních výhod botanických pesticidů je, že obsahují několik účinných látek a mechanismy účinku se vzájemně doplňují. Díky tomu se předpokládá, že u škodlivých organismů nehrozí vznik rezistence proti těmto přípravkům (Pavela 2020). Přímo botanické insekticidy vykazují na hmyz insekticidní, protipožerové, antiovipoziční (zabraňují kladení vajíček) či repelentní účinky (Pavela 2011).

V rámci našich pokusů jsme zkoumali insekticidní účinnost na škůdce a environmentální bezpečnost pro bioagens u 6 různých botanických pesticidů prodáváných v České republice. Testovány byly 2 přípravky na ochranu rostlin (Pyregard, Oroganic), 3 pomocné prostředky na ochranu rostlin (Rock Effect, Floravita SiO, Floravita Citro) a jeden suchý rostlinný materiál prodáváný jako základ pro po domácku vyráběné odvary (kvasiové dřevo). Jako vhodný cílový organismus (škůdce) byla vybrána kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum* Walker, 1849), druh mšice sající na obilninách. Z necílových organismů byly vybráni 2 významní predátoři mšic, tedy zlatoočka obecná (*Chrysoperla carnea* Stephens, 1836) a bejlmorka *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani, 1847). Oba druhy se používají jako bioagens ve sklenicích.

Přehled testovaných přípravků

Rock Effect New

Tento přípravek je registrován jako pomocný prostředek určený pro zvýšení odolnosti a obranyschopnosti rostlin vůči škůdcům a v případě angreštu také vůči americkému padlí. Účinnou látkou tohoto přípravku je olej z pongamie hladké (*Pongamia pinnata* (L.) Panigrahi). Úplný mechanismus účinku zatím nebyl uspokojivě popsán. Jedná se o novou, inovovanou verzi přípravku Rock Effect, který měl výrobcem deklarované hlavně preventivní účinky zvyšující schopnost rostliny se bránit zejména savým škůdcům (antifidantní či přímo repelentní účinek přípravku) a některým houbovým chorobám (Pavela 2020).

Oroganic

Přípravek na ochranu rostlin od společnosti ORO Agri sídlící v Portugalsku. Oroganic účinkuje na bázi esenciální oleje z pomerančovníku čínskému (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Přípravek je účinný kromě mšic i na další málo sklerotizovaný hmyz jako, molice, trásněnky, křísy atd. Oroganic působí jako kontaktní insekticid, který narušuje fosfolipidy obsažené v kutikule škůdců, což zapříčiňuje ztrátu protektivních funkcí kutikuly a vede ke ztrátě tekutin a následně k úhynu ošetřeného jedince. (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2019).

Pyregard

Jedná se o neselektivní přípravek na ochranu rostlin registrovaný i pro ekologické zemědělství (ÚKZUZ 2023). Účinnou látkou tohoto přípravku jsou přírodní pyrethrinové zísukané z kopretiny stračkolisté (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trevir.) Vis.). Mechanismus účinku je stejný jako u pyrethroidů (Pavela 2020).

Floravita Citro

Přípravek je prodáván jako dusíkaté hnojivo pro listovou aplikaci, avšak zároveň díky obsažené pomerančové silici má omezovat výskyt savých i žravých škůdců a výskyt houbových onemocnění. Účinek by měl být podobný jako u jiných přípravků na bázi pomerančové silice. Přípravek vyrábí a distribuuje slovenská firma Floraservis (FLORASERVIS 2023a).

Foravita SiO

Křemičité hnojivo Floravita Sio je obohaceno o esenciální olej z fenyklu obecného (*Foeniculum vulgare* Mill.), díky němuž by ošetřené rostlině měla být poskytnuta preventivní ochrana proti původcům houbových chorob (FLORASERVIS 2023b). Přípravek Floravita SiO jsme zařadili mezi testované přípravky právě kvůli obsaženému esenciálnímu oleji z fenyklu, u kterého jsme v minulosti pozorovali významné aphicidní účinky (Pavela 2018; Novák 2022).

Kvasiové dřevo

Dřevo a kůru hořkoně obecné (*Quassia amara* L.) lze využít jako rostlinný materiál pro tvorbu farmářských přípravků. Odvar z kvasiového dřeva se používá hlavně při ochraně ovocných stromů proti pilatkám, nicméně ve vyšších koncentracích by tento odvar měl působit i na mšice (Pavela 2020). Extrakt obsahuje terpeny ferulin, helenalin, neoquassin a quassin, které mají insekticidní účinky a fungují jako kontaktní jedy. Kromě toho vykazují i protipožerový a repelentní účinek (Pavela 2020). Dřevěná drť je volně prodejná.

Metodika řešení:

Testy akutní toxicity na kyjatce travní

Přípravky byly testovány na bezkřídlých dospělých samičkách kyjatky travní, které byly získány z laboratorních chovů Výzkumného ústavu rostlinné výroby v.v.i. Chov byl umístěn ve skleníku, kde byla udržovaná teplota 21 ± 3 °C, 65 ± 5 % relativní vlhkost a fotoperioda 16 hodin světla a 8 hodin tmy. Kyjatky byly přeneseny na rostliny pšenice seté (BBCH 11) pěstované v květináčích v počtu 15 jedinců/květináč. Před aplikací přípravků bylo mšicím umožněno svobodného umístění na listech rostlin a zahájení sání rostlinných šťáv.

Testované přípravky byly aplikovány pomocí laboratorního rozprašovače. V případě každého testovaného přípravku se pracovalo s koncentrační řadou o 6 koncentracích, které byly odhadnuty v předběžných testech. Jako kontrola (dále uváděna jako Negativní kontrola 1) byla použita čistá voda.

Mírně odlišný postup byl u kvasiového dřeva, kdy byla během předběžných testů odhadnuta hmotnost dřeva pro přípravu odvaru (délka varu: 90 minut) a z připraveného zásobního odvaru se následně naředěním vodou vytvořila koncentrační řada. Do testovaných roztoků byl také v tomto případě přidán Tween 20 o objemu 3.0 mL L^{-1} pro snížení povrchového napětí postřikové kapaliny. Jako negativní kontrola (dále uváděna jako Negativní kontrola II) v tomto případě posloužil roztok Tweenu 20 o již zmíněném objemu 3.0 mL L^{-1} .

V pozitivní kontrole byly kyjatky ošetřeny komerčně prodávaným přípravkem Neudosan (Neudorff W.GmbH. KG, Germany, ú.l. draselné soli vyšších mastných kyselin) v koncentraci doporučené výrobcem 20 mL L^{-1} .

Ošetřené rostliny byly následně umístěny ve skleníku, kde byla udržovaná teplota 21 ± 3 °C, $65\pm 5\%$ relativní vlhkosti a fotoperioda 16 hodin světla a 8 hodin tmy. Pokus byl pětkrát opakován. Mortalita byla hodnocena po 48 hodinách od aplikace. Za mrtvé jedince byli považováni ti, kteří nereagovali na mechanické podněty. Při následném statistickém vyhodnocení byla pozorovaná mortalita upravena podle Abbotta (1925) a pomocí probitové analýzy podle Finneyho (1971) byly odhadnuty LC_{30} , LC_{50} a LC_{90} .

Testy akutní toxicity na predátorech mšic

Aphidoletes aphidimyza

Larvy 3. instaru byly získané z chovů Výzkumného ústavu rostlinné výroby v.v.i. Chov byl umístěn ve skleníku, kde byla udržovaná teplota 21 ± 3 °C, 65 ± 5 % relativní vlhkost a fotoperioda 16 hodin světla a 8 hodin tmy.

Chrysoperla carnea

Larvy 2. instaru byly zakoupeny u komerční firmy dovážející bioagens (Koppert, Nizozemsko). Larvy byly přepravovány v plastové láhvi naplněné pohankovými plevami a ihned po doručení larev byly zahájeny laboratorní pokusy.

Larvy 3. instaru *A. aphidimyza* a larvy 2. instaru *Ch. carnea* byly ošetřeny jednak testovanými přípravky v koncentracích odpovídajících LC_{90} pro *M. dirhodum*, ale také nejvyšší možnou výrobcem doporučenou koncentrací určenou proti mšicím. 15 larev od každého druhu bylo ponořeno do připravených roztoků po dobu 3 sekund a následně byly larvy umístěny do plastových kelímků (průměr 10 cm) vystlaných filtračním papírem a přikrytých perforovanými víčky. Larvy *Ch. carnea* byly v kelímcích drženy individuálně kvůli jejich sklonům ke kanibalismu. Do kelímků byly přidány jako potrava pro testované larvy různé druhy mšic na ustřížených částech rostlin v množství *ad libitum*. Experiment byl udržován při teplotě 21 ± 3 °C, 65 ± 5 % relativní vlhkosti a fotoperioda 16 hodin světla a 8 hodin tmy. Pokus byl v případě *Ch. carnea* třikrát opakován a v případě *A. aphidimyza* čtyřikrát opakován. Mortalita byla hodnocena po 24 hodinách od aplikace. Za mrtvé jedince byli považováni ti, kteří nereagovali na mechanické podněty.

Výsledky

Na základě testů na akutní toxicitu byly u všech přípravků odhadnuty subletální a letální koncentrace pro *M. dirhodum* (Tabulka 1). U většiny testovaných přípravků byla letální koncentrace LC_{90} nižší než maximální doporučená koncentrace. Výjimkou byly pomocné prostředky Floravita Citro a Floravita SiO. U Floravita Citro byla koncentrace LC_{90} odhadnuta jako téměř patnáctinásobek nejvyšší doporučené koncentrace a Floravita SiO dokonce jako téměř osmadvacetinásobek.

Tabulka 1: Odhadnuté letální a subletální koncentrace testovaných přípravků pro *M. dirhodum*

	LC_{30} (mL L ⁻¹)	LC_{50} (mL L ⁻¹)	LC_{90} (mL L ⁻¹)	Doporučená koncentrace (mL L ⁻¹)
Rock Effect New	$2,33 \pm 0,05$	$4,09 \pm 0,04$	$10,02 \pm 0,35$	10
Orogranic	$1,10 \pm 0,06$	$1,52 \pm 0,07$	$3,37 \pm 0,26$	4,00 - 8,00
Pyregard	$0,15 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,06$	0,75 - 0,94
Floravita Citro	$4,23 \pm 0,46$	$7,93 \pm 0,64$	$36,81^* \pm 4,60$	1,00 - 2,50
Floravita SiO	$11,16 \pm 1,52$	$22,65 \pm 2,03$	$128,04^* \pm 21,09$	2,30 - 4,60
	LC_{30} (g L ⁻¹)	LC_{50} (g L ⁻¹)	LC_{90} (g L ⁻¹)	Doporučená koncentrace (g L ⁻¹)
Kvasiové dřevo	$30,89 \pm 1,56$	$70,39 \pm 2,35$	$525,3 \pm 50,86$	-

*U Floravita Citro a Floravita Sio byly při nejvyšších testovaných koncentracích pozorovány fytotoxické účinky. Všechny ostatní přípravky při všech testovaných koncentracích nevykazovali žádnou míru fytotoxicity.

Na základě odhadnutých koncentrací LC₉₀ pro *M. dirhodum* byly testovaným přípravkům v těchto koncentracích vystaveny larvy *Ch. carnea* a *A. aphidimyza* (Tabulka 2). Pro *Ch. carnea* se jako nejtoxičtější ukázaly přípravky Floravita SiO a Floravita Citro, které dle metodiky IOBC/WPRS můžeme považovat za mírně toxické. Avšak kvůli faktu, že uvedené koncentrace jsou mnohanásobky nejvyšších doporučených koncentrací a také kvůli fytotoxicitě, kterou tak vysoké koncentrace způsobují nehrozí, že se s těmito přípravky v takto vysokých koncentracích někdy larvy *Ch. carnea* reálně setkají. Ostatní přípravky můžeme považovat pro larvy *Ch. carnea* za neškodné. V případě larev *A. aphidimyza* lze považovat všechny testované přípravky v těchto koncentracích za neškodné. Pozitivní kontrola se u tohoto pokusu neprováděla.

Tabulka 2: Toxicita testovaných přípravků pro larvy *Ch. carnea* a *A. aphidimyza* v koncentracích odpovídajících odhadnuté LC₉₀ pro *M. dirhodum*

	Koncentrace (mL L ⁻¹)	Průměrná mortalita (%)	
		<i>Ch. carnea</i>	<i>A. aphidimyza</i>
Negativní kontrola I	*	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Pozitivní kontrola	-	-	-
Rock Effect New	10,02	2,22 ± 3,85	3,33 ± 6,67
Oroganic	3,37	17,78 ± 7,70	5,0 ± 3,33
Pyregard	0,61	10,12 ± 4,63	6,67 ± 3,33
Floravita Citro	36,81	44,13 ± 14,45	0,00 ± 0,00
Floravita SiO	128,04	54,76 ± 20,61	3,33 ± 6,67
		Průměrná mortalita (%)	
	Koncentrace (g L ⁻¹)	<i>Ch. carnea</i>	<i>A. aphidimyza</i>
Kvasiové dřevo	525,3	9,05 ± 3,72	5,00 ± 6,30
Negativní kontrola II	**	2,2 ± 3,1	3,33 ± 3,85

Hodnocení toxicity podle metodiky IOBC/WPRS-Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’: neškodný (mortalita <30%), mírně toxický (mortalita 30–79%), středně toxický (mortalita 80–99%) a toxický (mortalita >99%)

*Negativní kontrola I = voda; **Negativní kontrola II = vodný roztok Tweenu 20 (3,00 mL L⁻¹);

Při testech s nejvyššími výrobcem doporučenými koncentracemi proti mšicím (Tabulka 3) se z testovaných přípravků jako nejtoxičtější pro *Ch. carnea* ukázal přípravek Oroganic, který u jejich larev způsobil 35,47% mortalitu. Oroganic tedy lze považovat za přípravek mírně toxický pro *Ch. carnea*, avšak pro *A. aphidimyza* se ukázal jako neškodný. Ostatní přípravky se v těchto koncentracích ukázaly jak pro *Ch. carnea*, tak *A. aphidimyza* jako neškodné. Nicméně larvy *Ch. carnea* vykázaly v obou případech (Tabulka 2 a 3) vůči testovaným látkám vyšší citlivost než larvy *A. aphidimyza*. K pokusům s odvarem z kvasiového dřeva nedošlo, protože v tomto případě nebyla žádná výrobcem doporučená koncentrace pro mšice.

Tabulka 3: Toxicita nejvyšších výrobcem doporučených koncentrací proti mšicím vůči larvám *Ch. carnea* a *A. aphidimyza*

	Koncentrace (mL L ⁻¹)	Průměrná mortalita (%)	
		<i>Ch. carnea</i>	<i>A. aphidimyza</i>
Negativní kontrola	*	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Pozitivní kontrola	20,00	83,97 ± 8,07	1,67 ± 2,89
Rock Effect New	10,00	2,22 ± 3,85	3,33 ± 6,67
Oroanic	8,00	35,47 ± 13,59	3,33 ± 6,67
Pyregard	0,94	4,60 ± 3,99	0,00 ± 0,00
Floravita Citro	2,50	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Floravita SiO	4,60	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
		Průměrná mortalita (%)	
	Koncentrace (g L ⁻¹)	<i>Ch. carnea</i>	<i>A. aphidimyza</i>
Kvasiové dřevo	-	-	-

Hodnocení toxicity podle metodiky IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms': neškodný (mortalita <30%), mírně toxický (mortalita 30–79%), středně toxický (mortalita 80–99%) a toxický (mortalita >99%)

*Negativní kontrola = voda; pozitivní kontrola = Neudosan (20 mL L⁻¹, ú.l.: draselné soli vyšších mastných kyselin)

Diskuze

Přípravky námi klasifikované jako neškodné (Rock Effect New, Pyregard pro *Ch. carnea* i *A. aphidimyza*, Oroanic pro *A. Aphidimyza*) mohou být kompatibilní s testovanými druhy bioagens a mohou být aplikovány do skleníků, kde nasazení bioagens nejsou schopni efektivně snižovat populace mšic, nebo kde se kromě mšic musí pěstitel potýkat i s jinými savými škůdci, kterými se uvedené druhy bioagens neživí (koncentrace doporučené proti mšicím jsou obvykle doporučené i proti dalším savým škůdcům). U přípravku Oroanic lze v kombinaci s *Ch. carnea* doporučit spíše nižší výrobcem doporučenou koncentraci. U kvasiového dřeva se ukázalo, že příprava odvaru o koncentraci odpovídající LC₉₀ je velmi složitá, protože odhadnuté množství suchého dřeva je příliš velké na to, aby se kvalitně a jednoduše vařilo v tak nízkém objemu vody.

Závěr

Skoro všechny námi testované přípravky vykázaly vysokou insekticidní účinnost proti kyjatce travní. Výjimkou byly dva pomocné prostředky na ochranu rostlin Floravita Citro a Floravita SiO, kdy insekticidní účinnost proti mšicím vykazovaly až mnohonásobky nejvyšších doporučených koncentrací. Oba přípravky se v takto silných koncentracích ukázaly jako mírně toxické pro larvy *Ch. carnea*. Pro larvy *Ch. carnea* dále vykazoval lehkou toxicitu přípravek Oroanic v nejvyšší doporučené koncentraci, ostatní přípravky ale lze považovat za neškodné. Larvy *A. aphidimyza* se ukázaly jako odolnější vůči vybraným přípravkům než larvy *Ch. carnea*. Pro *A. aphidimyza* byly všechny přípravky vyhodnoceny jako neškodné. Lze tedy konstatovat, že vybrané přípravky jsou vůči vybraným predátorům mšic v doporučených koncentracích přátelské.

Literatura

- Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 2019. PSM-Zulassungsbericht (Registration Report). Německo
- FLORASERVIS. 2023. FLORAVITA Citro. Available from: <http://www.floraservis.sk/-floravita-citro.php> (accessed July 2023)
- FLORASERVIS. 2023. FLORAVITA SiO. Available from: <https://www.floraservis.sk/-floravita-sio.php> (accessed July 2023)
- Finney DJ. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press. London.
- Novák M. 2022. Vliv letálních a subletálních dávek esenciálních olejů na vybrané charakteristiky hmyzu. [MSc. Thesis]. Czech University of Life Sciences Prague, Prague.
- Pavela R. 2011. Botanické pesticidy. Kurent, České Budějovice.
- Pavela R. 2018. Essential oils from *Foeniculum vulgare* Miller as a safe environmental insecticide against the aphid *Myzus persicae* Sulzer. *Environmental science and pollution research*, 25:10904-10910.
- Pavela R. 2020. Přírodní cestou nejen proti chorobám a škůdcům. 160 stran, Kurent, České Budějovice.
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2023. Pyregard: detail přípravku. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|pripluredni|detail:Pyregard (accessed July 2023)
- Vasiliu C. 2022. Food Chains Transformation in the Context of EU Green Deal Strategy. *Amfiteatru Economic*, 24: 305-307.

Dedikace

Tato práce byla financována z interního grantu na podporu mladých vědeckých pracovníků/pracovnic VÚRV v.v.i. Autoři také děkují TAČR za finanční podporu výzkumu přípravků na ochranu rostlin (projekt č. FW06010376), díky které mohl být výzkum proveden.

Kontaktní adresa

Ing. Matěj Novák
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, Praha 6 –Ruzyně
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129, Suchbát, 165 21 Praha
Tel. 605 063 147, e-mail: matej.novak@vurv.cz

Vliv genotypu, ročníku a foliárního ošetření na zdravotní stav máku setého

The effect of genotype, year and foliar treatment on the health status of poppy

Rychlá A.¹, Plachká E.², Kořínek J.²

¹OSEVA PRO s.r.o., ²OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.

Abstrakt

Mezi testovanými genovými zdroji kolekce máku Národního programu byly výrazné rozdíly v odolnosti k houbovým chorobám. Vysokou odolnost k plísni máku prokázaly odrůdy Redy, Orfeus a Aristo. Vyšší náchylnost byla pozorována u starší odrůdy Opal. Citlivost k napadení původcem helmintosporiózy byla napříč celou kolekcí výrazně vyšší. Nejvíce odolná byla starší odrůda Maraton, nejméně odolná Postomi. První hodnocení odrůd v pracovní kolekci vychází příznivě i u odrůd Azurit a Hunor. Jako velmi citlivé vychází odrůdy Morwin a Morwital. Definovaná citlivost odrůd k chorobám umožňuje efektivní práci ve šlechtitelských programech. Vedle odrůdové odolnosti byl zaznamenán pozitivní vliv fungicidního ošetření na snížení výskytu především helmintosporiózy a černí na tobolkách.

Klíčová slova: choroby, genové zdroje, fungicidy

Abstract

Significant differences in resistance to fungal diseases were noted in the tested genetic resources from the poppy collection of the National Program. The Redy, Orfeus and Aristo varieties have shown high resistance to poppy blight. Higher susceptibility was observed in the variety Opal. Susceptibility to attack by the causative agent of helminthsporiosis was significantly higher across the entire collection. The Maraton variety was the most resistant, the Postomi variety was the least resistant. The first evaluation of the varieties in the working collection is also favorable for Azurit and Hunor. The Morwin and Morwital come out as very sensitive. The defined susceptibility of varieties to diseases enables effective work in breeding programs. The positive effect of foliar treatment of poppy with fungicides was also recorded, mainly on the reduction of incidences of helminthsporiosis and black on capsules.

Keywords: diseases, genetic resources, fungicides

Úvod

Pracoviště společnosti OSEVA PRO s.r.o. je řešitelem Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (NP), který je kontinuálně řešen již 30 let. Zodpovídá za kolekce olejných plodin, jejichž součástí je i mák setý. V současné době zahrnuje řádná kolekce NP (položky dostupné uživatelům pro účely šlechtění, výzkumu a vzdělání) 209 genových zdrojů (GZ). V pracovních kolekcích (materiály v základním hodnocení) je zařazeno dalších 82 položek. Dle platné Rámcové metodiky i speciálních plodinových metodik jsou realizovány každoroční maloparcelní polní pokusy k získání popisných charakteristik GZ (HOLUBEC 2023, on line). Součástí hodnocení u kolekce máku je i stanovení odolnosti k napadení plísni máku a helmintosporiózou. Po ukončení víceletých hodnocení jsou získaná data uložena v IS GRIN Czech, kde jsou volně dostupná uživatelům GZ.

Napadení máku setého původci chorob lze eliminovat také cíleným fungicidním ošetřením. U máku setého je ošetření směřováno na začátek vegetace až listové růžice, do prodlužovacího růstu a těsně před květem až do počátku kvetení. Tyto dva přístupy odolnost odrůdy proti chorobám a fungicidní ošetření na základě vyhodnocení infekčního tlaku jsou nedílnou součástí zásad integrované ochrany rostlin.

Materiál a metody

Sledované lokality leží v Moravskoslezském kraji jižně od Opavy v řepařské výrobní oblasti. Nadmořská výška se pohybuje mezi 250 až 280 m nad mořem. Dlouhodobé roční hodnoty (1981 – 2010) jsou průměrná denní teploty 8,6 °C a suma srážek 567,6 mm.

Hodnocení bylo zaměřeno na tyto choroby pleosporová hnědá skvrnitost máku (dříve nazývaná helmintosporiíza máků), původce fytopatogenní houba *Pleospora papaveracea* (nově *Grivelia papaveracea*); dále plíseň máku původce patogen *Peronospora arborescens* z říše *Chromista*, černí máku, původci více druhů patogenů *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Ulocladium* spp., *Stemphylium* spp. (HAVEL a kol. 2018). V textu tohoto článku jsou pro zjednodušení používány tyto názvy chorob: helmintosporiíza, plíseň máku a černě.

Způsob hodnocení byl odvislý dle typu pokusu. Odrůdové pokusy byly hodnoceny dle klasifikátoru stupnicí 1 – 9. Fungicidní pokusy byly hodnoceny v procentech napadení dle metodiky pro hodnocení biologické účinnosti.

V rámci řešení NP konzervace byly na pracovišti od roku 2018 opakovaně zakládány maloparcelní pokusy s GZ máku setého za účelem vyhodnocení odolnosti k vybraným houbovým chorobám. V ročnících, kdy došlo k přirozenému a dostatečnému tlaku patogena byla vyhodnocena odolnost všech testovaných genotypů.

Maloparcelní pokusy byly zakládány do mikroparcel o konečné sklizňové velikosti 3,375 m², v jednom opakování. Meziřádková vzdálenost činila 0,125 m, délka parcely 3 m, počet řádků byl devět. GZ máku byly vysévány časně na jaře, ihned po oschnutí půdy, většinou koncem měsíce března. Pokusy byly standardně ošetřovány registrovanými herbicidy a dle potřeby i insekticidy; fungicidní ošetření nebylo s ohledem na plánovaná hodnocení realizováno. Po objevení příznaků poškození byla vyhodnocena odolnost k napadení, a to pro plíseň máku ve fázi plně vyvinuté listové růžice a pro helmintosporiízu po odkvětu rostlin. K hodnocení byla dle platného klasifikátoru použita stupnice 9 – 1, kde stupeň 9 odpovídá genotypu, který nenese žádné známky napadení a 1 představuje genotyp velmi málo odolný (1 velmi nízká odolnost, 3 nízká odolnost, 5 střední odolnost, 7 vysoká odolnost, 9 velmi vysoká odolnost). Hodnocení odolnosti GZ musí být dle metodiky minimálně tříleté, vždy je ale přínosnější hodnotit po delší období, a to z důvodu výrazného vlivu ročníku na projevy napadení. Po ukončení víceletého hodnocení jsou data zpracována a vložena do IS GRIN Czech, volně přístupného na <https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>.

V roce 2022 a 2023 byly založeny polní testy s foliárním ošetřením máku setého fungicidy. Ošetření bylo provedeno před kvetením máku. Pokusy byly založeny na 1 odrůdě ORFEUS s různými variantami ošetření ve 4 opakováních, velikost parcely/opakování byla 20 m². Hodnocené roky, varianty a termíny ošetření jsou zřetelné z tabulky 4. Varianty byly v roce 2023 aktualizovány na základě aktuálního stavu povolených přípravků. Před sklizní byl proveden odběr tobolek z hlavního stonku máku. Na nich byl vyhodnocen zdravotní stav, a to napadení povrchu původci černí a helmintosporiízy v procentech. Bylo hodnoceno dle metodického návodu pro hodnocení biologické účinnosti fungicidů máku schváleného ÚKZÚZ (PLACHKÁ 2005). Sklizeň proběhla mechanizovaně, maloparcelovým kombajnem. Byl vyhodnocen výnos semen z parcely přepočtený na standardní vlhkost 12 %, výnos semen v tobolkách (g/30 tobolek) a povrchové napadení tobolek (%). Termín setí máků byl ve všech letech v agrotechnickém termínu do 15. dubna. Sklizeň probíhala v 1. dekádě srpna.

Meteorologická data byla čerpána z meteorologické stanice ČHMÚ Opava (tabulka 1). Sledované období 2018 lze hodnotit teplotně jako nadprůměrné s výjimkou měsíce března a srážkově podprůměrné s výjimkou června. V roce 2019 byly všechny měsíce teplotně nadprůměrné s výjimkou měsíce května, který byl chladnější a bohatší na srážky. Ostatní měsíce byly srážkově podprůměrné. V roce 2020 byl opět měsíc květen teplotně podprůměrný. Měsíce květen, červen a srpen byly srážkově nad dlouhodobými hodnotami. Z roku 2021 nejsou uvedeny výsledky polních testů. Rok 2022 byl v květnu až srpnu teplotně nad dlouhodobými

průměry. Vydatné srážky byly zaznamenány až v 2. polovině srpna. Rok 2023 byl s výjimkou dubna a května teplotně nad dlouhodobými hodnotami. Vydatnější srážky byly zaznamenány v dubnu a srpnu.

Tabulka 1: Měsíční a dlouhodobé hodnoty průměrné denní teploty (T) a denních sum srážek (S), ČHMÚ Opava 2018-2023

Rok	Sledovaná hodnota	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen
2018	T (°C)	1,20	13,40	16,10	17,60	20,10	21,01
	S (mm)	10,4	4,9	32,9	83,9	24,6	22,3
2019	T (°C)	6,52	9,45	11,74	20,96	19,08	20,21
	S (mm)	17,1	25,2	86,7	34,9	48,8	94,6
2020	T (°C)	4,24	8,48	10,93	17,07	18,13	19,3
	S (mm)	21,4	4,3	89,1	181,5	83,9	130,9
2021	T (°C)	3,60	6,40	12,20	19,40	20,40	17,34
	S (mm)	17,8	33,6	125,6	45,7	65,4	120,7
2022	T (°C)	2,94	6,57	14,40	19,20	19,30	19,65
	S (mm)	24,1	40,1	41,4	47,4	79,6	118,7
2023	T (°C)	5,46	7,25	13,07	17,69	20,05	19,45
	S (mm)	9,4	53,1	67,9	45,8	75,2	115,0
Průměr*	T (°C)	3,4	8,4	13,6	16,5	18,5	18,0
	S (mm)	19,2	40,8	69,3	82,5	86,7	65,4

*Průměr: dlouhodobá hodnota 1981-2010

Výsledky

Genové zdroje máku setého

V rámci hodnocení odolnosti položek máku z NP konzervace byly mezi lety 2018-2023 hodnoceny všechny dostupné GZ (položky s dostatečnou zásobou osiva na pracovišti). V jednom pokusném roce byla získána data od průměrně 280 GZ. Kolekce NP obsahují jak materiály historické, tak moderní. Důraz je kladen na položky domácího původu, shromažďovány jsou ale i odrůdy z Evropského katalogu (EK) s ohledem na možnost jejich pěstování u nás. V neposlední řadě jsou zastoupeny staré krajové materiály a položky ze sběrových expedic. Pro účely tohoto článku byla vytvořena ze získaných dat core kolekce odrůd a materiálů, které se v současné době a nedávné minulosti běžně na našich polích pěstovaly. V tabulkách 2 a 3 je uveden přehled nejvýznamnějších z nich, současně i výsledky významných položek z kolekce pracovní, u nichž ještě nebylo základní hodnocení dokončeno, protože byly získány v průběhu řešení.

Tabulka 1: Odolnost vybraných GZ máku k napadení původcem plísně máku, Opavsko, roky: 2018-2020, 2022

		Odolnost <i>Peronospora arborescens</i>				Průměr
		2018	2019	2020	2022	
15O0800148	Gerlach	8,5	7	6	6	6,88
15O0800169	Opal	8	6	4	3	5,25
15O0800174	Zeno	8,5	7	6	8	7,38
15O0800179	Sokol	7	8	6	6	6,75
15O0800181	Maratón	8	8	4	5	6,25
15O0800182	Major	8	8	7	7	7,50
15O0800184	Bergam	8	6	6	8	7,00
15O0800187	Orel	7	8	6	6	6,75
15O0800188	Racek	7	8	7	9	7,75
15O0800189	Redy	8	8	9	9	8,50
15O0800190	Orfeus	8,5	8	8	9	8,38
15O0800195	Postomi	8	8	6	9	7,75
15O0800198	Ametiszt	8,5	8	6	9	7,88
15O0800199	Aristo	8	9	7	8	8,00
15O0800200	Agat	8	8	6	9	7,75
15O0800201	Rubín	7	8	6	6	6,75
15O0800203	Opex	7	8	6	6	6,75
15O0800204	Orbis	6	8	4	7	6,25
15O0800205	Aplaus	6	7	5	6	6,00
15O0800207	Onyx	8	8	5	7	7,00
15O08	Akvarel	8	9	6	6	7,25
15O08	Fortemo		7	6	7	6,67
15O08	Josef		6	4	6	5,33
15O08	Morvital		4	8	8	6,67
15O08	Morwin		8	9	8	8,33
15O08	MS Harlekýn		7	8	9	8,00
15O08	Zeno Plus		8	5	9	7,33

Tabulka 2: Odolnost vybraných GZ máku k napadení původcem helmintosporiózy, Opavsko, roky: 2018, 2020, 2022, 2023

		Odolnost <i>Pleospora papaveracea</i>				Průměr
		2018	2020	2022	2023	
15O0800148	Gerlach	8	6	5	5	6,00
15O0800169	Opal	6	6	5	8	6,25
15O0800174	Zeno	6	4	7	6	5,75
15O0800179	Sokol	6	7	4	7	6,00
15O0800181	Maratón	8	7	7	8	7,50
15O0800182	Major	7	8	7	7	7,25
15O0800184	Bergam	6	7	6	6	6,25
15O0800187	Orel	6	6	6	5	5,75
15O0800188	Racek	6	8	5	7	6,50
15O0800189	Redy	6	4	6	7	5,75
15O0800190	Orfeus	8	5	6	6	6,25
15O0800195	Postomi	7	2	4	5	4,50
15O0800198	Ametiszt	7	6	8	7	7,00
15O0800199	Aristo	5	6	6	7	6,00
15O0800200	Agat	6	5	5	6	5,50
15O0800201	Rubín	6	4	5	7	5,50
15O0800203	Opex	6	8	4	5	5,75
15O0800204	Orbis	6	6	7	7	6,50
15O0800205	Aplaus	7	7	7	6	6,75
15O0800207	Onyx	6	6	5	6	5,75
15O08	Akvarel	6	7	5	7	6,25
15O08	Atlas			3	7	5,00
15O08	Azurit			7	8	7,50
15O08	Fortemo		4	8	4	5,33
15O08	Hunor			7	8	7,50
15O08	Josef		4	6	7	5,67
15O08	Leila			6	7	6,50
15O08	Morvital		2	4	6	4,00
15O08	Morwin		2	2	4	2,67
15O08	MS Diamant			7	7	7,00
15O08	MS Harlekýn		4	6	4	4,67
15O08	MS Topas			4	7	5,50
15O08	MS Zafir			3	6	4,50
15O08	Zeno Plus		4	8	7	6,33

Fungicidní polní testy

Ve fungicidních pokusech byl zjištěn pozitivní vliv fungicidního ošetření na zdravotní stav tobolek a výnos. Biologická účinnost ošetření se pohybovala 1,08 až 32,25 %. V průměrných výsledcích za 2 roky mezi 1,4 až 15,43 %. Výnos semen z 30 tobolek se pohybovala mezi 96,83 až 102,27 g v roce 2022 a mezi 92,08 až 105,91 g v roce 2023, v průměru mezi 94,50 až 101,83 g. Výnos semen máku jarního přepočtený na 1 ha se pohyboval mezi 0,87 až 1,06 t/ha v roce 2022 a mezi 0,78 až 0,92 t/ha v roce 2023, v průměru mezi 0,83 až 0,993 t/ha. V případě výnosu semen z tobolek z hlavního stonku nebyla pozorována korelace mezi výnosem semen z tobolek a parcely.

Tabulka 4: Vliv fungicidního ošetření jarního máku před květem na zdravotní stav tobolek, odrůda ORFEUS, 2022, 2023

Varianta			2022		2023		Průměr	
č.	Přípravek	dávka na 1 ha	IN (%)	BÚ (%)	IN (%)	BÚ (%)	IN (%)	BÚ (%)
1	Neošetřená kontrola		47,08	0,00	44,58	0,00	45,83	0,00
2	Architect	1,5 l	*	*	29,96	32,25	*	*
3	Caramba	0,75 l	46,46	1,08	43,36	1,72	44,91	1,4
4	Discus	0,225 kg	43,96	6,48	39,17	11,42	41,57	8,95
5	Pictor Active	0,75 l	48,33	4,22	*	*	*	*
6	Kenja	0,8 l	*	*	42,51	4,15	*	*
7	Propulse	1,0 l	41,67	11,36	36,04	19,51	38,86	15,43

* nezaložena/nehodnocena jednoleté výsledky

Tabulka 5: Vliv fungicidního ošetření jarního máku před květem na výnos semen, odrůda ORFEUS, 2022, 2023

Varianta			2022		2023		Průměr	
č.	Přípravek	dávka na 1 ha	(t/ha)	Rel. (%)	(t/ha)	Rel. (%)	(t/ha)	Rel. (%)
1	neošetřená kontrola		0,87	100	0,78	100	0,83	100
2	Architect	1,5 l	*	*	0,9	115,38	*	*
3	Caramba	0,75 l	1,03	117,88	0,89	114,10	0,96	115,99
4	Discus	0,225 kg	0,98	111,87	0,88	112,82	0,94	112,35
5	Pictor Active	0,75 l	0,98	111,73	*	*	*	*
6	Kenja	0,8 l	*	*	0,84	107,69	*	*
7	Propulse	1,0 l	1,06	120,74	0,92	117,95	0,99	119,35

* nezaložena/nehodnocena jednoleté výsledky

Tabulka 6: Vliv fungicidního ošetření jarního máku před květem na výnos semen v tobolkách (30 tobolek), odrůda ORFEUS, 2022, 2023

Varianta			2022		2023		Průměr	
č.	Přípravek	dávka na 1 ha	(g)	Rel. (%)	(g)	Rel. (%)	(g)	Rel. (%)
1	neošetřená kontrola	0	96,83	100	92,08	100	94,50	100
2	Architect	1,5 l	*	*	103,85	112,78	*	*
3	Caramba	0,75 l	91,95	94,96	105,91	115,02	98,93	104,99
4	Discus	0,225 kg	97,6	100,8	95,49	103,70	96,55	102,25
5	Pictor Active	0,75 l	101,6	104,93	*	*	*	*
6	Kenja	0,8 l	*	*	103,31	112,20	*	*
7	Propulse	1,0 l	102,27	105,62	101,38	110,10	101,83	103,73

* nezaložena/nehodnocena jednoleté výsledky

Diskuze

Mezi testovanými GZ kolekce máku NP byly výrazné rozdíly v odolnosti k houbovým chorobám. Vysokou odolnost k plísní máku prokázaly odrůdy Redy (okrovosemenná odrůda), Orfeus (modrosemenná odrůda) a Aristo. Naopak, vyšší náchylnost byla pozorována u starší, ale často pěstované odrůdy Opal. Citlivost k napadení helmintosporiozou byla napříč celou kolekcí výrazně vyšší. Nejvíce odolná byla odrůda Maraton, starší, modrosemenná. První hodnocení vychází příznivě i u odrůd Azurit a Hunor. Jedná se však o položky z kolekce pracovní a bude potřebné realizovat ještě minimálně jeden rok hodnocení. Jako velmi citlivé vychází odrůdy Morwin a Morwital, také ale s doposud nedokončeným hodnocením, z řádné kolekce pak odrůda Postomi.

Ve fungicidních polních testech byl zjištěn pozitivní vliv fungicidního ošetření na zdravotní stav tobolek a výnos. Biologická účinnost ošetření byla na nízké úrovni mezi 1,4 až 15,43 %, přesto byl zaznamenán pozitivní vliv ošetření na výnos semen z plochy. V případě hodnocení výnosu semen z tobolek na hlavním stonku 94,50 až 101,83 g byl po aplikaci přípravku Caramba v roce 2022 zaznamenán nižší výnos 91,95 g k neošetřené kontrole 96,83 g. To nebylo potvrzeno ve výnosu z plochy. Pravděpodobnou příčinou může být pozitivní vliv aplikace Caramby na vyšší nasazení bočních větví na základě morforegulační vlastnosti přípravku: snížení poléhání a větvení. Uvedené nemůžeme potvrdit, protože nebyl analyzován počet větví. V obou letech se hustota porostu pohybovala mezi 40 až 60 rostlinami na 1 m². Prostor pro nasazení bočních větví u rostlin máku v porostu byl.

Závěr

Testované GZ z kolekce NP potvrdily hypotézu, že mezi položkami lze vytipovat materiály s vyšší odolností k testovaným houbovým chorobám, a mají tudíž potenciál k využití ve šlechtitelských programech ke zvýšení odolnosti moderních odrůd.

U odrůdy s nižší odolností proti helmintosporiíze bylo v letech 2022 a 2023 cíleným fungicidním ošetřením před kvetením máku jarního dosaženo zlepšení zdravotního stavu tobolek a zvýšení výnosu z plochy.

Odrůda a cílené fungicidní ošetření před kvetením máku setého jarního má pozitivní vliv na snížení napadení tobolek máku jejich patogeny a výnos z plochy.

Literatura

- HOLUBEC, V. et al. [online]. (Cit.3.10.2023). Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity. Dostupné z: <https://www.gzr.cz/narodni-program-genetickych-zdroju-rostlin/>
- Havel J., Bárnet M., Cihlár P., Horáček J., Kolařík P., Mráz J., Ondráčková E., Plachká E., Poslušná J., Vaculík A., Větrovcová M., Vrbovský V. 2018: Pěstitelská technologie máku pro snížení rizikovosti pěstování. OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., 1. vydání 2018. s. 94. (Nmet)
- Plachká, E., 2005: Metodický návod pro hodnocení biologické účinnosti fungicidů Mák setý - plíseň maková (*Peronospora arborescens*) – PEROAR a helmintosporiíza máku (*Pleospora calvescens*) – PLEOCA. OSEVA PRO s.r.o., odštěpný závod Výzkumný ústav olejnin Opava.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl díky řešení Národního programu konzervace 51834/2017-MZE-17253/6.2.7 a institucionální podpory MZE-RO1823.

Kontaktní adresa:

Ing. Andrea Rychlá

OSEVA PRO s.r.o.

Pracoviště Opava, Purkyňova 1653/10, 746 01 Opava

Telefon 553 624 160; e-mail rychla@oseva.cz

Vliv způsobu založení porostu řepky na disperzi dřepčika olejkového a jeho přirozených nepřátel

Impact of the way of winter oilseed rape crop establishment on distribution of cabbage stem flea beetle and its antagonists

Seidenglanz M.¹, Blažek L.^{1,2}, Hanáková Bečvářová P.¹, Muñoz-Arbeláez M.¹, Šafář J.¹, Kumar R.¹

¹Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk

²Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt

Vliv způsobu založení porostu (řepková monokultura x řepka obohacena o směs doprovodných vymrzajících druhů) na časové a prostorové vazby mezi dřepčikem olejkovým a potenciálními predátory jeho vajíček (střevlíkovití a drabčíkovití brouci) byl hodnocen ve velkoparcelních pokusech po tři podzimní období (2021 – 2023). Pokusy byly vedeny na lokalitě Rapotín (okr. Šumperk). Dřepčik olejkový i predátoři jeho vajíček jsou v porostu dispergováni nerovnoměrně, jejich disperzní vzorce často ukazují na signifikantní tendenci k agregaci do určitých míst porostu. Období kladení d. olejkového v diverzifikovanějším porostu řepky bylo kratší než v porostu monokulturní řepky. Jako potenciálně nejvýznamnější predátoři vajíček dřepčika olejkového byli identifikováni střevlíček *T. quadristriatus* a drabčíkovití brouci.

Klíčová slova: *Psylliodes chrysocephala*; ochrana proti škůdcům, Integrovaná ochrana rostlin; SADIE; Analýza prostorových asociací

Abstract

Impact of the way of winter oilseed rape establishment (rape monoculture vs. rape enriched with a mixture of frost susceptible crops) on spatio-temporal relationships between *P. chrysocephala* (CSFB) and the potential predators of its eggs was assessed for three autumns (2021 – 2023) under field conditions in large plot trials localised in Rapotín (nearby town Šumperk). Regardless the type of crop CSFB even carabids and staphylinids showed high tendency to aggregated distribution patterns in crops. The length of oviposition period of CSFB females showed to be shorter in more diversified oilseed rape than in oilseed rape monocrop. As potentially the most effective predators of CSFB eggs were identified carabid species *T. quadristriatus* and rove beetles in general (Coleoptera: Staphylinidae).

Key words: *Psylliodes chrysocephala*; control of insect pests, Integrated Pest Management; SADIE; Quick Association Analysis

Úvod

Řepka ozimá je v podzimním období v posledních letech vystavena opakovaným nebezpečným atakům ze strany dřepčika olejkového (*Psylliodes chrysocephala* L.), (Seidenglanz et al. 2023). Po zákazu některých insekticidních účinných látek (neonikotinoidní mořidla na bázi imidaclopridu, clothianidinu a thiamethoxamu byly zakázány v roce 2014, organofosfáty chlorpyrifos-ethyl, chlorpyrifos-methyl a pyrimiphos-methyl byly zakázány v roce 2020) se velmi zúžilo spektrum do řepky registrovaných insekticidů s odlišným mechanismem účinku. Ochrana proti dřepčikovi olejkovému nyní prakticky stojí jen na možnosti použít insekticidně mořené osivo (jde o dvě účinné látky: diamide cyantraniliprole a butenolid flupyradifurone) či postřiky na bázi pyretroidů. Neboť doba účinnosti obou používaných mořidel je poměrně krátká (chrání řepku před dřepčikem max. do fáze děložních listů, BBCH 10) a letová i ovipoziční aktivita dospělců v porostech naopak relativně dlouhá (září - prosinec), dochází v praxi často k opakovaným foliárním aplikacím během podzimního období (někdy až pětkrát, Seidenglanz et al. 2023). Při těchto aplikacích jde prakticky jen o pyretroidy (někdy kombinované

s neonikotinoidem acetamiprid). Tento stav je dlouhodobě neudržitelný (Benton et al. 2019). Objevují se již první známky signifikantního poklesu citlivosti populací dřepčíka olejkového k pyretroidům v Evropě (Hojland et al. 2015) i přímo v ČR (Stará a Kocourek 2019). Dřepčík olejkový škodí jako dospělec pozerem na vzcházejících rostlinách (zejména později seté porosty vzcházející na konci prvního týdne v září či později mohou být vážně poškozeny) a také jako larva (žír uvnitř řapíků listů, někdy dochází i k poškození dělivých pletiv na apexu rostliny). Larvální stadium může mít na růst a vývoj porostu ještě větší negativní dopad než dospělci (Hoarau et al. 2022). Vzhledem k reálným obavám, že stávající přístup k ochraně porostů silně závislý na aplikacích pyretroidů začne v Evropě plošně selhávat, soustředí se výzkum na hledání prakticky využitelných alternativ pro zařazení do metod ochrany proti tomuto škůdci. Jedná se o hodnocení vlivu způsobu založení porostů, tedy o obohacování porostů řepky o různé doprovodné plodiny (velmi často leguminózy), a dopad těchto opatření na úroveň napadení dospělci i larvami dřepčíka olejkového (např. Breitenmoser et al. 2022). Dále se posuzují možnosti využití různých typů antagonistů jako bioagens. Jde o tyto skupiny: entomopatogenní houby (EPF), entomopatogenní hád'átka (EPN), entomopatogenní bakterie, entomopatogenní viry, parazitoidi a predátoři. Využitelné pro kontrolu dřepčíka olejkového v polních podmínkách budou (žádné přípravky nejsou zatím komerčně dostupné) zřejmě hlavně EPF a EPN (viz např. Hoarau et al. 2022). Velký dopad z hlediska tlumení populační dynamiky dřepčíka olejkového mohou mít i jeho parazitoidi (např. Jordan et al. 2020) a predátoři (střevlíkovití a drabčíkovití brouci, např. Prasad a Snyder 2020). Podmínkou účelného využití a začlenění parazitoidů a predátorů není jejich introdukce na konkrétní pozemek (jako např. v případě EPF a EPN), ale vytvoření takových vnějších podmínek (např. kompozice porostu, šetrné nakládání s pesticidy), aby se pro ně stal určitý polní biotop atraktivní.

Předkládaný příspěvek se soustředí na rozšíření znalostí o vlivu zvýšení rostlinné diversity řepkového porostu na disperzi dřepčíka olejkového a na časo-prostorové vazby mezi disperzí (zejména) kladoucích samic tohoto škůdce a potenciálních predátorů (střevlíci, drabčici) vajíček tohoto škůdce. Studie je postavena na tříletých datech získaných z velkoparcelního pokusu vedeného na lokalitě Rapotín (okres Šumperk).

Metodika

Design pokusu (velikost celého pokusu 1 – 1.9 ha dle sezony) byl ve všech třech letech stejný, hodnocení probíhala během podzimů let 2021 – 2023. Pokusy byly ve všech třech letech založeny na stejné lokalitě (pokus se posouvá v rámci jednoho pole, Rapotín, okr. Šumperk). Pokus se skládal vždy ze dvou parcel (velikost parcely 0.5 – 0.85 ha, mírné rozdíly dle ročníku) lišících se kompozicí porostu. Jedna z parcel byla vždy založena jako řepková monokultura, druhá parcela o stejné velikosti jako směs řepky s doprovodnými (vymrzajícími) plodinami: svazenka vratičolistá, pohanka setá, peluška, jetel alexandrijský, pískavice řecké seno, vikev bengálská. Výsevek řepky, odrůda řepky i šarže a ošetření osiva byly u obou parcel stejné: 100 kl. semen / m²; rozteč řádků 12.5 cm; odrůda hybrid Umberto, nemořené osivo. Výsevek směsi doprovodných plodin u diverzifikované parcely byl ve všech třech letech stejný, 30 kg / ha.

Letová aktivita dospělců dřepčíka olejkového byla hodnocena pomocí žlutých misek v každém roce od zasetí řepky (28.8.2021; 2.9.2022, 4.9.2023) do prvního výraznějšího poklesu teplot (denní maxima kolem 0°C či nižší po dobu nejméně tři dnů). V roce 2021 byl monitoring letové aktivity ukončen 5.12. (poslední sběr), v roce 2022 2.12. a v roce 2023 nebyl v době psaní tohoto příspěvku (23.10.) ještě ukončen. Výběr žlutých misek byl prováděn dvakrát týdně, výjimečně jedenkrát týdně. Se stejnou intenzitou (jednou až dvakrát týdně) a po stejnou dobu byla též hodnocena *activity density* střevlíkovitých a drabčíkovitých brouků (pomocí padacích pastí = pitfall traps).

Rozmístění žlutých misek, padacích pastí i odběrných míst bylo ve všech třech sezonách obdobné. V každé parcele bylo ihned po zasetí vytyčeno a označeno 15 hodnotících míst (30

hodnotících míst / pokus). Na každém z hodnotících míst se nacházela 1 žlutá miska. Každé hodnotící místo bylo označeno číslem (1 – 30) a jeho poloha definována souřadnicemi. Padací pasti nebyly položeny na všech 30 (15 a 15) místech ale jen na deseti z nich (po pěti pastech v každé parcele). Padací pasti byly ale navíc umístěny i v okolních biotopech (levá louka, pravá louka, úhor) obklopujících a navazujících na plochu pokusu. Hodnotící místa byla v pokusu dispergována tak, že byla pokryta celá plocha obou parcel. Způsob umístění žlutých misek i padacích pastí je zřejmý z obrázků ve výsledkové části (modrá kolečka).

Pro každou žlutou misku (a tedy pro každé hodnotící místo v porostu) ke každému datu sběru byl u dřepčíka olejkového zjištěn a zaznamenán počet samců a samic a počet samic schopných klást (samice se zralými vajíčky v ovariolách). Z takových výsledků pak bylo možné stanovit celkovou dobu letové aktivity pro každé pohlaví zvlášť, délku období kladení (= doba výskytu samic schopných klást) a vypočítat disperzní vzorce pro konkrétní kategorii (samec, samice, kladoucí samice) a určité datum či období (počítáno ze sum zachycených jedinců za toto období). Pro každou padací past (a také tedy pro konkrétní část porostu či navazující biotop) byl ke každému dni sběru zjištěn počet zachycených jedinců jednotlivých druhů střevlíků (v případě nejasností určen jen rod) a celkový počet drabčků (tito blíže neurčováni). Determinace byla prováděna přímo na poli a následně potom byli brouci vypouštěni z pastí ven do okolí hodnotících míst (nebylo použito žádné konzervační činidlo, nebylo cílem brouky usmrtit). Stejně jako v případě dřepčíka olejkového i zde byly vytvořeny předpoklady pro časovou i prostorovou analýzu dat.

Zaznamenané prvotní údaje byly analyzovány jednak běžným způsobem (ANOVA a následně Tukey Test; StatSoft version 12 – to v tomto příspěvku ale dále nerozebíráno), jednak pomocí metody SADIE (*Spatial Analysis of Distance IndicEs*; Perry 1995). Jedním z výstupů SADIE je Index agregace (I_a). Hodnoty I_a větší než 1 při $p < 0.05$ ukazují na signifikantní agregaci jedinců hodnoceného druhu či druhové skupiny do určitých zón porostu (tedy na nerovnoměrnou disperzi se statisticky významnou tendencí k agregaci). Agregace má dvě formy, může být buď pozitivní (*patch clusters* = shluky = trochu zjednodušeně jde o místa s nadprůměrnými počty jedinců) nebo negativní (*gaps* = místa s podprůměrným množstvím jedinců v porostu). Na statisticky významnou přítomnost „*patchů*“ nebo „*gapů*“ (popř. obou typů) v porostech ukazují další výstupy SADIE, indexy V_i a V_j (signifikantní při $p < 0.05$). V každém porostu (např. v každé z obou parcel) mohou být jak *patche*, tak *gapy*. Může jich být víc, mají obvykle různý tvar a velikost. Mezi plochami *patchů* a *gapů* se zpravidla nachází zóny, které mohou tvořit podstatnou část výměry jednotlivých parcel (resp. celé parcely či pokus; v tomto případě je I_a menší než 1 či velmi blízké této hodnotě) – v těchto zónách jsou jedinci dispergováni náhodně (jde o náhodnou disperzi). Ať už se vychází z počtů zachycených dřepčků nebo potenciálních predátorů jejich vajíček (střevlíků, drabčků) „*patche*“ je možné chápat jako zóny s prokazatelně vyšší atraktivitou a „*gapy*“ naopak jako zóny, které byly sledovanými druhy ignorovány, tedy místa, kterým se z nějakého důvodu (ale ne náhodou) vyhýbaly.

Zpracování tímto způsobem získaných dat jde ještě doplnit o *Quick Association Analysis* (Pearce & Zalucki 2006), která slouží ke srovnání disperzních vzorců (získaných pomocí SADIE) vypočítaných pro konkrétní dvojici proměnných (např. pro vzorec samic dřepčíka olejkového schopných klást stanovený pro celé období kladení a střevlíka druhu *Trechus quadristriatus* stanovený pro to samé období) a zjištění míry jejich prostorové podobnosti. Ke kvantifikaci míry podobnosti slouží index X (*Index of Overall Association*), který může nabývat kladných (asociace – něco jako pozitivní prostorová korelace) nebo negativních (disociace – něco jako prostorová negativní korelace) hodnot. Asociace (např. když se kladoucí samice dřepčíka a určitý druh střevlíka v porostu nachází ve větším výskytu v podobných místech a v jiných místech je naopak jedinců obou druhů méně) i disociace (kladoucí samice dřepčíka a daný druh střevlíka se v porostu mívá – nachází se v odlišných místech – vyhýbají se sobě

navzájem) může být statisticky nevýznamná i významná. Pokud se statisticky významná asociace mezi hostitelem a jeho predátorem potvrdí opakovaně v určitém typu porostu, potvrzuje to existenci těsné prostorové (a v podstatě i časové) vazby mezi zástupci těchto dvou trofických úrovní.

Výsledky

Z výsledků monitoringu letové aktivity dřepčíka olejkového vyplývá, že čas prvních záchytů dospělců v miskách (počátek letové aktivity) byl ve všech třech sezonách na pokusné lokalitě celkem pravidelný (7. – 9.9.; souvisí to s časem terminace letní aestivace d. olejkového) bez ohledu na typ porostu. Poněkud větší rozdíly byly zaznamenány v délce letové aktivity. Zde se projevil vliv ročníku – letovou aktivitu ukončil nástup chladného období, který byl v každém ročníku jiný. Typ porostu délku letové aktivity nijak neovlivnil. Naproti tomu délka období kladení byla kompozicí porostu ovlivněna. V diverzifikovanějším porostu byly první samice schopné klást zachyceny ve všech třech letech o několik dní později a poslední naopak dříve. Období kladení zde tedy začalo později a dříve skončilo (bylo tedy kratší, Tabulka 1). Průměrné počty zachycených samic (samic celkem i samic schopných klást) na jednu misku se mezi oběma porosty statisticky významně lišily jen v některých termínech, sumy záchytů za celé období se lišily nevýznamně. Diverzifikovanější porost nebyl tedy pod menším tlakem ze strany samic dřepčíka olejkového, a to ani těch kladoucích. Nejvyšší podíly kladoucích samic (z celkového počtu zachycených samic = parametr ukazuje na nejintenzivnější část období kladení) byly ve všech třech sezonách zaznamenány od přibližně 23.9. (až 28.9.) do 15.10 (až 20.10). V tomto období samice dřepčíka olejkového intenzivně kladly vajíčka (hlavně na povrch půdy v okolí rostlin řepky). Dojde-li v tuto dobu ve větší míře k predaci vajíček, může být zásah do populační dynamiky škůdce i dopad na snížení napadení rostlin larvami ze strany predátora(ů) významný. V tuto dobu (ve většině případů spíše jen po určitou její část) vykazovalo vysokou *activity density* v obou porovnávaných porostech jen několik druhů střevlíků. Tyto druhy je možné považovat za potenciálně významné predátory vajíček d. olejkového (Tabulka 2). Lze očekávat, že nejvyšší vliv na snížení počtu vajíček dřepčíka olejkového by měly mít druhy vykazující vyšší *activity density* a zejména pak ty z nich, jejichž jedinci byli v pastech zachycováni po co nejdélejší část období intenzivního kladení. Z hlediska možné intenzity predace vajíček dřepčíka olejkového se jako nejzajímavější druh střevlíka jeví *T. quadristriatus* (Obrázek 1a,b) a drabčící. Z Obrázků 2a-c je patrné, proč další relativně početný druh, *P. melanarius*, má pravděpodobně z hlediska predace vajíček dřepčíka olejkového daleko menší význam. Velmi podobné to je také u *P. rufipes*, *N. brevicollis* a např. i *P. cupreus* – všechny tyto druhy buď ukončují svoji hlavní aktivitu relativně brzy ve vztahu k období kladení d. olejkového (*P. melanarius*, *P. rufipes*, *C. fuscipes*, *P. cupreus*), nebo příliš brzy migrují z pole ven (typické pro *N. brevicollis* a částečně i pro *C. fuscipes*).

Tabulka 1 - Délka doby letové aktivity a délka období kladení dřepčíka olejkového (*P. chrysocephala*) v porovnávání porostech řepky (monokultura řepky vs. porost řepky obohacený o doprovodné plodiny) ve třech hodnocených sezonách

podzim	porost	počátek a konec letové aktivity ¹	počátek a konec období kladení ²
2021	řepka	9.9. - 2.12.	20.9. - 27.11.
	řepka + doprovodné plodiny	9.9. - 2.12	26.9. - 20.11.
2022	řepka	8.9. - 24.11.	21.9. - 24.11.
	řepka + doprovodné plodiny	8.9. - 24.11	24.9. - 17.11.
2023	řepka	7.9. - 23.10. ³	18.9. - 23.10. ³
	řepka + doprovodné plodiny	7.9. - 23.10. ³	25.9. - 23.10. ³

¹počátek = datum, kdy byl zachycen první dospělec ve žluté misce; konec = datum, kdy byl zachycen poslední dospělec ve žluté misce

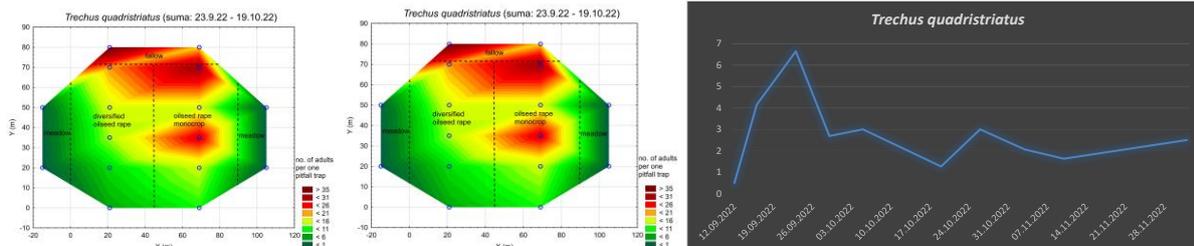
²počátek = datum, kdy byla ve žluté misce zachycena první samice schopná klást; konec = datum, kdy byla ve žluté misce zachycena poslední samice schopná klást

³v době psaní příspěvku (23.10.) nebyl monitoring ještě ukončen, letová aktivita i ovipoziční aktivita stále pokračovaly

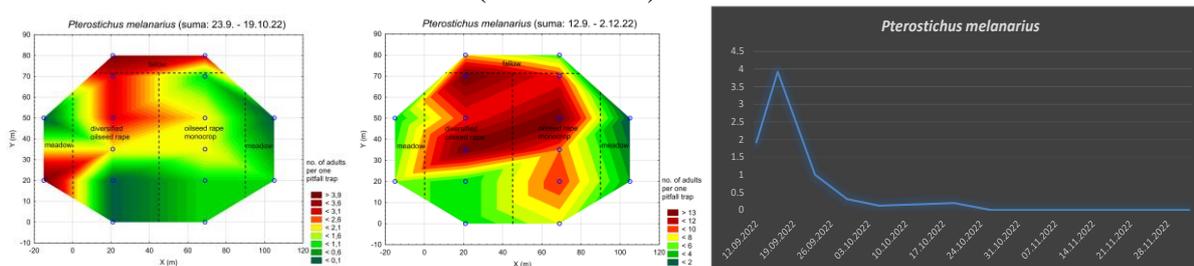
Tabulka 2 - Druhy střevlíků vykazujících vyšší úroveň *activity density* = alespoň 2 zachycení jedinci v průměru na jednu past během období nejvyšší intenzity kladení dřepčíka olejkového, 23.9. - 20.10., v určitém typu porostu. V tabulce jsou uvedeny druhy, které výše uvedenou hranici překonaly alespoň v jedné z hodnocených sezón. Dále jsou do tabulky vloženy údaje o drabčících, u kterých nebylo rozlišováno mezi druhy ani rody.

porost	druhy střevlíků s nejvyšší <i>activity density</i>	prům. suma počtu jedinců / past za období od 23.9. do 20.10. (hodnoty zaokrouhleny na celá čísla)	hlavní doba aktivity v řepkovém porostu
řepka mono	<i>Trechus quadristriatus</i>	14	po celé období
	<i>Pterostichus melanarius</i>	8	do 25.9.
	<i>Pseudoophonus rufipes</i>	7	do 25.9.
	<i>Calathus fuscipes</i>	5	do 1.10.
	<i>Bembidion</i> sp. (<i>B. lampros</i> , <i>B. properans</i> , <i>B. quadrimaculatum</i>) ¹	2	po celé období
	drabčikovití (<i>Staphylinidae</i>)	16	po celé období
řepka + doprovodné plodiny	<i>Trechus quadristriatus</i>	13	po celé období
	<i>Pterostichus melanarius</i>	8	do 25.9.
	<i>Calathus fuscipes</i>	7	do 1.10.
	<i>Pseudoophonus rufipes</i>	6	do 25.9.
	<i>Bembidion</i> sp. (<i>B. lampros</i> , <i>B. properans</i> , <i>B. quadrimaculatum</i>) ¹	4	po celé období
	<i>Nebria brevicolis</i>	3	do 1.10.
	<i>Poecilus cupreus</i>	2	do 15.9.
	<i>Notiophilus palustris</i> ¹	2	po celé období
<i>Asaphidion flavipes</i> ¹	2	po celé období	

¹průměrná suma 5 brouků na past překonána pouze v jedné sezoně

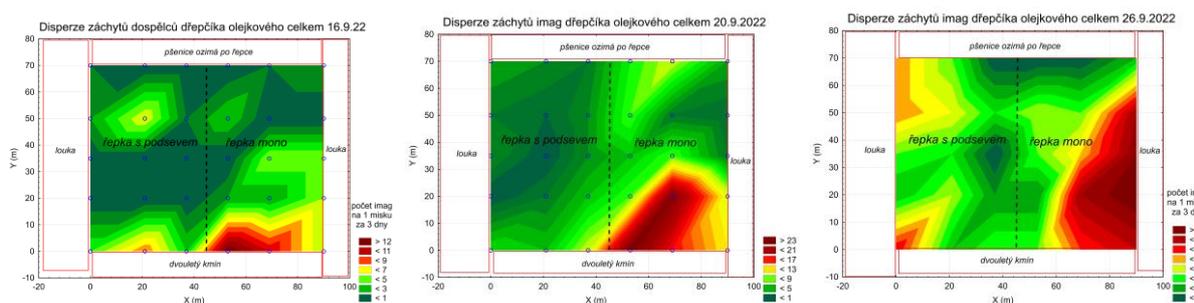


Obrázek 1a,b,c – 1a (vlevo): Disperze sum záhytů jedinců *T. quadristriatus* v zemních pastech v období intenzivního kladení dřepčíka olejkového v roce 2022 (23.9.-19.10.). 1b (uprostřed): to samé za celé období podzimního monitoringu v roce 2022 (12.9. – 2.12.). 1c (vpravo): Vývoj v počtu zachycovaných jedinců *T. quadristriatus* v zemních pastech v průběhu celého monitorovacího období v roce 2022 (12.9. – 2.12.)



Obrázek 2a,b,c – 1a (vlevo): Disperze sum záhytů jedinců *P. melanarius* v zemních pastech v období intenzivního kladení dřepčíka olejkového v roce 2022 (23.9.-19.10.). 1b (uprostřed): to samé za celé období podzimního monitoringu v roce 2022 (12.9. – 2.12.). 1c (vpravo): Vývoj v počtu zachycovaných jedinců *P. melanarius* v zemních pastech v průběhu celého monitorovacího období v roce 2022 (12.9. – 2.12.)

Z výsledků SADIE je zřejmé, že dřepčici (Obrázek 3), stejně jako střevlíci (Obrázky 1 a 2) a drabčící, nejsou v porostu dispergování rovnoměrně, většinou (ne ve všech termínech hodnocení) vykazují signifikantně nerovnoměrnou disperzi – tedy tendenci k agregaci do určitých míst (hodnoty indexů Ia jsou výrazně vyšší než 1, SADIE). To platí pro oba typy porostů. V obou porovnávaných typech porostů lze najít jak *patche*, tak *gapy*. Tyto s časem, a to platí opět pro dřepčíka, střevlíky i drabčící, mění svou polohu, velikost i tvar.



Obrázek 3 – Disperze záhytů dospělců dřepčíka olejkového (na obrázcích samci + samice = dospělci celkem) ve žlutých miskách není v porostu rovnoměrná, většinou se projevuje silná tendence k agregaci do určitých míst (zde demonstrováno na výsledcích z podzimu 2022). To samé platí pro samice dřepčíka olejkového i samice schopné klást.

Výsledky *Association Quick Analysis* potvrdily signifikantní pozitivní asociaci mezi disperzí záhytů kladoucích samic dřepčíka olejkového (vychází se zde ze sumy záhytů v jednotlivých miskách za období nejvyšší ovipoziční aktivity dřepčíka: 23.9. – 20.10.) a disperzními vzorci střevlíka *T. quadristriatus* a drabčících (též se vychází ze sum záhytů pro jednotlivé pasti za

výše vymezené období) v některých případech. U *T. quadristriatus* a kladoucími samicemi dřepčička se pozitivní signifikantní asociace potvrdila v obou prvních sezónách (*overall index of association* $X = 0.7365$, $p = 0.0001$ pro 2021 a 0.6254 , $p = 0.0002$ pro 2022), u drabčičků jen v první sezoně (*overall index of association* $X = 0.4512$, $p = 0.0054$ pro 2021). Kladné hodnoty parciálních indexů X zaujímaly nevýznamně větší plochu v diverzifikovanějším porostu řepky než v řepce monokulturní.

Diskuze

Z výsledků této studie vyplývá, že početnost záchytů dospělců dřepčička olejkového (sameců, samic, samic schopných klást) ve žlutých miskách ani délka letové aktivity nebyly významně ovlivněny kompozicí řepkového porostu. V diverzifikovanějším porostu samice dřepčička olejkové ale kladly kratší dobu. Autorům není známa publikace, která by se zabývala délkou období kladení dřepčička ve vztahu ke složení porostu. Z výsledků je zřejmé, že jak dřepčičk olejkový, tak potenciální predátoři jeho vajíček, tedy zaznamenané druhy střevlíků s vyšší *activity density* a drabčičci, nejsou v porostu dispergováni rovnoměrně, ale že se zde projevuje často signifikantní tendence k agregaci do určitých míst. Co se týče charakteru disperze dřepčička olejkového jsou tato zjištění v souladu s prací Varnera et al. (2003), co se týče střevlíků, do jisté míry k podobným výsledkům dospěli Ferguson et al. (2003). Charakterem disperze drabčičkovitých v řepkových porostech se nikdo (pokud je autorům známo) blíže nezabýval. V předkládaném příspěvku byli celkem jednoznačně identifikováni jako potenciálně nejvýznamnější predátoři vajíček dřepčička olejkového střevlíček *T. quadristriatus* a drabčičkovití brouci. Též Ferguson et al. (2003) uvádějí *T. quadristriatus* mezi potenciálně nejvýznamnějšími predátory vajíček dřepčička olejkového, avšak společně s *Bembidion lampros*, *B. properans* a *Notiophilus palustris* a dokonce i výrazně větším druhem *P. melanarius*, které naopak tento příspěvek považuje za potenciálně nevýznamné predátory. Možným přínosem drabčičkovitých jako predátorů vajíček dřepčička olejkového se zřejmě nikdo detailněji nezabýval.

Závěry

- 1) V diverzifikovanějším porostu byly první samice d. olejkového schopné klást zachyceny ve všech třech letech o několik dní později a poslední naopak dříve. Období kladení zde tedy začalo později a dříve skončilo než v porostu monokulturní řepky.
- 2) V předkládaném příspěvku byli celkem jednoznačně identifikováni jako potenciálně nejvýznamnější predátoři vajíček dřepčička olejkového střevlíček *T. quadristriatus* a drabčičkovití brouci.

Literatura

- Benton T.G., Froggat A., Wright G., Thompson C.E., King R. (2019): Food Politics and Policies in Post-Brexit Britain 35.
- Breitenmoser S., Steinger T., Baux A., Hiltbold I. (2022): Intercropping winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) has the potential to lessen the impact of the insect pest complex. *Agronomy*, 12, 723. <https://doi.org/10.3390/agronomy.12030723>
- Ferguson A., et al. (2003): Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: implications for integrated pest management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95: 509 – 521.
- Hoarau C., Campbell H., Prince G., Chandler D., Pope T. (2022): Biological control agents against the cabbage stem flea beetle in oilseed rape crops. *Biological control*, 167: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104844>
- Hojland D.H., Nuen R., Foster S.P., Williamson M.S., Kristensen M. (2015): Incidence, spread and mechanisms of pyrethroid resistance in European populations of the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *PloS ONE*, 10(12): e0146045. [doi:10.1371/journal.pone.0146045](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146045)
- Jordan A., Broad G.R., Stigenberg J., Hughes J., Stone J., Bedford I., Penfield S., Wells R. (2020): The potential of the solitary parasitoid *Microctonus brassicae* for the biological control of the adult cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala*. *Entomol. Exp. Et Appl.*, 168: 360-370.
- Perry JN (1995) Spatial analysis by distance indices. *J Anim Ecol* 64: 303 – 314
- Pearce S. & Zalucki M. (2006): Do predators aggregate in response to pest density in agroecosystem? Assessing within-field spatial patterns. *Journal of Applied Ecology*, 43: 128 – 140.
- Prasad R.P., Snyder W.E. (2020): Polyphagy complicates conservation biological control that targets generalist predators. *Journal of Applied Ecology*, 43: 343-352.
- Seidenglanz M, Muñoz Arbeláez M., Šafář J., Hanáková Bečvářová P., Čihánková L., Kolařík P., Hrudová E., Gališová V., Šmirous P. (2023): Vliv odrůdy a diverzity porostu na výskyt dřepčíka olejkového. *Úroda*, 71(04), 10-17. ISSN 0139-6013
- Stará J., Kocourek, F. (2019): Cabbage stem flea beetle's (*Psylliodes chrysocephala* L.) susceptibility to pyrethroids and tolerance to thiacloprid in the Czech Republic. *PloS ONE*, 14(9): e0214702. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214702>

Poděkování

Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly získány při řešení projektu QK21010332. K vytvoření příspěvku byla též využita institucionální podpora od Ministerstva zemědělství (MZE-RO1023).

Kontaktní adresa:

Ing. Marek Seidenglanz, Ph.D.
Agritec Plant Research s.r.o.
Zemědělská 2520/16, Šumperk
+420 605 011 163, blazek@agritec.cz

Dopad insekticidních aplikací na larvy blýskáčků (*Brassicogethes Audisio & Cline, 2009*)

The impact of insecticides application on larvae of pollen beetles

(*Brassicogethes Audisio & Cline, 2009*)

Šafář J.¹, Seidenglanz M.¹, Plachká E.²

¹*Agritec Plant Research, s.r.o.*; ²*OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.*

Abstrakt

Aplikace insekticidů pro eliminaci škůdců na řepce olejce může ovlivnit aktivitu dospělců nebo larev blýskáčků a úroveň parazitismu larev. Terénní studie ukazují, že insekticidní aplikace mohou ovlivňovat četnost parazitoidů a úroveň parazitismu larev blýskáčků. Insekticidy aplikované v období kvetení řepky olejky mají největší potenciál ohrozit populace parazitoidů. Poznatky vzešlé z terénní studie mohou posloužit pro zmírnění dopadů vedlejších účinků na přirozené nepřátelé škůdců řepky a ověření účinnosti na snižování populací larev blýskáčků z dlouhodobého hlediska.

Klíčová slova: parazitoid, řepka, insekticidy

Abstract

The application of insecticides to eliminate pests on oilseed rape can affect the activity of adults or pollen beetle larvae and the level of larval parasitism. Field studies show that insecticide applications can affect pollen beetle larvae and their parasitism. Insecticides applied during the flowering period of oilseed rape have the greatest potential to threaten parasitoid populations. The knowledge gained from the field study can be used to mitigate the impacts of side effects on the natural enemies of oilseed rape pests and to verify the effectiveness in reducing the populations of pollen beetle larvae in the long term.

Keywords: parasitoid wasps, oilseed rape, insecticides

Úvod

Pěstování řepky olejky s vysokým zastoupením v osevních postupech polních plodin je vystaveno zvýšenému tlakem škůdců a chorob, což ruku v ruce vede k vysokým nárokům a nákladům na chemická ošetření. Základem ochrany porostů řepky ozimé proti škůdcům jsou insekticidní chemická ošetření, jež snižují napadení rostlin z krátkodobého hlediska. Nechemické možnosti ochrany rostlin, které mohou snižovat populace škůdců z dlouhodobého hlediska nejsou dostatečně studovány, jedná se o vliv přirozených nepřátel škůdců jako jsou střevlíkovití brouci a zejména parazitoidi (Hawkins et al. 1994, Hoffman et al. 1999). Bionomie drtivé většiny škůdců řepky (vyjma bejlmorek) v závěrečné fázi vývoje do dospělosti je charakteristická tím, že dospělci nepřezimují na poli, kde byla řepka. Potenciálně může přezimovat na poli s řepkou krytonosec řepkový (Williams 2010), což se autorům práce pomocí emergenčních pastí v následné plodině za více než pětileté studium na různých lokalitách nepodařilo potvrdit v podmínkách severní Moravy. Takže k ovlivnění těchto populací zásahem do strniště nebo kultivací půdy nedochází. Blanokřídlí parazitoidi ukončují vývoj zahubením každého napadeného jedince blýskáčků, takže je populace škůdců částečně likvidována z dlouhodobějšího hlediska i bez chemických zásahů (Ulber et al. 2010a, 2010b).

Materiál a metody

V roce 2020 a 2021 byl založen maloparcelní pokus v řepce ozimé, jež zahrnoval širší spektrum insekticidních variant přípravků používaných v zemědělství proti hmyzím škůdcům (parcely

byly o velikosti 25 m²). Jednalo se o výběr ze skupiny neonikotinoidů, pyretroidů, alkocholethoxylát aj. (seznam variant je v Tab. č. 1.). Pokus byl ve čtyřech plně randomizovaných opakováních na lokalitě Rapotín (r. 2020) a Vikýřovice (2021). Termín aplikace se řídil termínem ošetření směřovaným na dospělce blýskáčků, což bylo v každém roce v BBCH 58-59. Termín byl posunut těsně před kvetením řepky z toho důvodu, že se jedná o období, kdy je letová aktivita blýskáčků na vzestupu, larvy jsou v pupatech přítomny a v porostech je tou dobou zvýšená letová aktivita lumků rodu *Tersilochus* sp., (Hymenoptera). Monitoringem pomocí žlutých mörického misek bylo zjištěno, že druh *Tersilochus heterocerus* byl na lokalitách naprosto dominantní parazitoid larev blýskáčků. Postupně bylo v časově rovnocenných intervalech odebíráno dvacet květenství řepok na parcelu v jednotlivých opakováních. Termíny odběru byly tyto: při aplikaci z kontrol, ranný odběr (2-3 dny po aplikaci), 8 až 9 dnů (kdy lze předpokládat dozrívající účinnost většiny insekticidů) a poslední odběry byly 14 až 15 dnů po aplikaci. Vrcholová květenství byla ukládána do papírových pytlíků a do jedné hodiny od odběru hluboce zmrazeny. V laboratorních podmínkách byly jednotlivé květy v květenství rozebírány pomocí pinzet, kdy byly počítány larvy v jednotlivých květenstvích a ukládány do epruvet s vysoce koncentrovaným roztokem lihu. Posléze byly pitvány jednotlivé larvy druhého instaru (jež jsou staré z hlediska bionomie larev blýskáčků tři až 14 dnů), což vytvořilo jistotu, že při tak pokročilém vývoji larev musely být vystaveny chemické aplikaci. V pitvaných larvách byly pod mikroskopem nalézány vajíčka parazitoidů rodu *Tersilochus* sp. (tmavý integument vajíček). Statistické hodnocení bylo provedeno v programu Statistika 12 pomocí Student-Neuwmann-Keuls testu, jako post-hoc analýzy rozptylu, dále byly vypočítány průměry s intervaly spolehlivosti +/- 95 %, P<0,05.

Tab. 1: Seznam variant pokusu (v roce 2020 nebyly zahrnuty veškeré varianty).

Var.	účinná látka	produkt	g, l/ha v 300 l vody
1	KONTROLA		
2	lambda-cyhalothrin	Karate Zeon	0,15
3	cypermethrin	Cyperkill	0,1
4	tau-fluvalinate	Mavrick	0,2
5	etofenprox	Trebon	0,2
6	acetamiprid	Mospilan 20 SP	100 (g)
7	spinetoram	Radiant	0,4
8	cypermethrin + piperonyl butoxid	Sherpa Duo	0,2
9	zeta-cypermethrin	Fury	0,1
10	deltamethrin	Decis Mega	0,15
11	gama-cyhalothrin	Nexide	0,08
12	esfenvalerate (Sumi Alpha)	Sumi Alpha	0,15
13	alfa-cypermethrin	Vaztak Active	0,2
14	indoxacarb	AVAUNT 15 EC	0,17
15	azadirachtin	Neemazal	3 l
16	azadirachtin + pomerančový olej	Neemazal + Wetcit	3 l + 0,02 %
17	thiacloprid	Biscaya	0,3

Výsledky

Během sledovaných sezón bylo ve třech termínech odběru odebráno cca 8 tis. larev (r. 2020) a 16 tis. (2021) larev blýskáčků z 80ti hodnocených květenství v jednotlivých variantách. Z těchto dat byl stanoven průměr počtu larev na variantu a vypočítáno procento počtu larev vůči neošetřené kontrole (viz. Tab. 2 a 3). Z výsledků vyplývá, že statisticky významně došlo ke snížení počtu larev po krátkou dobu po postřiku (3 dny) v sezóně 2020 pro variantu 13, 15-17, pro účinné látky alfa-cypermethrin, azadirachtin a thiacloprid. Zároveň je nutno dodat, že pravděpodobně díky nenáhodnému rozmístění kladoucích samic došlo k nerovnoměrnému rozšíření larev blýskáčků v porostech, takže u některých variant došlo oproti kontrole k mírnému zvýšení početnosti. Proto autoři práce berou dopad insekticidních aplikací na larvy druhého instaru v květech řepky spíše s rezervou (Tab. 2 a 3, Graf 1 a 2). V pozdějších výběrech a celou sezónu 2021 nedošlo k významnému ovlivnění početnosti larev blýskáčků v květech řepky oproti neošetřené kontrole. Početnost larev blýskáčků se několik dní po aplikaci v průměru prakticky nelišila od početnosti larev při aplikaci na neošetřených parcelách. Postupně jak je vidět z Tab. 2 a 3 docházelo ke změnám početnosti jako bylo snížení počtu larev omezením kladení blýskáčky nebo vypadáváním larev na povrch půdy před kuklením v roce 2021 anebo navyšování početnosti v roce 2020. Podstatnějších výsledků bylo dosaženo u vlivu na parazitaci larev, která probíhá kontinuálně v průběhu výskytu larev v porostech řepky. V roce 2020 došlo u všech ošetřených variant ke snížení parazitace oproti kontrole dva dny po aplikaci. Drobné rozdíly nastaly v sezóně 2021, kdy statisticky nevýznamné rozdíly nebyly shledány pouze u variant 4, 10 a 16 (tau-fulvalinát, deltametrin, azadirachtin) na rozdíl od jiných. Z výsledků vyplývá, že početnost larev není v květech po chemických aplikacích ovlivněna insekticidy, tudíž ani látky se známou částečnou systémovou účinností jako jsou neonicotinoidy přílišný vliv na mortalitu larev neměly. Jinak je tomu s parazitací larev, kdy z důvodu repelence nebo toxicity dochází v krátkodobém horizontu 2-3 dny k menší aktivitě parazitoidů a jejich kladení do larev blýskáčků (Tab. 3 a 4).

Tab. 2: Výsledky průměrů počtu larev v jednotlivých hodnoceních (2, 9, 15 dní po aplikaci)

	May-13-2020		May-19-2020		May-25-2020	
	\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
1	15,00ab		56,30a		83,67a	
2	28,30ab	188,89	55,33a	107,25	107,00a	131,64
3	20,30ab	135,56	50,32a	101,64	68,00a	78,47
4	16,00ab	106,67	50,28a	92,22	88,67a	106,43
5	32,00a	213,33	55,34a	117,3	104,33a	124,59
6	27,30ab	182,22	39,00a	83,85	96,67a	121,35
9	28,00ab	186,67	48,00a	95,91	117,67a	142,41
10	18,00ab	120,01	61,30a	133,78	83,67a	104,16
11	16,70ab	111,11	56,70a	118,2	99,67a	122,76
12	17,70ab	117,78	64,00a	120,1	69,33a	79,59
14	17,00ab	113,33	59,70a	138,5	85,67a	104,97
15	18,30ab	122,22	52,29a	94,76	85,67a	98,91
17	7,00b	46,67	32,70a	65,91	69,67a	87,57

Legenda: \bar{x} aritmetický průměr početnosti, % procento vůči neošetřené kontrole

Tab. 3: Výsledky průměrů počtu larev v jednotlivých hodnoceních (3, 8, 14 dní po aplikaci)

	May-31-2021		Jun-2-2021		Jun-4-2021	
	\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
1	110,30def		85,30abc		59,75a	
2	121,30abc	110,27	105,30ab	137,31	58,25a	119,21
3	111,50def	101,59	88,50abc	121,15	55,00a	108,30
4	107,30efg	97,77	88,00abc	115,67	55,75a	125,97
5	122,80ab	111,71	73,50abc	89,61	55,75a	114,53
6	121,00abc	110,37	54,00abc	75,18	46,50a	105,98
7	112,80c-f	102,91	44,30bc	58,55	48,50a	118,47
8	127,00a	115,59	87,50abc	109,91	48,00a	80,43
9	125,30ab	114,00	112,00a	134,16	61,25a	122,98
10	118,30a-d	107,65	102,50ab	140,25	69,50a	154,97
11	116,30b-e	105,71	85,50abc	106,61	52,50a	110,17
12	113,50c-f	103,33	89,00abc	109,93	60,00a	114,82
13	97,50h	88,95	104,80ab	128,65	71,25a	138,64
14	105,50fg	96,06	63,80abc	73,01	52,00a	114,26
15	100,00gh	91,07	98,30abc	125,60	76,00a	140,09
16	84,50i	77,03	80,80abc	92,69	62,75a	124,04
17	73,50j	66,89	36,30c	39,17	35,25a	62,21

Legenda: \bar{x} aritmetický průměr početnosti, % procento vůči neošetřené kontrole

Tab. 4: Výsledky průměrů parazitace larev blýskáčků v jednotlivých hodnoceních (2, 9, 15 dní po aplikaci)

	May-13-2020		May-19-2020		May-25-2020	
	\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
1	68,89a		35,02a		22,79ab	
2	17,42b	25,67	34,33a	97,80	13,49b	58,87
3	32,58b	49,33	16,88ab	48,22	24,36ab	106,41
4	8,54b	12,07	27,75ab	78,93	20,81ab	90,78
5	13,55b	20,06	25,93ab	74,08	18,07ab	79,08
6	13,44b	19,53	18,72ab	53,44	12,44b	54,86
9	21,48b	31,17	17,58ab	50,17	13,10b	56,33
10	18,63b	24,10	17,54ab	50,04	19,46ab	85,46
11	16,24b	25,05	21,51ab	61,52	23,84ab	106,87
12	19,15b	27,85	13,87b	39,48	31,37a	138,33
14	17,23b	26,30	22,83ab	65,02	11,38b	50,63
15	3,56b	5,00	24,86ab	70,95	10,25b	48,01
17	25,60b	39,98	24,45ab	69,74	15,56ab	72,73

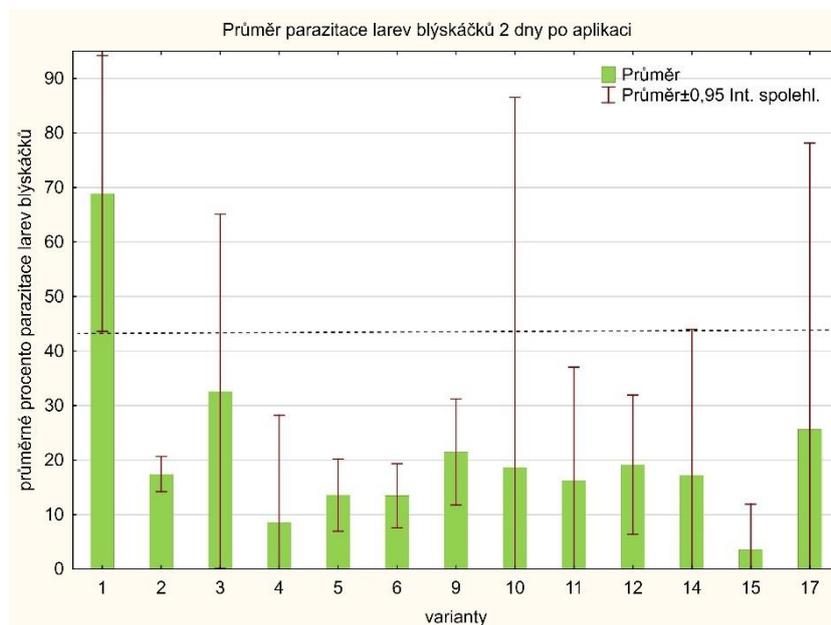
Legenda: \bar{x} aritmetický průměr početnosti, % procento vůči neošetřené kontrole

Tab. 5: Výsledky průměrů parazitace larev blýskáčků v jednotlivých hodnoceních (3, 8, 14 dní po aplikaci)

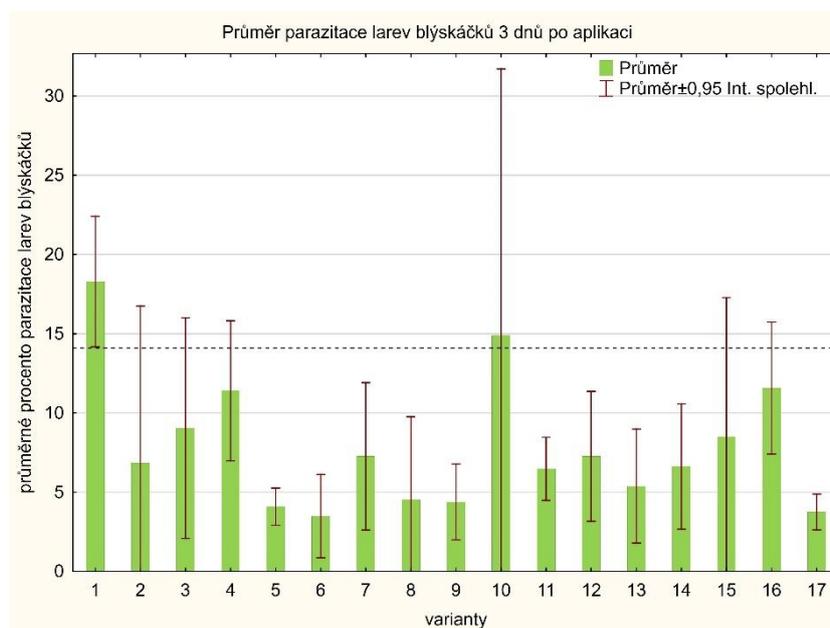
	May-31-2021		Jun-2-2021		Jun-4-2021	
	\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
1	18,29a		33,57a		46,53a	
2	6,84bc	42,20	16,03b	47,86	8,29a	24,31
3	9,05bc	48,06	12,46b	36,78	12,61a	37,73
4	11,40abc	63,98	13,78b	41,75	10,06a	33,16
5	4,09c	22,78	10,22b	30,08	13,89a	27,71
6	3,49c	18,97	8,16b	25,52	9,23a	27,09
7	7,27bc	41,66	19,31b	61,00	12,04a	34,29
8	4,55c	24,06	12,92b	38,77	19,13a	36,99
9	4,39c	23,92	11,98b	37,34	21,16a	47,67
10	14,89ab	80,72	7,44b	22,96	14,32a	48,87
11	6,48bc	36,67	10,27b	31,62	11,71a	34,50
12	7,26bc	40,04	12,97b	38,61	13,24a	37,58
13	5,38c	28,41	12,07b	34,87	11,57a	22,83
14	6,62bc	35,91	11,74b	34,82	16,97a	44,78
15	8,51bc	45,23	13,66b	41,39	11,52a	36,23
16	11,57abc	64,64	13,67b	40,94	16,55a	46,44
17	3,75c	21,23	9,68b	28,27	19,12a	39,45

Legenda: \bar{x} aritmetický průměr početnosti, % procento vůči neošetřené kontrole

Graf č. 1: Průměr parazitace larev tři dny po aplikaci v roce 2020 vč. intervalů spolehlivosti, ($P < 0,05$)



Graf č. 2: Průměr parazitace larev tři dny po aplikaci v roce 2021 vč. intervalů spolehlivosti, ($P < 0,05$)



Diskuze

Účinnost insekticidních přípravků se obvykle hodnotí pomocí mezinárodních standardů EPPO (kupř. PP1/178(3)) na dospělých blýskáčků, kde dochází k jistému zkreslení, protože dospělci blýskáčků mohou být na poli rekolonizováni z okolních biotopů po aplikaci. Účinnost insekticidů na larvy blýskáčků nebyla dosud dostatečně studována. Existují práce, jež srovnávají kupříkladu jiné způsoby chemických aplikací (pod květy) hadicovými postřikovacími označovanými „dropleg systém“, kde bylo prokázáno, že nedochází v takové míře ke snižování populací parazitoidů rodu *Tersilochus* sp. a *Phradis* sp., což vede k vyšší parazitaci larev a snižování populací blýskáčků, jež napadeny hynou ve fázi kukly (Hausmann et al. 2019, 2021, Jansen et al. 2014, 2019). Vliv insekticidních aplikací na parazitaci larev krytonosců byla prokázána u stonkových krytonosců (Murchie et al. 1997, Nissen et al. 1997). Vliv insekticidních zásahů v řepce na necílové organismy byl dosud nedostatečně studován (Pereira et al. 2009, Sánchez-Bayo 2012). V minulosti jiní autoři studovali několik málo insekticidních látek a jejich dopad i po několika týdnech od aplikace, kdy pomocí monitorovacích metod (žlutých misek) bylo pozorováno snížení návštěvnosti porostů parazitoidy rodu *Tersilochus* sp. (Ulber 2010a, 2010b, Thies et al. 2008, Jansen 2014, 2017). Výsledky tak rozsáhlého souboru různorodých účinných látek insekticidů a jejich dopad na parazitaci blýskáčků nejsou autorům práce z jiných prací známy.

Závěr

Výsledky rozsáhlého souboru dat a variant pokusu proběhlého v roce 2020 a 2021 poukazují na nízké ovlivnění početnosti larev blýskáčků v květech řepky. Důležitým poznatkem této práce je zjištění dopadu na aktivitu přirozených nepřátel larev blýskáčků, což je lumek *Tersilochus heterocerus*, jehož samice krátce po aplikaci 2-3 dny změnily aktivitu a kde docházelo u larev druhého instaru blýskáčků ke snížení kladení vajíček samicemi lumků pod tělní integument larev blýskáčků.

Literatura

- Hausmann J., Brandes M., Heimbach U. (2019): Effects of dropleg application technique during flowering of oilseed rape on insectpests. *Crop. Prot.* 126:104917.
- Hausmann J., Heimbach U., Rostás M., Brandes M. (2021): The effect of insecticide application by dropleg sprayers on pollen beetle parasitism in oilseed rape. *Biocontrol* 66:765–777.
- Hawkins B.A., Cornell H.V. (1994): Maximum parasitism rates and successful biological control. *Science* 266:1886.
- Hoffmann G.M., Schmutterer H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen [Parasitic diseases and pests on agricultural crops], 2nd edn. Ulmer, Stuttgart Hokkanen HMT (2008) Biological control methods of pest insects in oilseed rape. *EPPO Bull* 38:104–109.
- Jansen J-P., San Martin G. (2014): A large field trial to assess the short-term and long-term effects of 5 insecticides used to control the pollen beetle on parasitic hymenoptera in oilseed rape. *IOBC-WPRS Bull* 103:9–16
- Jansen J-P., San Martin G. (2017): A large field trial to assess the short-term and long-term effects of several 4 insecticides used to control the pollen beetle on parasitic hymenoptera in oilseed rape. *IOBC-WPRS Bull* 125:1–9
- Murchie A.K., Williams I.H., Alford D.V. (1997): Effects of commercial insecticide treatments to winter oilseed rape on parasitism of *Ceutorhynchus assimilis* Paykull (Coleoptera: Curculionidae) by *Trichomalus perfectus* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Crop Prot.* 16:199–202.
- Nissen U. (1997): Ökologische Studien zum Auftreten von Schadinsekten und ihren Parasitoiden an Winterraps norddeutscher Anbaue-biete. PhD dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Pereira J.L., Antunes S.C., Castro B.B., Marques C.R., Gonçalves A.M.M., Gonçalves F., Pereira R. (2009): Toxicity evaluation of three pesticides on non-target aquatic and soil organisms: commercial formulation versus active ingredient. *Ecotoxicology* 18:455–463.
- Sánchez-Bayo F. (2012): Insecticides mode of action in relation to their toxicity to non-target organisms. *J. Environ. Anal. Toxicol. S.* 4:002
- Thies C., Steffan-Dewenter I., Tscharrntke T. (2008): Interannual landscape changes influence plant–herbivore–parasitoid interactions. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125:266–268.
- Ulber B., Klukowski Z., Williams I.H. (2010a): Impact of insecticides on parasitoids of oilseed rape pests. In: Williams I.H. (ed) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*, vol 18. Springer, Dordrecht, pp 337–355
- Ulber B., Williams I.H., Klukowski Z., Luik A., Nilsson C. (2010b): Parasitoids of oilseed rape pests in Europe: key species for conservation biocontrol. In: Williams I.H. (ed) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer, Dordrecht, pp 45–76.
- Williams I.H. 2010: The Major Insect Pest of Oilseed Rape in Europe and Their Management: An Overview, *Biocontrol–Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*, 1–43.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory Ministerstva zemědělství, QK21010332 a institucionální podpory MZE-RO-10/23 a MZE-RO-18/18.

Kontaktní adresa:

Ing. Jaroslav Šafář, Ph.D.

Agritec Plant Research, s.r.o.

Zemědělská 16

+420 776 748 289, safar@agritec.cz

Možnosti desikace olejného lnu po restrikcích účinných látek

Possibilities of accelerated ripening of flax crop (*Linum usitatissimum*)
after restriction of active ingredients

Šafář J.¹, Bjelková M.¹, Kubíková Z.², Seidenglanz M.¹

¹ Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk

² Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko

Abstrakt

Cílem této studie je najít desikant, který by mohl nahradit účinné látky, které nejsou v registru přípravků na ochranu rostlin pro desikaci k dispozici. Jako možná eventualita se v současnosti jeví látka pyraflufen-ethyl, která dosud nepodléhá restrikcím jako jiné látky určené v minulosti k desikaci. Pokusy ve lnu a probíhaly v letech 2020–2021 na dvou odlišných lokalitách v okrese Šumperk. Významný vliv na urychlení dozrávání porostů bylo zjištěno u variant s použitím pyraflufen-ethylu s DAMem a smáčedlem, která je využitelná pro pěstování lnu na semeno.

Klíčová slova: desikace, len, dozrávání

Abstract

The aims of this study to find a desiccant that could replace active substances that have been discontinued for application to accelerate pre-harvest ripening. Pyraflufen-ethyl is currently the only possible eventuality, which is not yet as restricted as other desiccants. The trials in flax crop were carried out in the years 2020–2021 in two different localities in the district of Šumperk (Northeast part of Czech Republic). A significant effect on accelerating the ripening of crops was the application of pyraflufen-ethyl with UAN (ammonium nitrate with urea) and adjuvant Toil, which created good quality harvested seeds of flax.

Keywords: accelerated ripennig crops, Linum

Úvod

Pro jednorázovou sklizeň u celé řady polních plodin vzhledem k vysoké vlhkosti sklizených semen je nutná desikace, napříč tomu, že dvoufázová sklizeň přináší vyšší zatížení na ekonomiku, lidské a technické prostředky. Desikace je předsklizňová technologie využívaná k předčasnému ukončení vegetace (zásadní faktor snižující vlhkost sklizených semen, jež sekundárně snižují náklady na dosoušení). Dále je tato technologie uplatňována v zaplevelených porostech pro usnadnění sklizně zvláště s omezeným použitím herbicidních látek (což je případ minoritních plodin, a to zejména lnu setého), snížení vlhkosti sklizené hmoty, což souvisí s déle trvající fenologií plevelů v porovnání s kulturní plodinou. V minulosti byl využíván, nejen v ČR, jako desikant přípravek s účinnou látkou glyfosát do luskovin (kupř. Ellis et al. 1998), řepky nebo obilovin a glufosinát v přípravku s komerčním názvem Basta, jehož registrace byla ukončena. Další účinné látky vhodné k desikaci byly v minulosti bromoxynil (kupř. Bromotril-ukončena registrace v ČR), dále carfentrazone (Aurora), flumioxazin, fluroxypyr (dosud využívané jako herbicidy). Tyto látky taktéž nejsou povoleny jako desikanty. Na základě nařízení Komise EU 2018/1532 je rovněž ukončena možnost používání široce rozšířených desikantů s účinnou látkou diquat, která byla pro pěstování lnu na semeno po více než 50. let zcela zásadní a v poslední sezóně byl využíván na výjimku UKZÚZ za velice omezených podmínek použití v porostech lnu. Současné možnosti použití desikantů jsou v ČR zcela tristní z hlediska množství účinných látek. V registru přípravků na ochranu rostlin (dostupné na <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>) zůstala jako desikant prakticky pouze jedna účinná látka – pyraflufen-ethyl, která je registrovaná do brambor, trvalých

ovocných kultur (hubení výmladků), dále do slunečnice, jetelovin, svazenky vratičolisté (minoritní registrace, stav v registru 10.10.2023). Je tedy nezbytné při pěstování zejména minoritních plodin najít v dohledné době náhradu za zmíněné desikanty s ukončenou dobou registrace nebo najít technologii umožňující sklizeň porostů s přijatelnou vlhkostí semen.

Materiál a metody

V letech 2020 a 2021 byly v okrese Šumperk v katastrech obcí Bratrušov (r. 2020) a Vikýřovice (2021) založeny maloparcelní pokusy splňující standardy EPPO (mezinárodně uznávané metodiky pro registraci pesticidů využitelných k pěstování zemědělských plodin) ve lnu (odrůdy Libra 2020, Raciol 2021). Velikost pokusných parcel byla 25 m² ve čtyřech plně znárodněných opakováních. Jednotlivé foliární varianty pokusu jsou uvedeny v tabulce 1. Termíny aplikací byly dne 30.7.2020, 26.7.2021. V pokusech byla hodnocena účinnost, resp. zasychání či nektorizace pletiv plodin na listech, stoncích a generativních částech v procentech hodnocením na stupnici (1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 %). Na každé parcele bylo hodnoceno 50 rostlin samostatně a odděleně po jednotlivých zmíněných částech rostlin. Takhle bylo získáno ve čtyřech opakováních 200 hodnocených rostlin za každou pokusnou variantu (viz. Tab. 1). Dále bylo provedeno sklizňové hodnocení za pomoci sklizňové mlátičky Wintersteiger Quantum vč. laboratorních hodnocení vlhkosti semen a hmotnosti tisíce semen (HTS). Dále byla ve zmíněných letech hodnocena účinnost na obrůstání plodiny z výdrolu způsobenou sklizňovými ztrátami a účinnost na dominantní spektrum plevelů na lokalitách. Výsledky byly statisticky zpracovány v programu ARM 2016 (Gylling Data Manager) za použití Student-Newman-Keuls testu jako post-hoc analýzy rozptylu (ANOVA) dle De Muth & James E. (2006).

Výsledky

V letech 2020-2021 byly založeny maloparcelní pokusy, jež přinesly signifikantní výsledky účinnosti pyraflufen-ethylu na listy a tobolky lnu a zejména v účinnosti na vysoké množství hlavně širokolistých plevelů (Tab. 6). Je nutno dodat, že závěrem vegetace listy lnu vadnou samovolně, což nesnižuje funkčnost této látky jako desikantu na tobolky lnu (viz. Tab. 2 a 3) ovšem výsledky mohou být částečně ovlivněny subjektivitou při hodnocení. V roce 2020 nebyly hodnoceny stonky lnu v důsledku velmi silného napadení fusariovým vadnutím stonků lnu (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*). Náhradou za neschválené účinné látky (dikvát, glufosinát) a karfentrazon, jež je používán v některých zemích EU v jiných plodinách (Perreira et al 2015, Soltani et al 2013, Tavares et al 2016), se v současnosti jeví jako alternativa pouze pyraflufen-ethyl při použití se smáčedlem a DAMem (var. č. 3, Tab. 2-3). Varianta s DAMem dosáhla jako jediná uspokojivých výsledků (zvýšení usychání tobolek o cca 30-50 %, účinnost 98-100 %). Velice významný vliv měla aplikace na vlhkost semen (v roce 2020), kdy došlo ke snížení vlhkosti z 23 % (průměr kontroly) na 9,5 % (Tab. 2). Tab. 6 demonstuje účinnost na obrůstání výdrolu lnu a účinnost na dominantní druhy plevelů. V roce 2020 byla výsledná sklizňová vlhkost ovlivněna pozdní sklizní a polehlým porostem v pokusu (Tab. 4).

Tab. 1: Seznam použitých předsklizňových desikantů a jejich dávek v pokusech se lnem. Aplikace probíhaly při BBCH 83-85 s výjimkou roku 2020, kdy v pokuse se lnem setým byl postřik při BBCH 85-87. Legenda: adj. – smáčedlo

Datum	Přípravek	Dávka	Účinná látka
1	Kontrola	-	-
2	Kabuki	0,8 l/ha	pyraflufen-ethyl
3	Kabuki + DAM + Toil	0,8 l/ha + 10 l/ha + 0,5 %	pyraflufen-ethyl + DAM + adj.
4	Kabuki + Toil + Flexi	0,8 l/ha + 0,5 % + 0,75 l/ha	pyrflufen-ethyl + adj. + lepidlo
5	Basta 15	2,5 l/ha	glufosinate-NH4
6	Reglone	4 l/ha	diquat-dibromid
7	Spotlight + Dash HC	1 + 1 l/ha	carfentrazone-ethyl + adj.

Tab. 2: Hodnocení vlivu desikantů, resp. desikační účinek v procentech na listy a tobolky olejného lnu v roce 2020

2020 Přípravek	listy			tobolky			sklizeň			
	2.8.	6.8.	13.8.	31.7.	6.8.	13.8.	t/ha	vlhkost	HTS	klíčivost
1 Kontrola	0,0c	2,2d	93,3c	0,0c	2,2d	44,7d	1,3a	23,0a	5,56a	95,2a
2 Kabuki	8,0b	20,3c	98,0b	3,5c	20,3c	69,3c	1,3a	14,6b	5,56a	96,1a
3 Kabuki + DAM + Toil	15,4a	29,5b	98,0b	10,5b	29,5b	82,7b	1,4a	9,5c	5,65a	95,4a
4 Kabuki + Toil + Flexi	5,0b	14,3c	96,9b	5,0c	24,5c	63,3c	1,6a	9,8c	5,55a	95,8a
5 Basta	16,6a	44,5a	100a	32,0a	44,5a	92,7a	1,6a	8,2d	5,56a	95,6a
6 Reglone	18,9a	50,2a	100a	38,0a	50,5a	100a	1,5a	7,9d	5,55a	95,8a
7 Spotlight + Dash HC	15,3a	46,8a	100a	35,2a	47,5a	95,8a	1,5a	8,3d	5,55a	94,9a

Tab. 3: Hodnocení vlivu desikantů, resp. desikační účinek v procentech na listy, stonky a tobolky lnu v roce 2021

2021 Přípravek	listy				stonky				tobolky			
	31.7.	2.8.	5.8.	9.8.	31.7.	2.8.	5.8.	9.8.	31.7.	2.8.	5.8.	9.8.
1 Kontrola	35,5b	55,4b	80,2b	85,5b	1,5a	1,9a	2,6a	5,25b	21,0a	21,0a	64,7d	100a
2 Kabuki + Toil	64,7a	84,0a	89,3a	100a	1,8a	2,5a	35,9c	49,5a	22,1a	22,1a	75,3c	100a
3 Kabuki + DAM + Toil	64,8a	85,2a	92,3a	100a	1,6a	2,3a	48,2b	53,5a	25,0a	25,0a	89,7b	100a
4 Kabuki + Toil + Flexi	65,0a	86,3a	91,5a	100a	1,7a	2,4a	36,3c	50,0a	23,0a	23,0a	75,6b	100a
5 Basta	67,3a	87,2a	95,3a	100a	1,9a	3,0a	44,5a	52,7a	25,0a	25,5a	98,4a	100a
6 Reglone	68,4a	91,3a	97,1a	100a	2,3a	3,0a	50,5a	65,0a	27,2a	27,5a	100a	100a
7 Spotlight + Dash	67,6a	89,2a	94,8a	100a	2,0a	3,2a	47,5a	55,8a	26,2a	26,5a	99,2a	100a

Tab. 4: Sklizňové hodnocení pokusu ve lnu z roku 2020 vlhkost a klíčivost (%), HTS (g)

2020		sklizeň			
Přípravek	t/ha	vlhkost	HTS	klíčivost	
1	Kontrola	1,9a	16,2b	5,99a	88,8a
2	Kabuki + Toil	2,2a	14,3a	6,01a	89,0a
3	Kabuki + DAM + Toil	2,1a	13,9a	5,99a	89,2a
4	Kabuki + Toil + Flexi	2,0a	15,2ab	6,03a	88,1a
5	Basta	1,9a	14,6a	6,00a	86,3a
6	Reglone	1,9a	13,7a	5,99a	89,0a
7	Spotlight + Dash	2,1a	14,3a	5,99a	88,3a

Tab. 5: Sklizňové hodnocení pokusu ve lnu z roku 2021 vlhkost a klíčivost (%), HTS (g)

2021		sklizeň			
Přípravek	t/ha	vlhkost	HTS	klíčivost	
1	Kontrola	2,3a	14,6b	5,98a	84,8a
2	Kabuki + Toil	2,4a	12,2a	6,06a	86,0a
3	Kabuki + DAM + Toil	2,4a	11,9a	5,98a	85,3a
4	Kabuki + Toil + Flexi	2,5a	13,3ab	6,06a	86,0a
5	Basta	2,4a	11,6a	6,03a	85,4a
6	Reglone	2,4a	10,7a	5,96a	85,1a
7	Spotlight + Dash	2,4a	11,3a	5,97a	85,2a

Tab. 6: Průměrná účinnost variant s desikačním účinkem na výdrol lnu, obrůstání a dominantní plevele na lokalitách lnu v roce 2020-2021

Var.	Účinná látka	výdrol	obrustání	CHEAL	CHEPO	MATIN	CIRAR
1	kontrola bez ošetření	60	20	0	60	70	5
2	pyraflufen-ethyl	55	1	92,5	87,5	82,5	7,5
3	pyraflufen-ethyl + smáčedlo + DAM	55	1	95	95	85	15
4	pyraflufen-ethyl + smáčedlo + lepidlo	50	2	95	90	82,5	10
5	glufosinolat amonný	55	1	95	90	65	20
6	diquat	45	0	97,5	97,5	92,5	100
7	carfentrazone-ethyl + smáčedlo + DAM	50	0	75	85	85	2
8	DAM 1:1 s vodou + smáčedlo (kontrola 2)	40	10	0	80	65	25

Legenda: CHEAL-*Chenopodium album* (merlík bílý), CHEPO-*Lipandra polysperma* (m. mnohosemenný), MATIN-*Tripleurospermum inodorum* (heřmánkovec nevonný), CIRAR-*Cirsium arvense* (pcháč oset).

Diskuze

Nařízením Komise EU 2018/1532 vznikl predenes vůči restrikcí přípravku Reglone (dikvát), tudíž nebude použití zmíněného přípravku ve lnu s jistotou do budoucna dále možné. Tato látka byla široce využívána v evropských státech v přípravku Reglone jako desikant (Mutch 1984, Schulz 1992) a v současnosti po skončení užívání glufosinolátu amonného (Basta) v podmínkách ČR žádná náhrada. Při sklizni lnu na semeno je ale prakticky nezbytné použití desikantu vzhledem k ekonomicky náročným vstupům při dosoušení sklizených semen. V minulosti došlo k rapidnímu propadu pěstebních ploch přadného lnu, kde aplikací desikantu s DAMem může dojít ke snížení kvality vlákna, u olejného lnu dosahují aktuální plochy v ČR okolo 1300 ha (Šmirous et al. 2015, 2021). Tato technologie regulace dozrávání zvláště za rizikových podmínek, jako je snížená účinnost herbicidů spojená s vysokou zapleveleností, vlhký průběh počasí při dozrávání nebo pozdním termínem sklizně je naprosto využitelná pro sklizeň semenných porostů jako je tomu v současnosti u jiných olejnin (slunečnice). Z výsledků pokusů je patrná dobrá účinnost použitých desikantů (v tabulkách 2-5) a je statisticky průkazná, že pro použití pyraflufen-ethylu je vhodné tuto aplikaci zahájit ovšem minimálně 14 dní před sklizní, lépe tři týdny před zahájením sklizně. Teprve poté tento desikant (pyraflufen ethyl se smáčedlem) účinkuje uspokojivě a může způsobit snížení vlhkosti sklizených semen v nepříznivých podmínkách před sklizní. Velice uspokojivý je účinností vliv na redukci vzrostlých širokolistých plevelů (Tab. 6), jež při průchodu sklízecí mlátičkou zvyšují významně vlhkost sklizené produkce na povrchu semen. Tato práce dokresluje poznatky o jiných minoritních plodinách, jež byly v ČR recentně studovány (Kubíková et al. 2021).

Závěr

Tato práce pojednává o účinnosti látky pyraflufen-ethylu, jež může zastoupit jiné pesticidy, jež nyní nejsou v registru povolených přípravků na ochranu rostlin povoleny. Výsledky této práce prokazují uspokojivou účinnost pyraflufen-ethylu vůči látce dikvát či glukosinát-amonný. Velice uspokojivý vliv byl pozorován na zrychlení ukončení vegetace dominantních vzrostlých merlíkovitých plevelů. V současné době se jeví jako dostatečná náhrada přípravků s účinnou látkou pyraflufen-ethyl (Kabuki) při použití se smáčedlem a DAMem.

Literatura

- De Muth, James E. (2006). Basic Statistics and Pharmaceutical Statistical Applications (2nd ed.). Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC. pp. 229–259.
- Ellis J. M., Shaw D. R., Barrentine W. L. (1998): Herbicide Combinations for Preharvest Weed Desiccation in Early Maturing Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 12 (1): 157-165
- Kubíková Z., Smejkalová H., Kolaříková K. (2021): Ošetření semenných porostů jetelovin a dalších píceň – Svazanka. *Agromanuál 2021(5)*: 18-22.
- Mallory-Smith C. A., Retzinger E. J. (2003): Revised Classification of Herbicides by Site of Action for Weed Resistance Management Strategies. *Weed Technology*. 2003. Volume 17:605–619
- Mutch D. R., Penner D., Roggenbuck F., Chase R. W. (1984): The use of additives, temperature, and plant position to increase efficacy of dinoseb for potato (*Solanum tuberosum*) vine desiccation. *American Potato Journal* 61: 577–586.
- Pereira T., Coelho C. M. M., Sobiecki M., Souza C. A. (2015): Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 33, n. 3, p. 441-450, DOI: 10.1590/S0100-83582015000300007
- Schulz M. (1992): Soybean desiccation - diquat, ethephon and windrowing. <http://www.regional.org.au/au/asa/1992/poster/new-technologies/p-03.htm>
- Soltani N., Blackshaw R. E., Gulden R. H., Gillard C. L., Shropshire Ch., Sikkema P. H. (2013): Desiccation in dry edible beans with various herbicides. *Can. J. Plant Sci.* 93: 871-877 doi:10.4141/CJPS2013-061
- Šmirous P., Bjelková M., Souček J. (2015): Metodická příručka pro pěstování olejného lnu. 55s.
- Šmirous P., Bjelková M., Kepřt V. (2021): Sklizeň lnu bez desikace. *Úroda* 2021(7): 48-50.
- Tavares C. J., Sousa M. S., Araújo A. C. F., Jekelaitis A., Resende O. (2016): Yield, specific mass and coloration of azuki seeds after desiccation and storage. *J. Braz. Assoc. Agri. Eng.* 36 (5): 858-865. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p858-865/2016>

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory Ministerstva zemědělství, QK21010332 a institucionální podpora MZE-RO-10/23

Kontaktní adresa:

Ing. Jaroslav Šafář, Ph.D.
Agritec Plant Research, s.r.o.
Zemědělská 16
+420 776 748 289, safar@agritec.cz

Efekt anisaldehydu, ze silic anýzu a fenyklu, proti *Phytophthora infestans*

Effect of anisaldehyde from fennel and anise essential
oils on *Phytophthora infestans*

Žabka M.

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně

Abstrakt

V této práci byla testována přírodní látka anisaldehyd, která je významnou kompoziční složkou silic anýzu a fenyklu. Tato látka prokázala vysoký inhibiční efekt na významného patogena ze skupiny oomycét *Phytophthora infestans*. Pomocí *In vitro* kontrolovaných experimentů byly testovány efektivní koncentrace a dose-response křivky patogena v závislosti na koncentraci. Inhibiční efekt byl porovnán s inhibičním efektem anetholu, syntetického fungicidu tebukonazolu a vysoce účinným oxychloridem mědi použitými jako referenční standardy. V práci byl potvrzen vysoký inhibiční efekt anisaldehydu, a to dokonce i významně vyšší než u tebukonazolu a anetholu, blíží se účinnosti oxychloridu mědi. Anisaldehyd je přírodní látka a díky své nezávadnosti i účinnosti je dalším potenciálním kandidátem pro rozšíření alternativních preparátů na ochranu rostlin.

Klíčová slova: Anisaldehyd, Aromatické rostliny, Antifungální efekt, *Oomycetes*, *Phytophthora*

Abstract

In this work, the natural substance anisaldehyde was tested, which is an important compositional component of anise and fennel. This substance demonstrated a high inhibitory effect on an important pathogen from the group of oomycetes *Phytophthora infestans*. Using *in vitro* controlled experiments, the effective concentration and dose-response curves of the pathogen were tested, depending on the anisaldehyde concentration. The inhibitory effect was compared with that of the synthetic fungicide tebuconazole and the highly effective fungicide cooper oxychleride, used as reference standards. The study confirmed the high inhibitory effect of anisaldehyde, even significantly higher than that of both tebuconazole and anethole. Anisaldehyde is natural substances that, thanks to their harmlessness and effectiveness, are potential candidates for the expansion of alternative preparations for plant protection.

Keywords: Anisaldehyde, Aromatic plants, Antifungal activity, *Oomycetes*, *Phytophthora*

Úvod

Plíseň bramborová způsobená rostlinným patogenem *Phytophthora infestans* je devastující choroba brambor. Za vhodných podmínek může patogen napadat a zničit podstatnou část listové plochy a infikovat hlízy a to v řádech dnů někdy i hodin. Význam tohoto patogena je historicky potvrzen například hladomorem v Irsku v letech 1845-1847 (Judelson, 1997). Biologicky je *P. infestans* řazen mezi oomycota (řasovky), což jsou organismy více příbuzné s hnědými řasami a to dokonce více než s pravými houbami, ačkoliv z praktického hlediska ochrany rostlin se o této skupině zjednodušeně hovoří jako o plísních. *P. infestans* je schopna napadat rostlinná pletiva infekčními hyfami a také pohyblivými bičíkatými zoosporami. Intenzivní používání chemických syntetických fungicidů, kontaktních i systémových bylo a dosud je jedinou zaručenou cestou ověřené ochrany proti tomuto škodlivému organismu. Nicméně, dokonce i uvážlivé používání syntetických fungicidů, čím dál častěji naráží na někdy

až přehnané legislativní (EU) bariéry (Brauer et al., 2019). V režimu ekologického zemědělství je ochrana ještě složitější. Alespoň nějakou naději a cestou je tedy výzkum mnohých přírodních látek, které mohou zastoupit či snížit spotřebu syntetických pesticidů obecně (Zabka and Pavela, 2018; Zabka et al., 2020). Tato studie popisuje velmi významnou efektivitu přírodní látky anisaldehydu, který je významnou přírodní látkou obsaženou ve vonných silicích především anýzu (*Pimpinella anisum*) a fenyklu (*Foenicullum vulgare*) proti *P. infestans*.

Materiál a metody

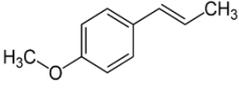
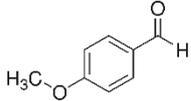
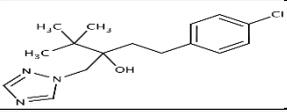
Izolace a udržování kultury *P. infestans*

Testovaný izolát *P. infestans* (Pi-2309MZ) byl izolován v roce 2022 pod mikroskopem z infikovaného listu bramboru. Po přečištění (pomocí kultivace na ATB/Chloramphenicol) je kultura udržována v pracovní laboratorní sbírce v nativním stavu v termostatu při teplotě 18°C a pravidelně pasážována na žitném agaru (Rye A agar).

Testování inhibičního efektu anetholu proti vybranému patogenu

Inhibiční vlastnosti testovaných látek na myceliární růst *P. infestans* byly testovány pomocí diluční metody. Vybrané látky s antifungálním potenciálem byly pořízeny od firmy Sigma-Aldrich, v p.a. stupni chemické čistoty (Tab. 1). Stanovené množství látek bylo rozpuštěno v malém množství rozpouštědla (sterilní destilovaná voda) a důkladně rozmícháno v RAA médiu při teplotě pod 60°C v přesně dané koncentrační řadě. Ta byla zvolena na základě předchozích testů následovně: 0,03; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 1,5 a 2 mg.ml⁻¹ tak, aby maximálně pokrývala předpokládané rozpětí „dose-response“ křivek u jednotlivých látek a testovaného patogenního organismu *P. infestans*. Kontrolní sada byla připravena přidáním ekvivalentního množství stejného rozpouštědla, tedy sterilní destilované vody. Jako referenční standard byla připravena sada s čteně používanou syntetickou fungicidní látkou tebukonazol a oxychloridu mědi (vysoce účinná látka speciálně používaná proti *P. infestans*). Připravené Petriho misky (9 cm) byly sterilně naočkovány pomocí myceliárních disků (0,4 cm) odebraných z okraje čtrnáctidenních povrchových kultur *P. infestans*. Kultivace probíhala po dobu 12 dní, při teplotě 21°C. Světelný režim byl nastaven za použití black light (20 hod tma / 4 hod black light). Následné srovnání průměru kolonií v porovnání s kontrolními sety bylo převedeno na procentuální vyjádření inhibičního potenciálu jednotlivých látek.

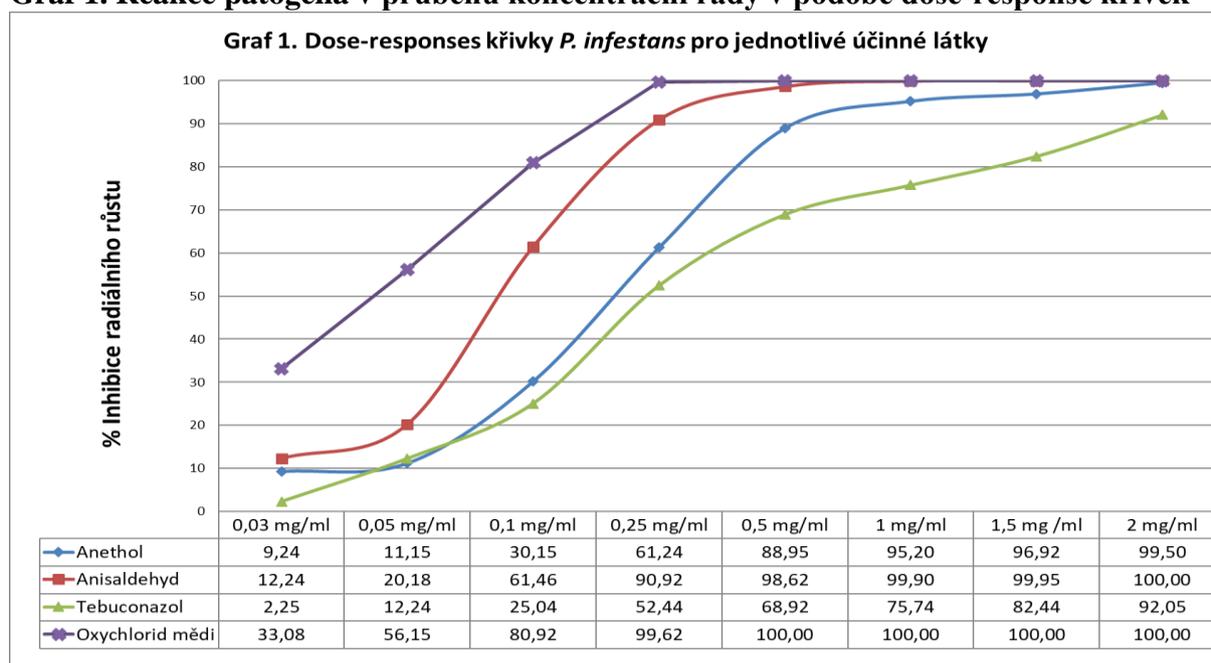
Tab. 1: Vybrané látky použité pro testování antifungálních vlastností

Látka	IUPAC název	Strukturní (*sumární) vzorec
Anethol (trans-anethol)	1-Methoxy-4-[(1E)-prop-1-en-1-yl]benzene	
Anisealdehyd	4-Methoxybenzaldehyde	
Oxychlorid mědi	Copper trihydroxyl chloride	*Cu ₂ (OH) ₃ Cl
Tebukonazol	(RS)- 1-(4-Chlorophenyl)- 4,4-dimethyl-3-(1H, 1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan- 3-ol	

Výsledky a diskuse

Výsledky potvrzují inhibiční účinky na růst *P. infestans* u obou testovaných přírodních látek (Graf 1.). Avšak anisaldehyd prokázal významně vyšší účinnost na růst *P. infestans* než anethol. Anisaldehyd dosáhl mírně vyšší efektivity již při nejnižší experimentální koncentraci 0,03 mg/ml. Daleko významnějšího efektu bylo dosaženo již v další koncentraci 0,05 mg/ml a to o 10 %. Dle průběhu celkové dose response křivky byla ještě významně vyšší účinnost anisaldehydu patrná. Obě testované přírodní aromatické látky prokázaly významně vyšší inhibici patogena než syntetický fungicid tebuconazol, ale pouze anisaldehyd se svou účinností blížil oxychloridu mědi, který byl záměrně použit coby specialista proti *P. infestans* a jako referenční standard s předpokládanou horní (maximální účinností). Nikoliv nízká, přesto však nejnižší účinnost byla prokázána u referenčního standardu tebukonazolu, který dosáhl hranice efektivní účinnosti (nad 50 %) až v polovině koncentrační řady (viz graf 1). To vyplývá z mechanismus účinku, který více zasahuje do vývoje skupiny tzv. pravých hub, ale díky morfologickým i fyziologickým odlišnostem skupiny Oomycet není proti *P. infestans* natolik efektivní (Žabka et al, 2018). Nicméně, průběh dose-response křivky u anisealdehydu prokazuje, že efektivní účinnosti (nad 50%) došlo již v rozmezí koncentrací 0,05 a 0,1 mg/ml což překonává i vysokou účinnost zmíněného anetholu, ověřenou a prokázanou v této i předcházející studii (Žabka, 2022). Obě přírodní látky jsou díky vysokému inhibičnímu efektu na růst *P. infestans* slibnými kandidáty, bez škodlivých environmentálních vlivů. Jedná se o aromatické sloučeniny ze skupiny fenylypropanoidů, které jsou ve větším či menším množství obsaženy v silicích velmi oblíbených aromatických rostlinných druhů jako je fenykl, anýz, badyán (Ponte et al., 2012, Sharafan et al., 2020). Vysoká efektivita zejména anisaldehydu proti *P. infestans* je způsobena nejspíše více mechanismy, které ale nejsou zcela uceleně popsány. Pravděpodobně zasahují na úrovni blokace tvorby některých enzymů a narušení funkčnosti buněčných membrán (Fujita and Kubo, 2004; Che et al., 2020). Nicméně, byla popsána možnost mechanismu účinku narušením metabolismu při stavbě buněčné stěny, a to především při tvorbě důležité chitinové složky (Yutani et al., 2021). Oba způsoby účinku se nevyklučují a z praktického hlediska se vhodně doplňují.

Graf 1. Reakce patogena v průběhu koncentrační řady v podobě dose-response křivek



Závěr

Výsledky této práce potvrzují vědecky i prakticky významný efekt ekologicky nezávadné přírodní látky anisaldehydu, která je společně s již diskutovaným anetholem obsažena v rostlinných silicích. Anisaldehyd se již ve velmi nízkých koncentracích jeví jako významný inhibitor růstu oomycety *P. infestans*. Významně překonává dříve popsanou a v této studii opět potvrzenou účinnost anetholu a to tak, že se blíží svým inhibičním efektem velmi účinnému a v praxi užívanému oxychloridu mědi, který je součástí mnoha komerčních měďnatých fungicidů. Obě přírodní látky jsou proti *P. infestans* účinnější než referenční standard tebukonazol. Anisaldehyd je ekologicky i zdravotně bezpečná látka s rychlou přírodní degradací. V naší další práci se těmito látkám budeme dále věnovat s cílem poskytnout nové poznatky a možnosti v oblasti ochrany rostlin především tam, kde není možnost použít konvenční syntetické fungicidy, nebo s cílem snižování jejich spotřeby v ochraně proti *P. infestans*.

Tato práce byla financována z podpory Ministerstva zemědělství, projektu QK22010073.

Seznam použité literatury

- Brauer VS, Rezende CP, Pessoni AM, De Paula RG, Rangappa KS, Nayaka SC, Gupta V., Almeida F, (2019). Antifungal Agents in Agriculture: Friends and Foes of Public Health. *Biomolecules* 9, 21.
- Che, J., Chen, X., Ouyang, Q., & Tao, N. (2020). p-Anisaldehyde exerts its antifungal activity by disrupting the cell wall integrity and membrane permeability. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(6), 878.
- Sharafan, M., Jaferník, K., Ekiert, H., Kubica, P., Kocjan, R., Blicharska, E., & Szopa, A. (2022). *Illicium verum* (Star Anise) and Trans-Anethole as valuable raw materials for medicinal and cosmetic applications. *Molecules*, 27(3), 650.
- Fujita, K. I., & Kubo, I. (2004). Activities of trans-anethole against *Saccharomyces cerevisiae* under hypoxic conditions. *Journal of bioscience and bioengineering*, 98(6), 490-492.
- Žabka (2022) Inhibiční účinek anetholu, významné složky silice fenyklu a anýzu, na *Phytophthora infestans*. *Úroda* 12, 217-220.
- Judelson H.S. (1997). The genetics and biology of *Phytophthora infestans*: Modern approaches to a historical challenge. *Fungal Genet Biol* 22, 65-76.
- Ponte, E. L., Sousa, P. L., Rocha, M. V., Soares, P. M., Coelho-de-Souza, A. N., Leal-Cardoso, J. H., Assreuy, A. (2012). Comparative study of the anti-edematogenic effects of anethole and estragole. *Pharmacological Reports*, 64(4), 984-990.
- Yutani, M., Hashimoto, Y., Ogita, A., Kubo, I., Tanaka, T., & Fujita, K. I. (2011). Morphological changes of the filamentous fungus *Mucor mucedo* and inhibition of chitin synthase activity induced by anethole. *Phytotherapy research*, 25(11), 1707-1713.
- Žabka, M., & Pavela, R. (2018). Effectiveness of environmentally safe food additives and food supplements in an in vitro growth inhibition of significant *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* species. *Plant Protection Science*, 54(3), 163-173.
- Žabka, M., Pavela, R., Trávníčková, M., & Barnet, M. (2020). Calcium disodium ethylenediaminetetraacetate as a safe compound for crop protection with the potential to extend the basic substances group. *Plant Protection Science*, 56(2), 123-131.

Kontaktní adresa:

Ing. Martin Žabka, Ph.D

e-mail: zabka@vurv.cz;

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, Praha6 –Ruzyně

Význam a možnosti povrchové aplikace kompostu na půdu

The importance and possibilities of applying compost to the soil surface

Burg P.¹, Souček J.², Badalíková B.³, Plíva P.², Zemánek P.¹, Mašán V.¹, Záhora J.⁴,
Dvořák P.⁵, Hejátková K.⁶

¹Mendelu Brno, Zahradnická fakulta, Lednice

²Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha 6

³Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko

⁴Mendelova univerzita v Brně

⁵Česká zemědělská univerzita v Praze

⁶ZERA, z.s., Náměšť nad Oslavou

Abstrakt

Práce se zabývá hodnocením nákladovosti povrchové aplikace kompostu na půdu. Při modelových výpočtech nákladů se lišily zejména náklady na dopravu při respektování různých dopravních vzdáleností od ošetřovaného pozemku ke kompostárně a náklady na aplikaci respektující různé dávky kompostu. Z výsledků je vidět, že aplikace vyšších dávek (100 a 200 t.ha⁻¹) vykazala 3–6x vyšší náklady než při použití běžných dávek (30–40 t.ha⁻¹) a činili cca 14 000–25 000 Kč.ha⁻¹. Vzhledem k aktuálnosti tématu povrchové aplikace si tento příspěvek klade za cíl poskytnout celkové trendy v této oblasti.

Klíčová slova: půda, kompost, povrchová aplikace, rozmetadlo, náklady

Abstract

The work deals with costs surface applications of compost to the soil. When determining the cost calculation, the labor costs of transport at different distances from the plot of land to the composting plant and the labor costs of the application for different doses varied in particular. It can be seen from the results that the application of higher doses (100 and 200 t.ha⁻¹) showed 3–6 times more costs than when using normal doses (30–40 t.ha⁻¹) and amounted to approximately 14,000–25,000 CZK.ha⁻¹. Due to the topicality of the topic of surface application, this post aims to provide overall trends in this area.

Keywords: soil, compost, surface application, spreader, costs

Úvod

Rostoucí poptávka po zemědělských komoditách vede k využívání intenzivních zemědělských pěstitelských postupů, které v konečném důsledku zhoršují půdní vlastnosti a přinášejí celou řadu ekologických problémů (Soobhany, 2019). Účinným a efektivním řešením, které může přispívat ke stabilizaci či dokonce zlepšení půdních vlastností na zemědělsky obhospodařovaných pozemcích patří aplikace kvalitní organické hmoty. Z hlediska dostupnosti i nákladovosti nabízí v tomto směru perspektivní řešení aplikace kompostů, která přispívá ke zvýšení půdní úrodnosti (Gai et al., 2019), stimulaci biologické aktivity, obnově obsahu organického uhlíku a dusíku i ke zlepšení půdní struktury a agregovatelnosti (Choudhary et al., 2018) či zlepšení využití vody (Ozores-Hampton et al., 2022). Kvalitní kompost může nahradit minerální hnojiva, která při opakovaném používání často ve zvýšených dávkách mohou nepříznivě ovlivňovat složení půdy i dalších složek životního prostředí (Sayara et al., 2020). Kompost se vyznačuje vysokým obsahem organických látek a také dostatečným množstvím makroživin a mikroživin (Kulikowska et al., 2015). Účinek aplikace kompostu na půdu velmi závisí na vnitřních vlastnostech půdy i kompostu. Z hlediska kvality kompostu a jeho celkových účinků sehrávají hlavní roli zejména vstupní suroviny a technologie využívané při jeho

produkcí, dále zvolené aplikační dávky i samotný způsob aplikace na ošetřovaných pozemcích (Duong et al., 2012; Fischer, Glaser, 2012; Sayara et al., 2020).

Ve všech oblastech zemědělství jsou v současnosti využívány různé způsoby aplikace organických hnojiv. Ve srovnání s hnojením hnojení průmyslovými hnojivy je hnojení organickými hnojivy náročnější na nakládací techniku i na celkový objem hmoty (měrná hmotnost kompostu 400–800 kg.m⁻³). V soudobé provozní praxi je nejrozšířenější plošná aplikace kompostu, která spočívá v jeho rovnoměrném rozvrstvení po celé ploše hnojeného pozemku pomocí rozmetadel (Rahman et al., 2012) s jeho následným zapravením do požadované hloubky půdního profilu (Ozores-Hampton et al., 2022). V praxi jsou ověřovány také metody plošné povrchové aplikace kompostu bez zapravení. Kompost je v těchto případech aplikován s cílem vytvoření povrchové krycí vrstvy, sloužící k ochraně půdního povrchu, k omezení růstu plevelných rostlin, snížení půdní eroze, zachování vlhkosti půdy i regulaci teploty. Při tomto způsobu aplikace se vrstva kompostového mulče postupně rozpadá a obohacuje půdu o živiny a organickou hmotu, což může dokonce pomoci při znovuoobnově půdního horizontu A (Sayara et al., 2020). Plošná povrchová aplikace může navíc přinášet další pozitivní efekt z hlediska eliminace nákladů na samotné zapravení. Úspory nákladů v tomto případě mohou činit rozdíl ve výši 20–30%.

Cílem předkládaného příspěvku je modelové zhodnocení provozních nákladů u souprav pro plošnou povrchovou aplikaci kompostu, při současném respektování provozních podmínek s hlavním důrazem na aplikační dávku a dopravní vzdálenost k ošetřovanému pozemku.

Materiál a metody

Návrh postupu a použitých MP

Postup aplikace sestává ze tří základních pracovních operací, tj. nakládání kompostu, jeho dopravy na okraj pozemku a jeho rozmetání na pozemku. Pro tyto operace byly vybrány standardní stroje využívané v oblasti rostlinné výroby: kolový nakladač - výkonost 100 t.h⁻¹, souprava kolový traktor 180 kW s návěsným rozmetadlem 15t (20 m³). Aplikovaný kompost vykazoval objemovou hmotnost 0,52 t.m⁻³.

Zjištění T-E parametrů sledovaných strojů

V provozních podmínkách podniku Hanácká Zemědělská Společnost Jevíčko a.s. a podniku EKOFARMA PROBIO s.r.o. Velké Hostěrádky byly sledovány zejména výkonosti strojních souprav a spotřeba pohonných hmot (PHM) podle standardní metodiky provádění časových snímků. Sledovanou soupravou byl traktor FENDT 724 Vario (181 kW) agregovaný s návěsným rozmetadlem BERGMANN – TSW 6240 W (objem ložné plochy 20 m³, nosnost 15 t. Dále byly u provozovatelů zjišťovány pořizovací ceny strojů a náklady na srovnatelné mechanizované operace.

Stanovení nákladů na aplikaci kompostů

Celý proces je zajištěn pomocí nakladače (kolový nakladač, výkonost 100 t.h⁻¹) a soupravy kolový traktor 200 kW s návěsným rozmetadlem 15 t (20 m³). Pro tyto stroje byly provedeny kalkulace hodinových nákladů pomocí programu AGROTEKIS (Abrham et al., 2008), zadané parametry odpovídaly podmínkám sledovaných provozů (pořizovací ceny, roční nasazení strojů, spotřeby PHM a další). Kalkulace byly provedeny pro dávky kompostu 30, 60, 100 a 200 t.ha⁻¹. Proměnnými parametry zde byly: potřeba času na dopravu z kompostárny na pozemek (vzdálenosti 2,0, 4,0 a 6,0 km) a spotřeba času na aplikaci (se zvyšující dávkou se zvyšuje). Výsledné hodnoty jsou zpracovány tabulkově pro jednotlivé dávky a souhrnně vyjádřeny graficky.

Výsledky a diskuze

Zlepšení a udržení kvality a úrodnosti půdy v delším časovém horizontu představuje výzvu pro moderní zemědělství založeném na častém využívání organických vstupů do půdy (De Corato, 2020). v Tab.1–Tab.4 jsou uvedeny hodnoty hektarových nákladů na hnojení kompostem pro různé dávky podle dopravní vzdálenosti z kompostárny.

Tab.1: Hektarové náklady na hnojení kompostem – dávka 30 t.ha⁻¹

Dopravní vzdálenost (km)	Operace	Spotřeba PHM (l.h ⁻¹)	Pracnost operace (h)	Četnost operace (ha ⁻¹)	Potřeba času na operaci (h.ha ⁻¹)	Náklady na operaci (Kč.h ⁻¹)	Náklady na operaci (Kč.ha ⁻¹)	Celkové náklady pro dávku 30 t.ha ⁻¹ (Kč.ha ⁻¹)
2,0 km	Nakládání	18,2	0,15	2	0,30	1 800	540	4 143
	Doprava	30,4	0,16	2	0,32	2 259	723	
	Aplikace	36,6	0,36	2	0,72	4 000	2 880	
4,0 km	Nakládání	18,2	0,15	2	0,30	1 800	540	4 730
	Doprava	30,4	0,29	2	0,58	2 259	1 310	
	Aplikace	36,6	0,36	2	0,72	4 000	2 880	
6,0 km	Nakládání	18,2	0,15	2	0,30	1 800	540	5 362
	Doprava	30,4	0,43	2	0,86	2 259	1 942	
	Aplikace	36,6	0,36	2	0,72	4 000	2 880	

Tab.2: Hektarové náklady na hnojení kompostem – dávka 60 t.ha⁻¹

Dopravní vzdálenost (km)	Operace	Spotřeba PHM (l.h ⁻¹)	Pracnost operace (h)	Četnost operace (ha ⁻¹)	Potřeba času na operaci (h.ha ⁻¹)	Náklady na operaci (Kč.h ⁻¹)	Náklady na operaci (Kč.ha ⁻¹)	Celkové náklady pro dávku 60 t.ha ⁻¹ (Kč.ha ⁻¹)
2,0 km	Nakládání	18,2	0,15	4	0,60	1 800	1 080	7 645
	Doprava	30,4	0,16	4	0,64	2 259	1 445	
	Aplikace	36,6	0,32	4	1,28	4 000	5 120	
4,0 km	Nakládání	18,2	0,15	4	0,60	1 800	1 080	8 820
	Doprava	30,4	0,29	4	1,16	2 259	2 620	
	Aplikace	36,6	0,32	4	1,28	4 000	5 120	
6,0 km	Nakládání	18,2	0,15	4	0,60	1 800	1 080	10 085
	Doprava	30,4	0,43	4	1,72	2 259	3 885	
	Aplikace	36,6	0,32	4	1,28	4 000	5 120	

Tab.3: Hektarové náklady na hnojení kompostem – dávka 100 t.ha⁻¹

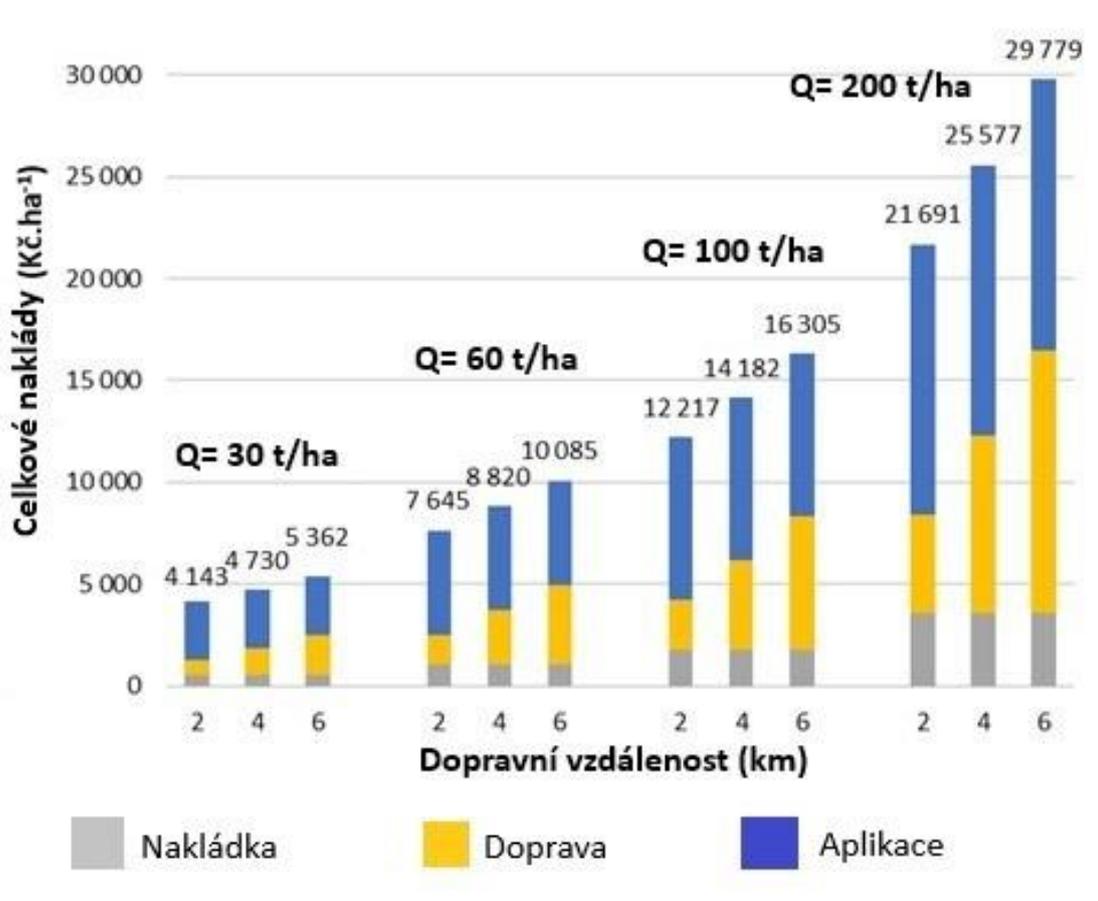
Dopravní vzdálenost	Operace	Spotřeba PHM	Pracnost operace	Četnost operace	Potřeba času na operaci	Náklady na operaci	Náklady na operaci	Celkové náklady pro dávku 100 t.ha ⁻¹
(km)		(l.h ⁻¹)	(h)	(ha ⁻¹)	(h.ha ⁻¹)	(Kč.h ⁻¹)	(Kč.ha ⁻¹)	(Kč.ha ⁻¹)
2,0 km	Nakládání	18,2	0,15	6,7	1,00	1 800	1 800	12 270
	Doprava	30,4	0,16	6,7	1,07	2 259	2 417	
	Aplikace	36,6	0,30	6,7	2,00	4 000	8 000	
4,0 km	Nakládání	18,2	0,15	6,7	1,00	1 800	1 800	14 182
	Doprava	30,4	0,29	6,7	1,94	2 259	4 382	
	Aplikace	36,6	0,30	6,7	2,00	4 000	8 000	
6,0 km	Nakládání	18,2	0,15	6,7	1,00	1 800	1 800	16 305
	Doprava	30,4	0,43	6,7	2,88	2 259	6 505	
	Aplikace	36,6	0,30	6,7	2,00	4 000	8 000	

Tab. 4: Hektarové náklady na hnojení kompostem – dávka 200 t.ha⁻¹

Dopravní vzdálenost	Operace	Spotřeba PHM	Pracnost operace	Četnost operace	Potřeba času na operaci	Náklady na operaci	Náklady na operaci	Celkové náklady pro dávku 200 t.ha ⁻¹
(km)		(l.h ⁻¹)	(h)	(ha ⁻¹)	(h.ha ⁻¹)	(Kč.h ⁻¹)	(Kč.ha ⁻¹)	(Kč.ha ⁻¹)
2,0 km	Nakládání	18,2	0,15	13,3	2,00	1 800	3 600	21 691
	Doprava	30,4	0,16	13,3	2,13	2 259	4 811	
	Aplikace	36,6	0,25	13,3	3,32	4 000	13 280	
4,0 km	Nakládání	18,2	0,15	13,3	2,00	1 800	3 600	25 577
	Doprava	30,4	0,29	13,3	3,85	2 259	8 697	
	Aplikace	36,6	0,25	13,3	3,32	4 000	13 280	
6,0 km	Nakládání	18,2	0,15	13,3	2,00	1 800	3 600	29 779
	Doprava	30,4	0,43	13,3	5,71	2 259	12 899	
	Aplikace	36,6	0,25	13,3	3,32	4 000	13 280	

Srovnání hektarových nákladů na aplikaci různých dávek kompostu pro dopravní vzdálenosti 2,0, 4,0 a 6,0 km uvádí Graf 1.

Graf 1: Hektarové náklady na aplikaci různých dávek kompostu podle dopravní vzdálenosti



Aplikace kompostu je finální operací celého procesu zpracování surovin kompostováním. Kvalita kompostu a logistické řešení jeho aplikace je jedním z kritických bodů a rozhoduje o efektivitě celého procesu z hlediska vylepšení půdních vlastností, výživy rostlin a v neposlední řadě i z pohledu ekonomického (Plíva et al., 2018). Náklady stanovené v tomto příspěvku vycházejí z reálných hodnot výkonností, spotřeby pohonných hmot a dalších parametrů zjištěných a naměřených v provozních podmínkách. Z Grafu 1 je vidět, že rozdíl v nákladovosti, způsobený delší dojezdovou vzdáleností, činí u nejvyšších dávek 4 000–8 000 Kč.ha⁻¹. Z pěstitelského hlediska má pro zvýšení retenční schopnosti půd význam zejména aplikace dávek nad 60 t.ha⁻¹ (Badalíková, Hrubý, 2008). Ve srovnání se standardně používanými dávkami (kolem 30–50 t.ha⁻¹) však vyžadují tyto dávky 3–6 násobné náklady. Důvodem je především zvýšení pracnosti při aplikaci vysokých dávek, kde roste četnost průjezdů při dopravě i aplikaci. Z technického hlediska by bylo částečným řešením zvýšení ložného objemu rozmetadel, které je ale u objemů nad 20–25 m³ spojeno s požadavky technického řešení podvozků. Pneumatiky podvozků zde naráží na překročení přípustných kontaktních tlaků na půdu a na jejich pronikání do větších hloubek (Hůla et al., 1997). Rynk et al. (2022) ve výsledcích realizovaných studií uvádí, že aplikace kompostu snižuje náklady na dopravu a manipulaci. Kompost je typicky sušší a má podstatně menší objemovou hmotnost ve srovnání s tradičními organickými hnojivy. Snížená objemová hmotnost může výrazně snížit náklady na nakládku, vykládku, skladování, přepravu i samotnou aplikaci. V

některých případech dokonce mohou úspory vykompenzovat náklady na samotnou výrobu kompostu. Také Tey et al. (2014) zjistil, že při efektivní aplikaci kompostu v zemědělství sehrávají významnou roli zejména parametry jako cena samotného kompostu, náklady na jeho dopravu a samotnou aplikaci. Za ekonomicky přijatelnou považuje přepravní vzdálenost do 35 km.

Závěr

Práce se zabývá stanovením nákladů na aplikaci kompostů na povrch půdy bez jejich zapravení. Z hlediska ekonomického závisí konkrétní výše nákladů na jednotlivé operace na mnoha faktorech. Je to zejména použitá mechanizace a s ní spojená finanční zátěž. To znamená výše fixních a variabilních nákladů (odpisy, provozní náklady na paliva a maziva, osobní náklady obsluhy, provozní vyřízení stroje, výkonnost atd.). Dalšími důležitými faktory jsou dopravní vzdálenosti a v neposlední řadě kvalita a cena kompostu. Pomocí údajů naměřených při provozním sledování strojů a dalších hodnot, zjišťovaných v provozních podmínkách zemědělských subjektů, byly stanoveny náklady při aplikaci kompostu v dávkách 30, 60, 100 a 200 t.ha⁻¹. Při stanovení se v kalkulaci nákladů měnily zejména pracnosti dopravy při rozdílných vzdálenostech pozemku od kompostárny a pracnosti aplikace pro různé dávky. Z výsledků je patrné, že aplikace vyšších dávek (100 a 200 t.ha⁻¹) vykazovala 3–6násobek nákladů než při použití běžných dávek (30–40 t.ha⁻¹) a dosahovala částek cca 14 000–25 000 Kč.ha⁻¹. Z uvedených výsledků vyplývá, že ekonomicky dává smysl aplikace maximálně kolem 100 t.ha⁻¹ při nejmenší možné vzdálenosti od zdroje kompostu.

Literatura

- ABRHAM, Zdeněk, et al.. Provozní náklady strojních souprav. Výzkumný ústav zemědělské techniky 2008.
- BADALÍKOVÁ, Barbora; HRUBÝ, Jan. Infiltrace vody do půdy vypovídá o stavu půdního prostředí. (Water infiltration to the soil predicate about soil environment) In: CD: Využití zemědělské techniky pro trvale udržitelný rozvoj. MZLU, ZF Lednice, VÚZT v.v.i. Praha 2008, 25-30 ISBN 978-80-7375-177-7.
- DE CORATO, Ugo. Soil microbiota manipulation and its role in suppressing soil-borne plant pathogens in organic farming systems under the light of microbiome-assisted strategies. Online. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2020, 7(1): 17. ISSN 2196-5641. doi.org/10.1186/s40538-020-00183-7.
- DUONG, Tra T. T.; PENFOLD, Chris; MARSCHNER, Petra. Differential effects of composts on properties of soils with different textures. Online. Biology and Fertility of Soils. 2012, 48(6): 699-707. ISSN 0178-2762. doi.org/10.1007/s00374-012-0667-4.
- FISCHER, Daniel; GLASER, Bruno. Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration. Online. In: KUMAR, Sunil (ed.). Management of Organic Waste. InTech, 2012. ISBN 978-953-307-925-7. doi.org/10.5772/31200.
- GAI, Xiapu; LIU, Hongbin; LIU, Jian; ZHAI, Limei; WANG, Hongyuan et al. Contrasting impacts of long-term application of manure and crop straw on residual nitrate-N along the soil profile in the North China Plain. Online. Science of The Total Environment. 2019, 650: 2251-2259. ISSN 00489697. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.275.
- HŮLA, Josef; ABRHAM, Zdeněk; BAUER, František. Zpracování půdy. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.
- CHOUDHARY, Mahipal; PANDAY, Suresh Chandra; MEENA, Vijay Singh; SINGH, Sher; YADAV, Ram Prakash et al. Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on sustainability and chemical soil quality indicators of soybean-wheat cropping system in the Indian mid-Himalayas. Online. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2018, 257: 38-46. ISSN 01678809. doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.029.

- KULIKOWSKA, Dorota; GUSIATIN, Zygmunt Mariusz; BUŁKOWSKA, Katarzyna; KLIK, Barbara. Feasibility of using humic substances from compost to remove heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) from contaminated soil aged for different periods of time. Online. *Journal of Hazardous Materials*. 2015, 300: 882-891. ISSN 03043894. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.08.022.
- OZORES-HAMPTON, Monica; BIALA, Johannes; EVANYLO, Gregory; FAUCETTE, Britt; COOPERBAND, Leslie et al. Compost use. Online. In: *The Composting Handbook*. Elsevier, 2022, 777-846. ISBN 9780323856027. doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00013-3.
- PLÍVA, Petr; DĚDINA, Martin; SOUČEK, Jiří; DUBSKÝ, Martin; SUCHAROVÁ, Julie et al. Aplikace kompostů různých užitečných vlastností na zemědělské půdy podle jejich bonity: (certifikovaná metodika pro praxi). Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2018. ISBN 978-80-7569-008-1.
- RAHMAN, Shafiqur; WIDERHOLT, Ron; CHEN, Ying. Land Application of Manure and Environmental Concerns. *Academia*. 2012. North Dakota State University Extension Service, Fargo, ND. www.academia.edu/44675259/Land_Application_of_Manure_and_Environmental_Concerns
- RYNK, Robert; COOPERBAND, Leslie; OSHINS, Cary; WESCOTT, Holly; BONHOTAL, Jean et al. Why compost? Online. In: *The Composting Handbook*. Elsevier, 2022, 1-26. ISBN 9780323856027. doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00001-7.
- SAYARA, Tahseen; BASHEER-SALIMIA, Rezaq; HAWAMDE, Fatina; SÁNCHEZ, Antoni. Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. Online. *Agronomy*. 2020, 10(11): 1838. ISSN 2073-4395. doi.org/10.3390/agronomy10111838.
- SOOBHANY, Nuha. Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review. Online. *Journal of Cleaner Production*. 2019, 241. ISSN 09596526. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118413.
- TEY, Yeong Sheng; LI, Elton; BRUWER, Johan; ABDULLAH, Amin Mahir; BRINDAL, Mark et al. The relative importance of factors influencing the adoption of sustainable agricultural practices: a factor approach for Malaysian vegetable farmers. Online. *Sustainability Science*. 2014, 9(1): 17-29. ISSN 1862-4065. doi.org/10.1007/s11625-013-0219-3.

Poděkování

Oponovaný příspěvek vychází z řešení projektu č. QK22020032 s názvem "Analýza a úpravy aplikačních schémat kompostů směřujících k posílení systému ochrany půdy v rámci stabilizace produkční schopnosti".

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Patrik Burg, Ph.D.

Ústav zahradnické techniky, Zahradnická fakulta, Mendelova univerzita v Brně

Valtická 337, 691 44 Lednice, ČR

+420 519 367 373, patrik.burg@mendelu.cz

Výnosy plodin v dlouhodobém polním pokusu v Žabčicích

Crop yields in the long-term field experiment in Žabčice

Dryšlová T., Smutný V., Rábek M.

Mendelova univerzita v Brně

Abstrakt

Cílem příspěvku je představit vliv osevního postupu (předplodiny) a různého zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice, jarního ječmene a kukuřice na zrno v pokusných letech 2020-2022. Plodiny jsou pěstovány v dlouhodobém stacionárním polním pokusu v Žabčicích. Pokus je veden od r. 1969 v kukuřičné výrobní oblasti na Polní pokusné stanici Mendelovy univerzity v Brně na lokalitě s nadmořskou výškou 179 m n. m., průměrnou roční teplotou vzduchu 10,3 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 491 mm. Průměrná výnosová úroveň ozimé pšenice v hodnocených letech byla 8,49 (t/ha), 6,27 (t/ha) u jarního ječmene a 10,46 (t/ha) u kukuřice na zrno. V daných pokusných letech se na výši výnosu všech plodin projevil statisticky významně vliv ročníku, u kukuřice na zrno se statisticky významně projevil také vliv osevního postupu a u ozimé pšenice se se statisticky významně projevil vliv osevního postupu i zpracování půdy.

Klíčová slova: dlouhodobý stacionární polní pokus; kukuřičná výrobní oblast; osevní postup; zpracování půdy; výnos obilnin

Abstract

The aim of this contribution is to introduce the effect of crop rotation (forecrop) and different soil tillage on the yields of winter wheat, spring barley and maize for grain in experimental years 2020-2022. These crops are growing in the long-term stationary field experiment in Žabčice. The experiment was established in the autumn of 1969 year in maize growing region on the Field experimental station of Mendel university in Brno in locality Žabčice with 179 m above sea level, with average year temperature 10,3 °C and with average sum 491 mm precipitation per year. The average yield level of winter wheat was 8,49 (t/ha), 6,27 (t/ha) for spring barley and 10,46 (t/ha) for grain maize. In the evaluated period of experimental years was assessed significant effect of year factor on grain yields of each crop; the yields of maize for grain were also significantly affected by crop rotation and winter wheat yields were significantly affected by crop rotation and also soil tillage.

Keywords: long-term stationary field experiment; maize-growing region; crop rotation; soil tillage; yield of cereals

Úvod

Pokus na lokalitě Žabčice byl založen na podzim roku 1969 s cílem sledovat produktivnost různých osevních postupů s vazbou na změny půdního prostředí. Hlavními pokusnými faktory byly zvoleny prvky základní agrotechniky, osevní postupy s různou koncentrací obilnin a technologie zpracování půdy, ale i např. management hospodaření se slámou u monokultury jarního ječmene. Historie vzniku a prvotní koncepce jsou plně uvedeny v příspěvku profesora Krejčíře (Krejčíř, 1996). V původní koncepci jako hlavní sledovaná plodina byl zvolen jarní ječmen, vzhledem k tradici hanáckého ječmenářství. Dále bylo navrženo několik osevních postupů s různou koncentrací obilnin a zejména s důrazem na koncentraci jarního ječmene v osevním postupu (krajní variantou bylo 100% zastoupení jarního ječmene – monokultura). Zaměření na ječmen bylo v té době logické, jedná se o tradiční plodinu pěstovanou v České republice s významem pro české šlechtění sladovnických odrůd.

V současné době je daná lokalita pro pěstování sladovnického ječmene méně vhodná, proto byly v roce 2003 navrženy změny v osevních postupech. V současné podobě dlouhodobého stacionárního polního pokusu jsou vedeny tři monokultury polních plodin (ponechaná původní monokultura jarního ječmene, nově monokultura ozimé pšenice a kukuřice na zrno) a jeden osevní postup, založený na principech norfolkského osevního postupu s modifikací zařazených plodin (vojtěška, ozimá pšenice, kukuřice na zrno, jarní ječmen).

Materiál a Metody

Dlouhodobý stacionární polní pokus je významnou součástí Polní pokusné stanice v Žabčicích (49°01'20"N, 16°37'55"E), která se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, na zrnitostně těžších půdách fluvizemního typu, přibližně 25 km od města Brna, v nadmořské výšce 179 m. Průměrná roční teplota vzduchu zde dosahuje 10,3 °C a třicetiletý průměr ročních úhrnů srážek zde činí 491 mm. Z tohoto hlediska patří tato lokalita k nejteplejším a zároveň nejsušším oblastem v České republice. Polní pokusná stanice v Žabčicích je výzkumným zařízením Mendelovy univerzity v Brně a chod dlouhodobého polního pokusu je zajišťován Ústavem agrosystémů a bioklimatologie.

U všech honů *osevního postupu i monokultur* je po celou dobu vedení pokusu sledován *vliv zpracování půdy* (varianta I., tradiční zpracování půdy, tj. orba do hloubky 0,22 m a varianty II., minimalizační zpracování půdy, tj. mělké zpracování půdy talířovým náradím do hloubky 0,12-0,15 m). Pro vyhodnocení vlivu osevního postupu (předplodiny) v tomto příspěvku byla u jarního ječmene vybrána společná varianta s dávkou dusíku 60 kg/ha a slámou sklizenou a odvezenou. U ozimé pšenice i kukuřice na zrno je minerální hnojení jednotné v osevním postupu i monokulturách, ke kukuřici na zrno je aplikován chlévský hnůj v dávce 25 t/ha.

Výsledky a diskuze

V předkládaném příspěvku jsou uvedeny výsledky hodnocení vlivu osevního postupu (předplodiny) a zpracování půdy na výnos zrna obilnin. Vyhodnoceny jsou výnosové výsledky z let 2020-2022. Dosažené výsledky byly statisticky zhodnoceny pomocí analýzy variance s následným testováním dle Tukeye na hladině pravděpodobnosti 95 % a jsou uvedeny v grafickém vyjádření na obrázku 1 až 3 (vždy uveden vliv faktoru osevního postupu a zpracování půdy a hlavních interakcí). Průměrné hodnoty za jednotlivé faktory u všech plodin jsou uvedeny tabulce 1. V daných pokusných letech se na výši výnosu všech plodin projevil statisticky významně vliv ročníku, u kukuřice na zrno se statisticky významně projevil také vliv osevního postupu a u ozimé pšenice se se statisticky významně projevil vliv osevního postupu i zpracování půdy.

Z výsledků pokusů na naší lokalitě, ale i z řady dalších polních pokusů je v posledních dekadách zřejmé, že *vliv ročníku* začíná být silně dominantním faktorem při pěstování polních plodin. Toto potvrzují i naše tříleté výsledky, kdy vidíme velkou ročníkovou variabilitu. S průběhem ročníku souvisí i *vliv osevního postupu*, resp. předplodiny, kde zejména u ozimé pšenice vidíme propad výnosů u monokultury v roce 2021 i 2022, kdy se porosty vyznačovaly nízkým počtem klasů a zrno nízkou hmotností tisíce zrn oproti ozimé pšenici pěstované v osevním postupu Norfolk. Toto jen potvrzuje fakt, že ozimá pšenice je velmi náročná zejména na předplodinu (Hrubý a Procházková, 1991; Smutný a kol., 2016).

V suchých a teplejších podmínkách se lépe uplatňují *technologické postupy s nižší intenzitou pracování půdy*, které lépe hospodaří s půdní vodou. Naše výsledky v daných pokusných letech toto potvrzují s výnosy jarního ječmene i kukuřice na zrno při pěstování v osevním postupu Norfolk (Procházková a kol., 2002; Hůla, Procházková a kol., 2008; Dryšlová a kol., 2018). Naopak u monokultur obou plodin se v hodnocených letech lépe projevila orba, jako klasické agrotechnické opatření. Je tedy zřejmé, že agrotechnická opatření zahrnující strukturu

pěstovaných plodin ve vhodných sledech (osevní postup) vyžadují kombinaci s vhodnou technologií zpracování půdy (Smutný a kol., 2015).

Tab.: 1 Průměrné výnosy zrna ozimé pšenice, jarního ječmene a kukuřice na zrno (t/ha), Žabčice 2020-2022

Rok		Osevní postup		Zpracování půdy	
<i>Ozimá pšenice</i>					
2020	9,10	Norfolk	9,94	Orba	8,76
2021	8,06	Monokultura	7,04	Mělké kypření	8,22
2022	8,31				
<i>Kukuřice na zrno</i>					
2020	12,19	Norfolk	11,00	Orba	10,59
2021	12,47	Monokultura	9,91	Mělké kypření	10,32
2022	6,71				
<i>Jarní ječmen</i>					
2020	7,60	Norfolk	6,25	Orba	6,15
2021	7,11	Monokultura	6,29	Mělké kypření	6,39
2022	4,09				

Závěr

Ústav agrosystémů a bioklimatologie AF MENDELU se dlouhodobě zabývá návrhy vhodných způsobů hospodaření na půdě, s důrazem sladění produkčního využívání půdy s potřebou chránit půdu i zachovat její mimoprodukční funkce. Existence a výsledky dlouhodobých pokusů jsou cenným zdrojem informací (Křen a Lipavský, 1996), zejména v současném období probíhající klimatické změny, která výrazně ovlivňuje hospodaření na zemědělské půdě. Tyto pokusy jsou využívány v různých oblastech výzkumu, ale i ve výuce studentů Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně.

Dedikace

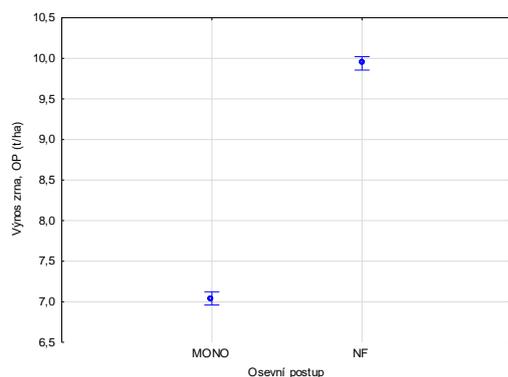
Příspěvek vznikl za podpory projektu s číslem QK1910334 a s názvem „Inovace šetrných systémů pěstování kukuřice s využitím podsevových plodin k omezení degradace půdy a zlepšení hospodaření s vodou v podmínkách měnícího se klimatu“ a projektu SS02030018 s názvem „Centrum pro krajinu a biodiverzitu“.

Použitá literatura

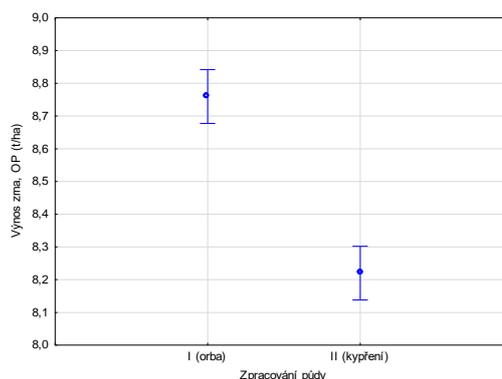
- Dryšlová T., a kol., 2018.: Optimalizace agrotechnických opatření při hospodaření v suchých oblastech. Certifikovaná metodika, 56 s. ISBN 978-80-7509-629-6.
- Hrubý J., Procházková, B., 1991: Výnos a kvalita ozimé pšenice ve vztahu k různým agrotechnickým opatřením. Rostl. Výr., 37: 481-490.
- Hůla J., Procházková, B., a kol., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Praha: Profi Press, s.r.o., 248 s.
- Krejčíř J., 1996: Koncepce a metodika dlouhodobého stacionárního polního pokusu v Žabčicích a problematika jeho hodnocení. In Sborník Význam a perspektivy dlouhodobých polních pokusů v České republice, s. 43.
- Křen J., Lipavský J. (Eds.), 1996: Význam a perspektivy dlouhodobých polních pokusů v České republice. Sborník referátů. Brno, 2016 s.
- Procházková B., Málek J., Dovrtěl J., 2002: Effect of different straw management practices on yields of continuous spring barley. Rostl. Výr., 48, 1: 27-32.
- Smutný V., a kol. 2015: Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin. Certifikovaná metodika, 57 s. ISBN 978-80-7509-369-1.
- Smutný V., Neudert L., Dryšlová T., 2016: Vliv předplodin a zpracování půdy na výnosy ozimé pšenice. Úroda, 12: 66-68.

Obr. 1: Výnos zrna ozimé pšenice (t/ha), Žabčice 2020-2022

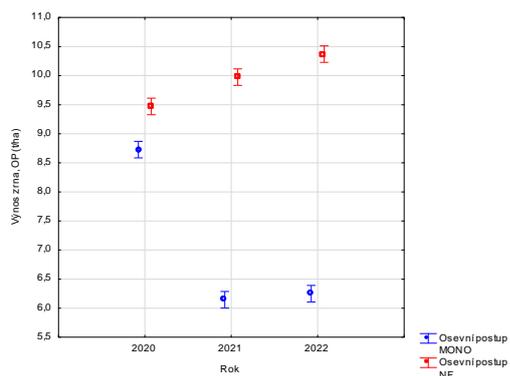
1a) vliv osevního postupu



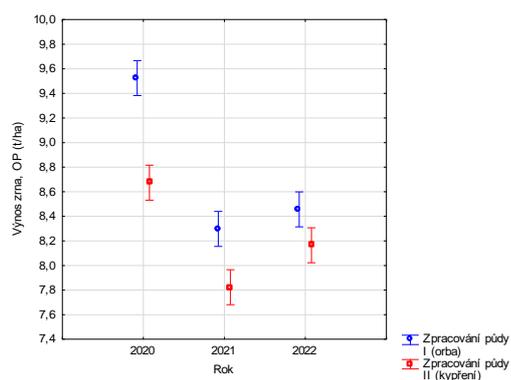
1b) vliv zpracování půdy



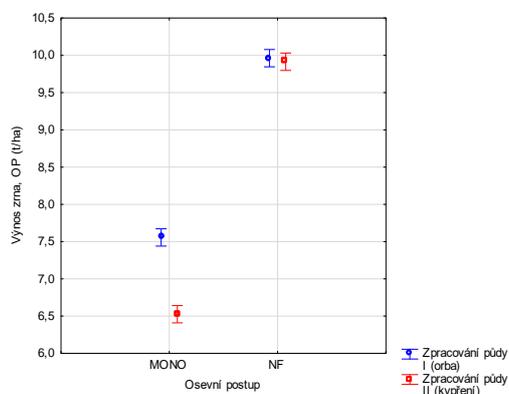
1c) interakce rok a osevni postup



1d) interakce rok a zpracování půdy

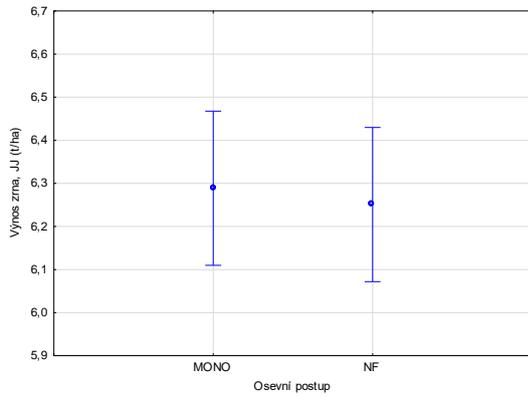


1e) interakce osevni postup a zpracování půdy

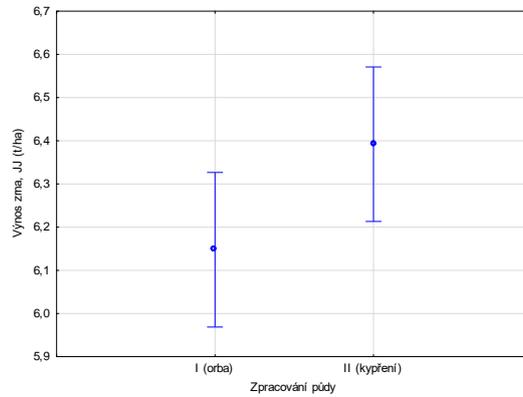


Obr. 2: Výnos zrna jarního ječmene (t/ha), Žabčice 2020-2022

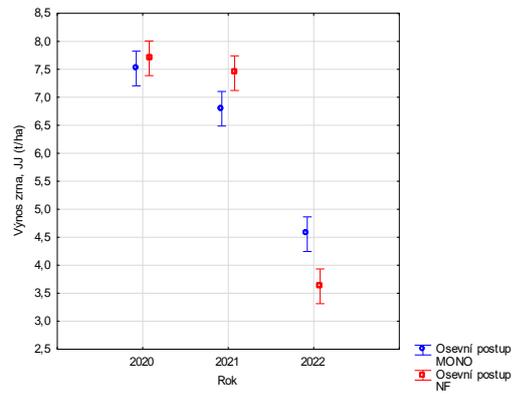
1a) vliv osevního postupu



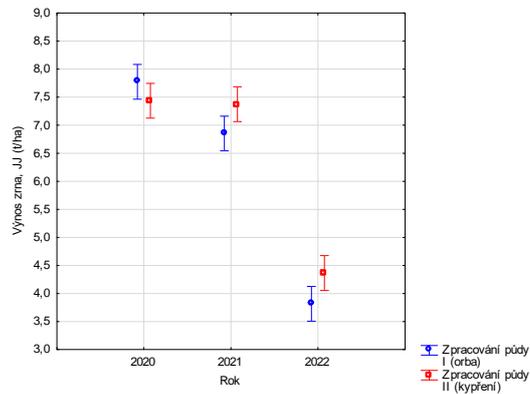
1b) vliv zpracování půdy



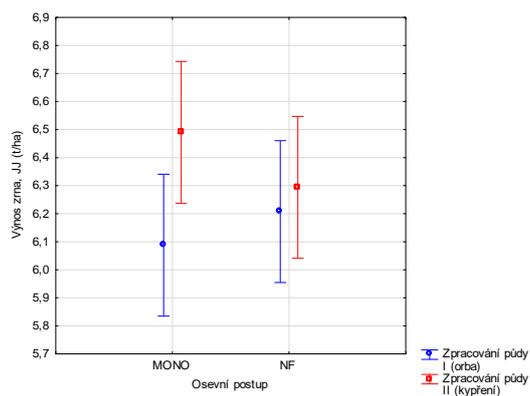
1c) interakce rok a osevní postup



1d) interakce rok a zpracování půdy

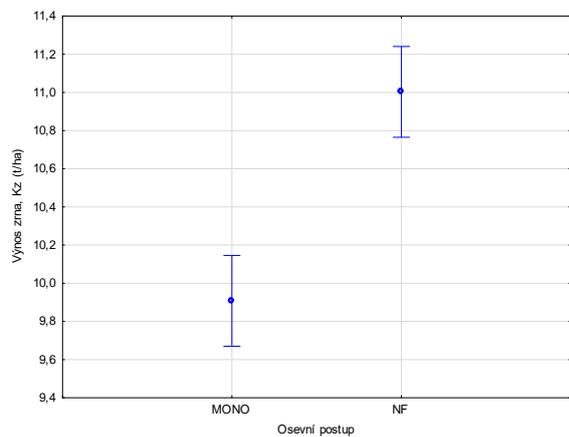


1e) interakce oseední postup a zpracování půdy

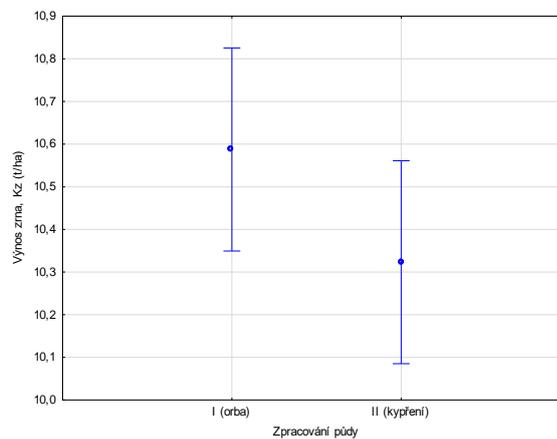


Obr. 3: Výnos zrna kukuřice na zrno (t/ha), Žabčice 2020-2022

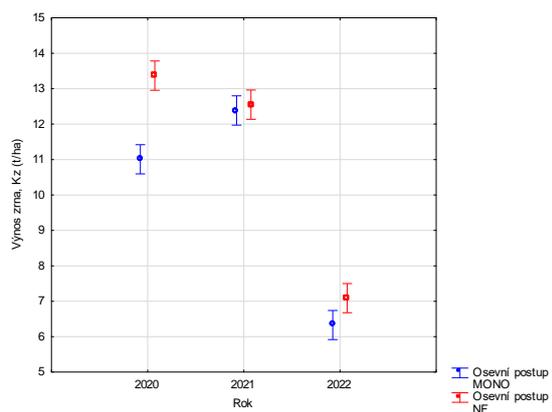
1a) vliv oseedního postupu



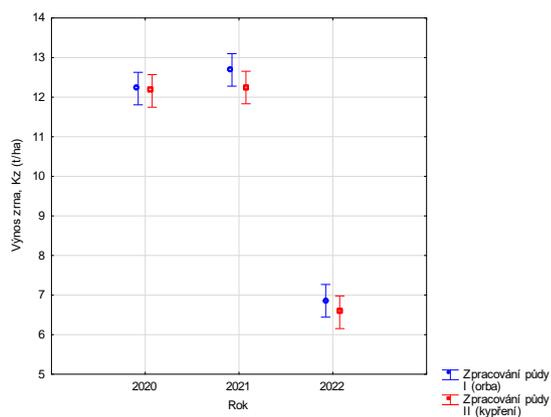
1b) vliv zpracování půdy



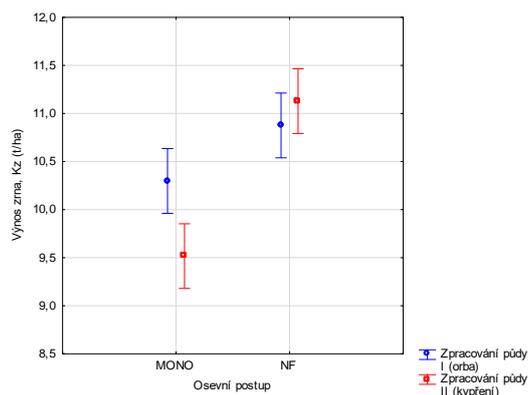
1c) interakce rok a osevni postup



1d) interakce rok a zpracování půdy



1e) interakce osevni postup a zpracování půdy



Kontaktní adresa:

Ing. Tamara Dryšlová, Ph.D.

Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 1, 613 00 BRNO

e-mail: tamara.drysova@mendelu.cz; tel. +420 545 133 118

Úroda zelenej hmoty novo-testovaných miešaniek v podmienkach ťažkých pôd na Východoslovenskej nížine

The green yield of the newly tested mixed crops on the heavy soils in conditions of Eastern Slovakian Lowland

Duplák, Š.; Tóth, Š.; Porvaz, P.; Kováč L.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Michalovce, SR

Abstrakt

Poľné pokusy boli založené v roku 2023 v Milhostove, na Experimentálnom pracovisku NPPC – Ústav agroekológie v Michalovciach. Pôdy sú charakterizované ako ťažké, ílovito-hlinité fluvizeme glejové. Hlavným cieľom nášho výskumu bolo porovnať miešanky medziplodín a samostatné medziplodiny a to Slez kŕmny, Facélia vratičolistá, Vičenec vikolistý, Hrach siatý, Pohánka jedlá, Horčica biela, Ďatelina purpurová a Red'kev olejná. Zamerali sme sa na skúmanie vplyvu vybraných agronomických zásahov počas pestovateľského postupu na celkovú produkciu biomasy, úrodu sušiny, obsahu organických látok a objem uhlíka. Boli použité dva varianty výživy (i) NPK (15:15:15) 200 kg.ha⁻¹; (ii) NPK (15:15:15) 200 kg.ha⁻¹ + AZOTER LF (10 l.ha⁻¹, účinná zložka *Herbaspirillum seropedicae* and *Herbaspirillum seropedicae*). Výsledky výskumu preukázali, že úrodu medziplodín môže prípravok Azoter LF zvýšiť, ak je použitý za vhodných pôdno-klimatických podmienok. A následne, môžu byť vylepšené pôdne vlastnosti, zvýšeným vkladom organickej hmoty, ktorá súvisí s vyšším množstvom dodaného uhlíka.

Kľúčové slová: výživa, medziplodiny, úroda sušina, fluvizem glejová

Abstract

The open field experiment was founded at the Experimental workplace of NPPC – Institute of Agroecology Michalovce in Milhostov in 2023. The soil is characterized as a heavy Gleyic fluvisol. The main goal of our research was to compare the mixed crops and the intercrops *Malva verticillata* (L.), *Phacelia tanacetifolia* (L.), *Onobrychis viciifolia* (L.), *Pisum sativum* (L.), *Fagopyrum esculentum* (L.), *Sinapis alba* (L.), *Raphanus sativus* (L.), *Trifolium incarnatum* (L.). We aimed to investigate the effect of some agronomic treatments during growing system on green biomass production, dry matter yield, organic matter content, and carbon content. Two nutrition treatments were established as follows (i) NPK (15:15:15) 200 kg.ha⁻¹; (ii) NPK (15:15:15) 200 kg.ha⁻¹ + AZOTER LF (10 l.ha⁻¹, based on *Herbaspirillum seropedicae* and *Herbaspirillum seropedicae*). According to the achieved results the biomass of the intercrops was increased by the AZOTER LF, if applied in appropriate soil-climatic conditions. And consequently, it can impact on soil properties improvement, by a higher production of organic matter which is responsible for the organic carbon increased amount.

Keywords: nutrition, intercrops, dry matter yield, Gleyic fluvisol

Úvod

Medziplodiny sú jednou z možností pre udržanie, alebo zvyšovanie úrodnosti pôdy, pri aktuálne vysokých cenách priemyselných hnojív, najmä pokiaľ na podniku chýba okrem vyváženého osevného postupu aj živočíšna výroba. Je vhodné doplniť odčerpané živiny a organickú hmotu do pôdy lacnejšou a ekologickejšou formou, ktorou je práve aj pestovanie medziplodín na zelené hnojenie. Medziplodina svojim rastom živiny čerpá a tým aj viaže, čím zabraňuje vyplavovaniu najmä dusíka v dusičnanovej forme. Medziplodiny často bývajú súčasťou tzv. zazeleňovacích porastov známych ako „greeningové“ zmesi, ktoré pôdu obohacujú o dusík a organickú hmotu, zlepšujú jej štruktúru, chránia pôdu pred jej odnosom z

parcely z dôvodu vodnej a veternej erózie, čo potvrdzujú aj zistenia Badalíkovej a Hrubého (2010), kde varianty, v ktorých sa medziplodiny používali, sa ukázali ako veľmi účinné proti erózii pôdy. Korene a zvyšky rastlín podporujú činnosť pôdnych mikroorganizmov, čím zlepšujú fyzikálne vlastnosti pôdy a zmiernujú negatívne dôsledky zhutňovania ťažkými poľnohospodárskymi strojmi; potláčajú buriny, škodcov ako aj choroby, a majú mnohé mimoprodukčné funkcie: rozširujú spektrum pestovaných plodín, čím zvyšujú diverzifikáciu a ekologickú stabilitu stanovišťa, čím prispievajú k udržateľnosti hospodárenia. Facélia vratičolistá je rýchlo rastúca plodina z čeľade *Hydrophyllaceae*, ktorá sa môže pestovať ako medziplodina, alebo aj ako hlavná plodina, najmä na produkciu osiva a keďže nemá žiadny vzťah k iným pestovaným plodinám, je vhodná ako zlomová plodina v striedaní plodín (Kubíková et al., 2022). K málo rozšíreným, no povšimnutia hodným plodinám patrí vičenec vikolistý. Vičenec v. má na pôdu priaznivé, až melioračné účinky, a vyznačuje sa dobrou krmovinárskou hodnotou, v pestovaní v mnohom pripomína lucernu. Z hľadiska úrody suchej hmoty poskytuje 2-5 t.ha⁻¹ (Tóth, 2020). Poudel et al. (2022), uvádza, že počas posledného desaťročia sa obnovil záujem o vičenec, najmä medzi západo-kanadskými producentmi krmovín a hovädzieho dobytku. Hlavným spúšťačom bola dostupnosť nových kultivarov vičenca so zlepšenou kompatibilitou s lucernou. Red'kev olejná, plodina s krátkou vegetačnou dobou, sa vyznačuje mnohorakým využitím a niekoľkými významnými agronomickými vlastnosťami. Popri priaznivom vplyve koreňov na štruktúrny stav pôdy, sa potvrdil aj silný fumigačný účinok, vynikajúco potláča výskyt burín (Tóth, 2020). Horčica biela je pestovaná na produkciu semena, ako aj melioračná medziplodina na zelené hnojenie, alebo sa vysieva do ekologických biopásov. Významnou vlastnosťou horčice b. je schopnosť redukovať škodlivé háďatká v pôde (tzv. antinematocídne pôsobenie), čím sa ozdravuje pôda. Pri množstvo následne pestovateľných plodín, je táto schopnosť vysoko žiaduca a efektívna. Horčica b. je tiež významnou nektárovárnou plodinou, pre včely. Rôzne miešanky, ako medziplodiny, majú pre pôdu tiež významný ozdravný profit, obohacujú pôdu o biomasu, a následne o humus tvorený vďaka pôdnemu životu. Takáto pôda potom dokáže lepšie využiť dostupnú vlahu, zachytiť snečné žiarenie, zlepšuje rast i dozrievanie rastlín a zvyšuje množstvo a kvalitu úrody. Ukazuje sa, že úroda pšenice sa po použití strukovín v predplodinách zvyšuje o 0,6 až 1,0 t.ha⁻¹, a to aj pri nižšej intenzite výživy dusíkom. Získaná hodnota LER priemerná hodnoty nárastu 3. listu ukazuje, že pestovanie dvoch testovaných plodín v zmiešanej kultúre je výhodnejšie ako ich monokultúry (Kintl et al., 2022). Tosti et al. (2012) uvádza, že v miešanke plodín v dvoch pokusných rokoch, druhový podiel ovplyvnil nadzemnú biomasu v rozmedzí od 2,90 do 5,94 t.ha⁻¹.

Materiál a metódy

Poľný maloparcelkový pokus bol založený v roku 2023 (foto 2), na experimentálnom pracovisku NPPC – Ústavu agroekológie v Milhostove (foto 1) s plodinami zlepšujúcimi pôdnu štruktúru s využitím na zelené hnojenie a to Facélia vratičolistá (foto 3), Slez kýmny (foto 4), Vičenec vikolistý (foto 5), miešankou M1 obohacujúcou pôdu o dusík (foto 6) a miešankou M2 na zelené hnojenie (foto 7). Pokus bol dvojfaktorový, bol založený blokovou metódou s náhodným usporiadaním tridsiach pokusných členov, resp. 10 ošetrení (plodiny/výživa), v troch opakovaníach. Prvým faktorom boli plodiny (5 plodín) pri dvoch úrovniach výživy (2 ošetrenia). Sledovali sa dve úrovne výživy: (i) NPK, (ii) NPK+ AZOTER LF (tab. 1). Kombinované hnojivo NPK (15:15:15) sa aplikovalo k predsejbovej príprave pôdy, v dávke 200 kg.ha⁻¹. Kvapalné bakteriálne hnojivo novej generácie s dlhodobým účinkom AZOTER LF v dávke 10 l.ha⁻¹ sa použilo pri výške rastlín cca. 20 cm, v stave kedy už bola vytvorená dostatočná listová plocha na zachytenie aplikovaného postreku. Aplikovaný produkt obsahuje špeciálny druh baktérií *Herbaspirillum seropedicae*, viažuce vzdušný dusík priamo v rastlinách, a súčasne obsahuje aj parazitickú hubu *Trichoderma atroviride*, ktorá má výrazný

biostimulačný vplyv na dynamiku a odolnosť rastlín. Špecifikácia obrábania pôdy: predplodinou bola ozimná pšenica, po zbere predplodiny sa urobila podmietka a na jeseň hlboká orba. Na jar sa pôda pripravila radličkovým kypričom a celý pokus sa sial maloparcelkovou sejačkou v jednotnom termíne.

Lokalita, resp. experimentálna báza v Milhostove má pôdu charakterizovanú ako ťažkú ílovito-hlinitú Fluvizem glejovú, priemerný obsah ílovitých častíc je vyšší ako 53%, čo je charakteristických pre pôdy na VSN.

Na začiatku kvitnutia bola vyhodnotená úroda nadzemnej biomasy (termín T1), následne sa uskutočnili ďalšie 2 odbery (T2 a T3) s časovým odstupom 2-2 týždne. Termíny odberov, pri facélii M₁ a M₂: odber T1 – 19. 06. 2023, odber T2. – 3. 07. 2023, odber T3. – 17. 07. 2023; termíny odberu pri vičenci: odber T1. 3. 07. 2023, odber T2. – 18. 07. 2023, odber T3. – 31. 07. 2023, termíny odberu pri Sleze: odber T1. 11. 07. 2023, odber T2. – 24.7. 23, odber T3. – 7. 08. 2023,

Tab. 1: Faktory pokusu a úrovne faktorov pokusu

Faktor	Úroveň faktora
Plodina (A)	A1: Facélia vratičolistá <i>Phacelia tanacetifolia</i> (L.) cv. Vega
	A2: Slez krmný <i>Malva verticillata</i> (L.)
	A3: Vičeneč vikolistý <i>Onobrychis viciifolia</i> (L.) cv. Višňovský
	A4: M1, miešanka obohacujúca o dusík – Hrach siatý 40% <i>Pisum sativum</i> (L.) cv. Atlas + Facélia vratičolistá 15% + Pohánka jedlá <i>Fagopyrum esculentum</i> (L.) cv. Panda – M ₁
	A5: M2, miešanka na zelené hnojenie - Horčica biela 30% <i>Sinapis alba</i> (L.) cv. Andromeda + Red'kev olejná 30% <i>Raphanus sativus</i> (L.) cv. Guillotine + Facélia vratičolistá 20% + Ďatelina purpurová 20% <i>Trifolium incarnatum</i> (L.) cv. Inkarna
Výživa (B)	B1: NPK (15:15:15) 200 kg.ha ⁻¹
	B2: NPK (15:15:15) 200 kg.ha ⁻¹ + AZOTER LF – 10 l.ha ⁻¹

Výsledky a diskusia

Facéliu vratičolistú je najvhodnejšie zapracovať do pôdy v počiatočných fázach kvitnutia. Vtedy je všeobecne najvhodnejší pomer C/N. V tejto fáze bol realizovaný prvý odber (T1) v poraste, kedy sa pri variante NPK + Azoter dosiahla úroda vyše 40 t.ha⁻¹ biomasy v čerstvom stave. Je to o 2,39 % vyššia úroda ako pri neošetrenej kontrole (Tabuľka 2). Pri druhom odbere (T2), ktorý prebiehal už vo fáze plného kvitnutia sa tento rozdiel navýšil na 20.65 % pri úrode na prihnojenom variante 43,63 t.ha⁻¹. Pri treťom odbere (T3) už môžeme pozorovať úbytok čerstvej biomasy, pravdepodobne spôsobený postupným starnutím a degradáciou porastu, poľahnutím a opadom listov, či úbytkom počtu jedincov v poraste. Tento proces prebiehal pri facélii vratičolistej významnejšie pri kontrolnom NPK variante a spôsobil výrazné zníženie úrody biomasy.

Tab. 2: Produkcia biomasy plodín na zelené hnojenie, t.ha⁻¹ v čerstvom stave

Odber	Výživa	Facélia vratičolistá	Slez krmny	Vičenec vikolistý	M ₁	M ₂
T1.	B1	39,13	40,80	13,63	31,43	26,27
	B2	40,07	44,80	14,77	35,47	27,67
T2.	B1	36,17	41,33	10,36	35,50	28,50
	B2	43,63	52,87	13,67	47,03	35,50
T3.	B1	30,79	47,67	14,83	37,87	25,48
	B2	28,93	42,00	16,57	31,07	26,73

kde: B1 – NPK; B2 – NPK + Azoter; M₁ – miešanka obohacujúca pôdu o dusík;
M₂ – miešanka na zelené hnojenie.

Pri sleze krmnom produkcia biomasy na všetkých variantoch presahovala hranicu 40 t.ha⁻¹. Pri druhom odbere slez na variante NPK + Azoter vyprodukoval viac ako 50 ton biomasy z hektára, čo je najvyššia produkcia z celého pokusu. Vičenec vikolistý oproti facélii a slezu vyprodukoval výrazne menej biomasy. Pri prvom a druhom odbere to bolo pod 15 ton z hektára. Úrody miešanky na zelené hnojenie sa pohybovali nad 30 t z hektára, s najvyššou úrodou pri druhom odbere na variante a₂. Miešanka M₂ v porovnaní s miešankou obohacujúcou pôdu o dusík M₁ poskytla výrazne nižšie úrody na všetkých variantoch hnojenie. Aj výsledky dosiahnuté Handlířovou et al. (2017) poukázali na štatisticky významný rozdiel v úrode sušiny a pokrytí pôdy medzi medziplodinami. Podobne Fuksa et al. (2017) hodnotí, že obsah nadzemnej biomasy medziplodín bol významne druhom v pokusoch zo zastúpením horčice, reďkvi či facélie.

Tab. 3: Produkcia organických látok plodín na zelené hnojenie, t.ha⁻¹ v sušine

Odber	Hnojenie	Facélia vratičolistá	Slez krmny	Vičenec vikolistý	M ₁	M ₂
T1.	B1	3,54	6,54	2,36	3,19	3,77
	B2	2,99	7,01	2,38	3,01	4,03
T2.	B1	4,32	7,91	2,12	5,14	5,31
	B2	5,81	11,6	2,85	5,07	6,42
T3.	B1	5,96	11,8	3,34	5,48	5,73
	B2	5,08	12,0	3,97	5,70	3,77

kde: a₁ – NPK, a₂ – NPK+Azoter, M₁ – miešanka obohacujúca pôdu o dusík,
M₂ – miešanka na zelené hnojenie.

Z tabuľky 3 vyplýva, že pri zaoraní plodín by sa akumulovalo najviac organických látok z porastu krmneho slezu. Čím bol porast slezu starší, tým mal vyšší obsah organických látok. Táto tendencia je však zrejma pri všetkých testovaných plodinách. Najnižšiu produkciu organických látok mal porast vičenca vikolistého, kde podobné výsledky dosiahol aj Liu et.al (2008), kedy výnosy sušiny z výsevov v apríli a máji boli v roku založenia 2,8 a 3,3 t.ha⁻¹.

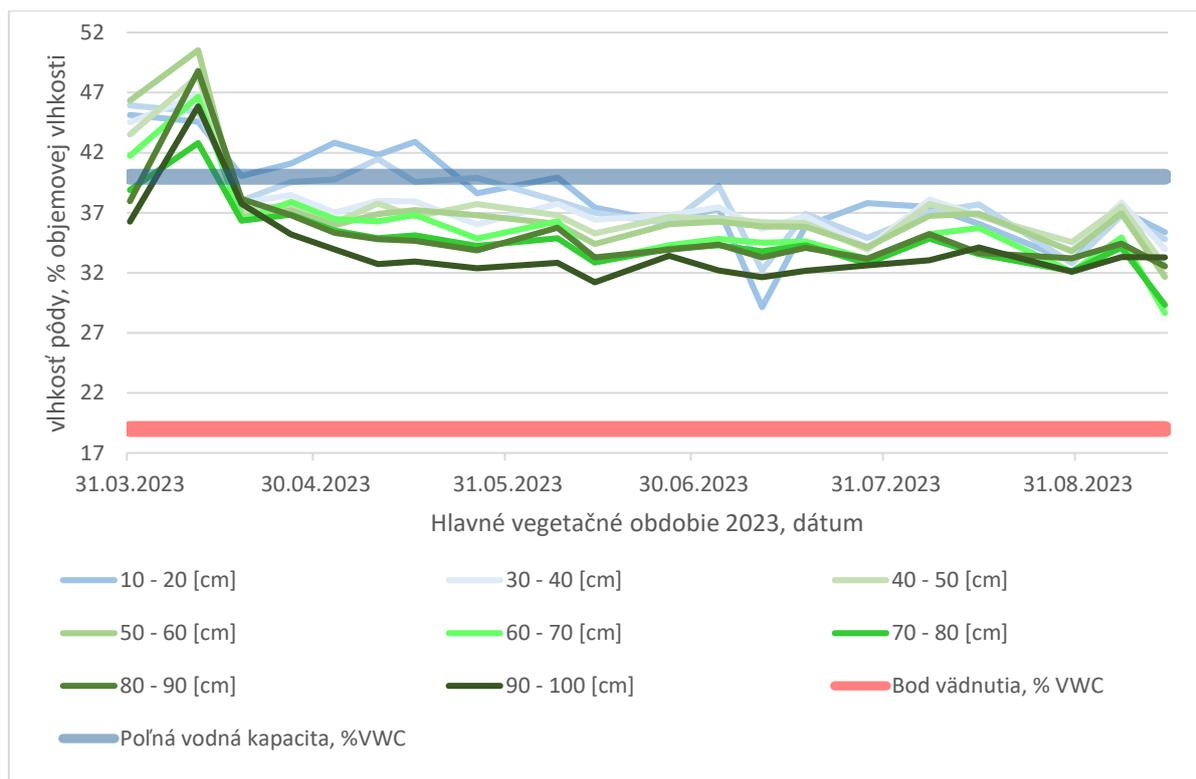
Tab. 4: Produkcia uhlíka plodín na zelené hnojenie, t.ha⁻¹ v sušine

Odber	Hnojenie	Facélia vratičolistá	Slez krmny	Vičenc vikoristý	M ₁	M ₂
T1.	B1	1,84	3,40	1,23	1,66	1,96
	B2	1,55	3,64	1,24	1,56	2,10
T2.	B1	2,25	4,11	1,10	2,67	2,76
	B2	3,02	6,03	1,48	2,64	3,34
T3.	B1	3,10	6,13	1,74	2,85	2,98
	B2	2,64	6,23	2,06	2,97	1,96

kde: a₁ – NPK, a₂ – NPK+Azoter, M₁ – miešanka obohacujúca pôdu o dusík, M₂ – miešanka na zelené hnojenie.

Pri objeme uhlíka na plochu, resp. obsahu uhlíka v úrode na plochu, sme zaznamenali podobnú tendenciu ako pri organických látkach. Najvyššie množstvo uhlíka vytvoril porast slezu krmneho. Výrazne nižší potenciál na dodanie uhlíka do pôdy majú ostatné plodiny v pokuse, pričom najnižší potenciál má vičenc vikoristý (Tab. 4).

Graf 1: Časový priebeh objemovej vlhkosti pôdy v % v rôznych hĺbkových profiloch do hĺbky 0-100 cm, Milhostov 2023



Z časového priebehu pôdnej vlhkosti (Graf.1) vyplýva, že rastliny pôdnym suchom netrpeli. Optimálna vlhkosť pôdy pre rastliny je taká vlhkosť, ktorá neklesne pod bod vädnutia, ale nepresahuje nasýtenú vodnú kapacitu. Pre ílovito-hlinitú pôdu v Milhostove je poľná vodná kapacita 35 – 46%, a bod vädnutia 17 – 23% objemovej vlhkosti, (Tóth a Dupľák, 2023; Kandra et al., 2023; Tall, A et al., 2019).

Tab. 5: Vybrane chemické parametre pôdy, stav pred založením pokusu (Milhostov, 2023)

Nt., %	P, mg/kg	K, mg/kg	Ca, mg/kg	Mg, mg/kg	pH/KCl	C _{ox} %	Humus %
0,165	106,0	217,3	3400,2	226,1	5,8	1,55	2,7

Získané priemerné výsledky chemických parametrov z pôdy odobratej v jarnom období roku 2023 sú uvedené v tabuľke 1. Z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov chemických rozborov orných pôd podľa Vyhlášky MPRV SR č. 151/2016 Z. z., bol pred založením pokusov zistený vysoký obsah prístupného fosforu, vyhovujúci obsah prístupného draslíka a obsah prístupného horčika a vápnika bol dobrý. Výmenná pôdna reakcia bola slabo kyslá a pôda je stredne humózna; zásoba dusíka vzhľadom na obsah organického uhlíka bola stredná.

Záver

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že úrodu medziplodín môže prípravok Azoter LF zvýšiť, ak je použitý za vhodných pôdno-klimatických podmienok. A následne, môžu byť vylepšené pôdne vlastnosti, zvýšeným vkladom organickej hmoty, ktorá súvisí s vyšším množstvom dodaného uhlíka. Problematiku je potrebné preveriť v nasledujúcom období, aby bol získaný časový rad, ktorý zároveň bude zahŕňať ročníky s odlišným charakterom priebehu počasia.

Literatúra

- Badalíková, B.; Hrubý, J. Following of erosive wash of soil in variants with different intercrops. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2010, Vol.58 (2), p.27-34; DOI: 10.11118/actaun201058020027
- Handlířová, M.; Lukas, V.; Smutný, V. Yield and soil coverage of catch crops and their impact on the yield of spring barley. *Plant, soil and environment*, 2017, Vol.63 (5), p.195-200; DOI: 10.17221/801/2016-PSE
- Fuksa, P.; Hakl, J.; Brant, V. Energy balance of catch crops production. *Žemdirbystė (Akademija)*, 2013, Vol.100 (4), p.355-362; DOI: 10.13080/z-a.2013.100.045
- Kintl, A.; Huňady, I.; Holátko, J.; Vítěz, T.; Hammerschmiedt, T.; Brtnický, M.; Ondrisková, V.; Elbl, J. Using the Mixed Culture of Fodder Mallow (*Malva verticillata* L.) and White Sweet Clover (*Melilotus albus* Medik.) for Methane Production, *Fermentation (Basel)*, 2022, Vol.8 (3), p.94; DOI: 10.3390/fermentation8030094
- Kubířková, Z.; Hutýřová, H.; Smejkalová, H.; Kintl, A.; Elbl, J. Application of extended BBCH scale for studying the development of *Phacelia tanacetifolia* Benth. *Annals of applied biology*, 2022, Vol.181 (3), p.332-346; DOI: 10.1111 / aab.12779
- Kandra, B.; Tall, A.; Gomboš, M.; Pavelková, D. Quantification of Evapotranspiration by Calculations and Measurements Using a Lysimeter. *Water* 2023, 15, 373.
- Liu, Z; Lane, G.P.F; Davies, W.P Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 1. Effects of sowing date and autumn management on establishment and yield. *Grass and forage science*, 2008, Vol.63 (2), p.234-241; DOI: 10.1111/j.1365-2494.2008.00628.x
- Poudel, H. P.; Bhattarai, S.; Singer, S. D. ; Biliget, B.; Acharya, S. An insight into sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) breeding: challenges and achievements. *Agronomy journal*, 2023, vol. 6, DOI: 10.1002/agj2.21439
- Tall, A.; Kandra, B.; Gomboš, M.; Pavelková, D. The influence of soil texture on the course of volume changes of soil. *Soil Water Res.* 2019, 14, 57–66.
- Tosti, G.; Benincasa, P.; Farneselli, M.; Pace, R.; Tei, F.; Guiducci, M.; Thorup K.K., Green manuring effect of pure and mixed barley – hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition, *European journal of agronomy*, 2012, Vol.43, p.136-146; DOI: 10.1016/j.eja.2012.06.004

Tóth, Š.; Dupl'ák, Š. 2023. Effect of a Soil-Applied Humic Ameliorative Amendment on the Yield Potential of Switchgrass *Panicum virgatum* L. Cultivated under Central European Continental Climate Conditions. *Agronomy* 2023, 13(4), 1095: DOI:[10.3390/agronomy13041095](https://doi.org/10.3390/agronomy13041095)

Tóth, Š. Špeciálne plodiny. NPPC-VÚA Michalovce, 2020. ISBN 978-80-570-1661-8, p.126-131



Foto 1: Pokus s medziplodinami a netradičnými olejninami, Milhostov, foto Š. Dupl'ák, 26.06.2023



Foto 2AB: Zakladanie pokusu (A), a facélia vrtičolistá, foto Š. Dupl'ák, 28.04. a 26.06.2023



Foto 3AB: Slez křmny (A) a vičenec vikolistý (B), foto Š. Duplák, 19.06. a 26.06.2023



Foto 4AB: Miešanka M1 (A) a miešanka M2 (B), foto Š. Duplák, 26.06. a 26.06.2023

Kontaktní adresa:

Ing. Štefan Duplák, PhD.
NPPC – ÚA Michalovce
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce
Slovenská republika
Tel: 056/6443888
e-mail: stefan.duplak@nppc.sk

Potenciál biologických přípravků při ošetření luskovin

The potential of biological preparations in the treatment of legumes

Dvořák P.¹, Procházka P.¹, Capouchová I.¹, Král M.¹, Konvalina P.², Bohatá A.²,
Kavková M.³, Hodan J.⁴

¹Katedra agroekologie a rostlinné výroby, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita Praha; ²Katedra agroekosystémů, Zemědělská a technologická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích; ³Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha; ⁴Farma Hodan, Soběkurky

Abstrakt

V maloparcelových pokusech v režimu ekologického zemědělství byl u hrachu setého (u odrůdy Avatar) ověřován účinek mykoparazitických hub a bakterií mléčného kvašení na produkční a kvalitativní parametry. Pokusy probíhaly na dvou lokalitách Zvíkov a Uhříněves v roce 2022. Aplikace přípravků byla provedena na osivo před výsevem (mořeno), nebo pouze na list během vegetace či kombinace moření a aplikace během vegetace. Mezi variantami byly nalezeny statisticky významné rozdíly, kdy varianta neošetřeného osiva (kontrola) měla prokazatelně horší výsledky klíčivosti a energie klíčení, než ošetřené varianty s bakterií mléčného kvašení a mykoparazitickou houbou. Účinek ošetření osiva pomocí mykoparazitických hub a bakterií mléčného kvašení neměl vliv na vývoj rostlin v počátečních růstových fázích. Reakce rostlin po aplikaci přípravků na list během vegetace z pohledu stimulačního a změny obsahu chlorofylu je spíše tendenční (výraznější, avšak statisticky neprůkazné rozdíly byly zejména u varianty s mykoparazitickou houbou).

Klíčová slova: hrách setý, mykoparazitické houby, bakterie mléčného kvašení, ekologické zemědělství, výnos semen

Abstract

The effect of mycoparasitic fungi and lactic acid bacteria on production and quality parameters was verified in small-plot experiments in the organic farming regime with field peas (Avatar variety). The experiments took place at two locations in Zvíkov and Uhříněves in 2022. The application of the preparations was carried out on the seed before sowing (pickled), or only on the leaf during vegetation or a combination of pickling and application during vegetation. Statistically significant differences were found between the variants, where the untreated seed variant (control) had statistically significantly worse germination and germination energy results than the treated variants with lactic acid bacteria and mycoparasitic fungus. The effect of seed treatment with mycoparasitic fungi and lactic acid bacteria did not affect plant development in the initial growth stages. The reaction of plants after the application of preparations to the leaf during vegetation from the point of view of stimulation and changes in chlorophyll content is rather tendentious (especially more pronounced in the variant with a mycoparasitic fungus, but there were no statistically significant differences).

Keywords: peas, mycoparasitic fungus, lactic acid bacteria, organic farming, seed yield

Úvod

Setí hrachu probíhá v našich podmínkách od začátku dubna do konce tohoto měsíce, výsevy po první polovině května mají prokazatelně negativní vliv na výnos (Endres & Kandel, 2009). Největší výnosové ztráty u hrachu způsobují ve všech oblastech choroby, které napadají krčky rostlin a kořenový systém (*Pythium*, *Aphanomyces*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium avenaceum*, *Rhizoctonia*, *Phoma* a další). Jejich rozvoj a tím škodlivost je do značné míry dána průběhem počasí během vegetace (Selgen, 2021). Inokulace a moření osiva jsou

nejvýznamnějšími procesy ošetření osiva před setím. V dnešní době je však velký tlak na snižování chemických vstupů při pěstování plodin, proto roste podpora biologických přípravků (Rocha et al. 2019). Biologické přípravky jsou často založeny na bázi bakterií, mykoparazitických hub či výtažků z rostlin nebo řas (Lamichhane et al. 2022). Bakterie mléčného kvašení (BMK) jsou všudypřítomné mikroorganismy, které mohou být prospěšné v rostlinné i živočišné výrobě. Zejména *Lactobacillus*, je označován za nepostradatelnou součást udržitelného zemědělství – hubí škůdce, upravuje půdu a stimuluje růst rostlin (Katz, 2012). Je dobře známo, že některé BMK produkují metabolity, které inhibují růst hub a jiných druhů bakterií (Wang et al. 2012).

Trichoderma je houba extrémně dobře přizpůsobená různým ekologickým podmínkám (Zin & Badaluddin, 2020). Trichoderma si vyvinula schopnost komunikovat s rostlinou a produkovat četné mnohostranné výhody pro svého hostitele (Woo et al. 2022). Dále to jsou úspěšní antagonisté se schopnostmi biologické kontroly proti široké škále ekonomicky důležitých fytopatogenních hub (Kubheka & Ziena, 2022).

Materiál a metody

Klimatická charakteristika pokusných lokalit Zvíkov a Uhříněves

Lokalita Zvíkov - obilnářská výrobní oblast, nadmořská výška 490 m, hnědozem luvizemní, hlinitá (střední) půda. Vegetační období ročníku 2022 nebylo příznivé pro pěstování leguminóz. Počátek vegetačního období byl relativně suchý a srážkově podprůměrný, což se podepsalo na zhoršeném vzcházení porostů. Naopak červen byl srážkově nadprůměrný (až extrémní), kdy v období června zaznamenala meteorologická stanice 187,8 mm srážek (prakticky dvojnásobek oproti běžným úhrnům), což zkomplikovalo regulaci plevelů, kterým nadbytek srážek vyhovoval (Tabulka 1).

Tabulka 1. Měsíční údaje za vegetační období 2022, Zvíkov u Českých Budějovic

Měsíc	Teplota vzduchu (° C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Suma	Dlouhodobý průměr	Rozdíl
leden	1,4	-2,7	+4,4	20,8	26,5	-5,7
únor	3,4	-1,1	+4,5	34,3	27,1	+7,2
březen	3,2	2,4	+0,8	15,5	34,4	-18,9
duben	6,5	6,9	-0,4	47,5	48,6	-1,1
květen	14,4	11,9	+2,5	39,3	76,7	-37,4
červen	18,6	15,2	+3,4	187,8	99,2	+88,6
červenec	18,7	16,8	+1,9	76,7	84,6	-7,9
srpen	18,7	16,1	+2,6	82,1	83,3	-1,2
01-12/2022	10,6	8,2	+2,4	504,0	480,4	+23,6

Lokalita Uhříněves - řepařská výrobní oblast, nadmořská výška 295 m, hnědozem jílovitá. Obdobně jako na lokalitě Zvíkov, i na VS Praha-Uhříněves bylo období jarní vegetace srážkově celkově podprůměrné (především květen); pouze duben byl cca na úrovni dlouhodobého průměru. Naproti tomu, červen byl ve znamení výrazně nadprůměrného úhrnu srážek - 181, 4 mm (dlouhodobý průměr 77,1 mm). Obdobně jako na lokalitě Zvíkov, nadprůměrné srážky v červnu vedly k silnému zaplevelení pokusného pozemku (především merlík) a zkomplikovaly jeho regulaci, takže bylo nutné přikročit k ručnímu odstranění nejvzrostlejších plevelných

rostlin. Průběh povětrnostních podmínek za sledované období na VS Praha-Uhřetěves uvádí Tabulka 2.

Tabulka 2. Průběh povětrnostních podmínek za sledované období (ČZU, Praha-Uhřetěves)

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Suma	Dlouhodobý průměr	Rozdíl
leden	2,2	-0,1	2,3	18,2	25,8	-7,6
únor	4,5	1,2	3,3	9,4	24,6	-15,2
březen	4,6	4,8	-0,2	9,6	34,2	-24,6
duben	7,7	10,0	-2,3	28,8	26,9	1,9
květen	16,1	14,5	1,6	21,6	64,7	-43,1
červen	20,1	17,9	2,2	181,4	77,1	104,3
červenec	20,0	19,7	0,3	50,0	77,5	-27,5
srpen	20,3	19,3	1,0	94,4	70,8	23,6
01-12/2022	11,9	10,9	1,0	413,4	401,6	+11,8

Moření osiva

Osivo hrachu setého bylo identicky mořené mykoparazitickou houbou *Trichoderma virens* (MEH) a bakteriemi mléčného kvašení (BMK). Oba druhy užitečných mikroorganismů lze využít v biologické ochraně rostlin. Na bázi druhu *Trichoderma virens* je v USA registrován firmou Certis Biologicals (Certis USA L.L.C.) biopreparát SoilGard.

Osivo bylo obaleno suspenzí užitečného druhu mikroorganismu. Suspenze houby a BMK je připravena z experimentální šarže preparátu. Spory jsou vymyty do adhezivního roztoku, pomocí kterého se spory snadno přichytí na povrch semen. Suspenze je adjustována na standardní titr, 1×10^6 spor u *T. virens* resp. 1×10^7 spor BMK v 1 ml suspenze. V této koncentraci bylo osivo důkladně promícháno a následně převedeno na síta aby rychle a důkladně oschlo a nedošlo během jeho skladování k nežádoucímu klíčení. Takto připravené osivo až do výsevu bylo skladováno v nízkých teplotách vzhledem k užitečným druhům hub, aby nedošlo k naklíčení spor nebo jejich rychlé inaktivaci kvůli vysoké teplotě.

Laboratorní klíčivost a energie klíčení

Pro hodnocení laboratorního testu klíčivosti a energie klíčení jsme použili semena, která prošla procesem moření (MEH a BMK) a srovnávány se stejným osivem, ale nemořeným. Pro každou variantu byly připraveny 4 misky (opakování). Krabičky s filtračním papírem a 50 semen byly umístěny do klimaboxu při 20 °C a následně hodnocení probíhalo ve 3., 5. a 8. dni od zahájení pokusu. Vyhodnocení probíhalo dle metodiky ÚKZÚZ.

Aplikace na list

Trichoderma (MEH) – příprava postřikové kapaliny probíhala těsně před postřikem. Aplikáční dávka pokusné suspenze byla 450 l/ha, ve které bylo 225 g spor/ha (koncentrace spor $1,00 \times 10^{10}$ v 1 gramu). Bakterie mléčného kvašení (BMK) – zde příprava probíhala podobně, kdy v připraveném postřiku bylo 675 ml suspenze s bakteriemi (v 1 ml bylo suspenze $1,00 \times 10^{10}$ spor bakterie). Následně u obou přípravků (variant) do postřikovače bylo ještě přidáno 5 ml/l Istroekolu pro lepší smáčení listů a 10 g/l maltodextrinu.

Založení a vedení pokusných ploch

Pokusy na obou lokalitách byly založeny jako maloparcelové polní pokusy (s velikostí pokusných parcel 12 m²) ve třech opakováních a v níže uvedených kombinacích (Tabulka 5). Pokusy byly založeny na ekologicky certifikovaných pozemcích za použití maloparcelové mechanizace. Jako modelová luskovina byl využit hrách polní (odrůdy Avatar) s výsevem 300 kg/ha na obou lokalitách.

Hodnocení rostlin v polním pokuse

Po ověření hodnot a schopnosti klíčení v laboratorních podmínkách, bylo u jednotlivých variant a jejich kombinací v maloparcelovém pokuse dále odebráno a hodnoceno 10 rostlin z každého opakování (tj. 30 rostlin na variantu). Sledoval se počet hlízek, délka rostliny (cm), délka kořenů (cm), sušina rostlin (g) a sušina kořenů (g).

Záznam a vyhodnocení laboratorní a polních dat

Zjištěné hodnoty a parametry byly převedeny do MS Excel a následně statisticky zhodnoceny v programu STATISTICA. V rámci experimentu byl zvolen statistický test jednofaktorová ANOVA s hladinou významnosti 5 % (0,05).

Výsledky

Zkouška vitality osiv ošetřených BMK a MEH v laboratorních podmínkách

Z Tabulky 3 je patrné, že ošetření osiva jak bakteriemi mléčného kvašení, tak trichodermou nemělo na osivo negativní dopad, co se týká energie klíčení a laboratorní klíčivosti. Z výsledků je patrné, že osivo hrachu mělo (na poměry osiva luskovin) velmi dobrou klíčivost i energii klíčení. Mezi variantami byly nalezeny statisticky významné rozdíly, kdy varianta neošetřeného osiva (kontrola) měla prokazatelně horší výsledky klíčivosti a energie klíčení, než ošetřené varianty s BMK a MEH. Statistické hodnocení klíčení 3. den od založení u jednotlivých variant ukázalo, že ošetření osiva nemělo žádné statisticky významné rozdíly.

Tabulka 3. Výsledky laboratorní klíčivosti a energie klíčení osiva hrachu ošetřeného jednotlivými preparáty.

Varianta	3. den	5. den (energie klíčení) %	8. den (laboratorní klíčivost)
Kontrola (Neošetřeno)	6a	94c	96c
BMK	5a	96b	99b
MEH	6a	100a	100a

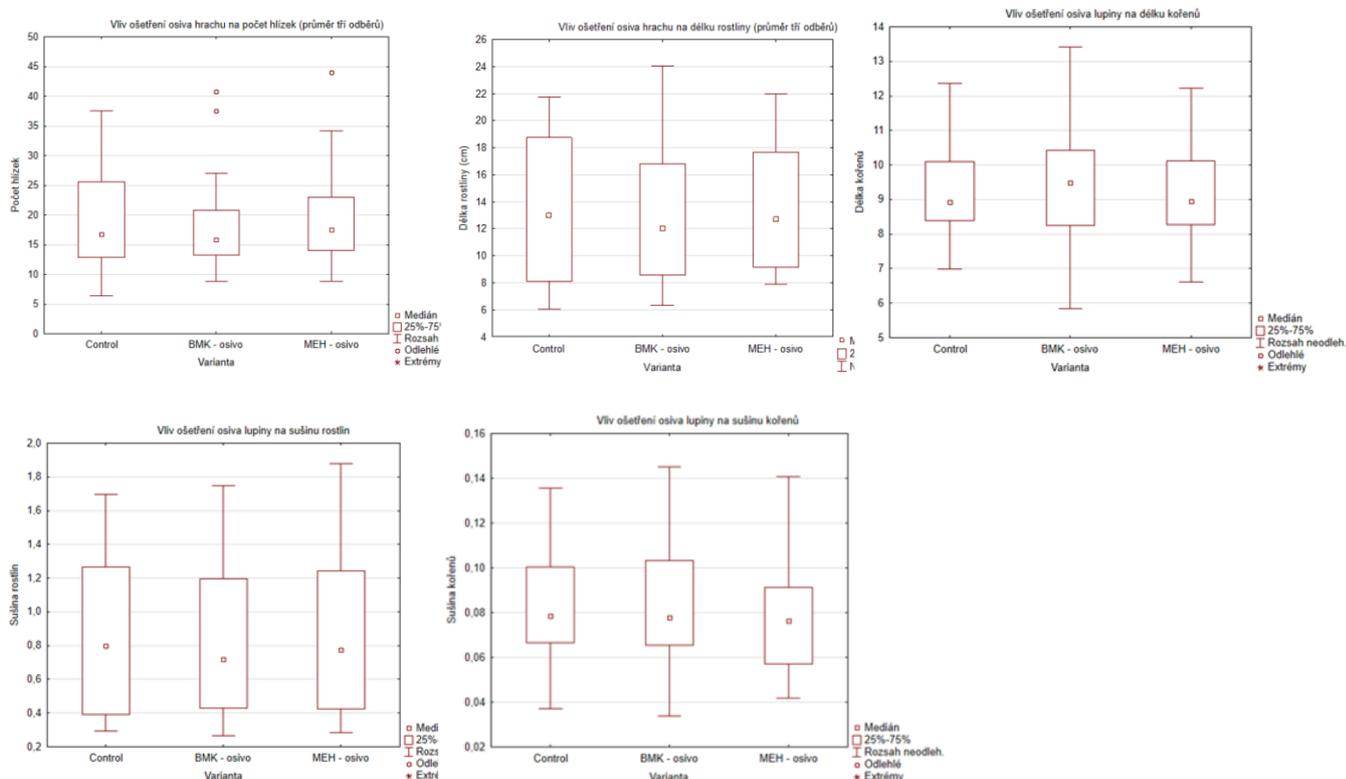
Vliv ošetření osiva MEH a BMK na vývoj rostlin v počátečních růstových fázích

Z následující tabulky 4 je zřejmé, že v počátečních růstových fázích hrachu nemělo ošetření osiva pomocí MEH a BMK průkazný vliv ($P \leq 0,05$) na žádný ze sledovaných parametrů. Získaná data se nelišila ani v rámci jednotlivých odběrů, ani v průměru všech třech sledovaných období. U počtu hlízek lze pozorovat trend nižšího počtu hlízek na ošetřených variantách MEH a BMK (na obou lokalitách). V případě délky rostlin byly nižší hodnoty u varianty BMK. U ostatních sledovaných parametrů byl rozdíl minimální.

Tabulka 4. Vliv ošetření osiva na sledované parametry hrachu (průměr tři odběrů)

Varianta	Parametr				
	Počet hlízek	Délka rostliny (cm)	Délka kořenů (cm)	Sušina rostlin (g)	Sušina kořenů (g)
Zvíkov					
Kontrola	19,31a	13,38a	12,35a	0,25a	0,06a
MEH osivo	18,96a	13,31a	12,79a	0,24a	0,06a
BMK osivo	17,87a	12,86a	12,31a	0,24a	0,06a
Uhříněves					
Kontrola	11,06a	23,19a	10,84a	1,00a	0,11a
MEH osivo	9,38a	23,30a	10,02a	0,87a	0,13a
BMK osivo	9,74a	21,89a	10,52a	0,91a	0,12a

Poznámka: Hodnoty označené shodným písmenem nevykazují statisticky průkaznou odlišnost na hladině významnosti $P \leq 0,05$ (Tukey HSD test).



Obrázek 1. Vliv ošetření MEH a BMK na počet hlízek, délku rostlin, délku kořenů, sušinu rostlin a sušinu kořenů

Vliv ošetření osiva MEH a BMK na základní produkční parametry

Vyhodnoceny byly nejvýznamnější produkční a kvalitativní charakteristiky sledované u hrachu setého. V roce 2022 nebyly mezi variantami zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Může to být způsobeno relativně vysokou heterogenitou dat v rámci opakování, což bylo patrné z velikosti směrodatné odchylky (např. u varianty MEH osivo). Předpokládáme, že víceleté opakování pokusu přinese lépe interpretovatelné výsledky.

Zvíkov

Na této lokalitě je třeba poznamenat, že výnosy semen hrachu byly velmi nízké (0,367-0,847 t/ha) v důsledku nepříznivého průběhu počasí, kdy nadbytek srážek znesnadňoval regulaci plevelů v režimu ekologického pěstování, což se projevilo na výrazném sníženém výnosu (Tabulka 5). Ošetření MEH a BMK nemělo vliv na HTS, ale ovlivnilo nepatrně obsah bílkovin (na kontrole byl nejnižší).

Tabulka 5. Vyhodnocení polních dat z lokality Zvíkov (2022)

Varianta	Obsah chlorofylu (Rel. % kontroly)*	Výška porostu (cm)	Výnos (t/ha)	HTS (g)	Obsah bílkovin (%)
kontrola	100,00	90	0,668	241,1	19,27
BMK osivo	-	93	0,847	238,4	19,45
MEH osivo	-	92	0,624	233,6	20,55
BMK list	102,67	92	0,611	240,9	21,03
MEH list	100,38	93	0,528	241,7	20,84
BMK osivo a list	96,56	92	0,716	238,6	20,33
MEH osivo a list	101,72	88	0,648	244,4	20,57
BMK osivo a MEH list	96,76	90	0,391	241,6	20,15
MEH osivo a BMK list	98,85	87	0,367	242,0	20,79

Poznámka: *Obsah chlorofylu je vyjádřen jako % oproti kontrole (měřeno týden po aplikaci MEH a BMK na list; Bylo provedeno vyhodnocení statisticky průkazných odlišností pomocí Tukey HSD testu na hladině významnosti $P \leq 0,05$; mezi variantami nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Z chorob na lokalitě Zvíkov byla v počátečních růstových fázích při hodnocení sledovaných parametrů (délka kořenů a počet hlízek na kořenech) pozorována přítomnost komplexu kořenových chorob. Tyto choroby byly ojediněle pozorovány napříč variantami i opakováními. Ve svém důsledku však neovlivnily celkový počet rostlin na jednotku plochy. Před sklizní byly rostliny hrachu ve všech variantách a opakováních napadeny černěmi. Mikroskopicky byli v laboratoři potvrzeni původci z rodu *Alternaria* a *Cladosporium*.

Při kontrole výskytu škůdců byla během vegetace u hrachu od začátku května na všech rostlinách pozorovány požerky listů způsobené listopasem čárkováným. S růstem rostlin však intenzita požerků klesala, na nových listech již koncem května nebyly požerky patrné, stejně tak ani v následujících měsících. K cílené regulaci listopase tedy nebylo nutné přistoupit. Nicméně přesto mohl být výskyt listopase v porostech jedním z faktorů, který vedl ke sníženému výnosu hrachu.

Uhříněves

Výnos se zde pohyboval mezi 3,21 t/ha (kontrola) a 3,78 t/ha (BMK osivo a list). HTS se pohybovala mezi 220,1 g (kontrola) a 225,9 g (BMK osivo). Obsah bílkovin v sušině semen byl na lokalitě Uhříněves velmi vyrovnaný, pohyboval se kolem 20 %. Obsah chlorofylu, zjišťovaný po aplikaci MEH a BMK na list, dosáhl nejvyššího navýšení na úrovni 109 % u variant MEH osivo a list a MEH osivo a BMK list (Tabulka 6). Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly u hodnocených produkčních ukazatelů i vegetačních charakteristik statisticky

neprůkazné, a to i v případě, kdy bychom (například u výnosu a HTS) některé statisticky průkazné rozdíly očekávali.

Tabulka 6. Výnos semen a vybrané vegetační a kvalitativní ukazatele hrachu na lokalitě Uhříněves (2022)

Varianta	Obsah chlorofylu (Rel. % kontroly)*	Výška porostu (cm)	Výnos (t/ha)	HTS (g)	Obsah bílkovin (%)
kontrola	100,00	86	3,21	220,1	20,7
BMK osivo	-	85	3,28	225,9	20,3
MEH osivo	-	85	3,44	215,9	20,4
BMK list	102,06	85	3,38	219,1	20,4
MEH list	103,75	84	3,53	223,7	20,7
BMK osivo a list	106,98	88	3,78	222,5	20,2
MEH osivo a list	109,46	86	3,58	218,1	20,6
BMK osivo a MEH list	101,74	85	3,69	222,0	20,5
MEH osivo a BMK list	108,88	87	3,52	219,6	20,6

Poznámka: *Obsah chlorofylu je vyjádřen jako % oproti kontrole (měřeno týden po aplikaci MEH a BMK na list; bylo provedeno vyhodnocení statisticky průkazných odlišností pomocí Tukey HSD testu na hladině významnosti $P \leq 0,05$; mezi variantami nebyly s výjimkou obsahu chlorofylu zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Tabulka 7. Hodnocení výskytu padlí hrachu na jednotlivých variantách v Uhříněvsi 27. 6. 2022

Varianta	Procento poškozených rostlin v porostu
kontrola	Do 5%
BMK na list	Do 1%
MEH na list	Do 1%
BMK osivo + list	Do 1%
MEH osivo + list	Do 1%
BMK osivo + MEH list	Do 1%
MEH osivo + BMK list	Do 1%

Na porostech hrachu byl u jednotlivých variant hodnocen výskyt chorob běžných u hrachu. V hodnocení jsme se zaměřili na padlí hrachu, plíseň hrachu a rez hrachovou. Z hlediska průběhu vegetace 2022 lze konstatovat, že v Uhříněvsi jedinou chorobou vyskytující se v porostu bylo padlí, jehož výskyt ukazuje Tabulka 7.

Diskuze a závěr

Aplikace přípravků MEH a BMK na osivo a testování v laboratorních podmínkách prokázala, že varianta neošetřeného osiva (kontrola) měla prokazatelně horší výsledky klíčivosti a energie klíčení, než ošetřené varianty s BMK a MEH. Tyto příznivé výsledky se však zcela jasně nepromítly v polních podmínkách. V tomto nepříznivém pěstitelském roce se nepodařilo aplikaci MEH a BMK na osivo zcela jasně podpořit počáteční růst a zapojení porostů hrachu, kterému naznačovalo laboratorní výsevní testování energie klíčení a laboratorní klíčivosti. Také reakce rostlin po vlastní aplikaci přípravků na list během vegetace z pohledu stimulačního a

změny obsahu chlorofylu je spíše tendenční (výraznější, avšak statisticky neprůkazné rozdíly byly zejména u varianty MEH). Tento trend u ošetřených variant se během vegetace nezúročil a nebyly (statisticky průkazně) ovlivněny ani výsledné produkční parametry (výnos semen, HTS) ani kvalita semen. Tyto jednoleté výsledky přináší první zkušenosti s BMK a MEH při aplikaci u hrachu a skutečné přínosy bude patrně možné lépe a přesněji vyhodnotit až z víceleté řady výsledků.

Literatura

- Endres G, Kendal A. 2009. Field pea production. NDSU Carrington Research Extension Center. North Dakota
- Katz SE. 2012. The Art of Fermentation: an In-depth Exploration of Essential Concepts and Processes from Around the World. Chelsea Green Publishing. United Kingdom
- Kubheka BP, Ziena LW. 2022. Trichoderma: A Biofertilizer and a Bio-Fungicide for Sustainable Crop Production
- Lamichhane JR, Corrales DC, Soltani E. 2022. Biological seed treatments promote crop establishment and yield: a global meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development* 42: 45
- Rocha I, Ma Y, Souza-Alonso P, Vosátka M, Freitas H, Oliveira RS. 2019. Seed coating: a tool for delivering beneficial microbes to agricultural crops. *Frontiers in Plant Science* 10: 1357
- Selgen. 2020. Hrách setý. Praha. Available from <https://selgen.cz/agrotechnicka-doporuceni/hrach-sety-agt/> (accessed February 2023)
- Wang H, Yan Y, Wang J, Zhang H, Qi W. 2012. Production and Characterization of Antifungal Compounds Produced by *Lactobacillus plantarum*. *Plos one* 7
- Woo SL, Hermosa R, Lorito M, Monte E. 2022. Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. *Nature Reviews Microbiology* 1: 15
- Zin NA, Badaluddin NA. 2020. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences* 65: 168-178

Poděkování

Studie byla podpořena projektem NAZV MZe ČR, č.: QK22010255.

Kontaktní adresa:

Ing. Petr Dvořák, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita Praha
Kamýcká 129, 165 00 Praha Suchbát
+420 605 967 290, dvorakp@af.czu.cz

Výzkum možností využití jílku vytrvalého pro energetické účely

Research into the possibilities of using perennial ryegrass for energy purposes

Frydrych J.¹, Bradáčová L.¹, Jezerská L.², Sassmanová V.³

¹OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Zubří

²VŠB – Technická univerzita Ostrava, CENET

³VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní

Abstrakt

V současné době je stále více kladen důraz na využití obnovitelných zdrojů energie, což je v souladu s cíli Evropské unie. Mezi tyto patří také trávy pěstované na semeno, které představují významný zdroj biomasy s potenciálem pro energetické využití. Studie se proto zaměřuje na výnos a zpracování jílku vytrvalého jako obnovitelného zdroje energie a analyzuje jeho potenciál pro využití v energetickém sektoru. U jílku vytrvalého byl pro tyto účely sledován výnos semene a slámy. Nejvyšší výnos semene a výnosu slámy v letech 2016 a 2017 dosáhla varianta založená klasickým způsobem přípravy půdy. V roce 2016 byl výnos semene 800 kg.ha⁻¹, výnos slámy byl 9,59 kg.ha⁻¹. V roce 2017 byl výnos semene 1 084 kg.ha⁻¹, výnos slámy byl 9,87 kg.ha⁻¹. Zpracování slámy jílku vytrvalého do pelet bylo bezproblémové. Následným zpracováním pelet torrefikací byl získán materiál s vyšší výhřevností, lepšími spalovacími vlastnostmi a hydrofobního charakteru. Ve srovnání s neupraveným materiálem však měly pelety nižší pevnost a mechanickou odolnost. V budoucnosti se zdá být perspektivní post-processing pelet v oxidační atmosféře za nižších teplot. Využití vymlácené slámy pro energetické účely a tržní zhodnocení semen se jeví v současnosti ekonomicky výhodná praxe pro zemědělce, které se právě na pěstování trav na semeno specializují.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie, trávy pěstované na semeno, jílek vytrvalý, peleta, metoda torrefikace, vlastnosti pelet

Abstract

Currently, more and more emphasis is placed on the use of renewable energy sources, which is in line with the goals of the European Union. These also include grasses grown for seed, which represent an important source of biomass with potential for energy use. The study therefore focuses on the yield and processing of perennial ryegrass as a renewable energy source and analyzes its potential for use in the energy sector. For these purposes, the yield of seed and straw was monitored for perennial ryegrass. The highest seed yield and straw yield in 2016 and 2017 was achieved by the variant based on the classic method of soil preparation. In 2016, the seed yield was 800 kg.ha⁻¹, the straw yield was 9.59 kg.ha⁻¹. In 2017, the seed yield was 1084 kg.ha⁻¹, the straw yield was 9.87 kg.ha⁻¹. The processing of perennial ryegrass straw into pellets was problem-free. Subsequent processing of the pellets by torrefaction resulted in a material with a higher calorific value, better combustion properties and a hydrophobic character. Compared to the untreated material, however, the pellets had lower strength and mechanical resistance. Post-processing pellets in an oxidizing atmosphere at lower temperatures seems to be promising in the future. The use of threshed straw for energy purposes and the market value of seeds currently appears to be an economically advantageous practice for farmers who specialize in the cultivation of grasses for seed.

Keywords: renewable energy sources, grasses grown for seed, perennial ryegrass, pellet, torrefaction method, pellet properties

Úvod

Význam obnovitelných zdrojů energie se v současnosti neustále zvyšuje a hledání nových zdrojů tzv. čisté a zelené energie je snahou celého světa. Evropská unie navrhuje zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie, mezi které se řadí také travní biomasa, o 27 % do roku 2030 v průběhu klimatického a energetického rámce. Vedle stávajících zdrojů surovin a energie v České republice je třeba zavádět hlavně v marginálních oblastech, které budou v budoucnu hlavně vyčleňovány z potravinářské produkce, pěstování tzv. energetických plodin (Pastorek, Kára, Jevič 2004). U trav pěstovaných na semeno ekonomický přínos v současnosti představuje zejména tržní zhodnocení travního semene a využití vymláčené slámy pro energetické účely (Timsina et al. 2023). Trávy pěstované na semeno zejména vymláčená sláma představují význam zdroj biomasy využitelné pro energetické účely. Výsledky polních pokusů a laboratorních testů prokázaly, že trávy jsou využitelné jako energetické plodiny pro spalování i produkci bioplynu. Využití víceletých trav jako paliva oproti plodinám s krátkou rotací je výhodnější, protože travní biomasu lze využít jako palivo v roce následujícím po zasetí. Vytrvalé trávy jsou ve srovnání s jednoletými rostlinami výnosnější a méně náročné na půdní úrodnost; navíc mohou poskytovat produkci 7–10 let bez přesévání a chrání svažitě pozemky před erozí a udržují úrodnost půdy (Jasinskas et al. 2008). Od poloviny 80. let 20. století v USA a Evropě vzrůstá zájem o využití víceletých trav jako energetických plodin. Charakteristiky, které činí vytrvalé trávy atraktivní pro produkci biomasy, jsou jejich vysoký výnosový potenciál, vysoký obsah ligninu a celulózy v jejich biomase a jejich obecně očekávaný pozitivní dopad na životní prostředí (Lewandovski et al. 2003).

Vytrvalé trávy jsou odolné vůči abiotickým stresům a spolu s jejich mnohostranným využitím, včetně krmiva a vlákniny, výroby obnovitelné energie a příspěvku k ekosystémovým službám, mohou být předními bylinnými rostlinami vhodnými pro multifunkční zemědělství. Vytrvalé energetické trávy mají schopnost růst v proměnlivých prostředích, včetně okrajových oblastí, čímž se minimalizuje konkurence s potravinářskými plodinami na účinky nepřímé změny ve využívání půdy (iLUC efekt) (Scordia et al. 2019).

Zároveň trávy jsou vhodnou vstupní surovinou pro pelety, které jsou využitelné jak pro tepelné, tak energetické aplikace a jsou ve shodě s politikou snižování emisí skleníkových plynů (Whittaker et al. 2017). Peletizovaná biomasa potom produkuje méně emisních částic ve srovnání se svou původní formou (Shen et al. 2012). Pravidelná geometrie a standardní velikost pelet navíc umožní bezproblémové skladování, pohodlnou manipulaci a automatické podávání ve velkých jednotkových operacích. Travní biomasa je relativně levná a obnovitelná, existují však také určité problémy, jako je logistika dodavatelského řetězce a dostupnost biomasy v závislosti na sklizni, předúpravou a velko-objemovým skladováním (De Meyer et al. 2014). Inovativní přístup v této oblasti proto přispěje k dosažení udržitelné budoucnosti (Solehah et al. 2023). Jednou z možností je proces torrefikace. Jedná se o termické zpracování, při kterém se biomasa zahřívá v inertní atmosféře při teplotách 200–300 °C. Během torrefikace se z biomasy uvolňuje voda a těkavé organické sloučeniny. Torrefikace je účinná metoda (sterilizace) pro ochranu materiálu (Gilbert et al. 2009). Typický hmotnostní výstup materiálu po torrefikaci je 70 %. Typický energetický výstup je 90 %. Ztráta hmotnosti je tedy mnohem vyšší než ztráta energie, což vede k zvýšení celkové výhřevnosti torrefikované biomasy ve srovnání s původní formou. Další výhodou torrefikace je snížení vlhkosti, hydrofobní charakter snížením počtu hydroxylových skupin a objemová hustota materiálu (Oberberger, Thek 2010; Cahyant et al. 2020). V tabulce 1 jsou pro srovnání uvedeny parametry surové biomasy, torrefikované biomasy a uhlí (Chen et al. 2021).

Tab. 1: Energetické srovnání surové biomasy, torrefikované biomasy a uhlí

Vlastnosti paliva			
	Surová biomasa	Torefikovaná biomasa	Uhlí
Těkavé látky [%hm]	67–88	34–85	0,9–50
Obsah C [%hm]	39–50	45–68	64–92
Obsah O [%hm]	37–50	11–45	1–25
Atomový poměr O/C	0,4–0,8	0,1–0,7	
Atomový poměr H/C	1,2–2,0	0,7–1,6	
Výhřevnost [MJ/kg]	15–20	16–29	25–35

Hlavními prvky v biomase jsou uhlík a vodík, které vytvářejí hemicelulózu, celulózu a lignin. Obsahují také menší množství dusíku a síry. Při spalování biomasy je hlavní uvolňování tepla připisováno oxidaci uhlíku. Vodík, přítomný ve vazbě C-H nebo O-H, je také klíčovým zdrojem tepla při spalování biomasy. Kyslík obsažený v biomase je v určité míře při spalování prospěšný, avšak ve vyšším zastoupení snižuje výhřevnost. Proto se torrefikace účinně používá k odstranění nežádoucích prvků (Ribeiro et al. 2018; Timsina et al. 2023) v pevných produktech. Tím je dosaženo výhřevnosti podobné uhlí (Tab. 1). Proces torrefikace lze použít přímo pro travní biomasu nebo až jako následná úprava připravených pelet (Agar et al. 2021). V průběhu řešení výzkumu energetického využití trav ve spolupráci OSEVY vývoje a výzkumu s.r.o. v Zubří, Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze v.v.i. a Centra ENET Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě probíhaly testy s jíllem vytrvalým. Přihlášené množitelenské plochy trav v České republice v roce 2021 představují výměru 9 665,82 ha z toho jílky představují významnou část celkem 4 605,53 ha. Jílek vytrvalý se pěstuje na výměře 976,78 ha (Cagaš 2023). Jílky představují hlavní druhy trav, které se v České republice pěstují na semeno. Na stanovišti OSEVA vývoj a výzkum s.r.o. v Zubří byly založeny v roce 2015 a 2016 pokusy s jíllem vytrvalým s různými způsoby přípravy půdy. Výzkum byl zaměřen na vliv těchto technologií na výnos semene a výnos slámy (Frydrych a kol. 2023). Další etapou bylo zpracování vymlácené slámy z jílku vytrvalého peletizací a následnou torrefikací.

Materiál a metody

Jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.) je jeden z nejkvalitnějších víceletých pícních druhů trav a současně základní druh pro trávníky. Je součástí zatěžovaných sportovních i rekreačních trávníků. Má silnou konkureční schopnost ve směsích a je nutné dodržovat jeho procentické zastoupení, aby nepotlačil komponenty s pomalejším vývojem. Ranné odrůdy jsou určeny pro dočasné jetelotravní porosty na orné půdě pro pícní využití a krátkodobější luční porosty. Pozdější odrůdy jsou nepostradatelné v trvalých pastevních porostech (Cagaš 2010).

Na stanovišti v Zubří byly v letech 2015 a 2016 založeny polní pokusy s jíllem vytrvalým odrůdy Jaran. Pokus obsahoval následující varianty zpracování půdy:

- klasická příprava půdy – střední orba (hloubka 180–200 mm), vláčení, setí;
- redukováná příprava – talířový podmítač (hloubka 80–100 mm), vláčení, setí;
- přímé setí do nezpracované půdy, setí speciálním secím strojem.

Pokusy byly v obou letech založeny po stejné předplodině – ozimé pšenici. Hnojení a ošetřování pokusných ploch bylo u všech variant zpracování půdy stejné. Dodrženy byly stejné termíny výsevu, ošetření a sklizně. Výsevek jílku vytrvalého na všech pokusných parcelách byl v množství 25 kg.ha⁻¹. V roce založení byly pokusné plochy před setím hnojeny

dávku 40 kg N.ha⁻¹, ve formě NPK. Následující první užitkový rok na jaře byly porosty přihnojeny dávkou 80 kg N.ha⁻¹, ve formě ledku amonného s vápencem. V průběhu vegetace byl jílek ošetřen přípravkem Moddus v dávce 0,8 l.ha⁻¹ ve fázi BBCH 31 proti poléhání a přípravkem Amistar v dávce 1 l.ha⁻¹ ve fázi BBCH 32 proti listovým skvrnitostem.

Pokusy byly sklizeny parcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger přímou sklizní. Vymláčené osivo bylo dosušeno na standardní vlhkost 14 %.

Vzorky slámy jílku vytrvalého byly před-upraveny drcením na kladivovém drtiči. Následně byly provedeny základní mechanicko-fyzikální testy. Byla stanovena distribuce velikosti částic a sypná hustota. Distribuce velikosti částic byla provedena na třídíči Spartan od společnosti Fritsch se standardizovanými sítmi (DIN ISO 3310-1). Vzorek byl proséván po dobu 20 minut při amplitudě 1,5 mm.

Při stanovení sypné hustoty byl vzorek volně nasypan do kalibrovaného odměrného válce, přičemž byla odečtena hmotnost (EN 15103).

Peletizace probíhala na peletovacím lisu Stiler KL200C o výkonu 9 kW při vlhkosti 16 % (Obrázek 1).



Obr. 1: Vlevo – peletovací lis Stiler KL200C, vpravo – matrice a rolny

Torrefikace probíhala v torrefikační jednotce, která se skládala ze vsádkového reaktoru, chladiče a čističe vzniklého plynu. Reaktor byl složen z víka, těla nádoby a vložky. Vstupní vzorek v podobě pelet se vkládá do tělesa nádoby a těsní pomocí hermeticky uzavíratelného víka. Nahřívání materiálu v reaktoru se provádí pomocí odporového drátu navinutého na vnější straně nádoby a topným elementem vyhřívajícím dno nádoby reaktoru. Z důvodu snížení teplotních ztrát sdílením tepla do okolí je celý reaktor teplotně izolován. Přívod inertního plynu a odvod procesního plynu se provádí v horní části reaktoru, tam je také umístěn termočlánek pro měření teploty procesu. Kapalné složky kondenzují v protiproudém chladiči plynu. Jako cirkulující médium byla zvolena pro tento případ voda. Kapalné frakce jsou jímány do jedné ze tří promývacích nádob. Plynná složka je volně odpuštěna do atmosféry. Pelety byly charakterizovány mechanickými vlastnostmi – pevností, mechanickou odolností, měrnou hustotou a odolností proti vodě. Tvrdost pelet (Ribeiro et al. 2018) byla vyjádřena jako hmotnostní zatížení v kg, aniž by došlo k prasknutí nebo rozdrcení testované pelety. Tvrdost byla měřena pomocí testeru Amandus Kahl ak-14. Hodnota tvrdosti byla stanovena jako průměrná hodnota deseti zkoušek jednoho vzorku. Mechanická odolnost pelet, byla měřena na přístroji Holmen NHP 1000. Během zkoušky vzorek 100 g pelet pneumaticky cirkuluje při tlaku 70 mbar v komoře s perforovanými kuželovými stěnami po dobu 60 sekund. Po zkoušce se

vzorek prosévá přes síto o průměru 3,15 mm. Mechanická odolnost (PDI) byla vypočtena jako podíl hmotnosti vzorku pelet po zkoušce a hmotnosti vzorku pelet před zkouškou vyjádřený v procentech.

Měrná hustota byla stanovena na přístroji Mettler Toledo JEW-DNY-43. Hustota byla měřena při teplotě 27 °C.

Odolnost proti vlhkosti, tzv. index smáčivosti (WI) spočívá v ponoření pelety do destilované vody na 30 sekund. Rozdíl hmotností před a po vydělení původní hmotností uvádí WI. Postup se opakoval desetkrát. Z výsledků byla následně vypočtena průměrná hodnota.

Výsledky a diskuze

Nejlepší hodnoty výnosu semene a výnosu slámy v letech 2016 a 2017 (Tab. 2 a 3) dosáhla varianta založená klasickým způsobem přípravy půdy. Nižší hodnoty sledovaných znaků byly u redukované přípravy půdy a u bezorebného způsobu setí jílku vytrvalého. Výzkum byl zaměřen na výnos semene a slámy pro energetické využití při různých způsobech přípravy půdy pro založení porostu jílku vytrvalého pěstovaného na semeno.

Tab. 2: Výnos semene a slámy jílku vytrvalého – sklizeň 2016

Stanoviště	Způsob založení porostu	Výnos semene (kg.ha ⁻¹)	Výnos slámy (t.ha ⁻¹)
Zubří	klasická příprava půdy	800	9,59
	redukovaná příprava půdy	749	7,97
	bezorebné setí	329	6,56

Tab. 3: Výnos semene a slámy jílku vytrvalého – sklizeň 2017

Stanoviště	Způsob založení porostu	Výnos semene (kg.ha ⁻¹)	Výnos slámy (t.ha ⁻¹)
Zubří	klasická příprava půdy	1084	9,87
	redukovaná příprava půdy	812	8,94
	bezorebné setí	984	8,25

Tab. 4: Statistické vyhodnocení výnosu slámy jílku vytrvalého v letech 2016 a 2017

Stanoviště	Způsob založení	Výnos slámy v roce	
		2016 – průkaznost	2017 – průkaznost
Zubří	klasická příprava	9,59	9,87
	redukovaná příprava	7,97	--
	bezorebné setí	6,56	--

Rok 2016 – ANOVA md 0,05: 0,114

md 0,01: 0,173

Rok 2017 – ANOVA md 0,05: 2,167

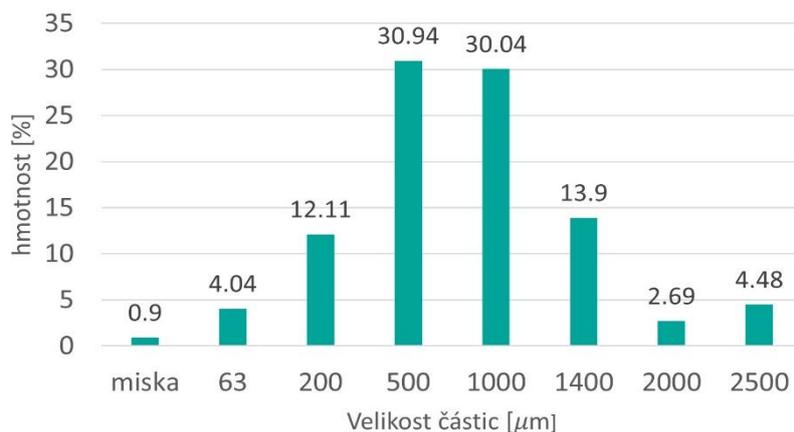
md 0,01: 3,282

- průkazný rozdíl

-- vysoce průkazný rozdíl

Neružil (2016) udává průměrné roční výnosy sušiny trav v období let 2009–2011 v rozmezí od 9,3 t.ha⁻¹ u jílku vytrvalého a do 12,8 t.ha⁻¹ u ovsíku vyvýšeného. Výsledky v oblasti pěstování fytomasy z travních porostů (TP) na orné půdě prokazují, že je možné v době nedostatku objemové píče silážní kukuřice, vkládané do anaerobních fermentorů zemědělských bioplynových stanic (BPS), nahradit tento substrát za píči z travních porostů.

Distribuce velikosti částic je znázorněna na obrázku 2. Z grafu je evidentní, že jsou dominantní dvě frakce, a to 500–1000 µm a 1000–1400 µm.



Obr. 2: Distribuce velikosti částic jíłku vytrvalého

Peletizace a následná torrefikace probíhala bez procesních problémů. Vzhled pelet před a po torrefikaci je znázorněn na obrázku 3.



Obr. 3: Vzhled pelet před (vlevo) a po (vpravo) torrefikaci

Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5. Z naměřených hodnot je patrné, že vyrobené pelety jíłku vytrvalého před torrefikací by neměly způsobovat problémy při jejich uskladnění, dopravě ani manipulaci. O tomto svědčí vysoké hodnoty mechanické odolnosti ($\text{PDI} > 96\%$). Toto však neplatí pro pelety po torrefikaci, jejichž hodnota PDI klesla na 48 %. Pelety byly po torrefikaci křehké, manipulace s nimi byla komplikovaná. Stejný závěr naznačuje také pevnost pelet, která klesla po torrefikaci na hodnotu 12 kg.

Tab. 5: Mechanické vlastnosti pelet jíłku vytrvalého před a po torrefikaci

Parametr	WI, %		PDI, %		ρ , kg.cm ³		H, kg		ρ_b , kg.m ³	
	před torr.	po torr.	před torr.	po torr.	před torr.	po torr.	před torr.	po torr.	před torr.	po torr.
1	8,60	0,50	98,16	50,88	1,218	0,998	29	12	554	269
2	8,97	0,50	98,63	50,00	1,200	0,998	27	13	562	256
3	7,95	3,23	98,74	48,33	1,211	0,998	28	12	555	261
4	12,50	2,63	98,82	48,28	1,214	0,999	28	10	559	260
5	13,04	0,20	98,90	49,09	1,201	0,998	28	12	559	251
6	11,76	0,50	98,17	48,39	1,201	0,999	29	13	559	269
7	12,50	0,50	98,98	49,49	1,218	0,998	28	14	568	263
8	12,82	2,44	98,16	47,46	1,215	0,997	27	12	562	257
9	8,42	0,60	98,20	47,37	1,217	0,998	27	13	561	267
10	8,51	2,50	98,50	48,33	2,214	0,998	28	10	569	265
Průměr	10,51	1,36	98,53	48,72	1,311	0,998	28	12	561	262

O absorpčním chování pelet naznačuje více parametr odolnosti proti vlhkosti, který vykazuje spíše vyšší hodnoty (WI 10,5 %) pro pelety netorrefikované. Po torrefikaci dochází k změně na hydrofobní charakter a hodnoty WI klesají k hodnotě 1,36 %. Jedná se o pozitivní jev torrefikace. Pro detailnější zhodnocení by bylo vhodné stanovit ještě úhel smáčivosti. Hodnota sypné hustoty (hmotnosti) je pro netorrefikované pelety v průměru 561 kg.m⁻³, jedná se o obvyklou hodnotu. Po torrefikaci dochází k jejímu snížení, je to dáno logickou ztrátou hmotnosti. Energetické parametry pelet jíłku vytrvalého před a po torrefikaci ukazuje tabulka 6.

Tab. 6: Energetické vlastnosti pelet jíłku vytrvalého před a po torrefikaci

Vzorek	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	Vlhkost (%)	Obsah popela (%)	Prchavá hořlav. (%)	Fixní hořlav. (%)	Spalné teplo (kJ.kg ⁻¹)	Výhřevnost (kJ.kg ⁻¹)
před torr.	41	6,35	0,7	0,2	8,97	6,03	67,65	17,35	16524	15287
po torr.	64	4,17	1,31	0,3	3,00	14,28	29,97	52,75	25245	24251

Obecně lze konstatovat, že výsledná výhřevnost netorrefikovaných pelet je dostatečně vysoká. Norma definuje 14,5 MJ/kg jako minimální výhřevnost. Obsahy C, H, N jsou srovnatelné např. s peletami ze slámy řepky. Rozdíl je v obsahu S. U jíłku je obsah S nízký, což může mít při spalování pozitivní dopad. Pelety po torrefikaci ukazují výrazné zvýšení obsahu C a s tím související zvýšení výhřevnosti až na 24 251 kJ.kg⁻¹.

Závěr

Pěstování trav pro energetické využití na ladem ležící půdě umožňuje její nepotravinářské využití se zachováním udržitelné půdní úrodnosti. Současně je rozšířen široký potenciál využití trav pro průmyslové a energetické účely. Trávy pěstované na semeno zejména vyláčená sláma představuje významný zdroj biomasy využitelné pro energetické účely. Jíłky představují největší výměru ze všech travních druhů pěstovaných na semeno v České republice. Jíłek vytrvalý byl ověřen z hlediska výnosu semene a slámy třemi způsoby zakládání porostu. Nejvyšší výnos semene a výnosu slámy v letech 2016 a 2017 dosáhla varianta založená klasickým způsobem přípravy půdy. V roce 2016 byl výnos semene 800 kg.ha⁻¹, výnos slámy byl 9,59 kg.ha⁻¹. V roce 2017 byl výnos semene 1 084 kg.ha⁻¹, výnos slámy byl 9,87 kg.ha⁻¹. Jíłek vytrvalý lze sklídit na semeno pro tržní účely a slámu využít pro výrobu energie. Tento

způsob je z ekonomického hlediska pěstitelů trav na semeno ekonomicky výhodný. Je patrné, že travní biomasa má energetický potenciál a je upřednostňována jako obnovitelný zdroj energie. Její zpracování do pelet je vhodné. Procesní parametry však budou různé pro různé druhy trav, které mohou mít nejen různou morfologickou strukturu, ale také jiný obsah ligninu nebo energetický obsah. Pro slámu jílku vytrvalého bylo procesní zpracování bezproblémové. Snaha o navýšení energetického potenciálu torrefikací pelet ukázala prozatimní nedostatky. Torrefikované pelety byly křehké, lámavé, nevhodné pro další manipulaci. Ekonomicky by pravděpodobně torrefikované pelety nebyly konkurence schopné. Co se týče dalšího výzkumu, vhodnou alternativou se jeví zpracování pelet v oxidační atmosféře za nižších teplot.

Použitá literatura

- Agar, D., Rudolfsson, M., Lavergane, S. et al. (2021) Pelleting torrefied biomass at pilot-scale – Quality and implications for co-firing [online]. 2021 [cit. 2023-02-16]. ISSN 0960-1481. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121009605>.
- Cagaš, B. (2023) Produkce osiv trav a jetelovin v České republice v roce 2021. Pícninářské a trávnickářské listy, Zubří: SPTJS, Olomouc: Vydavatelství AGRIPRINT s.r.o., 2023. 29: 4–8. ISBN 978-80-88610-01-4.
- Cagaš, B. et al. (2010) Trávy pěstované na semeno. 1.vyd. Olomouc: Vydavatelství Ing. Petr Baštan. 276 s. ISBN 978-80-87091-11-1.
- Cahyanti, M. N., Tharaka, R. K., Doddapaneni, C., Kikas, T. (2020) Biomass torrefaction: An overview on process parameters, economic and environmental aspects and recent advancements. *Bioresource Technology* [online]. [cit. 2023-03-15]. ISSN 09608524. Dostupné z www: doi:10.1016/j.biortech.2020.122737.
- De Meyer, A., Cattrysse, D., Rasinmäki, J., Van Orshoven, J. (2014) Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: a review, 2014, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31: 657–670.
- Derbenev, A. Posouzení dvou termických přístupů u zvolených druhů materiálů. Online, Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/150789>. [cit. 2023-10-13]
- Frydrych, J., Bradáčová, L., Volková, P., Jezerská, L., Gerndtová, I., Andert, D. (2023) Nové technologie zpracování půdy pro zakládání semenářských porostů jílku vytrvalého a jejich vliv na výnos semen a slámy využitelné pro energetické účely. Pícninářské a trávnickářské listy, Zubří: SPTJS, Olomouc: Vydavatelství AGRIPRINT s.r.o., 29: 24–27. ISBN 978-80-88610-01-4.
- Frydrych, J., Gerndtová, I., Andert, D., Volková, P. (2020) Výsledky výzkumu energetických trav pro zemědělskou praxi. Pícninářské listy, Zubří: SPTJS, Olomouc: Vydavatelství AGRIPRINT s.r.o., 26: 38–42. ISBN 978-80-87091-87-6.
- Gilbert, P., Ryu, C., Sharifi, V., Swithenbank, J. (2009) Effect of process parameters on pelletisation of herbaceous crop, 2009, *Fuel*, 88 (8): 1491–1497. doi.org/10.1016/j.fuel.2009.03.015.
- Chen, W. H., Lin, B. J., Lin, Y. Y. et al. (2021) Progress in biomass torrefaction: Principles, applications and challenges. *Progress in Energy and Combustion Science* [online]. 82 [cit. 2023-03-14]. ISSN 03601285. Dostupné z www: doi:10.1016/j.pecs.2020.100887.
- Jasinskas, A., Zaltauskas, A., Kryzeviciene, A. (2008) The investigation of growing and using of tall perennial grasses as energy crops. *Biomass and Bioenergy*, 32 (11): 981–987.
- Khoirul Solehah binti Abdul Rahim, Alinda binti Samsuri, Siti Hasnawati binti Jamal, Siti Aminah binti Mohd Nor, Siti Nor Ain binti Rusly, Hafizah binti Ariff, Nur Shazwani binti Abdul Latif (2023) Redefining biofuels: Investigating oil palm biomass as a promising cellulose feedstock for nitrocellulose-based propellant production, *Defence Technology*, 2023, ISSN 2214-9147, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.09.014>.
- Lewandowski, I. et al. (2003) The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and bioenergy*, 25 (4): 335–361.
- Nerušil, P., Menšík, L., Houdek, I., Jurka, M., Stražil, Z., Kohoutek, A. (2016) Pěstování, produkce a kvalita vybraných odrůd trav a jejich směsek pěstovaných jako náhrada substrátu pro bioplynové stanice za kukuřičí setou. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně 2016. 27 s. ISBN 978-80-7427-200-4.
- Obernberger, I., Thek, G. (2010) The pellet handbook: the production and thermal utilisation of pellets. Washington, DC: Earthscan. 592 p. ISBN 9781844076314.
- Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. (2004) Biomasa obnovitelný zdroj energie. Ed.: FCC Public, Praha, 286 s.

- Ribeiro, J., Godina R., Matias, J., Nunes, L. (2018) Future Perspectives of Biomass Torrefaction: Review of the Current State-Of-The-Art and Research Development. *Sustainability* [online]. [cit. 2023-03-14]. ISSN 2071-1050. Dostupné z www: doi:10.3390/su10072323.
- Scordia, D., Cosentino, S., L. (2019) Perennial energy grasses: Resilient crops in a changing European agriculture. *Agriculture*, 9 (8): 169.
- Shen, G., Tao, S., Wei, S., Zhang, Y., Wang, R., Wang, B., Li, W., Shen, H., Huang, Y., Chen, Y., Chen, H., Yang, Y., Wang, W., Wei, W., Wang, X., Liu, W., Wang, X., Simonich, S.L.M. (2012) Reductions in emissions of carbonaceous particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons from combustion of biomass pellets in comparison with raw fuel burning, 2012, *Environmental Science and Technology*, 46 (11): 6409–6416, DOI: 10.1021/es300369d.
- Stražil, Z. (2014) Pěstování a využití energetických plodin jako obnovitelného zdroje energie. [Cultivation and utilization of energy crops as renewable energy source]. *AgritechScience* [online], 2014, 8 (2): 1–6. ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2014-2-5.pdf>
- Timsina, R., Thapa, R. K., Moldestad, B. M. E., Jaiswal, R., Bhattarai, A., Jecmenica, M., Eikeland, M.S. (2023) Experimental evaluation of wood and grass pellets in a bubbling fluidized bed gasifier, *Energy Reports*, 9: 4049–4058, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.041>.
- Whittaker, C., Shield, I. (2017) Factors affecting wood, energy grass and straw pellet durability – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71: 1–11, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.119>.

Dedikace

Publikace je realizována na základě finanční podpory MZe v rámci institucionální podpory na rozvoj výzkumné organizace OSEVA vývoj a výzkum s.r.o. se sídlem v Zubří MZe RO-1823. Experimentální výsledky byly získány s využitím velké výzkumné infrastruktury ENREGAT podporované MŠMT, č. projektu LM2018098 a za podpory projektu SP2023/094 Specific Research in Selected Areas of Energy Processes.

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Frydrych
OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.
Hamerská 698, Zubří 756 54
frydrych@oseva.cz

Výživné hodnoty vojtěšky ovlivněné pořadím seče a vývojem počasí

Nutritive values of alfalfa affected by the sequence of movings
and the development of the weather

Homolka P.¹, Jančík F.¹, Koukolová V.¹, Loučka R.¹, Jambor V.², Synková H.²,
Nedělník J.³, Lang J.³

¹Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves

²NutriVet s.r.o. Pohořelice

³Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko

Abstrakt

Pokus proběhl na jižní Moravě ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech 2018–2022. Každým rokem byly sklizeny a podle obsahu sušiny a živin vyhodnoceny 3 seče. Počasí v době vegetace bylo v každém roce rozdílné. Z pohledu srážek byl za dobu 5 let nejsušší duben, a to ve všech hodnocených letech. Obsah sušiny byl při hodnocení bez rozdílu lokality a roku pokusu významně nejnižší v první seči (200 g/kg), ale zavádáním se dosáhlo přijatelného obsahu sušiny (346 g/kg). Nejvíce N-látek bylo ve třetí seči, nejvíce ADF a NDF bylo ve druhé seči a nejméně v první seči. Popelovin bylo nejméně ve druhé seči. V sušším období ve srovnání s roky s vyšším množstvím srážek bývá v čerstvé píce sice nižší obsah popelovin (100 g/kg sušiny), ale v zavadlé píce jich pak bylo více (125 g/kg sušiny). V sušším období je proto třeba sklízet tak, aby se do píce nedostal prach.

Klíčová slova: sušina; N-látky; vláknina; popeloviny; teplota, srážky

Abstract

The experiment took place in southern Moravia in two locations in five consecutive years 2018–2022. Each year, 3 cuttings were harvested and evaluated according to the content of dry matter and nutrients. The weather during the growing season was different every year. From the point of view of precipitation, April was the driest in 5 years, in all the evaluated years. The dry matter content was significantly lowest in the first cut (200 g/kg) when evaluated regardless of the location and the year of the experiment, but an acceptable dry matter content (346 g/kg) was achieved by wilting. The most N-substances were in the third cutting, the most ADF and NDF were in the second cutting and the least in the first cutting. There was the least amount of ash in the second cutting. In the drier season, compared to years with a higher amount of precipitation, the ash content in fresh fodder is lower (100 g/kg dry matter), but there was more of it in wilting forage (125 g/kg dry matter). In the drier season, it is therefore necessary to harvest in such a way that dust does not get into the fodder.

Keywords: dry matter; proteins; fiber; ashes; temperature, precipitation

Úvod

Výživná hodnota vojtěšky je ovlivňována řadou faktorů. Mezi ty důležité patří stáří porostu, teplota a množství dešťových srážek v průběhu vegetace. U starších porostů můžeme očekávat přirozený vyšší podíl vlákniny. Také vyšší teploty v průběhu vegetace ovlivňují obsah vlákniny, resp. jednu ze složek vlákninového komplexu, a to NDF v buněčných stěnách. Jejím nárůstem se obvykle snižuje stravitelnost organické hmoty. V případě vodního deficitu dochází nejen ke snížení výnosů, ale také ke snížení kvality, která je způsobena větší lignifikací pletiv (Míka a kol., 1997). Významným faktorem je i způsob a pořadí seče. Asseng a Hsiao (2000) studovali u vojtěšky energetickou bilanci a efektivitu využití vody před a po sekání. Potvrdili známou skutečnost, že po posekání se na krátkou dobu podstatně sníží fotosyntéza a evapotranspirace. S tím se také změní obsah živin v sušině rostliny, než se zase dostane do normálu. Při každé další seči se proces opakuje v závislosti na vývoji počasí, době a způsobu seče.

Nejdůležitějším zdrojem energie u vojtěšky jsou listy. Jejich nejvyšší podíl na rostlině je ve fázi butonizace. Sklizeň vojtěšky se časuje právě do této fáze. Je to kompromis mezi kvalitou a výnosem sklizené píce. V této fázi je zastoupen vysoký podíl energie a stále vysoká stravitelnost organické hmoty a relativně vysoký výnos. Obsah sušiny bývá v této fázi značně variabilní, proto se sklizeň řídí spíše podle vývojové fáze rostliny. U vojtěšky bývá při sklizni obsah sušiny ve fázi butonizace obvykle v rozmezí 15,8–20,3 % (Zeman a kol., 1995), se stárnutím rostliny sušina přirozeně narůstá. Radovič a kol. (2009) ve své práci o významu a hodnocení vojtěšky, uvádí sušinu na začátku kvetení 17,1 %, ve fázi plného květu 23,4 %. Obsah sušiny, kromě genetického vlivu, pořadí sklizně a stáří porostu, ovlivňují také abiotické faktory (stresory), jako je nedostatek živin, světlo, horko, sucho a průmyslové emise (Procházka a kol., 1998). U vojtěšky je prokázáno, že při sklizni ke konci fáze květu se výrazně snižuje obsah organických živin, zejména dusíkatých látek (N-látek). Narůstá množství vlákniny, čímž se snižuje stravitelnost živin a obsah využitelné energie. Podle Skládanky a kol. (2014) může být ve fázi butonizace na rostlině dosažen stejný podíl listů a lodyh. Tato fáze je relativně krátká, trvá 5 až 7 dní. V této fázi vegetativního vývoje je u vojtěšky dosažena nejvyšší koncentrace stravitelných živin.

Vojtěška by se měla alespoň jednou za rok nechat zakvést. Jinak si porost nevytvoří přírůstek kořenové hmoty, ani dostatek zásobních látek tolik potřebných pro jeho vytrvalost na pozemku pro další roky vegetace. Většinou se nechává zakvést před třetí sečí. Když se nechá zakvést před třetí sečí, může poskytnout zdroj potravy včelám, a to navíc v době, kdy většina nektarodárných rostlin již odkvetla. Bohužel, mnoho včel bývá při této seči usmrceno použitím mačkáčích válců, které jsou využívány kvůli šetrnému zpracování píce, přesněji k podélnému narušení stonků k rovnoměrnému zavádání píce (Fluri a Frick, 2002).

Podle tzv. „koeficientu fermentace“ (FC; Fermentation Coefficient) je vojtěška obtížně silážovatelná (Weissbach, 1996). Podobně zařazují vojtěšku mezi obtížně silážovatelné pícniny Martinez-Fernandez at al. (2013) podle tzv. „kvantitativního indexu silážovatelnosti“ (EI; Ensilability Index). Významné je, že potvrdili platnost ($P < 0,01$) tohoto EI pro oblasti (pásma) s vlhkým i suchým charakterem počasí. Důvodem je nižší obsah vodorozpustných sacharidů (WSC), vyšší obsah N-látek a vysoké tlumicí schopnosti vojtěšky snižovat kyselost silážované hmoty. S horší silážovatelností se také pojí vyšší rozklad bílkovin (proteolýza). Proteolýza je také charakteristická tvorbou toxických produktů, jako je amoniak nebo biogenní aminy. Pokud není v siláži dostatek kyselin, pak je nestabilní a dochází k vzniku proteolýzy a následně k tvorbě biogenních aminů. Hlavně proto je důležité se stále intenzivně zabývat silážními vlastnostmi vojtěšky a tyto negativní vlastnosti při silážování omezit (Kung a kol., 2018).

Jedním z rozhodujících kritérií pro dosažení úspěšného fermentačního procesu při silážování vojtěšky je obsah sušiny zavadlé hmoty. Vhodné rozpětí obsahu sušiny při konzervaci vojtěšky je 35–45 %, silážuje-li se při obsahu sušiny nižším než 35 %, většinou se bez konzervačních přípravků, především chemických, obsahujících kyselinu mravenčí, nelze obejít. Při nedostatečném prokvašení na potřebné pH při určité hranici obsahu sušiny hrozí produkce vojtěškové siláže o špatné kvalitě. Whiter a Kung (2001) shodně s Pahlow a Weissbachem (1999) a také Leibenspergerem a Pittem (1987) uvádějí, že vojtěška o sušině nad 30 % snižuje riziko tzv. klostridiální fermentace. Pozitivně to také mohou ovlivnit vhodné podmínky pro zavádání píce.

Výsledná kvalita vojtěškové siláže záleží na počasí ve vegetačním období a zejména na termínu sklizně ve vhodném stádiu zralosti. Záleží také na technologických podmínkách, daných především stupněm zpracování řezanky, rozhrnutím řezanky v silážním žlabu, jejím řádným udusáním a následným anaerobním zakrytím a zatížením (Krause a kol., 2002). Guo a kol. (2019) uvádí, že obsah silážní sušiny, NDF a ADF se zvyšoval ($P < 0,01$) a obsah N-látek se snižoval ($P = 0,005$) s postupujícím stupněm zralosti vojtěšky. Záleží i na pořadí seče. Podle Guo a kol. (2019) u vojtěšky sklizené ve stejné fázi zralosti byla siláž z první seče lepší než siláž z druhé seče.

Cílem práce bylo posouzení vlivu pořadí seče na obsah živin u vojtěšky, pěstované ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech 2018–2022.

Metodika

Pokus proběhl ve dvou lokalitách (Troubsko a Hrušovany nad Jevišovkou) v pěti po sobě jdoucích letech (2018–2022). Vzorky vojtěšky byly odebírány jednak bezprostředně před sečí a následně po zavadnutí od sklízecího stroje. Vzorky, odebírané bezprostředně před sečí byly ručně nařezány na velikost částic přibližně 2 cm, vzorky po zavadnutí byly nařezány sklízecím strojem zhruba na stejnou délku. Každým rokem byly na obou stanovištích sklizeny 3 seče, v některých letech i čtyři seče (v roce 2019 v Troubsku a v roce 2021 na obou lokalitách). Čtvrtá seč, vzhledem ke statistickému modelu, nebyla vyhodnocována.

V každé z obou lokalit v každé seči byly odebrány 3 pytle (cca 10 kg) v čerstvém stavu a po zavadnutí na poli 3 pytle zavadlé vojtěšky (cca 10 kg). Pytle s vojtěškou byly ihned po odběru na poli odvezeny do laboratoře NutriVet s.r.o. v Pohorelicích. Z každého pytle byly odebrány 3 vzorky, ty byly rozděleny na 3 části a z nich byly provedeny 3 chemické analýzy běžnými metodami podle Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005) pro sušinu, N-látky, ADF, NDF a popeloviny.

Pro hodnocení výsledků byl použit program Statistica 10 (StatSoft, Tulsa, OK, USA), vícefaktorové analýzy ANOVA s použitím Tukey testu HSD na hladině významnosti $P < 0,05$.

Výsledky a diskuze

Charakteristika počasí v době pokusů

V tab. 1 je počasí charakterizováno v jednotlivých letech nárůstem teplot a srážek do první, druhé a třetí seče. V tab. 2 jsou uvedeny rozdíly v počtu dnů mezi sečemi. Údaje v tab. 1 i v tab. 2 jsou uvedeny pro lokalitu Troubsko. V lokalitě Hrušovany nad Jevišovkou totiž není klimatologická stanice. Vzhledem k poloze Hrušovan nad Jevišovkou, která je jižněji a s nižší nadmořskou výškou, sklizňová zralost obvykle nastávala o 2 dny dříve než v Troubsku.

Rok 2018 byl mimořádně teplý a suchý po celou vegetační dobu. Větší množství srážek (86,4 mm) napršelo až v září. Mezi druhou a třetí sečí uběhlo dlouhých 107 dnů, což je až třikrát déle než v běžných letech.

Rok 2019 byl mimořádně teplý a vlhkostně normální, duben a květen byl mimořádně studený a suchý (max. 22 mm srážek za květen). I tento rok byl interval mezi druhou a třetí sečí dlouhý, tj. 43 dnů.

Rok 2020 byl mírně teplý a vlhký. Ve skutečnosti bylo od dubna do července sucho, ale v srpnu napršelo 105,9 mm. Protože sucho bylo hlavně mezi první a druhou sečí, interval mezi těmito sečemi byl 51 dnů.

Oba roky 2021 a 2022 lze hodnotit jako normální jak podle teploty, tak podle množství srážek. V roce 2021 velmi málo pršelo od dubna do června, v roce 2022 málo napršelo v dubnu a v červnu, v květnu bylo množství srážek 74,1 mm. V roce 2022 byly intervaly mezi sečemi (39 a 43 dnů) sice vyšší nebo stejné než medián za celých 5 let (34 a 43 dnů), ale rozložení srážek během vegetačního období bylo z hlediska nárůstu vegetace nejpříznivější.

Z pohledu srážek byl za dobu 5 let nejsušší duben, a to v každém hodnoceném roce. Ovšem i měsíce květen a červenec byly dost suché, tedy kromě roku 2021, ve kterém napršelo 100,3 mm, přičemž normál byl jen 70,4 mm.

Tab. 1: Sumy teplot a srážek v Troubsku, sečtené k termínu sklizní

Rok	Období	Suma teplot [°C]	Suma srážek [mm]
2018	1.1.–31.3.	67	56
	1.4.–10.5.	602	15
	11.5.–12.6.	638	49
	13.6.–27.9.	2155	159
2019	1.1.–31.3.	249	66,7
	1.4.–25.5.	617	77,1
	26.5.–28.6.	707	83,3
	29.6.–9.8.	862	77,8
2020	1.1.–31.3.	293	61,3
	1.4.–13.5.	450	40,3
	14.5.–3.7.	841	134
	4.7.–6.8.	641	93,5
2021	1.1.–31.3.	104	88,1
	1.4.–28.5.	570	72,9
	29.5.–25.6.	538	51,2
	26.6.–28.7.	684	115,1
2022	1.1.–31.3.	262	31,2
	1.4.–19.5.	539	36,5
	20.5.–27.6.	721	83,6
	28.6.–9.8.	908	72,5

V termínu od 1. 1. do 31. 3. jsou charakteristiky zimních a jarních měsíců, od 1. 4. se jedná o charakteristiky vegetačního období do první sklizně. Dále potom údobí mezi první, druhou a třetí sklizní.

Tab. 2: Termíny seči a počty dnů mezi první, druhou a třetí sklizní

Rok	1. sklizeň	Počet dnů do další seče	2. sklizeň	Počet dnů do další seče	3. sklizeň	Celkem dnů
2018	10.5.	33	12.6.	107	27.9.	140
2019	25.5.	34	28.6.	43	9.8.	77
2020	13.5.	51	3.7.	34	6.8.	85
2021	28.5.	28	25.6.	33	28.7.	61
2022	19.5.	39	27.6.	43	9.8.	82
Průměr		37		52		89
Medián		34		43		77

Obsah sušiny a výživných hodnot

V tab. 3 je hodnocení pořadí seče u čerstvé vojtěšky bez rozdílu lokality a roku pokusu, v tab. 4 je hodnocení pro zavadlou píci. Obsah sušiny u čerstvé píce byl v první seči (200 g/kg), ale zavadáním se dosáhlo přijatelného obsahu sušiny (346 g/kg). Nejvíce N-látek bylo ve třetí seči, nejvíce ADF a NDF bylo ve druhé seči a nejméně v první seči. Popelovin bylo nejméně ve druhé seči. Výsledky celkem potvrdily hypotézy. U obsahu sušiny a vlákniny byly poněkud vyšší variační koeficienty, přijatelné byly pouze u N-látek a popelovin.

V tab. 5 je hodnocení pořadí seče u čerstvé vojtěšky podle roku pokusu, v tab. 6 je hodnocení pro zavadlou píci podle roku pokusu.

V roce 2018 proběhla třetí seč až 27. 9., tedy po 107 dnech, což je až třikrát déle než v běžných letech. Tomu odpovídá i velmi nízký obsah sušiny (181 g/kg) v době seče. Ještě nižší byl obsah sušiny u první seče v roce 2019. Ten rok byl duben a květen mimořádně studený a suchý. Nejvyšší obsah sušiny byl zaznamenán 28. 7. 2021, tj. ve třetí seči díky vůbec nejvyšší sumy srážek za jeden měsíc v celé historii měření.

Pro úspěšnost konzervace silážováním je velmi důležitý obsah N-látek, který většinou souvisí i se stupněm proteolýzy. Nejvyšší obsah N-látek byl u zavadlé píce v druhé seči roku 2021. Mezi první a druhou seči byl totiž nejkratší interval (pouhých 28 dnů). Následoval období s nízkou sumou srážek (51,2 mm ze 33 dnů). Nižší obsah N-látek v sušině byl zaznamenán, když byl interval mezi sečemi delší (např. v roce 2020). Většinou to bylo u druhé seče.

Obsahy vlákniny (ADF, resp. NDF) v sušině se většinou vzájemně negativně doplňují, to znamená, když je vyšší obsah N-látek, většinou je nižší obsah vlákniny.

V sušším období ve srovnání s roky s vyšším množstvím srážek bývá v čerstvé píci nižší obsah popelovin, což se potvrdilo i v naší studii, nejméně popelovin bylo v píci v nejsušším roce 2018, zejména v první a druhé seči. V zavadlé píci a pak i v siláži to však u popelovin může být úplně jinak. V sušším období je totiž třeba sklízet tak, aby se do píce nedostal prach, rozvířený sklizňovým strojem. To se ukázalo i v tom suchém roce 2018. Zatímco u čerstvé píce byl obsah popelovin v sušině 100, resp. 95 g/kg, tak u zavadlé píce byl 125, resp. 112 g/kg.

Tab. 3: Hodnocení pořadí seče u čerstvé vojtěšky bez rozdílu lokality a roku pokusu

Index	1. seč	2. seč	3. seč	SEM
Sušina	200,5 ^a	234,4 ^b	234,2 ^b	1,16
sd	31,6	42,5	76,1	
vk	15,8	18,1	32,5	
N-látky	217,3 ^a	217,1 ^a	232,4 ^b	2,15
sd	22,0	21,7	22,9	
vk	10,1	10,0	9,8	
ADF	287,0 ^a	315,2 ^c	298,1 ^b	2,15
sd	61,9	51,1	45,7	
vk	21,6	16,2	15,3	
NDF	370,0 ^a	414,5 ^c	393,1 ^b	2,47
sd	63,4	49,8	57,5	
vk	17,1	12,0	14,6	
Popel	107,4 ^b	99,5 ^a	109,3 ^b	0,60
sd	13,0	7,2	13,2	
vk	12,1	7,3	12,1	

Hodnoty v řádku s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; vk = variační koeficient; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 4: Hodnocení pořadí seče u zavadlé vojtešky bez rozdílu lokality a roku pokusu

Index	1. seč	2. seč	3. seč	SEM
Sušina	345,7 ^a	367,6 ^b	340,5 ^a	2,26
sd	40,9	90,2	102,5	
vk	11,8	24,5	30,1	
N-látky	218,9 ^b	212,1 ^a	224,2 ^c	1,21
sd	17,5	22,8	18,8	
vk	8,0	10,8	8,4	
ADF	271,4 ^a	336,8 ^c	305,2 ^b	2,17
sd	46,0	41,3	42,6	
vk	16,9	12,3	14,0	
NDF	376,0 ^a	431,5 ^c	398,8 ^b	2,26
sd	40,3	46,4	52,7	
vk	10,7	10,8	13,2	
Popel	111,9 ^b	106,4 ^a	110,3 ^b	0,52
sd	12,1	14,3	13,0	
vk	10,8	13,4	11,8	

Hodnoty v řádce s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; vk = variační koeficient; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 5: Hodnocení pořadí seče u čerstvé vojtešky podle roku pokusu

In- dex	2018			2019			2020			2021			2022			SE M
	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	
Sušina	217 _d	238 _e	181 _b	163 _a	221 _d	212 _d	224 _d	248 _e	193 _c	181 _b	180 _b	323 _h	217 _d	285 _g	262 _f	2,6
N-látky	205 _{ab}	195 _{ef}	235 _{ef}	223 _{bc}	214 _{ab}	248 _{c-f}	216 _{de}	217 _a	236 _{ef}	238 _{c-e}	237 _{bc}	213 _f	205 _{b-d}	223 _{b-d}	230 _{ef}	3,3
ADF	392 _i	386 _i	247 _a	237 _a	309 _{e-g}	285 _{cd}	293 _{c-f}	316 _{gh}	339 _h	254 _{ab}	276 _{bc}	314 _{fg}	258 _{ab}	289 _{c-e}	305 _{d-g}	4,8
NDF	470 _h	470 _h	331 _{ab}	313 _a	427 _g	375 _{de}	388 _e	418 _{fg}	459 _h	335 _{a-c}	359 _{cd}	416 _{fg}	343 _{bc}	399 _{ef}	386 _e	5,5
Popel	100 _a	95 _{ab}	117 _{a-c}	124 _{a-c}	103 _{bc}	113 _c	105 _c	101 _c	103 _c	101 _{cd}	104 _{cd}	103 _{de}	106 _e	94 _e	111 _f	1,3

Hodnoty v řádce s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 6: Hodnocení pořadí seče u zavadlé vojtešky podle roku pokusu

In- dex	2018			2019			2020			2021			2022			SEM
	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	
Sušina	325 cd	363 fg	389 h	350 e-g	306 bc	223 a	370 gh	425 i	285 b	329 c-e	291 b	342 d-f	355 fg	453 j	464 j	5,1
N-látky	235 ef	187 a	239 ef	214 b	216 bc	228 c-e	208 b	194 a	230 de	230 de	244 f	216 bc	208 b	219 bd	209 b	2,7
ADF	208 a	366 hi	258 b	306 ef	349 gh	305 e	291 c-e	375 i	346 gh	280 b-d	298 de	329 fg	272 bc	297 de	290 c-e	4,9
NDF	345 ab	439 f	335 a	408 e	461 f	393 de	396 de	486 g	455 f	365 bc	380 cd	414 e	366 bc	392 de	398 de	5,1
Popel	125 i	112 e-g	113 f-h	104 bc	104 b	117 h	111 e-g	105 b-d	111 d-g	110 c-f	116 gh	104 bc	109 b-f	96 a	106 b-e	1,2

Hodnoty v řádku s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Závěr

Cílem práce bylo posouzení vlivu pořadí seče na obsah živin u vojtešky, pěstované ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech 2018–2022. Výsledky potvrdily hypotézu, že pořadí seče, spolu s vývojem počasí ve vegetačním období, mají významný vliv na obsah sušiny a živin v době sklizně vojtešky. Obsah sušiny u čerstvé píce byl významně nejnižší v první seči, nejvíce N-látek bylo ve třetí seči, nejvíce ADF a NDF ve druhé seči a nejméně v první seči. Popelovin bylo nejméně ve druhé seči.

Literatura

- Aoac (1995) official methods of analysis. 16TH edition. Association of official analytical chemists. Washington, dc. Vol. 1.
- Asseng, s., hsiao, t.c. (2000) canopy co2 assimilation, energy balance, and water use efficiency of an alfalfa crop before and after cutting. Field crops research. 67(3), 191-206.
- Fluri p., frick r. (2002) honey bee losses during mowing of flowering fields. Bee world, 83(3), 109-118.
- Guo g., shen c., liu q., zhang s.l., wang c., chen l., xu q.f., wang y.x., huo w.j. (2019) fermentation quality and in vitro digestibility of first and second cut alfalfa (medicago sativa l.) Silages harvested at three stages of maturity, anim. Feed sci. Techn., 257, 114–274.
- Krause k.m., combs d.k. A beauchemin k.a. (2002) effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. Ii. Ruminant ph and chewing activity. J dairy sci., 85(8), 1947–1957.
- Kung l., shaver r.d., grant r.j., schmidt r.j. (2018) silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages, journal of dairy science, 101, 5, 4020–4033.
- Leibensperger r.y. A pitt r.e. (1987) a model of clostridial dominance in ensilage. Grass forage sci., 42, 297–317.

- Martinez-fernandez a., soldado a., de la roza-delgado b., vicente f., gonzalez-arrojo m.a., argumenteria a. (2013) modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. Spanish j. Agric. Res. 11(2), 455-462.
- Míka v., harazim j., kalač p., kohoutek a., komárek p., míka v., pavlů v., pozdíšek j. (1997) kvalita píce. Praha: uzpi praha, 227 s.
- Pahlow g. A weissbach f. (1999) new aspects of evaluation and application of silage additives. Landbauforsch. Volkenrode, 206 (special issue), 141-158.
- Procházka, s., macháčková, i., krekule, j., šebánek, j. (1998) fyziologie rostlin. Academia praha. Isbn 80-200-0586-2.
- Radović j., sokolović d., marković j. (2009) alfalfa- most important perennial forage legume in animal husbandry. Biotechnology in animal husbandry 25 (5-6), 465-475.
- Skládanka j., a kol. (2014) pícninářství. Vydavatel: mendelova univerzita v brně, 368 s. Isbn 978-80-7509-111-6.
- Statsoft (2011) inc. Statistica (data analysis software system), version 10, inc.: tulsá, ok, usa.
- Weissbach f. (1996) new developments in crop conservation. In: xi. International silage conference. Iger, aberystwyth, uk, 11–25. Abertswyth, uk: iger.
- Whiter a.g., kung l. Jr. (2001) the effect of a dry or liquid application of lactobacillus plantarum mtd1 on the fermentation of alfalfa silage. J. Dairy sci. 84, 10, 2195–2202.
- Zeman l. (1995) katalog krmiv (tabulky výživné hodnoty krmiv). Vůvz pohořelice. 465 s.

Poděkování: Výsledek vznikl za podpory MZe na řešení projektů QK1810137 a MZE-RO0723.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D.
Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves
e-mail: homolka.petr@vuzv.cz

Kompost ponechaný na povrchu jako součást opatření zlepšujících pěstitelské podmínky

Compost left on the surface as part of measures to improve cultivate conditions

Král, M., Dvořák, P.

Katedra Agroekologie a rostlinné produkce ČZU Praha

Abstrakt

V polních pokusech bylo pozorováno působení kompostu, ponechaného jako mulč, u pšenice a brambor. Kompost aplikovaný do brambor pocházel ze 3 různých zdrojů. Během vegetace bylo pozorováno zlepšení některých parametrů v půdě, jako bylo snížení povrchového utužení a zlepšení některých produkční a kvalitativních ukazatelů. U pšenice byl sledován i výživný stav porostu. U porostů pšenice s kompostem byl oproti kontrole zaznamenán pozitivní trend v nárůstu výnosu, HTS a chlorofylu v listech SPAD. U porostů brambor s kompostem k nárůstu výnosu proti kontrole nedošlo, nicméně u dvou druhů kompostů došlo v hlízách k mírnému navýšení škrobnatosti. Jak u pšenice, tak i v porostech brambor došlo u variant s kompostem ke snížení povrchového utužení půdy.

Klíčová slova: brambory, pšenice, mulč, SPAD, výnos

Abstract

In field experiments, the effect of compost left as mulch was observed in wheat and potato. The compost applied to potatoes came from 3 different sources. During the growing season, improvement in some soil parameters such as reduction in surface compaction and improvement in some production and quality parameters were observed. The nutritional status of the crop was also monitored in wheat. A positive trend in increase in yield, HTS and chlorophyll in SPAD leaves was observed in wheat stands with compost compared to control. In potato stands with compost, there was no increase in yield compared to the control, however, there was a slight increase in tuber starch content in two compost types. In both wheat and potato crops, there was a reduction in surface compaction in the compost variants.

Keywords: potatoes, wheat, mulch, SPAD, yield

Úvod

Jednou z hlavních příčin neúspěchu při pěstování jakékoli polní plodiny je nepříznivý průběh počasí během vegetace. Nevhodné povětrnostní podmínky panující v kritických fázích růstu a vývoje hlavních plodin nejsou předpokladem pro dobrý hospodářský výsledek. I několik týdnů trvající přísušky v období s vyššími nároky plodin na vláhu, jsou častým jevem poslední dekády (Žalud et al. 2023). To má za následek většinou nižší hektarové výnosy a změny v kvalitě sklizeného produktu. Chybějící voda je problémem nejen pro samotné plodiny ale i pro správné působení aplikovaných minerálních hnojiv (Abrham et al. 2019). Prognózy vývoje klimatu předpovídají další nárůst teploty, avšak srážkové úhrny se moc nemění, proto je nutné podnikat kroky, které nám pomohou zadržet více půdní vláhy po delší období (Štěpánek et al. 2019). V otázce zlepšení zadržování půdní vláhy je klíčová kvalita půdy, kdy je půda v pořádku po fyzikální i biologické stránce (Sánka and Materna 2004). Ke skupinám plodin nejvíce ohrožených nedostatkem půdní vláhy patří okopaniny, zejména již méně pěstované brambory. Problémy s nedostatkem vláhy se ale týkají i významných skupin jako jsou obilniny, kdy například u pšenice může dosahovat ztráta na výnose až 70 % (Mohammandi 2017). Kompost může prostřednictvím zlepšení fyzikálních parametrů půdy zmírnit dopady sucha, být zdrojem živin a zlepšit jejich sorpci v půdě a zpřístupnit je potřebám plodin (Altmann et. al. 2013, Pospíšilová et al. 2017). Na rozdíl od kompostu klasicky zapraveného, kompost ponechaný na

povrchu může snížit utužení povrchové vrstvy půdy a zlepšit (zrychlit) infiltraci srážek (Edwards 2009, Wright et al. 22). Navíc pokusy s kompostem použitým jako mulč mohou zvýšit i výnos a kvalitu pěstovaných plodin (Reeh and Jensen 2002, Gheshm and Brown, 2020, Wright et al. 2022).

Materiál a metody

Pro ověření přínosů kompostu ponechaného na povrchu, byli na pozemcích Výzkumné stanice v Uhřetěvsi, katedry Agroekologie a rostlinné produkce při ČZU v Praze, založeny maloparcelkové pokusy. Lokalita je v řepařské výrobní oblasti, nadmořská výška činí 295 m, průměrná teplota vzduchu je 8,4°C a průměrný roční úhrn srážek činí 575 mm. Pokusnými plodinami byla pšenice jarní, poloraná odrůda LIBERTINA a brambory, pozdní odrůda DOMINÁTOR. Dávka kompostu byla pro obě plodiny při přepočtu 20 t/ha. Aplikace proběhla u obou plodin souběžně 10.5.2022. U pokusu s pšenicí byla použita pouze 1 varianta aplikace kompostu (ProFarm Blatnice) ve 2 opakováních a kontrolní varianta bez kompostu, rovněž ve 2 opakováních. U pšenice se tak celkem jednalo o 4 parcely. Setí parcel o rozměrech 1,6 x 3 m (4,8 m²) proběhlo 23.3.2022, další agrotechnika v tabulce 1. V pokuse u brambor byly použity 3 různé komposty (varianty KM 1 - 3) z podniků zabývajících se jejich výrobou: KM1 - Jevíčko (Hanácká Zemědělská Společnost A.s.), KM2 - Blatnice (ProFarm), KM3 - Velké Hostěradky (EKOFARMA PROBIO s.r.o.). Kontrolní varianta byla bez kompostu, varianty v bramborách měly 4 opakování, celkem tak bylo založeno 16 parcel. Parcelu tvořilo 16 trsů ve dvou řádcích (řádek po 8 trsech). Výsadba proběhla ručně 26.4.2022, další agrotechnika v tabulce 2.

Teplota půdy v porostu pšenice byla zaznamenávána čidly Tinytag Ultra. Pro zjištění povrchového utužení hrůbků byl na sklonku vegetace měřen penetrometrický odpor (do hloubky 10 cm, penetrometrem FieldScout SC 900). Jako nepřímý indikátor výživného stavu rostlin, byl v průběhu vegetace měřen chlorofyl v listech chlorofylmetrem SPAD 502. Z produkčních ukazatelů byl sledován výnos hlíz a jejich velikostní zastoupení, tedy počet a hmotnost hlíz ve frakcích pod 40 mm a nad 40 mm (stanovení na čtvercových sítích). Škrobnatost u brambor byla stanovena nepřímo, výpočtem hmotnosti hlíz na vzduchu a ve vodě.

Tabulka 1. Agrotechnika pokusu - Pšenice jarní.

Předplodina	jetel nachový
Orba	03.12.2021
Příprava	08.03. + 23.03.2022
Setí (výsevek 5,0 MKS/ha)	23.03.2022
Válení po zasetí	23.03.2022
Hnojení (60 kg N/ha LAD 27)	11.04.2022
Ochrana (herbicide ZYPAR)	29.05.2022
Sklizeň	08.08.2022. (138 dní od zasetí)

Tabulka 2. Agrotechnika pokusu – Brambory.

Předplodina	řepka ozimá + (zelené hnojení - výdrol řepky)
Orba	03.12.2021
Příprava (rotavátor+hrůbkování)	20.4. + 26.4.2022
Výsadba (ručně, norma 55tis/ha)	26.4.2022
Hnojení (kg živin/ha N: 70, P: 8, K: 20, Mg: 5)	20.04.2022
Ochrana (herbicide Sencor Liquid)	herbicide - 31.05.2022
Sklizeň	6.10.2022 (164. den po výsadbě)

Výsledky

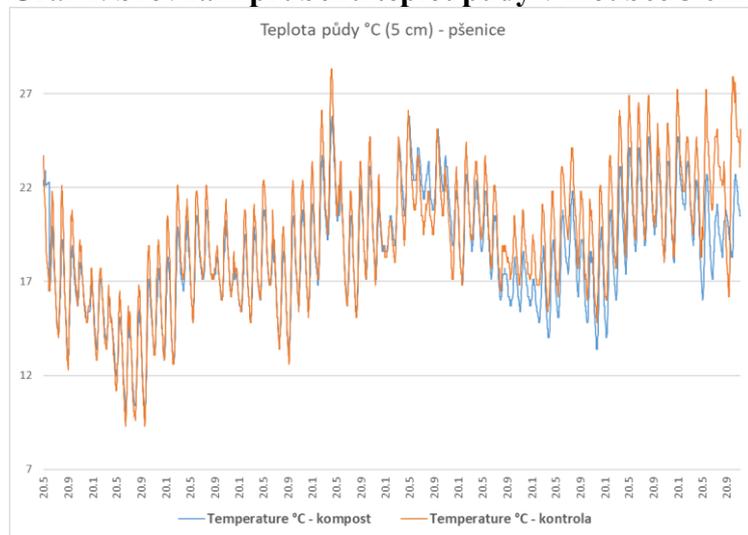
Průběh povětrnostních podmínek panujících během pokusu, byl ve srovnání s dlouhodobým normálem teplotně mírně nadprůměrný, díky měsícům květen a červen. Srážkově byl průběh počasí nevyrovnaný, s nadbytkem srážek během června a deficitní v květnu a červenci (podrobněji tabulka 3).

Tabulka 3. Povětrnostní podmínky za vegetační období března až září 2022 (Uhřetěves).

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)			Měsíční normál	
	Denní průměr	Min.	Max.	Suma	Počet dní se srážkami		Teplota (°C)	Srážky (mm)
					do 5 mm	nad 5 mm		
III.	4,58	-7,07	20,6	9,6	4	0	4,83	34,2
IV.	7,65	-1,7	22,5	28,8	11	3	9,97	26,9
V.	16,1	4,7	30,1	21,6	8	0	14,47	64,7
VI.	20,1	7,9	36,8	181,4	4	7	17,93	77,1
VII.	20,0	9,6	35,3	50,0	4	4	19,65	77,5
VIII.	20,3	10,3	34,9	94,4	5	5	19,25	70,8
IX.	13,6	3,3	27,3	76,4	10	6	14,39	48,4

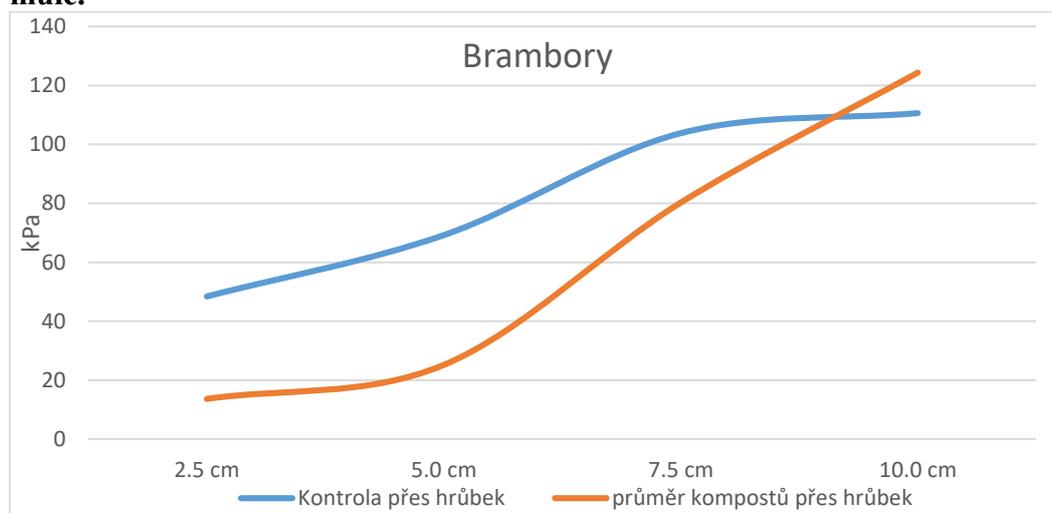
Průběh teploty půdy (v hloubce 5 cm) a rozdíly mezi kontrolou a variantou s kompostem jako mulčem ukazují, že kompost v dávce 20 t/ha nepůsobil výrazné teplotní rozdíly v květnu a červnu (graf 1). Rozdílný průběh teplot nastal až v měsíci červenci, kdy hustší a vitálnější porost pšenice s kompostem snížil průnik světla k povrchu půdy a tím snížil celkově ohřev a teplotu půdy o 1,55 °C v porovnání s kontrolou. Za celou dobu sledování byly průměrné teploty půdy na kontrole vyšší o 0,8 °C (v měsíci květnu jen o 0,14 °C a v červnu o 0,31 °C vyšší v porovnání s kompostem).

Graf 1. Srovnání průběhu teplot půdy v hloubce 5 cm v porostu pšenice.



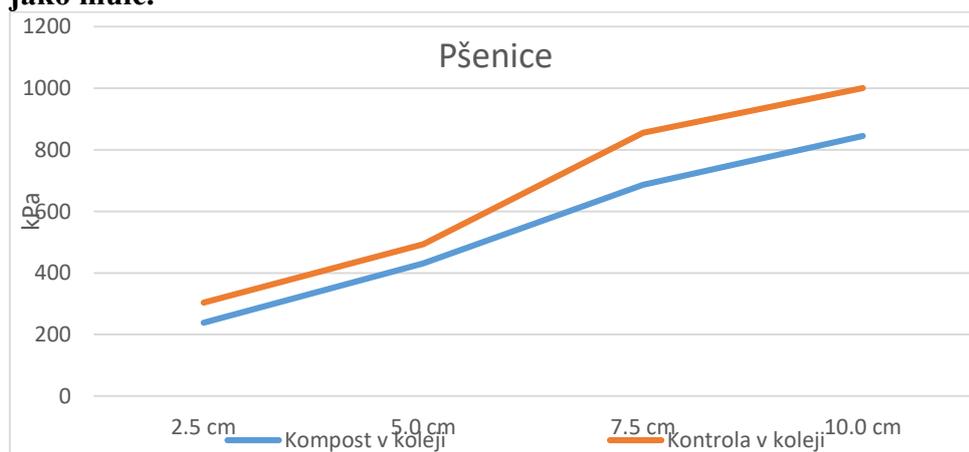
Jak se promítla aplikace kompostu jako mulče a vlhkost půdy do penetrometrického odporu v povrchové vrstvě ukazuje graf 2. Z nich je patrné, že kompost jako mulč snižoval odpor v povrchové vrstvě, nedocházelo k tvorbě půdního škraloupu (odpor do hloubky 2,5 cm nižší na kompostu) a jako nepřímý indikátor tak může napovídat i o lepší infiltraci srážek, které se dostaly do hrůbku a vlaha byla dostupná pro potřeby rostlin.

Graf 2. Penetrometrický odpor půdy u hrůbku brambor s kompostem ponechaným jako mulč.



Podobně i u penetrometrického odporu v porostu pšenice se ukazují nižší hodnoty po aplikaci kompostu (graf 3).

Graf 3. Penetrometrický odpor půdy měřený v porostu pšenice s kompostem ponechaným jako mulč.



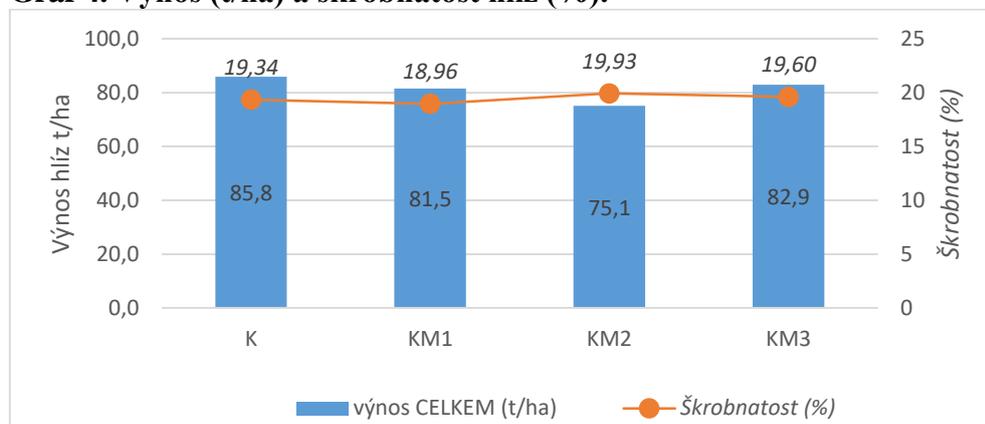
Kompost jako mulč v porostu pšenice vedl ke zvýšení hustoty porostu, ke zvýšení obsahu chlorofylu, a to pak tak vedlo k navýšení produkčních parametrů (HTS a výnosu zrna). Končený výnos zrna byl o 0,28 t/ha (tj. o 3,6 %) vyšší v porovnání s kontrolou (Tabulka 4).

Tabulka 4. Produkční a kvalitativní parametry pšenice jarní (2022).

Varianta	Obsah chlorofylu (SPAD)	Výnos hrubý (kg/parc.)	Nečistoty (%)	Vlhkosť (%)	Výnos při 14 % vlhkosti (kg/parc.)	HTS (g)	Objemová hmotnost (kg/l)	Výnos zrna (t/ha)
Kontrola 1	43,80	3,94	4,83	15,70	3,68	22,20	78,80	7,67
Kontrola 2	44,97	3,95	3,24	14,70	3,79	21,84	80,05	7,90
Kontrola	44,38	3,94	4,04	15,20	3,74	22,02	79,43	7,78
Kompost 1	45,57	3,63	5,18	15,60	3,39	22,02	78,65	7,06
Kompost 2	43,73	4,59	4,05	15,20	4,35	22,76	79,80	9,07
Kompost	44,65	4,11	4,61	15,40	3,87	22,39	79,23	8,06

Reakce rostlin bramboru na jednotlivé typy kompostů jsou patrné z grafu 4. Mulč z kompostů (KM1, KM2 a KM3) nezajistil vyšší výnosy hlíz v porovnání s kontrolou (K) avšak obsah škrobu v hlízách byl vyšší u variant s kompostem (vyjma KM1).

Graf 4. Výnos (t/ha) a škrobnatost hlíz (%).



Jednotlivé typy kompostů a jejich parametry se, při cílené aplikaci a ponechání na povrchu jako mulč, pozitivně promítly do vlastností povrchové vrstvy půdy, ale ne do produkčních parametrů, kvalitativní parametry (škrobnatost) byly u 2 variant (KM2, KM3) s kompostem ve srovnání s kontrolou mírně zlepšeny.

Diskuze

Z výsledků pozorování porostů pšenice s kompostem je patrný pozitivní trend v nárůstu výnosu oproti kontrole, kdy obdobných výsledků u plodin s kompostem dosáhli Wright et al. (2022), Reeh and Jensen (2002) a Gheshm and Browm (2020). Gagnon et al. (1998) však uvádí, že zvýšení výnosu je závislé na příznivých povětrnostních podmínkách a projevuje se spíše v delším časovém horizontu (několik let). Dále je patrné, že chlorofyl v listech SPAD pozitivně koreloval s výnosem zrna, což je ve shodě s výsledky Islam et al. (2014). Z výsledků u brambor je zajímavý mírný nárůst škrobnatosti, který zaznamenali v pokusech s bramborami a kompostem i Mijwel et al. (2019). Tito autoři to přičítají zlepšení fyzikálních vlastností půdy organickými látkami, které vede ke zvýšené absorpci živin, fotosyntézy a produkci sacharidů. Pozitivním zjištěním také je, že kompost ponechaný na povrchu půdy zmírnil její utužení, to je v souladu s výsledky Edwards (2009).

Závěr

Z polních pokusů s kompostem ponechaným na povrchu půdy, v porostech pšenice a brambor, lze vyvodit několik závěrů. V první řadě je nutné uvést, že tento způsob použití kompostu, ve srovnání s kontrolou, přinesl jen nepatrné navýšení výnosu u pšenice, u brambor nikoliv. Dále byla potvrzena některá dřívější zjištění, jako je souvislost nárůstu chlorofylu v listech SPAD s nárůstem tvorby zrna, případně nárůst škrobnatosti s aplikací kompostu. Za hlavní přínos pozorování autor považuje snížení utužení v povrchové vrstvě půdy, což je jedna z žádoucí pěstitelských podmínek při pěstování brambor.

Literatura

- Abrham Z, Vach M, Hlisnikovský L. Vliv aplikace hnojiv na výnosy, jakost a ekonomiku pšenice ozimé. *AgritechScience* 19.
- Altmann et. al. 2013. Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině. ZERA – Zemědělská a ekologická agentur, o.s. Náměšť nad Oslavou.
- Edwards L. 2009. Biowaste usage for soil erosion control and soil physical improvement under potatoes (*Solanum tuberosum*) in Atlantic Canada. *Canadian Journal Soil Science* 90: 103-111.
- Gagnon B, Simard RR, Goulet M, Robitaille R, Rioux R. 1998. Soil nitrogen and moisture as influenced by composts and inorganic fertilizer rate. 1998. *Can. J. Soil Sci.* 78: 207–215.
- Gheshm, R, Brown R. 2020. Compost and Black Polyethylene Mulches Improve Spring Production of Romaine Lettuce in Southern New England, *HortTechnology hortte*, 30: 510-518.
- Islam R, Haque S, Akter N, Karim A. 2014. Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield. *Sci. Agri.* 8: 13-18.
- Mijwel AKh, Abed Al-Aedha AN, Bresim TH. 2019. Effect of Compost and Humic Acid on Potato Growth and Quality. *Engineering and Technology Journal* 37: 145-148.
- Mohammandi, R. 2017. Evaluation of durum wheat genotypes based on drought tolerance indices under different levels of drought stress conditions. *Journal of agricultural sciences (Belgrade)* 62: 1-14.
- Pospíšilová L, Hábová M, Badalíková B, Novotná J. 2017. Kvalita humusových látek a obsah živin při různém způsobu zpracování půdy a po aplikaci kompostu. *Agrochémia* 1.
- Reeh U, Jensen MB. 2002. Yield and Quality of Leek in Response to Compost Applied as a Mulch or Incorporated Into the Soil. *Compost Science & Utilization* 10: 244-248.
- Sáňka M, Materna J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta* 11.
- Štěpánek et al. 2019. Očekávané klimatické podmínky v České republice, část I. Změna základních parametrů. Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, Brno.
- Wright J, Kenner S, Lingwall B. Utilization of Compost as a Soil Amendment to Increase Soil Health and to Improve Crop Yields. *Open Journal of Soil Science* 12: 216-224.
- Žalud et al. 2023. Změna klimatu a sucho v zemědělské krajině od roku 2015. *Agromanuál*.

Poděkování

Prezentovaná data vznikla díky podpoře a projektu NAZV QK22020032 Analýza a úpravy aplikačních schémat kompostů směřujících k posílení systému ochrany půdy v rámci stabilizace produkční schopnosti.

Kontakt:

Ing. Martin Král, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129, Praha – Suchdol, 165 00
728528902, kralmartin@af.czu.cz

Vliv různých způsobů zpracování půdy a hnojení celeru na dosažené výnosy a vlastnosti půdy

Effect of soil cultivation and celery fertilization on its yield and soil properties

Kusá H., Růžek P., Vavera R.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

V letech 2021-22 byly v polních pokusech s celerem pěstovaným pod závlahou testovány různé způsoby přihnojení za vegetace. Nejvyšší výnosy bulv celeru (až 86 t/ha) a odběr dusíku (245 kg/ha) byl dosažen při kombinaci hnojiv LV+LAV+LV se sníženou dávkou aplikovaného N (114 kg N/ha) ve srovnání se stávajícím způsobem 3x LAV (162 kg N/ha, výnos max. 79 t/ha). Plečkování dlátky po obou stranách řádku rozrušilo povrch půdy a zlepšilo vsakování vody, což zvýšilo výnosy bulv (85 t/ha). Nejvýnosnější (až 91 t/ha) byly varianty s plečkováním a důlkováním mezirádkového prostoru. Dláta umožnila aplikaci kapalných hnojiv do kořenové zóny rostlin, což neovlivnilo výnos ani odběr dusíku. Hnojivo s přísadkou zeolitu ve sledovaném období neovlivnilo vlastnosti půdy a využití živin, k tomu jsou třeba opakované aplikace.

Klíčová slova: plečkování, důlkování, závlaha, výnos, dusík

Abstract

Different methods of extra nutrition during vegetation were tested in field trials with celery grown under irrigation in 2021-22. The highest yields of celery bulbs (up to 86 t/ha) and nitrogen uptake (245 kg/ha) were achieved at the combination of LV+LAV+LV fertilizers with a reduced dose of applied N (114 kg N/ha) compared to the now used method of 3x LAV (162 kg N/ha, yield max. 79 t/ha). The hoeing on both sides of the row disturbed the soil surface and improved water infiltration, which increased tuber yields (85 t/ha). The most profitable (up to 91 t/ha) were the variants with hoeing and pitting the inter-row space. Chisels allowed the application of liquid fertilizers to the root zone of the plants, which did not affect yield or nitrogen uptake. Fertilizer containing zeolite did not affect the properties of the soil and the use of nutrients in the monitored period, for which repeated applications are required.

Keywords: hoeing, pitting, irrigation, yield, nitrogen

Úvod

Zelenina, v porovnání s ostatními polními plodinami, vykazuje relativně vysoké nároky na živiny. Většina druhů zeleniny má mělký kořenový systém, a proto vyžaduje optimální až luxusní dostupnost vody a živin. Kořenová zelenina, spolu s cibulí a hlávkovým zelím, patří mezi nejpěstovanější druhy zeleniny v ČR, neboť naše přírodní podmínky vyhovují většině pěstovaných druhů. Výhodou kořenové zeleniny, ve srovnání s dalšími druhy, je vysoký podíl mechanizace při jejím pěstování. Osevní plochy celeru v posledních třech letech zaujímaly 355–375 ha (Němcová a Buchtová, 2022). Agrotechnikou se celer liší od ostatních druhů kořenové zeleniny. Jako jediný vyžaduje organické hnojení, ideálně chlévským hnojem v dávce 50 t/ha (Pokluda a kol. 2022). Rozhodující dávka dusíku musí být aplikována v základním hnojení před sázením, kdy jsou doporučována hnojiva síran amonný, močovina či DAM. Pro přihnojení tři týdny po výsadbě a případně opakovaně s odstupem tří týdnů je doporučován LAV (Vaněk a kol. 2007). Minerální živiny mohou být aplikovány i formou mimokořenové

výživy, ale pouze jako výživy doplňkové, ke korekci výživného stavu (Hlušek a Lošák, 2012), což je zpravidla využíváno pro aplikaci mikroprvků, z nichž je pro celer důležitý zejména bór.

Materiál a metody

Pokusy s různými způsoby aplikace hnojiv k celeru během vegetace byly založeny na pozemcích společnosti Předměřická a.s. (Předměřice nad Jizerou GPS 50.256N, 14.788E) v letech 2021 a 2022 na hlinitopísčitéch neutrálních až slabě kyselých, zavlažovaných půdách. Porost byl založen způsobem běžně používaným v zemědělském podniku: na plochu byla aplikována hnojiva Organic v dávce 10 t/ha a Yara Mila Complex (700 kg /ha), v polovině dubna zasázen celer a přikryt netkanou textilií. Pokusy byly založeny po odstranění textilie v polovině května, kdy bylo provedeno první přihnojení, a s odstupem 2–3 týdnů další dvě. Standardní přihnojení na provozních plochách představuje plošnou povrchovou aplikaci 200 kg LAV/ha (tj. 3 x 54 kg N/ha). Tento způsob byl zvolen v přesných pokusech jako srovnávací a dále byla ověřována náhrada hnojiva LAV ledkem vápenatým, s ohledem na cenu hnojiva aplikovaným v nižší dávce (30 kg N/ha), a lokální podpovrchová aplikace hnojiva. Zde bylo použito kapalné hnojivo DAM, jež bylo aplikováno při prvním a druhém přihnojení vždy z jedné strany řádku. Při třetím přihnojení již byly bulvy celeru dost narostlé a plečkováním po stranách řádku by mohly být poškozeny, proto byla zvolena plošná aplikace hnojiva LAV (popis variant Tab. 1 u výsledků). Do 24 hodin po aplikaci hnojiv vždy následovala zálaha, postupně 2 x 15, příp. 2 x 20 mm. Pesticidy byly aplikovány dle aktuálních podmínek a technologických postupů zemědělského podniku.

Rovněž byly založeny poloprovozní pokusy se strojní aplikací hnojiv a různými úpravami meziřádkového prostoru. Pevná hnojiva LAV a Zenfert 24 (hnojivo na bázi ledku amonného s 30 %-ním přídatkem zeolitu) byla aplikována plošně na povrch půdy, kapalné hnojivo DAM podpovrchově aplikačními dláty po obou stranách řádku, ale pouze v prvních dvou termínech, poslední přihnojení byla povrchová aplikace hnojiva LAV. Po aplikaci pevných hnojiv byla část ploch plečkována pouze úzkými dlátky po obou stranách řádků, část navíc opatřena důlky v meziřádkovém prostoru pro zvýšení zadržení vody v záhonech a zamezení pohybu vody při nerovnostech pozemku, tím zároveň došlo k mechanické likvidaci plevelů. Všechna hnojiva byla aplikována ve stejné dávce 54 kg N/ha (popis Tab. 2 u výsledků). V roce 2021 byl sledován pouze vliv různého plečkování u varianty DAM+DAM+LAV.

Při sklizni (v srpnu) byl zjištěn výnos bulev i nati a stanoven obsah dusíku v rostlinách metodou Skalar po mineralizaci ve směsi kyseliny sírové a salicylové s postupnými přídatky peroxidu vodíku. Rovněž byly sledovány některé půdní charakteristiky, zejména půdní reakce a obsah základních živin metodou KVK-UF extrakcí v roztoku octanu amonného s přídatkem fluoridu amonného. Residuální obsahy N_{\min} v půdě byly stanoveny kolorimetricky (Skalar SAN^{plus} System) po extrakci 1%-ním roztokem K_2SO_4 .

Výsledky byly statisticky hodnoceny s využitím softwaru (Statistika.cz) za pomoci jednofaktorové analýzy rozptylu a Tukeyova HSD testu na hladině významnosti ($P < 0,05$).

Výsledky

Vliv různého hnojení N na výnos bulev a odběr dusíku

Dosažené výnosy bulev celeru se v jednotlivých letech značně lišily. V důsledku poškození sadby mrazem v roce 2021 rostliny jarovizovaly, vytvářely mohutnou nať a vykvetlice, bulvy byly menší. Jejich výnos u nepřihnojené kontroly nedosáhl ani 30 t/ha, u přihnojených variant byl významně vyšší (44–51 t/ha, Graf 1, Tab. 1). V následujícím roce se přihnojení porostu během vegetace neprojevilo významné zvýšení výnosů, u všech variant se pohybovaly od 76 do 87 t/ha. I když přihnojení celeru za vegetace nemělo podstatný vliv na dosažené výnosy, projevilo se na vzhledu rostlin – bohatší a zelenější nati. To je pro pěstitele důležitý faktor z hlediska prodejnosti produkce, pokud dodávají na trh celé rostliny. Ačkoli rozdíl mezi

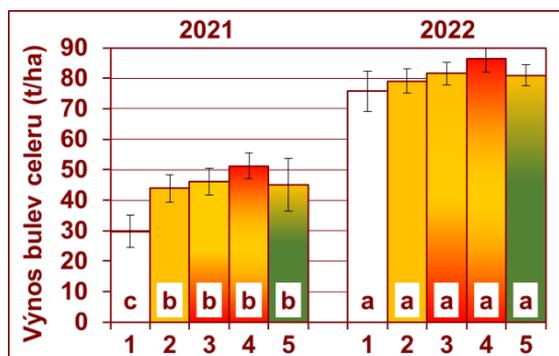
testovanými variantami hnojení nebyly statisticky průkazné, byl v obou letech pozorován stejný trend: nejvyšší výnos bulev celeru byl dosažen u varianty LV + LAV + LV, ačkoli byla přihnojena nejnižší celkovou dávkou dusíku (114 kg N/ha), následovala varianta s ledkem vápenatým pouze v prvním přihnojení (přihnojeno 138 kg N/ha) a teprve poté varianty s plnou dávkou dusíku 162 kg N/ha: 2x DAM + LAV nebo 3x LAV.

Z hlediska celkového odběru dusíku rostlinami bylo pořadí variant stejné jako u výnosů. Rostliny s nejnižší dávkou dusíku (114 kg N/ha, LV+LAV+LV) odebraly v obou letech nejvíce dusíku (217 a 245 kg N/ha, Graf 2). Odčerpaly tedy nejvíce dusíku z půdní zásoby, ale rozdíly v residuálním obsahu N_{min} v půdě nebyly zjištěny. U všech přihnojených variant bylo v obou letech zjištěno 17–25 mg N_{min} /kg v profilu do 0,6 m. Intenzivní závlaha zajišťuje rychlé rozpuštění hnojiv a transport živin do půdního profilu ke kořenům rostlin. Vliv uložení hnojiva zde není tak důležitý jako u běžných polních plodin, a proto se podpovrchová aplikace kapalného hnojiva do blízkosti kořenové zóny celeru neprojevila vyšším výnosem ani odběrem dusíku rostlinami. V roce 2021 (poškození mrazem) představovala nať 40 % hmotnosti sklizených rostlin (bez ohledu na přihnojení) a bylo v ní 50–53 % z celkového množství odebraného dusíku, který se po jejím zaorání následně uvolnil zpět do půdy. V roce 2022 nebyl vývoj rostlin nijak negativně ovlivněn, nať tvořila pouze čtvrtinu hmoty rostlin a na celkovém odběru dusíku se podílela z 30–36 %.

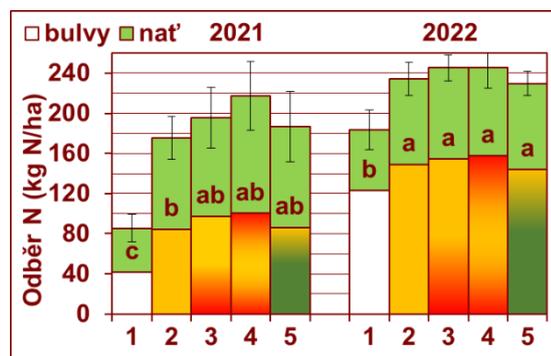
Tab. 1: Varianty přihnojení celeru

Var.	Přihnojení (kg N/ha hnojivo)			Aplikace
	1.	2.	3.	
1	0	0	0	
2	54 LAV	54 LAV	54 LAV	Povrchová plošná
3	30 LV	54 LAV	54 LAV	Povrchová plošná
4	30 LV	54 LAV	30 LV	Povrchová plošná
5	54 DAM	54 DAM ^{stabil}	54 LAV	DAM: lokální 6-8 cm pod povrch vždy z jedné strany řádku LAV: povrchová plošná

Graf 1: Výnos bulev celeru



Graf 2: Celkový odběr dusíku rostlinami celeru



Vliv různého zpracování půdy v meziřádkovém prostoru

V prvním roce byly pouze ověřovány pracovní nástroje pro podpovrchovou aplikaci hnojiva a důlkování meziřádkového prostoru. První dvě přihnojení byla provedena kapalným hnojivem DAM úzkými aplikačními dláty po obou stranách řádků rostlin. Výnos bulev celeru zde byl o

10% vyšší (49,5 t/ha) než v ručně ošetřované části pokusu, kde bylo hnojivo aplikováno vždy jen z jedné stany řádku. Důlkování meziřádkového prostoru se na rovinatém pozemku se závlahou výnosově neprojevilo (50,5 t/ha).

Variety pokusu založené v roce 2022 jsou popsány v tabulce 2, různé způsoby plečkování dokumentuje obrázek 1. Výnosy bulev celeru stoupaly s intenzitou ošetření meziřádkového prostoru (graf 3). Provozní varianta s povrchovou plošnou aplikací hnojiva LAV poskytla nejnižší výnosy bulev (79 t/ha), plečkování úzkými dláty vedlo ke zvýšení o 6 t/ha, důlkování o dalších 5 t/ha. Důlky mezi řádky zabránily stékání vody ze záhonů, zvýšily dostupnost vody pro rostliny a projevily se významně vyššími výnosy. Mezi testovanými hnojivami nebyly zjištěny významné rozdíly ve výnosech bulev a odběru dusíku (210 – 237 kg N/ha varianty s plečkování dláty, 248 – 257 kg N/ha s důlkováním).

Tab. 2: Varianty plečkování a hnojení celeru (poloprovozní pokus Předměrice)

Var.	Přihnojení (54 kg N/ha hnojivo)		Aplikace	úprava meziřádkového prostoru	
0	1. - 3	LAV	plošná povrchová	-	-
LAV	1.-2.	LAV	plošná povrchová	dláta po obou stranách řádku	-
	3.	LAV	plošná povrchová	-	-
Zen	1.-2.	Zenfert	plošná povrchová	dláta po obou stranách řádku	-
	3.	Zenfert	plošná povrchová	-	-
DAM	1.-2.	DAMst	lokální 8 cm pod povrch	aplikační dláta po obou stranách řádku	-
	3.	LAV	plošná povrchová	-	-
LAV	1.-2.	LAV	plošná povrchová	dláta po obou stranách řádku	důlkování
	3.	LAV	plošná povrchová	-	-
Zen	1.-2.	Zenfert	plošná povrchová	dláta po obou stranách řádku	důlkování
	3.	Zenfert	plošná povrchová	-	-
DAM	1.-2.	DAMst	lokální 8 cm pod povrch	aplikační dláta po obou stranách řádku	důlkování
	3.	LAV	plošná povrchová	-	-

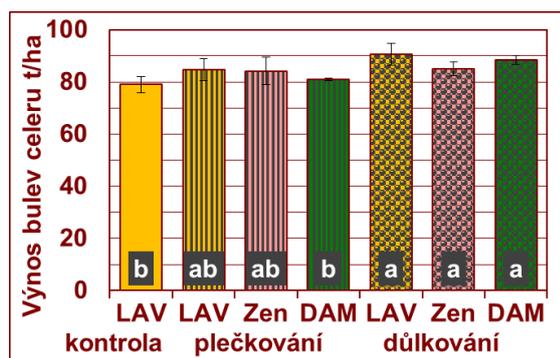


a: plečkování úzkými dláty po obou stranách řádku



b: plečkování + důlkování

Obr. 1 Různé způsoby kultivace meziřádkového prostoru

Graf 3 Výnos bulev celeru v pokusu s různou úpravou meziřádkového prostoru (2022)

Po aplikaci hnojiva Zenfert byly vždy zjištěny (neprůkazně) nižší výnosy než při stejné dávce dusíku v hnojivu LAV. Zeolit tvořící 30% hnojiva Zenfert má vysokou sorpční schopnost (např. ve srovnání s jílovými částicemi v půdě) i afinitu k NH_4^+ . Předpokládáme, že sorpcí amonných iontů mohl (dočasně) znepřístupnit tuto formu N rostlinám. Ještě po sklizni bylo v půdě do 0,3 m stanoveno téměř 10 kg $\text{NH}_4\text{-N/ha}$ při použití Zenfertu, u dalších hnojiv méně než 1 kg $\text{NH}_4\text{-N/ha}$.

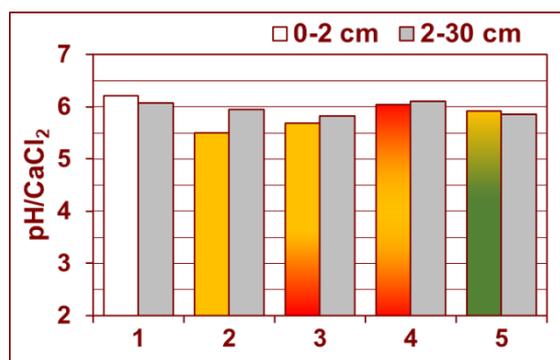
Vliv různého hnojení na vlastnosti půdy

Půdy na testovaných plochách vykazovaly nízkou sorpční kapacitu (2021: 90 mmol/kg, 2022: 67 mmol/kg), proto bylo zařazeno hnojivo Zenfert 24 s 30% podílem zeolitu (klinoptilolit), který pozitivně ovlivňuje půdní vlastnosti včetně zvyšování sorpční kapacity a pufrací schopnosti půdy, vodní a vzdušný režim, strukturu půdy, poutání rizikových prvků a tím omezení jejich příjmu rostlinami aj. Při dávce 70 kg zeolitu na hektar aplikované ve třech přihnojeních se, dle měření VÚMOP, v.v.i, Zenfert projevil mírným poklesem objemové hmotnosti půdy (o 14%) a vyšší polní vodní kapacitou (o 9%) ve srovnání s hnojivem LAV, i když neprůkazně. Jeho pufrací schopnost se v této dávce na neutrální půdě neprojevila, sorpční schopnost půdy rovněž nebyla ovlivněna. K dosažení významnějšího vlivu na půdní vlastnosti je nutná víceletá opakovaná aplikace.

Intenzivní závlaha posouvá mobilní formy prvků do půdního profilu. To se projevuje vyplavováním hořčíku a vápníku, čímž stoupá podíl jednomocných kationtů v povrchových vrstvách půdy, klesá vodostálost půdních agregátů a schopnost půdy vsakovat vodu. V povrchové vrstvě půdy 0 – 2 cm byly při sklizni zjištěny nižší obsahy přístupného hořčíku a vápníku (metoda KVK-UF) než ve zbytku ornice. U všech sledovaných variant vykazovala povrchová vrstva půdy méně příznivý poměr chemických ekvivalentů uvedených prvků než zbytek ornice (Tab. 3). Nejlepší poměr jedno- a dvoumocných kationtů v povrchové vrstvě půdy byl zjištěn při opakované aplikaci ledku vápenatého (var. 4). V zemědělském podniku pravidelně aplikují před formováním záhonů/hrůbků vápenaté materiály (dolomitický vápenec, Meerkalk, YaraLiva Calcinit aj.) a v důsledku toho poměry iontů odpovídaly optimálním hodnotám (1:3:13,5-15 nebo alespoň 1:2:9,5-10) vyplývajícím z jejich zastoupení v sorpčním komplexu půdy (Vaněk a kol, 2007). Vyplavování vápníku (a hořčíku) z povrchové vrstvy vlivem závlahy a mineralizační procesy vyvolané aplikací hnojiv vedly k poklesu půdní reakce povrchové vrstvy (do 2 cm) až o 0,7 stupně. Náhrada hnojiva LAV ledkem vápenatým měla příznivý vliv i na půdní reakci, která stoupala s počtem dávek ledku vápenatého. U podpovrchové aplikace hnojiva DAM byla nejnižší hodnota pH zjištěna v půdní vrstvě 2-30 cm, kam bylo uloženo hnojivo (Graf 4). V hlubších vrstvách už rozdíly mezi variantami zjištěny nebyly.

Tab. 3: Poměr (chemických ekvivalentů) kationtů v půdě při různém způsobu přihnojení celeru (2021)

Var.	Přihnojení (kg N/ha hnojivo)			Vrstva půdy	Poměr K : Mg : Ca
	1.	2.	3.		
1	0	0	0	0-2 cm	1: 2,7 : 8,3
				2-30 cm	1: 3,3 : 11,4
2	54 LAV	54 LAV	54 LAV	0-2 cm	1: 2,0 : 7,6
				2-30 cm	1: 3,1 : 10,9
3	30 LV	54 LAV	54 LAV	0-2 cm	1: 2,0 : 7,9
				2-30 cm	1: 3,2 : 11,2
4	30 LV	54 LAV	30 LV	0-2 cm	1: 2,0 : 8,4
				2-30 cm	1: 3,0 : 11,4
5	54 DAM	54 DAMst	54 LAV	0-2 cm	1: 2,4 : 7,6
				2-30 cm	1: 3,2 : 11,1

Graf 4: Výměnná půdní reakce v různých vrstvách půdního profilu při různém způsobu přihnojení celeru

Diskuze

Dosažené výnosy bulev celeru dosáhly 30 – 51 t/ha, při poškození sadby mrazem, a 76 – 87 t/ha za normálních podmínek. Tyto vysoké hodnoty ve srovnání s průměrným výnosem (36,1 t/ha v roce 2021, Němcová a Buchtová, 2022) byly dosaženy především díky pravidelné intenzivní závlaze. Celer je kořenovou zeleninou vyžadující organické hnojení. Doporučován je chlěvský hnůj (Pokluda a kol, 2022), kterého je však nedostatek a je nahrazován komposty. V zemědělském podniku je na zelinářské plochy před formováním záhonů/hrůbků aplikován kompost Organik v dávce 10 t/ha. Obsah C_{ox} v těchto půdách činí v průměru 1,1%. Díky vysokému obsahu vápníku a hodnotě pH kolem 8,0 přispívá hnojení kompostem také k udržení příznivé půdní reakce, i když na sledovaných plochách nedosahovala optima, jež by pro celer mělo činit 6,5 – 7,5 (Pokluda a kol, 2022).

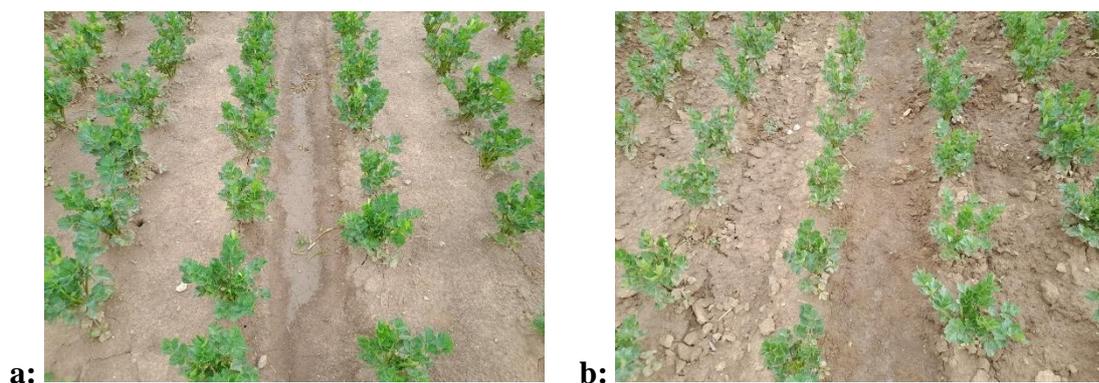
Většina kalkulované dávky dusíku byla aplikována před sázením (155 kg v Organiku + 84 v minerálním hnojivu), dalších 162 kg N/ha během vegetace postupně ve třech dávkách. Dle různých literárních zdrojů (Vaněk a kol. 2007; Pokluda a kol, 2022) jedna tuna produkce celeru odčerpá 6 – 6,5 kg N. Aplikovaná dávka dusíku byla úměrná 62 – 67 t/ha. V případě dosažení nízkých výnosů, jako v roce 2021 po poškození sadby, je riziko vysokých obsahů reziduálního dusíku v půdě po sklizni. Tento dusík, zejména z nevyužitých minerálních hnojiv a dusík z rozkladu posklizňových zbytků je rizikovým faktorem při pěstování zeleniny. Navíc posklizňové zbytky s vysokým obsahem dusíku v biomase se rychle rozkládají a dusík se uvolňuje zpět do půdy ještě před zimou (Klír a kol., 2018). Zjištěné reziduální obsahy byly

v obou letech srovnatelné do 25 mg N_{min}/kg v profilu do 0,6 m v důsledku vyššího odběru natí v roce 2021 a nižší zásoby N_{min} v půdě před začátkem vegetace.

Mezi různými variantami přihnojení nebyly průkazné rozdíly. V obou letech však byly nejvyšší výnosy dosaženy u varianty s nejnižší aplikovanou dávkou dusíku (v přihnojení 114 kg N/, LV + LAV + LV). Z toho je patrné, že za daných podmínek (vysoká dávka N aplikovaná před sázením) nebyl dusík aplikovaný během vegetace rozhodujícím faktorem pro tvorbu výnosu. Příznivý vliv ledku vápenatého přisuzujeme také vápníku dodanému na povrch půdy, neboť během vegetace je povrchová vrstva o vápník ochuzována v důsledku závlahy a posunu mobilního Ca²⁺ do půdního profilu. Náhrada hnojiva LAV ledkem vápenatým se v roce 2022 projevila i zvýšením obsahu vápníku v bulvách (ze 4,0 na 4,5%). Výsledky ukázaly, že bylo možné snížit aplikovanou dávku dusíku bez negativního dopadu na výnos produkce, což je pro pěstitele významný poznatek vzhledem k požadavkům SZP na snížení spotřeby hnojiv a omezení ztrát živin. Proto testování redukovaných dávek různých hnojiv dále pokračuje.

Pro zvýšení využití živin z aplikovaných hnojiv jsou přidávány zeolity k účinným složkám hnojiv (zejm. ledku či síranu amonnému, močovině.). Očekává se od nich zlepšení hospodaření se živinami při nižších dávkách hnojiv, díky jejich vysoké iontové – výměnné kapacitě a schopnosti reversibilní výměny (Černý a kol., 2023). Klinoptilolit, používaný v hnojivech nejčastěji, má vysokou afinitu k amonnému iontu, který dočasně absorbuje a uvolňuje jej dle koncentrace v půdním roztoku. Rovněž zlepšují vodní kapacitu a režim v půdě. Vliv zeolitu je však průkazný až po opakované aplikaci hnojiv se zeolity na stejný půdní blok (Černý a kol., 2023).

Rostliny celeru dobře reagovaly na plečkování, jak pouze úzkými dláty po obou stranách řádku, tak zejména na plečkování spojené s důlkováním. Celer má rád provzdušněnou půdu, a proto by se měl během vegetace dvakrát plečkovat (Pokluda a kol., 2022). Při plečkování a provzdušnění půdy dochází ke zpřístupnění živin z půdní zásoby, ale zároveň i k rozkladu organické hmoty a ztrátám uhlíku z půdy. Proto byly vyvíjeny a ověřovány nástroje, které by rozrušily povrch půdy a umožnily lepší vsakování vody (obr. 2), při omezené manipulaci se zeminou bez převrácení. Úzká dlátka zároveň umožňují aplikaci kapalných hnojiv do blízkosti kořenů rostlin, jež se u běžných polních plodin projevuje zvýšením výnosu a odběru dusíku ve srovnání s povrchovou aplikací hnojiv (Růžek a kol., 2022). U celeru pěstovaného pod závlahou zajišťující transport živin do půdního profilu ke kořenům rozdíly pozorovány nebyly.



**Obr. 2 a: Voda po závlaze stéká z neplečkováných záhonů do kolejí
b: záhony plečkované dlátky zadržely větší množství vody**

V zemědělském podniku od plečkování v minulých letech ustoupili, neboť se domnívali, že je příčinou vyššího zaplevelení v důsledku porušení herbicidní ochrany. Problém se zaplevelením však přetrvával. Přímé srovnání bylo patrné na pokusné části plochy, kde byly vedle sebe parcely bez mechanické kultivace a porušení herbicidní clony, parcely s lokálním rozrušením povrchu

při podpovrchové lokální aplikaci kapalných hnojiv a pásy s intenzivním zpracováním půdy – průjezdem aplikačních dlát po obou stranách řádku a tvorbou důlků v meziřádkovém prostoru. Během vegetace nebyl pozorován rozdíl v zaplevelení mezi variantami bez kultivace půdy a s plečkováním úzkými dláty. Důlkování eliminovalo plevele v meziřádkovém prostoru a zaplevelen byl pouze prostor v řádcích a zejména v těsné blízkosti rostlin. Důlky dokázaly zadržet vodu ze závlahy, což je důležité zejména při nerovnostech pozemku, kdy dochází ke splavování vody s hnojivy i pesticidy do níže položených míst včetně vyjetých kolejí, kde může dojít k průsaku do spodních vod.

Závěr

V obou pokusných letech se náhradou hnojiva LAV ledkem vápenatým při přihnojení podařilo dosáhnout nejvyšších výnosů bulev celeru i při nižší dávce aplikovaného N (o 48 kg N/ha). Při současných cenách hnojiv je tato varianta i při snížené dávce nákladnější než dosud používané hnojivo LAV. Je to však možný způsob naplnění požadavků SZP na snížení používání hnojiv a omezení ztrát živin. Ošetřením meziřádkového prostoru plečkováním dlát (dlátovou radličkou), příp. ještě důlkováním bylo zadrženo v záhonech více vody, mechanicky zredukovány plevele mezi řádky, aplikováno hnojivo do blízkosti kořenů rostlin. Tento způsob přihnojení je sice časově náročnější než plošná povrchová aplikace, ale umožňuje provést v jedné operaci více úkonů a mimo jiné zlepšit hospodaření s vodou v půdě a využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami.

Literatura

- Černý J., Balík J., Sedlár O. 2023. Využití zeolitů jako součásti hnojiv. Agromanuál 18 (3): 96-98
- Hlušek J., Lošák T. 2012. Zásady racionálního hnojení zelenin. In. Racionální použití hnojiv, ČZU Praha, s. 65 - 70
- Klír J., Haberle J., Růžek P., Šimon T., Svoboda P. 2018. Postupy hospodaření pro efektivní využití dusíku a snížení jeho ztrát. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i, 2018,44 s. ISBN 978-80-7427-273-8
- Němcová V., Buchtová I. 2022. Situační a výhledová zpráva zelenina. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2022, 74 s. ISBN 978-80-7434-677-4
- Pokluda R., Jurica M., Jezdinský A., Petříková K., Kopta T., Koudela M., Škarpa P., Lošák T., Doleželová E., Antošovský J., Klofáč D., Mikušová D., Křiška T. 2022. Zelenina: pěstování, výživa a ochrana. 2. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2022. 256 s. ISBN 978-80-88306-20-7
- Růžek P., Kusá H., Mühlbachová G., Vavera R. 2022. Přínosy a rizika plečkování polních plodin. Selská revue 3: 124-125
- Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Praha: Profi Press, Praha, 167 s. ISBN 978-80-86726-25-0

Poděkování

Publikované výsledky byly získány za finanční podpory MZe ČR v rámci projektu QK1910382.

Kontaktní adresa:

Ing. Helena Kusá. Ph.D.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6
tel.: 702 087 695, kusa@vurv.cz

Vliv lokality na ukazatele výživné hodnoty vojtěšky pěstované v letech 2018 až 2022

The influence of the location on the indicators of the nutritional value of alfalfa, grown in the years 2018 to 2022

Loučka R.¹, Jambor V.², Lang J.³, Jančík F.¹, Homolka P.¹, Koukolová V.¹, Kubelková P.¹, Tyrolová Y.¹, Výborná A.¹, Synková H.², Nedělník J.³

¹Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves

²NutriVet s.r.o. Pohořelice

³Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko

Abstrakt

Cílem práce bylo posouzení vlivu lokality na obsah živin u vojtěšky, pěstované v pěti po sobě jdoucích letech 2018–2022. Lokalita Troubsko patří do řepařské výrobní oblasti, s nadmořskou výškou 270 m, lokalita Hrušovany nad Jevišovkou leží v Dyjsko-svrateckém úvalu v blízkosti řeky Dyje, má průměrnou nadmořskou výšku 181 m. V každé z obou lokalit byly z prvních třech sečí odebrány vzorky vojtěšky, které byly následně chemicky analyzovány běžnými metodami podle AOAC (2005). Troubsko je oblast s nižší průměrnou teplotou a s nižším množstvím srážek, i proto tam vojtěška dosahovala při sklizni pozdější sklizňovou zralost zhruba o 2 dny. V Troubsku byl ve srovnání s lokalitou Hrušovany nad Jevišovkou stanoven ve vojtěšce v době sklizně vyšší obsah sušiny, ADF, NDF i popele a nižší obsah N-látek.

Klíčová slova: teplota; srážky; odrůdy; sušina; výživné hodnoty

Abstract

The aim of the work was to assess the influence of the locality on the nutrient content of alfalfa, grown in five consecutive years 2018–2022. The Troubsko location belongs to the beet production area, with an altitude of 270 m, the Hrušovany nad Jevišovkou location is located in the Dyjsko-Svrateck valley near the river Dyje, and has an average altitude of 181 m. In each of the two locations, alfalfa samples were taken from the first three cuttings, which were subsequently chemically analyzed by conventional methods according to AOAC (2005). Troubsko is an area with a lower average temperature and a lower amount of precipitation, which is also why alfalfa was harvested there about 2 days later. Compared to the Hrušovany nad Jevišovkou location in Troubsko, alfalfa was determined to have a higher content of dry matter, ADF, NDF and ash and a lower content of N-substances at the time of harvest.

Keywords: temperature; precipitation; varieties; dry matter; nutritional values

Úvod

Tolice vojtěška (*Medicago sativa* L.), zvaná také jen vojtěška, je fialově až modrofialově kvetoucí rostlina náležící do čeledi bobovité (*Fabaceae*). I když je jedním z hlavních a nejlevnějších zdrojů rostlinných bílkovin v krmných dávkách skotu ve střední Evropě, stále existuje mnoho otázek ohledně možností ovlivnění její výživné hodnoty a následně ovlivnění kvality siláže. Jednou z důležitých otázek je vhodná lokalita pro její pěstování. Vojtěška se pěstuje především v kukuřičných a řepařských oblastech, kde se užívá jako zlepšující plodina. Vojtěška pochází ze stepních oblastí Malé Asie a Zakavkazska, odkud se rozšířila do celé střední Asie. Na naše území se dostala v sedmáctém století, ale hojněji se začínala využívat až na počátku dvacátého století. V současnosti je podle Českého statistického úřadu v České republice vojtěška dlouhodobě nejpěstovanější vytrvalou pícninou na orné půdě. Dříve bývala pícninou teplých oblastí, s oteplováním klimatu však zasahuje v současné době i do vyšších nadmořských poloh. Běžně se s ní setkáváme i v polohách kolem 600 m n. m. Nicméně limitním faktorem pro optimální růst a vývoj není teplota, ale půdní podmínky. Vojtěška vyžaduje hluboké půdy, hladinu spodní

vody nejméně 1,5 m od povrchu, vyšší obsah vápníku, a s tím související hodnotu pH, jehož optimum je v rozmezí 6,8–7,2. Vojtěška nejlépe roste při denních teplotách 15–25 °C, v noci by teplota neměla klesnout pod 10 °C (Jamriška a kol., 1998). Vojtěška snáší sušší podmínky, až 2/3 vody získává z hlubších vrstev půdního profilu. Díky své symbióze s hlízkovitými bakteriemi, které jí (a jiným bobovitým rostlinám) pomáhají fixovat dusík ze vzduchu, není nutné vojtěšku významně přihnojovat dusíkatými hnojivy. Vojtěška dokáže fixovat 200–300 kg dusíku na hektar půdy (Slavík, 2000).

Výživná hodnota vojtěšky je ovlivňována řadou faktorů. Mezi ty důležité řadíme genotyp, lokalitu pěstování, stáří porostu, pořadí seče, teplotu a také množství dešťových srážek v průběhu vegetace. V případě vodního deficitu dochází nejen ke snížení výnosů, ale také ke snížení kvality, která je způsobena větší lignifikací pletiv (Míka a kol., 1997). Stravitelnost živin je ovlivněna jak obsahem vlákniny (podílem ligninu a obsahem celulózy), tak obsahem sekundárních metabolitů, zejména fenolových látek (Scechovic, 1990, Kalač a Míka, 1997).

Vojtěška se vyznačuje schopností produkovat opětovným růstem kvalitní píci každých 35–40 dní po seči (Undersander et al., 2011). Dodává půdě dusík symbiotickou fixací dusíku v bakteriálních hlízkách na kořenech a vydrží i dlouhé období vodního deficitu zastavením vegetativního růstu a přísunem vody z větší hloubky prostřednictvím hlubokého kořenového systému (Annicchiarico a Pecetti, 2010). Tyto vlastnosti dělají vojtěšku jednou z nejrozšířenějších pícních plodin na světě. Tato plodina může vyprodukovat 24 t/ha sušiny ročně a odhaduje se, že je to o 25 % více než pastvina (Richard, 2011).

Atumo et al. (2021) zkoumali 4 roky adaptabilitu, výnosy píce a nutriční kvalitu 6 genotypů vojtěšky (*Medicago sativa*) na čtyřech stanovištích v Etiopii. Konstatovali, že mezi stanovišti i mezi genotypy byly významné rozdíly. Při výběru genotypů vojtěšky je proto důležité (všude na světě, nejen v Etiopii) zaměřit se na přizpůsobení prostředí, potenciál výnosu sušiny rostlin a nutriční kvalitu vojtěšky. Hlavním kritériem výběru nejlepších odrůd a přizpůsobení lokalitě byla *in vitro* stravitelnost sušiny a obsahy vlákniny (NDF a ADF).

Cílem práce bylo posouzení vlivu lokality na obsah živin u vojtěšky.

Metodika

Pokus proběhl ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech (2018–2022). V provozních podmínkách byla vojtěška odrůdy Holyna pěstována u společnosti GenAgro Říčany a.s. na pozemku v katastru obce Troubsko a odrůda Morava na poli u společnosti Agrocentrum Hrušovany, spol. s r.o. v katastru obce Hrušovany nad Jevišovkou. Lokalita Troubsko patří do řepařské výrobní oblasti, s nadmořskou výškou 270 m, průměrnou roční teplotou 8,6 °C, ve vegetačním období duben až září 14,8 °C. Roční suma srážek činí v průměru 547 mm, ve vegetačním období 346 mm. Poslední dekáda se většinou vyznačuje značnými teplotními a srážkovými výkyvy. Lokalita Hrušovany nad Jevišovkou leží v Dyjsko-svrateckém úvalu v blízkosti řeky Dyje, má průměrnou nadmořskou výšku 181 m. Přesné klimatické údaje nejsou známy, ale obecně je to ve srovnání s lokalitou Troubsko oblast s vyšší průměrnou teplotou a s vyšším množstvím srážek. Vzorky vojtěšky byly na obou stanovištích odebírány jednak bezprostředně před sečí a následně po zavaznutí od sklízecího stroje. Vzorky, odebírané bezprostředně před sečí byly ručně nařezány na velikost částic přibližně 2 cm, vzorky po zavaznutí byly nařezány sklízecím strojem zhruba na stejnou délku. Každým rokem byly na obou stanovištích sklizeny 3 seče, v některých letech i čtyři seče (v roce 2019 v Troubsku a v roce 2021 na obou lokalitách). Čtvrtá seč, vzhledem ke statistickému modelu, nebyla vyhodnocována.

V každé z obou lokalit v každé seči byly odebrány 3 pytle (cca 10 kg) v čerstvém stavu a po zavaznutí na poli 3 pytle zavazlé vojtěšky (cca 10 kg). Pytle s vojtěškou byly ihned po odběru na poli odvezeny do agrolaboratoře NutriVet s.r.o. v Pohořelicích. Z každého pytle byly odebrány 3 vzorky, ty byly rozděleny na 3 části a z nich byly provedeny 3 chemické analýzy

běžnými metodami podle Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005) pro sušinu, N-látky, ADF, NDF a popeloviny.

Pro hodnocení výsledků byl použit program StatSoft (2011), resp. Statistica 10, vícefaktorovou analýzou ANOVA s použitím Tukey testu na hladině významnosti $P < 0,05$.

Výsledky a diskuze

Počasí

Přesné teplotní a srážkové údaje jsou sumárně hodnoceny v tabulkách 1 a 2. Jsou uvedeny jen pro lokalitu Troubsko vzhledem k tomu, že v lokalitě Hrušovany nad Jevišovkou není stanice pro sledování počasí. Lze ale předpokládat, že v lokalitě Hrušovany nad Jevišovkou bylo počasí o trochu teplejší a s větším množstvím srážek. Hodnocení počasí v Troubsku bylo provedeno dle Kožnarové a Klabzuby (2002): teplotní měsíc: -3 mimořádně studený, -2 silně studený, -1 studený, 0 normální, 1 teplý, 2 silně teplý, 3 mimořádně teplý; srážkový měsíc: -3 mimořádně suchý, -2 silně suchý, -1 suchý, 0 normální, 1 vlhký, 2 silně vlhký, 3 mimořádně vlhký.

V období trvání pokusu se počasí ve vegetačním období dá charakterizovat v roce 2018 jako mimořádně teplé a suché, po celou vegetační dobu. Větší množství srážek (86,4 mm) napršelo až v září. Rok 2019 byl mimořádně teplý a vlhkostně normální, duben a květen byl mimořádně studený a suchý (max. 22 mm srážek za květen). Rok 2020 byl mírně teplý a vlhký. Ve skutečnosti bylo od dubna do července sucho, ale v srpnu napršelo 105,9 mm. V roce 2021 velmi málo pršelo od dubna do června, v roce 2022 málo napršelo v dubnu a v červnu, v květnu bylo množství srážek 74,1 mm. Z pohledu srážek byl za dobu 5 let nejsušší duben, a to v každém hodnoceném roce. Ovšem i měsíce květen a červenec byly dost suché, tedy kromě roku 2021, ve kterém napršelo 100,3 mm, přičemž normál byl jen 70,4 mm. Rok 2021 lze obecně hodnotit jako teplotně normální a srážkově jako vlhký, rok 2022 lze hodnotit jako teplý a silně suchý. Toto je ovšem jen obecné hodnocení. Je založeno nejen na průměrných teplotách a souhrnu srážek za celé období, ale je nutné zohledňovat rozložení teplot a srážek v průběhu období.

Tab. 1: Teplotní a srážkové hodnocení měsíců, půlroků a roků v letech 2018-2020 v Troubsku

Rok	2018				2019				2020			
Ukazatel	Teplota		Srážky		Teplota		Srážky		Teplota		Srážky	
Měsíc	průměr	hodnocení	suma	hodnocení	průměr	hodnocení	suma	hodnocení	průměr	hodnocení	suma	hodnocení
duben	14,5	3	10,7	-2	11,1	1	16,9	-1	9,9	0	20,3	0
květen	18,1	3	35,9	-1	12,2	-1	22,0	-2	12,6	0	65,4	0
červen	19,6	3	35,5	-1	22,0	3	65,4	0	18,0	1	87,2	0
červenec	21,6	2	39,7	0	20,4	2	60,4	0	19,5	2	59,0	0
srpen	22,8	3	15,0	-2	20,8	3	55,9	0	20,6	3	105,9	1
září	16,0	1	86,4	2	16,6	2	72,6	1	15,0	0	82,1	1
duben-září	18,8	3	223,2	-1	17,2	3	293,2	0	15,9	1	419,9	1
celý rok	11,1	3	340,3	-2	10,9	3	473,3	0	10,2	3	671,5	1

Tab. 2: Teplotní a srážkové hodnocení měsíců, půlroků a roků v letech 2021-2022 v Troubsku

Rok	2021				2022			
Ukazatel	Teplota		Srážky		Teplota		Srážky	
Měsíc	průměr	hodnocení	suma	hodnocení	průměr	hodnocení	suma	hodnocení
duben	7,1	-1	16,4	-1	8	-1	12,3	-1
květen	12,7	-1	58	0	15,7	1	74,1	1
červen	20,2	1	66,8	0	20,3	-1	33,7	-1
červenec	20,8	2	100,3	1	20,6	0	56	0
srpen	17,8	-2	130,2	2	20,9	0	80,6	0
září	15,6	1	15	-2	13,4	0	37	0
duben-září	15,7	0	386,7	0	16,5	0	293,7	0
celý rok	9,4	0	565,1	1	10,3	1	397,0	-2

Rozdíl ve výsledcích mezi lokalitami

V tab. 3 jsou uvedeny rozdíly mezi lokalitami u čerstvé a zavadlé vojtěšky. V Troubsku byl ve srovnání s lokalitou Hrušovany nad Jevišovkou vyšší obsah sušiny, ADF, NDF i popel a nižší obsah N-látek. Hodnocení se týká vzorků analyzovaných mokrou chemickou analýzou podle AOAC (1995). Výsledky zavadlé vojtěšky potvrdily výsledky, zjištěné u píce vojtěšky v čerstvém stavu ve všech ukazatelích. V Troubsku se sklízela vojtěška vždy později než v Hrušovanech nad Jevišovkou, což se projevilo jak u čerstvé, tak u zavadlé pícniny ve vyšším obsahu sušiny a vlákniny (jak ADF, tak NDF). Z toho lze vyvodit, že vojtěška dosahovala v Troubsku při sklizni pozdější zralosti. To potvrzuje i nižší obsah N-látek v Troubsku.

Obsah popelovin v sušině byl v Troubsku (TRO) nižší než v Hrušovanech nad Jevišovkou (HRU). Obsah popelovin vyjadřuje nespalitelnou část píce. V podstatě se jedná o obsah minerálních látek, ale do této kategorie patří i nespalitelné části nečistot (hlína). To je důležitý parametr u pícnin, které zavádají na poli. Při sklizni, ale zvláště potom při sběru zavadlé píce, dochází různou mírou k nechtěnému sběru i půdních částí (nejčastěji v případě krtinců), které jsou nositeli bakterií, způsobující zásadní hygienické problémy při konzervaci (tlumící, resp. pufrující vlastnost) a při zkrmování (negativní ovlivnění bakterií a nálevníků v bacheru). Obecně platí, že podíl popelovin nad 10 % je problematický, značí zvýšené znečištění a varuje hospodáře před potenciálními problémy při následném zpracování. Vliv počasí na obsah popelovin je nepřímý: může se jednat buď o zaprášené a nesmyté rostliny vlivem nedostatku deště, nebo o zvýšenou prašnost přeschlé půdy přímo při sklizni. U sušiny byly poněkud vyšší variační koeficienty (19,2–27,8 %), u N-látek a popelovin středně vysoké (8,8–12,2 %).

Rozdíly mezi lokalitami podle roku pokusu jsou u čerstvé vojtěšky uvedeny v tab. 4, u vojtěšky zavadlé v tab. 5. Kromě roku 2020 byl u čerstvé vojtěšky obsah sušiny a obsah N-látek vyšší v Troubsku než v Hrušovanech nad Jevišovkou. V Troubsku byl obsah sušiny u čerstvé vojtěšky významně nejvyšší v letech 2021 a 2023, nejnižší v roce 2020, obsah N-látek byl nejvyšší v roce 2020 a nejnižší v letech 2018. Obsahy vlákniny (ADF i NDF) mezi lety 2018 až 2022 dost kolísaly, takže nelze jednoznačně vliv roku určit. Obsah popelovin byly významně vyšší roky 2019 a 2020, a nižší roky 2021 a 2022.

Rozdíly mezi lokalitami podle pořadí seče jsou u čerstvé vojtěšky uvedeny v tab. 6, u vojtěšky zavadlé v tab. 7. V obou lokalitách byl obsah N-látek vždy nejvyšší ve třetí seči, zatímco obsah ADF a NDF v seči druhé.

Tab. 3: Rozdíly mezi lokalitami u čerstvé a zavadlé vojtěšky

n=135 Index	Hodnocení čerstvé vojtěšky			n=135 Index	Hodnocení zavadlé vojtěšky		
	HRU	TRO	SEM		HRU	TRO	SEM
Sušina	210,9 ^a	235,1 ^b	0,94	Sušina	333,5 ^a	369,0 ^b	1,84
sd	40,6	65,4		sd	71,9	89,3	
N-látky	228,4 ^b	216,1 ^a	1,19	N-látky	220,4 ^b	216,3 ^a	0,99
sd	24,2	20,6		sd	19,4	21,2	
ADF	298,4 ^a	301,8 ^b	1,76	ADF	300,8 ^a	308,1 ^b	1,77
sd	58,5	50,1		sd	57,9	42,5	
NDF	384,8 ^a	400,2 ^b	2,02	NDF	401,3 ^a	402,9 ^b	1,85
sd	58,6	60,2		sd	55,7	48,0	
Popel	107,9 ^b	103,0 ^a	0,49	Popel	116,7 ^b	102,3 ^a	0,42
sd	11,3	12,6		sd	11,2	11,3	

^{a, b} Průměrné hodnoty v řádce s různými písmeny se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 4: Rozdíly mezi lokalitami u čerstvé vojtěšky podle roku pokusu

n=27 Index	2018		2019		2020		2021		2022		SEM
	HRU	TRO									
Sušina	201	223	187	211	243	201	183	273	241	268	2,11
sd	24	34	26	33	38	12	26	121	40	21	
P<0,05	b	d	a	c	e	b	a	f	e	f	
N-látky	219	204	237	219	219	227	234	224	233	205	2,67
sd	18	25	29	10	13	17	25	21	27	15	
P<0,05	b	a	d	b	b	b-d	cd	bc	cd	a	
ADF	359	324	251	303	312	321	270	293	300	268	3,93
sd	76	69	30	61	24	40	42	21	38	16	
P<0,05	f	e	a	cd	de	e	b	c	cd	ab	
NDF	430	418	344	399	416	427	352	388	383	369	4,52
sd	64	81	48	75	36	56	50	26	39	22	
P<0,05	f	ef	a	de	ef	f	ab	cd	cd	bc	
Popel	103	106	114	113	97	109	112	93	113	95	1,09
sd	9	14	10	10	3	6	6	9	14	9	
P<0,05	b	bc	e	de	a	cd	de	a	de	a	

Hodnoty v řádce s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 5: Rozdíly mezi lokalitami u zavadlé vojtěšky podle roku pokusu

Index	2018		2019		2020		2021		2022		SEM
	HRU	TRO									
Sušina	326	392	314	272	358	362	270	372	400	448	4,12
sd	54	55	63	68	43	97	33	66	83	56	
P<0,05	b	d	b	a	c	c	a	c	d	e	
N-látky	223	217	226	213	207	213	237	223	209	216	2,21
sd	23	28	15	12	18	25	9	20	11	16	
P<0,05	cd	a-d	d	a	a	ab	e	b-d	a	a-c	
ADF	269	285	298	341	336	338	305	299	296	277	3,97
sd	94	48	47	22	44	40	37	29	24	16	
P<0,05	a	ab	bc	d	d	d	c	bc	bc	a	
NDF	385	361	395	446	453	439	383	389	390	380	4,13
sd	57	51	60	19	50	46	45	28	33	13	
P<0,05	b	a	b	c	c	c	b	b	b	b	
Popel	122	111	114	103	111	107	123	97	114	93	0,94
sd	9	14	12	5	10	13	7	5	12	3	
P<0,05	e	cd	d	b	cd	bc	e	a	d	a	

Hodnoty v řádku s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P<0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 6: Rozdíly mezi lokalitami u čerstvé vojtěšky podle pořadí seče

Index	HRU			TRO			SEM
	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	
Sušina	191	238	203	210	230	265	1,63
sd	35	43	27	26	42	95	
P<0,05	a	e	b	c	d	f	
N-látky	222	220	243	213	215	221	2,07
sd	24	19	22	19	24	18	
P<0,05	b	ab	c	a	ab	b	
ADF	291	309	295	283	321	301	3,04
sd	69	57	47	55	44	45	
P<0,05	ab	cd	ab	a	d	bc	
NDF	369	404	381	371	425	405	3,50
sd	66	48	56	61	50	57	
P<0,05	a	b	a	a	c	b	
Popel	109	100	115	105	99	104	0,85
sd	12	6	10	14	8	14	
P<0,05	ab	a	b	a	a	a	

Hodnoty v řádku s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P<0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Tab. 7: Rozdíly mezi lokalitami u zavadlé vojtěšky podle pořadí seče

Index	HRU			TRO			SEM
	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	
Sušina	326	357	317	365	378	364	3,19
sd	39	83	79	32	96	118	
P<0,05	a	b	a	bc	c	b	
N-látky	219	215	227	218	209	221	1,71
sd	19	20	18	16	25	19	
P<0,05	b	ab	c	b	a	bc	
ADF	253	344	305	290	329	306	3,07
sd	49	36	46	34	45	39	
P<0,05	a	d	c	b	d	c	
NDF	366	439	398	386	424	399	3,20
sd	37	40	61	41	51	43	
P<0,05	a	e	bc	b	d	c	
Popel	118	116	116	106	97	104	0,73
sd	8	13	11	12	8	12	
P<0,05	c	c	c	b	a	b	

Hodnoty v řádku s různými písmeny ^{a, b, c} se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; sušina je v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny

Závěr

Bylo prokázáno, že lokalita má významný vliv na obsah sušiny a živin ve vojtěšce v době její sklizňové zralosti. Záleží samozřejmě také na jiných faktorech, z nichž asi nejdůležitější je vývoj počasí v době vegetace.

Poděkování: Výsledek vznikl za podpory MZe na řešení projektů QK1810137 a MZE-RO0723

Literatura

- Annicchiarico P., Pecetti L. (2010) Forage and seed yield response of Lucerne cultivars to chemically weeded and non-weeded managements and implications for germplasm choice in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 33(2), 74–80.
- AOAC (2005) Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis. 18th ed. Washington, DC: AOAC International.
- Atumo T. T., Kauffman R., Gemiyo Talore D., Abera M., Tesfaye T., Tunkala B. Z. (2021) Adaptability, forage yield and nutritional quality of alfalfa (*Medicago sativa*) genotypes. *Sustainable Environment*. 7(1), 1–7.
- Jamriška P. a kol. (1998) Pestovanie ďatelinovín. Výzkumný ústav rastlinej výroby, Piešťany. 68 s.
- Kalač P., Míka V. (1997) Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. Praha: ÚZPI, 317 s.
- Kožnarová V., Klabzuba J. (2002) Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. *Rostlinná výroba*. roč. 48, (4), s. 190–192.
- Míka V., Harazim J., Kalač P., Kohoutek A., Komárek P., Míka V., Pavlů V., Pozdíšek J. (1997) Kvalita píce. Praha: ÚZPI Praha, 227 s.
- Richard C. (2011). Utilising Lucernes potential for dairy farming. The International Farm Managment Congress Methven
- Scechovic J. (1990) Vplyv roznych rastlinnych druhov na chemicke slozenie a nutričnú hodnotu krmiva z prírodných trávnych porastov. *Agrochémia*, 30, č. 9, s. 272–275.

- Slavík B. (2000) Květena České republiky 4. Praha: Academia, 529 s. ISBN 80-200-0384-3. Kapitola Bobovitě, s. 456–8.
- StatSoft (2011) Inc. STATISTICA (Data Analysis Software System), version 10, Inc.: Tulsa, OK, USA.
- Undersander D., Martin N., Cosgrove D., Kelling K., Schmitt M. M., Wedberg J., Becker R., Grau C., Doll J. (2011) Alfalfa management guide. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America.

Kontaktní adresa:

Ing. Radko Loučka, CSc.

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.

Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Telefon 731650836, e-mail: loucka.radko@vuzv.cz

Využití dusíku z biomasy vojtěšky následnou plodinou

Utilization of nitrogen from alfalfa biomass by the subsequent crop

Moulík M., Raimanová I., Haberle J.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Posklizňové zbytky jsou významné pro udržení kvality půdy. Z hlediska výživy rostlin je důležité, jak je dusík z biomasy využitelný pro následnou plodinu. Podle literárních údajů se využití N pohybuje v širokém rozsahu, v závislosti na druhu plodiny, kvalitě biomasy (především poměr C/N), délce růstu, metodě a termínu zrušení porostu a způsobu zapravení zbytků do půdy. Zde prezentujeme výsledky modelového pokusu s využitím izotopu ^{15}N , umožňujícím přesně určit využití N. Nadzemní biomasa vojtěšky byla zapravena do půdy, na které byl následně pěstován jarní ječmen. Z analýzy obsahu přijatého ^{15}N v rostlinách ječmene bylo za daných podmínek využito 36,3 % N z biomasy vojtěšky.

Klíčová slova: ^{15}N , jarní ječmen, posklizňové zbytky, výživa rostlin

Abstract

Crop post-harvest residues are key to maintaining soil quality. From a plant nutrition point of view, it is relevant how the nitrogen from the biomass is utilized for the subsequent crop. Based on literature data, N utilization ranges widely, depending on the crop species, the quality of the biomass (especially C/N ratio), the length of growth, the method and the date of destruction/growth termination or incorporating their residues into the soil. Here, we present the results of the model experiment using a ^{15}N isotope to accurately determine N utilization from the mass of the previous crops. The alfalfa above-ground biomass was incorporated into the soil, on which spring barley was subsequently grown. The analysis of the ^{15}N uptake in barley plants indicated that 36,3% of the alfalfa biomass N was utilized under the given conditions.

Keywords: ^{15}N , spring barley, postharvest residues, plant nutrition

Úvod

Posklizňové zbytky, hmota zeleného hnojení a meziplodin, jsou klíčové pro udržení vyrovnané bilance organické hmoty a kvality půdy. Pro výživu rostlin je důležité, jak je dusík z biomasy využitelný pro následnou plodinu. Tento aspekt je důležitý hlavně u meziplodin, kde je cílem odčerpání reziduálního dusíku na podzim pro snížení rizika jeho vyplavení do vod (ve formě nitrátů) v průběhu mimovegetačního období. Pěstování strniskových meziplodin, vysévaných většinou po sklizni hlavní plodiny, je významnou součástí systémů pěstování s řadou přínosů. V současné době značného zdražení dusíkatých a dalších hnojiv získává více než kdy jindy na důležitosti jedna z důležitých funkcí meziplodin – zadržovat ve své biomase N a další prvky či vázat vzdušný N pomocí symbiotických bakterií (např. jetel, vojtěška či vikev) (Kintl et al., 2022; Schulz et al., 2020; Vogeler et al., 2019). Po zrušení porostu a zapravení do půdy postupně dochází k mineralizaci zbytků biomasy meziplodin, ať již kořenové či nadzemní, díky čemuž získává následná plodina živiny v přístupné formě (<https://www.zelene-hnojeni.cz/funkce-meziplodin/>).

Meziplodiny se v současnosti většinou sejí ve směsích, kde každý druh má svou funkci. Některé rychle vzcházejí a omezují konkurenci plevelů, jiné pomáhají tvořit půdní strukturu a obohacují půdu o živiny. Uvádí se, že zhruba 50 % směsi mají tvořit druhy z čeledi Fabaceae, díky výše zmíněné schopnosti fixovat vzdušný dusík (Smutný & Handlířová, 2019). Justes et al. (2017) uvádějí, že množství dusíku, které je přijato kořeny meziplodin a následně obsaženo v jejich

biomase (a které může po zapravení a rozkladu potenciálně využít následná plodina), může dosáhnout až 100–150 kg N.ha⁻¹ u druhů z čeledi Poaceae a i více než 200 kg N.ha⁻¹ u druhů z čeledi Brassicaceae. U druhů patřících do čeledi Fabaceae může být množství dusíku v biomase rovněž značné, nicméně část pochází z fixace vzdušného dusíku, a tedy odčerpání dusíku dostupného v půdě je u této čeledi nižší (Justes et al. 2017).

Poznatky z praxe i výzkumu ukazují, že pro správný růst meziplodin a vytvoření dostatečného množství biomasy je klíčové včasné a kvalitní založení jejich porostů. Množství zadrženého N v biomase meziplodin je v silné korelaci s výnosem biomasy. Množství dusíku přijatého do biomasy rovněž souvisí s jeho dostupností v půdě (Justes et al. 2017).

Důležitým indikátorem potencionálně využitelného množství dusíku z biomasy a posklizňových zbytků dané plodiny a dostupného následné plodině je poměr C/N. Zatímco obsah uhlíku se typicky liší poměrně málo, obsah dusíku se pohybuje mezi 1 až 4 % a z velké části určuje poměr C/N. Tento poměr závisí primárně na druhu plodiny a na růstových podmínkách (Justes et al. 2017). Efektivní využití dusíku vázaného v biomase vyžaduje sladění uvolňování dusíku z posklizňových zbytků s požadavkem na jeho příjem u následné plodiny (Schipanski et al., 2014). To je významné zvláště u meziplodin, které jsou zapravovány na podzim, nebo i v průběhu zimy a v předjaří. Mineralizace dusíku ze zbytků biomasy se v krátkodobém horizontu po zapravení do půdy pohybuje mezi 20 a 50 % obsahu N v meziplodině, přičemž tato hodnota závisí na klimatických podmínkách, způsobu zpracování půdy či biochemických vlastnostech rostlinných zbytků, jako například výše zmíněný poměr C/N (Chaves et al., 2004; Nicolardot et al., 2001; Thomsen et al., 2016).

Prezentované výsledky vycházejí z modelového pokusu, kdy pro stanovení využití N následnou plodinou byla využita biomasa rostlin vojtěšky obohacená o stabilní izotop ¹⁵N. Cílem bylo určit podíl N z biomasy vojtěšky, který byl přijat a využit pro růst a tvorbu zrna rostlinami ječmene.

Materiál a metody

Metodický přístup je založen na zvýšení obsahu ¹⁵N (obohacení o ¹⁵N) v biomase vojtěšky. Na provozním pozemku s vojtěškou (*Medicago sativa* L.) v Praze-Ruzyni byly vyznačeny čtyři čtverce (každý o ploše 0,25 m²) a rostliny ve čtvercích byly pomocí foliární aplikace roztoku hnojiva obohaceny o stabilní izotop ¹⁵N.

Na podzim 2022 byla nadzemní biomasa rostlin vojtěšky z každého čtverce sklizena, zvážena a byl odebrán vzorek biomasy. V odebraných vzorcích byla stanovena suchá hmotnost, celkový obsah N a podíl ¹⁵N v biomase. Vzorky byly pro analýzu jemně rozemlety na kulovém vibračním mlýnu Retch a obsah N (v %) a izotopu ¹⁵N (v atom. %) v rostlinné biomase byl stanoven na izotopovém hmotnostním spektrometru Isoprime precisION (Elementar UK) spojeném s elementárním analyzátozem Vario PYRO cube (Elementar Germany).

Zároveň byla z plochy čtverců odebrána i půda pod vojtěškou cca do 10 cm hloubky. Poté byla biomasa vojtěšky mělce zapravena (8–10 cm) do připraveného pařeníště; při zapravení byla použita půda odebraná z vyznačených čtverců z porostu vojtěšky (**Obr. 1**). Pokusná plocha byla až do vysetí ječmene ručně udržována bez plevelů.



Obr. 1. a) Detail části parcely připravené na zapravení biomasy vojtěšky, **b)** parcela po zapravení nadzemní biomasy vojtěšky s půdou odebranou ve vyznačených čtvercích vojtěšky. Detaily jsou uvedeny v textu.

Na jaře 2023 byl na připravenou plochu vyset jarní ječmen (*Hordeum vulgare* L., odrůda Bojos), hustota byla 450 semen/m², vzdálenost mezi řádky byla 12,5 cm (**Obr. 2**). V rámci modelového pokusu nebyl porost ječmene na pokusné ploše hnojen. V průběhu jara byl sledován vývoj rostlin ječmene a byly odebrány rostliny ve fázi odnožování (BBCH 23–25). Odebrané rostliny byly rozděleny na nadzemní část a kořeny, zváženy a po usušení v nich byl stanoven obsah N a ¹⁵N, postup byl shodný, jako je popsáno výše u analýzy biomasy vojtěšky. Druhý odběr rostlin ječmene proběhl ve sklizňové zralosti, kdy byla sklizena nadzemní část všech rostlin ječmene z vyznačených čtverců. Po usušení byla biomasa rozdělena na zrno, plevy a slámu a ve vzorcích byl opět stejným postupem stanoven obsah N a izotop ¹⁵N. Ze získaných dat bylo vypočteno % využití N z biomasy vojtěšky rostlinami ječmene.



Obr. 2. Pokusná plocha připravená na výsev jarního ječmene (duben 2023). Čísla 1 až 4 popisují čtverce (0,25 m²), do kterých byla na podzim 2022 zapravena biomasa vojtěšky obohacená o stabilní izotop ¹⁵N.

Výsledky

Dusík ze zapravených zbytků biomasy vojtěšky obohacené o ¹⁵N byl již v jarních měsících dobře dostupný pro vyvíjecí se rostliny ječmene. Ve fázi odnožování (BBCH 23–25) bylo v rostlinách ječmene (dle obsahu izotopu ¹⁵N) nalezeno více než 38 % N pocházejícího z biomasy vojtěšky (**Tab. 1**). Z velké části byl tento kořeny přijatý dusík translokován do nadzemních částí a využit pro jejich růst a další vývoj (téměř 95 % z přijatého dusíku). Jen malá část byla nalezena v biomase kořenů (5,5 %) (**Tab. 1**).

Tab. 1. Využití dusíku z biomasy vojtěšky rostlinami jarního ječmene ve fázi odnožování (průměrné hodnoty \pm std. odchylka).

Část rostliny	Hmotnost biomasy ječmene ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	Obsah N (%)	Množství přijatého N z biomasy vojtěšky (%)	Podíl z přijatého množství ^{15}N (%)
nadzemní část	0,322 \pm 0,012	4,62 \pm 0,61	36,4 \pm 0,9	94,5 \pm 1,2
kořeny	0,032 \pm 0,005	2,64 \pm 0,88	2,0 \pm 0,1	5,5 \pm 1,2
Celkem	0,354 \pm 0,007		38,4 \pm 1,0	

Obdobný podíl dusíku přijatého z mineralizovaných zbytků biomasy vojtěšky byl v rostlinách jarního ječmene nalezen i v době sklizně (v průměru 36,3 %) (**Tab. 2**). Přijatý dusík byl z velké části využit pro tvorbu zrna, a měl tak vliv na výnos. V zrnu a plevách bylo nalezeno téměř 85 % z přijatého dusíku (**Tab. 2**). Menší podíl zůstal uložen ve slámě, zhruba 15 %. Celkové množství N v biomase ječmene se pohybovalo kolem 8,7 g/m^2 .

Tab. 2. Využití dusíku z biomasy vojtěšky rostlinami jarního ječmene ve fázi sklizňové zralosti (průměrné hodnoty \pm std. odchylka).

Část rostliny	Hmotnost biomasy ječmene ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	Obsah N (%)	Množství celkového N v biomase ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	Množství přijatého N z biomasy vojtěšky (%)	Podíl z přijatého množství ^{15}N (%)
zrno	313,0 \pm 60,5	2,14 \pm 0,12	6,65 \pm 0,97	28,5 \pm 3,6	78,5 \pm 4,2
plevy	61,2 \pm 17,5	0,96 \pm 0,12	0,59 \pm 0,17	2,2 \pm 0,5	6,1 \pm 1,3
sláma	224,2 \pm 37,5	0,66 \pm 0,18	1,46 \pm 0,41	5,5 \pm 0,8	15,4 \pm 3,5
Celkem	598,5 \pm 114,2		8,69 \pm 1,26	36,3 \pm 2,9	

Diskuze

Výsledky pokusu ukázaly poměrně vysoké využití N ječmenem ze zbytků biomasy vojtěšky, mezi 30 a 40 %. Úspěchem je i malá variabilita výsledků, která v tomto typu pokusů není úplně běžná. Rozsah hodnot využití N ze zbytků předplodiny nebo meziplodiny se v literatuře pohybuje v širokém rozsahu podle stanovištních podmínek, množství a složení biomasy, vliv má přirozená zásoba minerálního N v půdě a obsah a kvalita půdní organické hmoty. Většinou však využití N nepřekračuje 50 % (Müller & Sundman, 1988). Údaje o mineralizaci rostlinné hmoty a vlivu teploty a vlhkosti na její rychlost pochází z modelových inkubačních pokusů (Semenov et al., 2022).

Pokusy založené na bilanci N (varianty bez a se zapravením zbytků) i přesnější, s využitím ^{15}N , nedokážou zohlednit další procesy koloběhu N v půdě. To znamená, že při stanovení využití N z posklizňových zbytků pomocí ^{15}N získáme vždy nižší podíl, než je ve skutečnosti. Část N pocházející z rozkladu hmoty předplodiny je průběžně využívána půdními, především mikrobiálními organismy, část N se nachází v kořenech. V pokusu nebyl ve zralosti analyzován obsah ^{15}N u kořenové hmoty, ale vzhledem k nižšímu obsahu N v kořenech a obvyklé biomase kořenů ječmene by kořeny zvýšily využití N ze zbytků předplodiny jen o nižší jednotky procent, nalezený podíl v kořenech ve fázi odnožování představoval 5,5 % z celkově přijatého množství dusíku pocházejícího z biomasy vojtěšky (**Tab. 1**).

Jak je patrné z výsledků (**Tab. 1**), ječmen již v době odnožování využil více než jednu třetinu N z biomasy vojtěšky obohacené o ^{15}N . To svědčí o tom, že biomasa vojtěšky byla do značné

míry rozložena již v časných fázích vývoje ječmene. Z hlediska rozkladu měla zapravená biomasa vojtěšky příznivý poměr C/N (okolo 13,5), k rozložení zbytků přispěla i dostatečně dlouhá doba (půl roku) mezi zapravením zbytků a růstem ječmene. Vysoký podíl ^{15}N v zrnu z celkově přijatého množství ^{15}N (v průměru 78,5 %) svědčí o úspěšné redistribuci přijatého N z vegetativních částí rostlin ječmene do zrna v průběhu vývoje.

Určitý podíl přijatého N, spolu s uhlíkem a dalšími prvky, je přesunován v průběhu růstu rostlin do kořenů a dostává se zpět do půdy ve formě exudátů, povrchových pletiv, jemných zlomků kořenů a kořenových vlásků odumřelých v průběhu růstu. Rozsah naznačují výsledky se značeným uhlíkem (^{13}C), kdy 30 i více procent z uhlíku fixovaného v nadzemních částech se v průběhu růstu rostlin přesunuje do kořenů a půdy (Pausch & Kuzyakov, 2018; Remus & Augustin, 2016). Exudace různých organických látek (například aminokyseliny) a rozklad pletiv kořenů znamená nutně i input N do půdy (Coskun et al., 2017; Koo et al., 2004; Lu et al., 2023; Mergel et al., 1998).

Lze také očekávat, že minerální formy N z posklizňových zbytků budou využívány ječmenem podobně jako N z minerálních hnojiv aplikovaných do půdy. Podíl N z hnojiv akumulovaný v nadzemní biomase se u obilnin pohybuje podle literárních údajů také v širokém rozmezí, nejčastěji okolo 30–60 %. Pro monokulturu jarního ječmene například Glendining et al. (1997) zjistili 51 %, širší meta-analýza Gardnera and Drinkwata (2009) uvádí z různých podmínek průměr pro jarní obilniny 32 %. Jedním z důvodů menšího využití N může být vyplavení nitrátů z kořenové zóny, nicméně meteorologické a půdní podmínky v pokusném období v Ruzyni tomu nenasvědčovaly.

Závěr

Modelový pokus potvrdil, že použití biomasy vojtěšky obohacené o stabilní izotop ^{15}N je možno využít pro sledování příjmu a utilizace dusíku následnou plodinou. Podíl dusíku (v průměru 36,3 %) získaný z mineralizované biomasy zbytků předplodiny vojtěšky přijatý rostlinami ječmene je v souladu s výsledky podobných pokusů. Další sledování by měla zpřesnit vliv vlhkostních a teplotních podmínek v průběhu mimovegetačního období a v době růstu následné plodiny na rozklad hmoty vojtěšky. Dále by bylo potřeba zpřesnit vliv druhu předplodiny a rozdílů v poměru C/N u různých rostlinných materiálů a rychlost rozkladu kořenové hmoty v povrchových a hlubších vrstvách půdy.

Literatura

- Chaves, B., De Neve, S., Hofman, G., Boeckx, P., & Van Cleemput, O. (2004). Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio)chemical composition. *European Journal of Agronomy*, 21, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.07.001>
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., & Kronzucker, H. J. (2017). How plant root exudates shape the nitrogen cycle. *Trends in Plant Science*, 22(8), 661–673. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.05.004>
- Gardner, J. B., & Drinkwater, L. E. (2009). The fate of nitrogen in grain cropping systems: A meta-analysis of ^{15}N field experiments. *Ecological Applications*, 19(8), 2167–2184. <https://doi.org/10.1890/08-1122.1>
- Glendining, M. J., Poulton, P. R., Powlson, D. S., & Jenkinson, D. S. (1997). Fate of ^{15}N -labelled fertilizer applied to spring barley grown on soils of contrasting nutrient status. *Plant and Soil*, 195, 83–98. <https://doi.org/10.1023/A:1004295531657>
- Justes, E. et al. (2017). *Cover crops for sustainable farming*. Springer Dordrecht: Dordrecht, Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0986-4>
- Kintl, A., Sobotková, J., Elbl, J., & Huňady, I. (2022). Lokální zdroj dusíkatých látek ze smíšené kultury kukuřice a fazolu. *Agromanuál*. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/lokalni-zdroj-dusikatych-latek-ze-smisene-kultury-kukurice-a-fazolu>
- Koo, B. J., Adriano, D. C., Bolan, N. S., & Barton, C. D. (2004). Root exudates and microorganisms. In *Encyclopedia of Soils in the Environment* (pp. 421–428). Elsevier- Hanley and Belfus Inc:

- Philadelphia, USA. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00461-6>
- Lu, Y., Kronzucker, H. J., Yu, M., Shabala, S., & Shi, W. (2023). Nitrogen-loss and carbon-footprint reduction by plant-rhizosphere exudates. *Trends in Plant Science*, 1–13, (in press). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.09.007>
- Mergel, A., Timchenko, A., Kudeyarov, V. (1998). Role of plant root exudates in soil carbon and nitrogen transformation. In Box, J.E. (eds) *Root Demographics and Their Efficiencies in Sustainable Agriculture, Grasslands and Forest Ecosystems. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 82.* (pp. 43–54). Springer Dordrecht: Dordrecht, Netherlands. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-011-5270-9_3
- Müller, M. M., & Sundman, V. (1988). The fate of nitrogen (¹⁵N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. *Plant and Soil*, 105, 133–139. <https://doi.org/10.1007/BF02371151>
- Nicolardot, B., Recous, S., & Mary, B. (2001). Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C : N ratio of the residues. *Plant and Soil*, 228, 83–103. <https://doi.org/10.1023/A:1004813801728>
- Pausch, J., & Kuzyakov, Y. (2018). Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. *Global Change Biology*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/gcb.13850>
- Remus, R., & Augustin, J. (2016). Dynamic linking of ¹⁴C partitioning with shoot growth allows a precise determination of plant-derived C input to soil. *Plant and Soil*, 408, 493–513. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3006-y>
- Schipanski, M. E., Barbercheck, M., Douglas, M. R., Finney, D. M., Haider, K., Kaye, J. P., Kemanian, A. R., Mortensen, D. A., Ryan, M. R., Tooker, J., & White, C. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 125, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.11.004>
- Schulz, V. S., Schumann, C., Weisenburger, S., Müller-Lindenlauf, M., Stolzenburg, K., & Möller, K. (2020). Row-intercropping maize (*Zea mays* L.) with biodiversity-enhancing flowering-partners—Effect on plant growth, silage yield, and composition of harvest material. *Agriculture (Switzerland)*, 10(524), 1–27. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110524>
- Semenov, V. M., Lebedeva, T. N., Zinyakova, N. B., Khromyckina, D. P., Sokolov, D. A., Lopes de Gerenyu, V. O., Kravchenko, I. K., Li, H., & Semenov, M. V. (2022). Dependence of soil organic matter and plant residues decomposition on temperature and moisture in the long-term incubation experiments. *Eurasian Soil Science*, 55(7), 926–939. <https://doi.org/10.1134/S1064229322070080>
- Smutný, V., & Handlířová, M. (2019). Využití meziplodin v půdochranných technologiích zpracování půdy. In proceeding of MENDEL-INFO 2019 Půdochranné technologie zpracování půdy, Žabčice, Czech Republic, 27. 2. 2019.
- Thomsen, I. K., Elsgaard, L., Olesen, J. E., & Christensen, B. T. (2016). Nitrogen release from differently aged *Raphanus sativus* L. nitrate catch crops during mineralization at autumn temperatures. *Soil Use and Management*, 32, 183–191. <https://doi.org/10.1111/sum.12264>
- Vogeler, I., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., & Østergaard, H. S. (2019). Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management*, 239, 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.077>

Poděkování: Studie byla podpořena projektem MZe ČR QK21020155 a MZe – RO 0423.

Kontakt:

Mgr. Michal Moulík
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507/73, Praha 6-Ruzyně 16106
601322488, michal.moulik@vurv.cz

Hodnocení obsahu živin v půdě u dlouhodobého polního pokusu s minerálním a organickým hnojením

Evaluation of the nutrient content in a soil in a long-term field experiment with mineral and organic fertilization

Mühlbachová G., Káš M.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i, Praha

Abstrakt

Vliv minerálního, organického hnojení a jejich kombinací na obsah živin v půdě a jejich vzájemné poměry byl hodnocen v dlouhodobém polním pokusu IOSDV. Byly hodnoceny dva osevní cykly 2019-2019 a 2020-2022, kdy ve druhém cyklu nebylo hnojeno draslíkem a fosforem z důvodu jejich vysokého obsahu v půdách. Na černozemi se obsah draslíku a fosforu v druhém tříletém cyklu snížil jak při hodnocení metodou Mehlich 3, tak i výměnné obsahy P a K stanovené metodou KVK-UF, a to více v půdách hnojených hnojem. Na kambizemi se obsah živin snížil pouze při stanovení metodou KVK-UF. Vzájemný poměr živin K:Mg:Ca se v jejich ekvivalentech pohyboval mezi 1:0,9-1:6,7-7,4 u kambizemě a 1:1-1,1:4,4-5,1 u černozemě. Tyto poměry zvyšují riziko poškození půdní struktury, její rozplavení a ztrátu úrodnosti.

Klíčová slova: Dlouhodobé polní pokusy; Živiny; Mehlich 3; KVK-UF

Abstract

The effect of mineral, organic fertilization and their combinations on the content of nutrients in the soil and their mutual ratios was evaluated in a long-term field trial IOSDV. Two cropping cycles 2019-2019 and 2020-2022 were evaluated. Potassium and phosphorus were not applied in the second cycle due to their high content in the soils. In chernozem, the content of potassium and phosphorus decreased in the second cycle when evaluated by the Mehlich 3 method, as well as the P and K exchangeable contents determined by the KVK-UF method, more in soils fertilized with manure. In cambisol, nutrient contents decreased only when determined by the KVK-UF method. The mutual ratio of nutrients K:Mg:Ca in their equivalents ranged between 1:0.9-1:6.7-7.4 in cambizem and 1:1-1.1:4.4-5.1 in chernozem. These conditions increase the risk damage of soil structure, its disintegration and loss of the fertility.

Keywords: Long-term field trials; Nutrients; Mehlich 3; KVK-UF

Úvod

Dlouhodobé pokusy s různou úrovní hnojení obecně představují možnost, jak zjistit nejvhodnější udržitelné systémy hnojení a přispívají tak k lepšímu chápání vhodných způsobů hnojení, dostupnosti živin a výnosů plodin (Rasmussen et al., 1998). Ke sledování vývoje zásob živin v půdě jsou dlouhodobé pokusy velmi užitečné, protože na nich lze na srovnatelné ploše a při kontrolovaných vstupech vysledovat účinky různých opatření na půdní vlastnosti, výnosy plodin a další sledované parametry. Jedny z významných dlouhodobých polních pokusů IOSDV byly založeny před 40 lety v mezinárodním rozsahu. V těchto pokusech jsou sledovány různé systémy hnojení v různých pedo-klimatických podmínkách (Körschens et al., 2012). V České republice jsou tyto pokusy prováděny v Ivanovicích na Hané a v Lukavci u Pacova. Tato stanoviště se liší jak půdními, tak klimatickými podmínkami.

Mezi nejdůležitější živiny zemědělských plodin patří draslík a fosfor. Draslík je v půdě jednou z živin, které jsou vázány výměnnou sorpcí na pevné fázi půdy. U většiny půd činí celkový obsah draslíku 0,5-3,2 % (Vaněk et al., 2012). Rostliny přijímají draslík jako monovalentní kation. Draslík navíc v půdě interaguje antagonisticky s dalšími kationty. Známý je například

antagonistický vztah mezi draslíkem a hořčíkem (Matula, 2007). Hlubší znalosti o intenzitě, kinetice a kapacitě živin včetně draslíku v půdě jsou proto potřebné (Balík et al., 2022).

Fosfor je jedním z klíčových prvků ve výživě rostlin a je rostlinami přijímán ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . Většina fosforu v půdě není pro rostliny přímo přijatelná, a obsah fosforu v půdním roztoku je malý (cca 0,05 – 0,4 mg P/l) (Balík et al., 2021) Pro potenciální výživu rostlin slouží různé minerální a organické sloučeniny fosforu. Zatímco minerální vápenaté sloučeniny fosforu mohou za příznivých podmínek postupně uvolňovat P do půdního roztoku, sloučeniny s hliníkem a železem mají velmi malou rozpustnost (Vaněk et al., 2012).

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv hnojení minerálními a statkovými hnojivými na obsah draslíku a fosforu v půdě.

Materiály a metody

Dlouhodobý mezinárodní polní pokus IOSDV (Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch) s hnojením minerálními a statkovými hnojivými a jejich kombinacemi byl založen v roce 1984. Jedním ze stanovišť v ČR je stanice v Ivanovicích na Hané [nadmořská výška 225 m, degradovaná černozem, hlinitá půda, průměrné srážky a teplota - 558 mm; 9,3 ° C, pH (CaCl_2) 6,3, dostupný obsah živin podle Mehlich 3: 117 mg P/kg, 452 mg K/kg, 245 mg Mg/kg, 3564 mg Ca/kg]. Rotace plodin je následující: cukrová řepa - ozimá pšenice - ozimý ječmen. V pokusu jsou použity tři základní způsoby hnojení: i) bez statkových hnojiv; ii) 30 t / ha chlévského hnoje jednou za 3 roky pod cukrovou řepu; iii) sláma (5 t/ha) + 50 kg N/ha na rozklad slámy a pěstování meziplodiny po ječmeni. Hnojení N bylo rozděleno na 20 + 20 kg N/ha u nejnižší dávky 40 kg N/ha. Vyšší dávky N byly rozděleny po 40 kg N / ha v základní dávce před setím, regenerační po zimě, produkční při sloupkování (120 kg N/ha a více), případně kvalitativní (pouze u 160 kg N/ha) dávce. S výjimkou nehnojené kontroly bylo na všech variantách pokusu hnojeno jednotnou dávkou 35 kg P/ha a 83 kg K/ha až do roku 2019. V roce 2020 bylo na obou stanovištích přerušeno hnojení draslíkem a fosforem z důvodu jejich vysokého obsahu zjištěného v půdě. V příspěvku jsou hodnoceny dva cykly rotace plodin: před přerušением hnojení P a K (2017-2019) a po jeho přerušení (2020-2021). Zásoba živin v půdě byla sledována standardní metodou ÚKZUZ Mehlich 3 (Mehlich, 1984) a metodou KVK-UF, kterou se stanovují výměnné podíly živin v půdě, a spočívá v extrakci půdy 0,5 M octanem amonným.

Výsledky a diskuze

Zásoba živin v půdě se na dlouhodobém polním pokusu IOSDV liší podle stanoviště a podle použitého způsobu hnojení (Grafy 1 a-d, 2 a-d). Průměrný obsah draslíku na černozemi v Ivanovicích se při stanovení metodou Mehlich 3 v letech 2017-2019 pohyboval od 395 mg K/kg u kontroly po 800 mg K/kg po hnojení hnojem a minerálními draselnými hnojivými (Graf 1 a). Po hnojení slámou byl obsah K-Mehlich 3 mezi 434-509 mg K/kg. Podle kritérií hodnocení zásoby draslíku v půdě lze konstatovat, že zásoba draslíku na černozemi byla podle současných kritérií hodnocení vysoká až velmi vysoká a dosahovala nejvyšších hodnot po hnojení hnojem. Z tohoto důvodu bylo hnojení draslíkem dočasně přerušeno. Zásoba draslíku na kambizemi u nehnojené kontroly byla 198 mg K/kg u kontroly, podobně jako v případě černozemi byla nejvyšší hodnota zjištěna po hnojení hnojem a minerálními draselnými hnojivými (až 436 mg K/kg), což již pro lehké půdy představuje velmi vysokou zásobu (Graf 1b). Stanovením obsahu draslíku metodou KVK-UF byly zjištěny podobné, v případě kambizemi i vyšší, hodnoty, jako metodou Mehlich 3 (Graf 1 c,d), kdy se procento draslíku stanovené metodou KVK-UF pohybovalo mezi 96 až cca 110 % hodnot stanovených metodou Mehlich 3. V letech 2020-2022 se průměrný obsah K na černozemi snížil o 27 mg K/kg u kontrolní varianty, u variant s hnojem až o 73-90 mg/kg K, po hnojení slámou až o 45 mg K/kg. Obsah K stanovený metodou

Mehlich 3 na kambizemi v Lukavci naopak mírně narůstal až o 22 mg K/kg po hnojení hnojem. Obsah K stanovený metodou KVK-UF se snížil na černozemi až o 132 mg K/kg. Ke snížení obsahu K došlo i na kambizemi, a to až o 50 mg K/kg. Současně se mezi lety 2017-2019 a 2020-2022 mírně snížilo i procento draslíku stanovené metodou KVK-UF oproti Mehlich 3, a to v průměru o 5 % na černozemi a až o 15 % na kambizemi. Vysoký obsah draslíku může negativně ovlivňovat povrchovou strukturu půdy, kdy po dešti dochází k jejímu rozplavování a tvorbě krusty (omezení infiltrace vody ze srážek a provzdušnění půdy) a v důsledku dochází i ke sníženým výnosům plodin. Matula (2007) konstatoval, že optimální výše zásobenosti draslíkem se v našich půdách pohybuje v rozmezí 100 až 220 mg K/kg půdy.

Průměrný obsah fosforu na černozemi v Ivanovicích se při stanovení metodou Mehlich 3 v letech 2017-2019 pohyboval od 138 mg P/kg u kontroly po 261 mg P/kg po hnojení hnojem a minerálními fosforečnými hnojivy (Graf 2a). Po hnojení slámou se obsah P u srovnatelných variant snižoval. V případě kambizemi byl obsah P podobný jako na černozemi, pohyboval se mezi 128 mg P/kg u kontroly a 226 mg P/kg po hnojení hnojem a minerálním fosforem (Graf 2b). Na kambizemi se obsah P mírně zvýšil po hnojení slámou. Obsah P se v letech 2020-2022 snížil na černozemi o 2 – 35 mg P/kg po hnojení hnojem, minerálním N, P a K. Na kambizemi byl mírný úbytek obsahu P pozorován pouze po hnojení slámou. U ostatních způsobů hnojení byl naopak pozorován mírný nárůst obsahu P stanoveného metodou Mehlich 3. Obsah P stanovený metodou KVK-UF byl na každém stanovišti rozdílný (Graf 2c,d). Na černozemi se obsah P stanovený metodou KVK-UF pohyboval v obou sledovaných cyklech mezi 10 – 17 % z obsahu zjištěným metodou Mehlich 3, na kambizemi bylo procento fosforu vyšší, a to 17 – 23 %.

Na obsah fosforu v půdách měly vliv i další faktory, a to i hodnoty pH (CaCl_2), které na se černozemi pohybuje mezi 6,7-7,0, zatímco na kambizemi 5,6-6,1. Nižší procento fosforu na černozemi extrahované metodou KVK-UF může mít proto souvislost i s vyšší hodnotou pH a vyšším obsahem vápníku, se kterým fosfor může vytvářet hydrogenfosforečnanové vazby a v důsledku dochází k jeho imobilizaci v půdě. Sloučeniny fosforu s vápníkem se ale postupně uvolňují do půdního roztoku, a tím se pro rostliny stávají přístupnější. (Vaněk et al., 2012). Při hodnocení zásoby fosforu na půdách s vyššími hodnotami pH a obsahem vápníku, může proto být i nižší stanovený obsah fosforu v půdě pro rostliny dostačující. Obsah vápníku na černozemi se podle metody Mehlich 3 pohybuje okolo 3 000 - 3 500 mg Ca/kg, na kambizemi 1 600-1 900 mg Ca/kg. Výměnný obsah Ca se na černozemi pohybuje mezi 1060-1320 mg Ca/kg, na kambizemi 890-1120 mg Ca/kg. Procento výměnného obsahu Ca v porovnání s jeho obsahem zjištěným metodou Mehlich 3 se na černozemi pohybuje mezi 28-38 %, v případě kambizemi mezi 52-64 %.

Na kambizemi a černozemi byl sledován také vzájemný poměr živin K:Mg:Ca, který by se v ekvivalentním vyjádření podle Vaňka et al. (2012) měl pohybovat okolo 1 : 2 - 3 : 10-15. U půd z dlouhodobého pokusu tento poměr u kambizemě v letech 2017-2019 byl 1:0,9:6,7, v následujících letech 2020-2022 se mírně zvýšil na 1:1:7,3. Podobně u černozemi byl poměr K:Mg:Ca = 1:1:4,4 v letech 2017-2019, mírné zlepšení nastalo v letech 2020-2022 (1:1,1:5,1). Tento nevhodný vzájemný poměr v důsledku vede k vyšší koncentraci monovalentních kationtů (K^+), což může vést k poškození povrchové struktury půdy, jejímu rozplavování při intenzivních srážkách (Růžek et al. 2020) a v důsledku mohou být nižší i výnosy plodin.

V poslední době se častěji diskutuje otázka přehodnocení kritérií zásoby draslíku v půdě podle vyhlášky č. 275/1998 Sb., mimo jiné také v souvislosti ze změnou agrotechnických způsobů, například používáním minimalizačních technologií, kdy více draslíku zůstává ve svrchní vrstvě půdy. Hnojení draslíkem je vhodné podle Balíka et al. (2022) provádět na odběr z pozemku, pokud obsah živin v půdě odpovídá kategorii „dobrá“. Podle posledních výsledků se ale lze domnívat, že v kategoriích „vyhovující obsah“ a „nízký obsah“ není třeba zvyšovat dávky živin a dále hnojit pouze na odběr rostlinami (Balík et al, 2022).

Tabulka 1. Kritéria hodnocení obsahu fosforu, draslíku a hořčíku na orné půdě (Mehlich 3), vyhláška 275/1998 Sb.

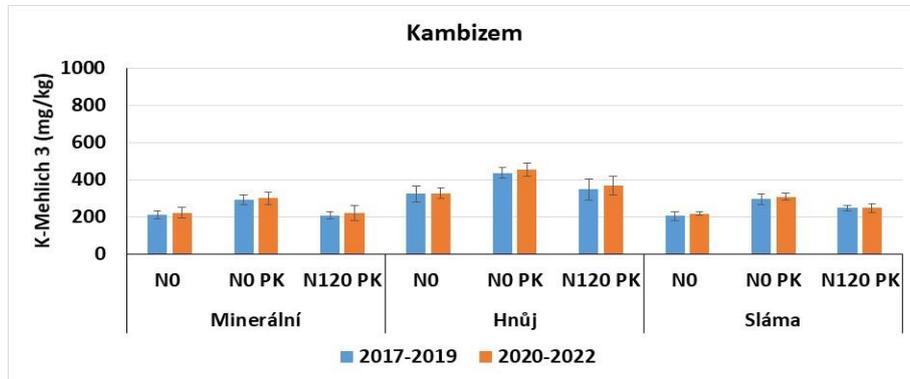
obsah	FOSFOR (mg.kg ⁻¹)		DRASLÍK (mg.kg ⁻¹)			HOŘČÍK (mg.kg ⁻¹)		
			půda			půda		
	SP ¹)	ICP-OES ²)	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 50	do 55	do 100	do 105	do 170	do 80	do 105	do 120
vyhovující	51-80	56-85	101-160	106-170	171-260	81-135	106-160	121-220
dobrý	81-115	86-125	161-275	171-310	261-350	136-200	161-265	221-330
vysoký	116-185	126-200	276-380	311-420	351-510	201-285	266-330	331-460
velmi vysoký	nad 185	nad 200	nad 380	nad 420	nad 510	nad 285	nad 330	nad 460

Závěr

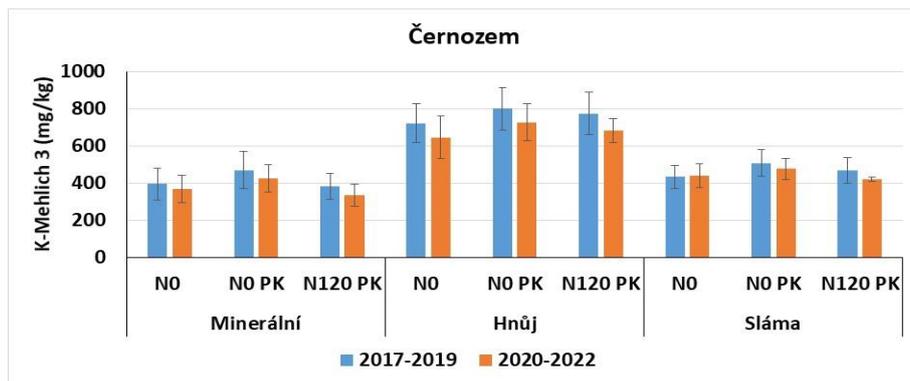
Podle hodnocení zásoby fosforu a draslíku na rozdílných půdách je zřejmé, že pro udržení zásoby živin je vhodné dodávat další fosforečná a draselná hnojiva na půdách, pouze kde je zásoba těchto živin nižší. Při pravidelném hnojení hnojem není žádoucí dodávat další minerální fosforečná a draselná hnojiva. V případě fosforu na půdách s vyšším obsahem vápníku a hodnotou pH je třeba počítat i s potenciálně dostupnou zásobou fosforu, který se může vyskytovat ve vazbách s Ca. Hnojení draslíkem může na půdách s vyšší zásobou draslíku dokonce působit kontraproduktivně a ovlivňovat negativně strukturu půdy a jak ukazují některé další výsledky, pravděpodobně hraje roli i ve snižování výnosů plodin. Zároveň je třeba změnit kritéria hodnocení obsahu draslíku v půdě, kdy již dobrý obsah této živiny v půdě může být z hlediska půdní struktury na některých půdách rizikový a může přispívat ke zhoršení povrchové struktury půdy a odtékání srážkové vody z její povrchu. Podle posledních doporučení by hnojení draslíkem mělo probíhat na půdách, kde je zásoba vyhovující nebo nízká, a to do výše předpokládaného odběru draslíku plodinami. Současně by půdy měly být pravidelně analyzovány na obsah živin a současně sledovat i jejich vzájemné poměry.

Graf 1a-d: Obsah K v kambizemi a černozemi po různých způsobech minerálního a organického hnojení v letech 2017-2019 a 2020-2022 stanovený metodami Mehlich 3 a KVK-UF

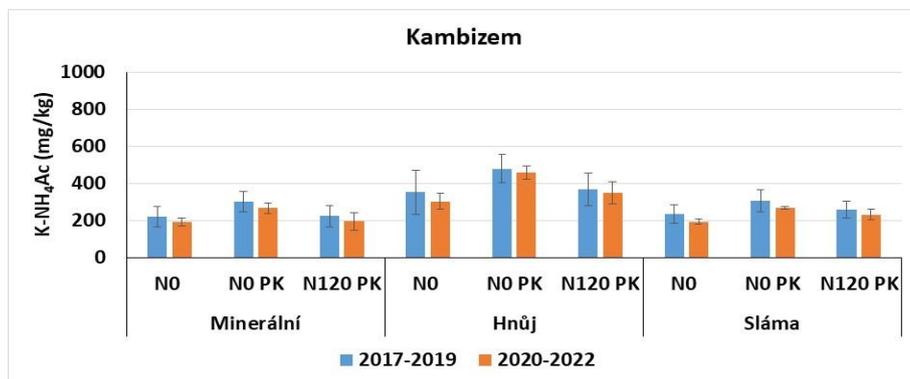
a)



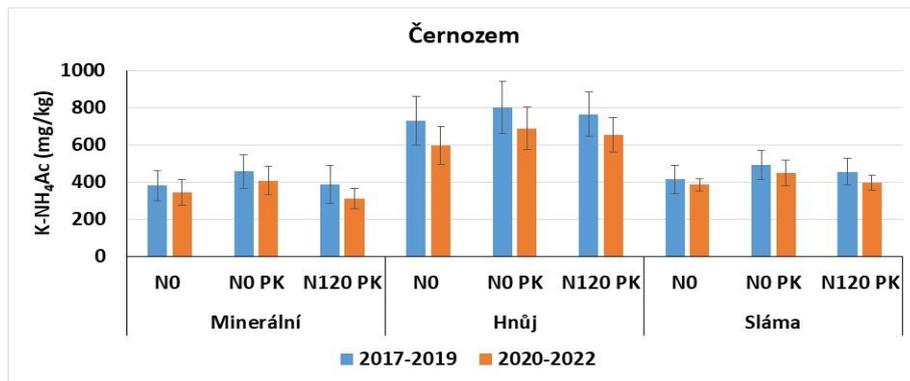
b)



c)

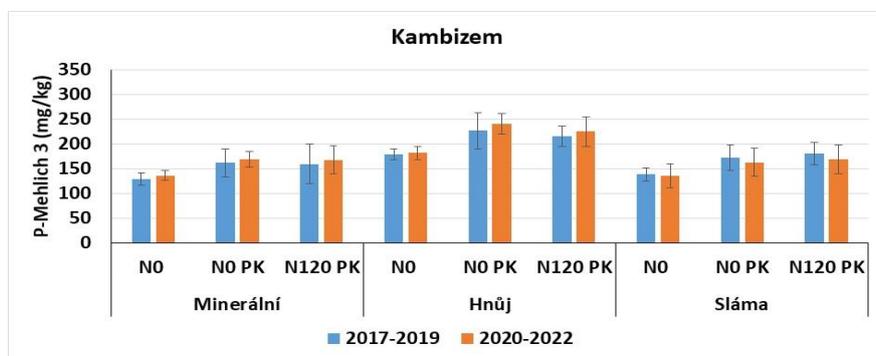


d)

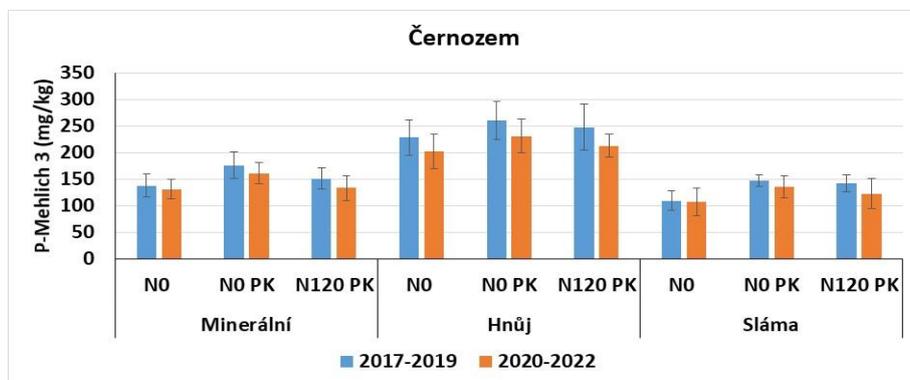


Graf 2a-d: Obsah P v kambizemi a černozemí po různých způsobech minerálního a organického hnojení v letech 2017-2019 a 2020-2022 stanovený metodami Mehlich 3 a KVK-UF

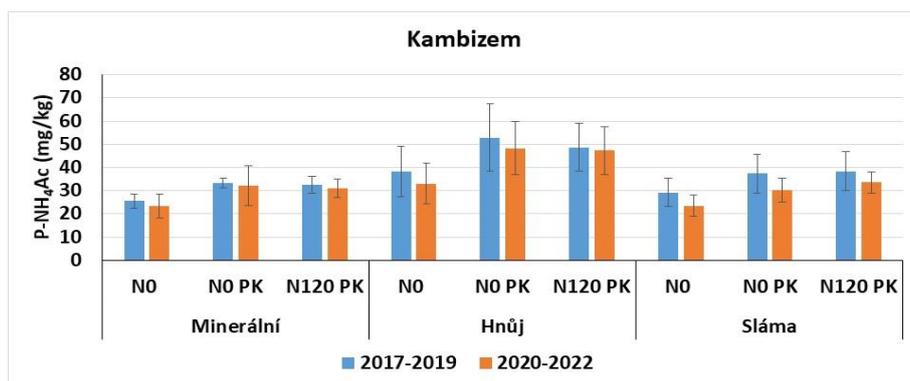
a)



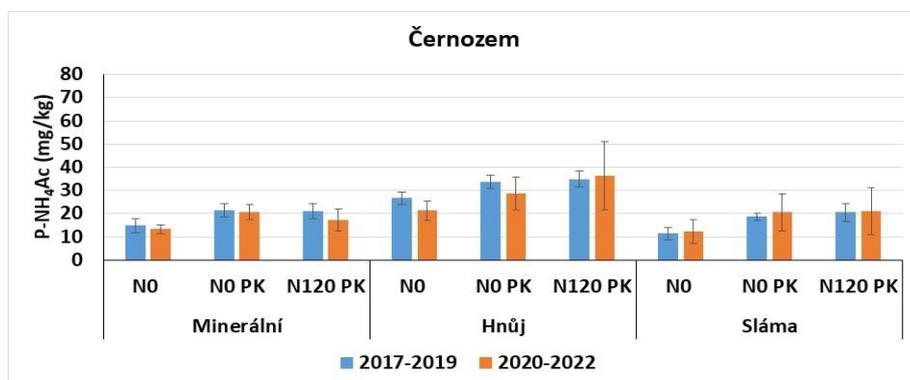
b)



c)



d)



Literatura

- Balík J., Pavlíková D., Vaněk V. (2021): Sborník z 27. mezinárodní konference „Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku výživy a hnojení fosforem“, ČZU v Praze: 15-22
- Balík J., Vaněk V., Suran P., Pavlíková D. (2022): Sborník z 28. mezinárodní konference „Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku hnojení rostlin v době hospodářské krize“, ČZU v Praze: 17-26
- Körschens M., Albert E., Armbruster M., Barkusky D., Baumecker M., Behle-Schalk L., Bischoff R., Čergan Z., Ellmer F., Herbst F., Hoffmann S., Hofmann, B. Kismanyoky T., Kubat J., Kunzova E., Lopez-Fando C., Merbach I., Merbach W., Pardor M.T., Rogasik J., Rühlmann J., Spiegel H., Schulz E., Tajnsek A., Toth Z., Wegener H., Zorn W. (2012): Archives of Agronomy and Soil Science, 59: 1017-1040
- Matula J. (2007): Metodika pro praxi, VÚRV, v.v.i., ISBN 978-80-87011-16-4, 47 str.
- Mehlich A. (1984): Communications in Soil Science and Plant Analysis, 15: 1409–1416.
- Rasmussen P.E., Douglas C.L. jr., Collins H.P., Albrecht S.L. (1998): Soil Biology and Biochemistry, 30: 1829-1837
- Růžek P., Kusá H., Vavera R. (2020): Setí řepky a riziko rozplavení půdy po intenzivních srážkách. Web VÚRV, v.v.i.: [2020_08_17_Seti_repky.pdf \(vurv.cz\)](https://www.vurv.cz/2020_08_17_Seti_repky.pdf)
- Vaněk V., Balík J., Černý J., Pavlík M., Pavlíková D., Tlustoš P., Valtera J. (2012): Výživa zahradních rostlin: ACADEMIA Praha 2012, ISBN 978-80-200-2147-2: 568 str.
- Vyhláška š. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků.

Poděkování: Práce byla uskutečněna za podpory MZe ČR NAZV ČR č: QK21020155 a rozhodnutím č. MZE-RO0423

Kontaktní adresa:

Ing. Gabriela Mühlbachová, Ph.D.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73,
PSČ: 161 06 Praha 6 – Ruzyně,
e-mail: muehlbachova@vurv.cz

Pěstování silážní kukuřice s podseвовými plodinami - výsledky pokusů z oblasti Boskovické brázdy

Silage maize cultivation with undersown crops - results of experiments in the Boskovicice furrow area

Neružil P.¹, Kincl D.², Plisková J.^{1,3}, Srbek J.², Smutný V.³, Šedek A.⁴, Menšík L.¹

¹ Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6, VS Jevíčko

² Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha 5

³ Mendelova univerzita v Brně

⁴ P&L, spol. s r.o., Biskupice u Luhačovic

Abstrakt

Cílem studie bylo vyhodnotit výnosové charakteristiky, kvalitu píce a protierozní účinnost technologie pěstování kukuřice s podsevy na orné půdě. Testovány byly varianty jedno-druhových podsevů zakládáných pomocí multifunkčního stroje (plečkování, setí podsevu, aplikace kapalného hnojiva a herbicidu) do prostoru mezi řádky kukuřice (0,75 m) ve vývojové fázi 3–4 listů. Šířka pásů s podsevem činila 0,32 m (42 %), na zbývající nezpracované ploše (58 %) byla provedena aplikace herbicidu a podpovrchové zapravení kapalného N-hnojiva k rostlinám kukuřice. Výsledky pokusů s využitím multikriteriálního hodnocení prokázaly, že při pěstování porostů silážní kukuřice s podseвовými plodinami lze dosahovat srovnatelných výnosů a kvality píce ve srovnání s konvenčním plečkovanou variantou bez podsevu. Porosty kukuřice s podseвовými plodinami vykazovaly středně vysokou protierozní ochranu půdy (cca 50–60 % proti plečkované kontrole bez podsevu).

Klíčová slova: kukuřice setá, podseвовé plodiny, produkce sušiny, pícniny na orné půdě, ochrana půdy

Abstract

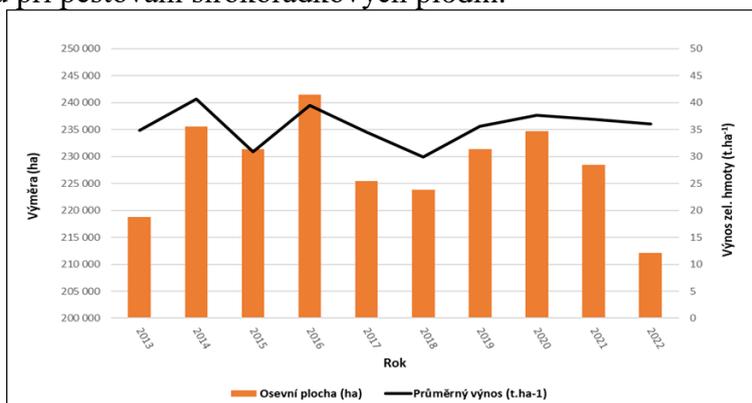
The aim of the study was to evaluate the yield characteristics, forage quality and efficiency against water erosion of maize undersowing technology on arable land. Variants of one-species undersown crops were tested using a multi-functional machine (inter-row cultivation, sowing of cover crops, application of liquid fertiliser and herbicide) in the maize inter-row (0.75 m) at the 3–4 leaf development stage. The strip width of the undersown soil was 0.32 m (42 %) and the remaining uncultivated area (58 %) was treated with herbicide and subsurface application of liquid N fertiliser to the maize plants. The results of the multi-criteria evaluation trials showed that silage maize stands with undersown crops could achieve comparable yields and forage quality to the standard variant within inter-row cultivation and without undersown crops. Maize stands with undersown crops showed moderately high protection against soil erosion (about 50–60 % compared to weed control without undersown crops).

Keywords: maize, undersowing crops, dry matter production, forage crops on arable land, soil protection

Úvod

Kukuřice setá má v České republice své nezastupitelné místo ve struktuře pěstovaných polních plodin. Je pravidelně zařazována v osevních postupech a po hustě setých obilninách patří k jedné z nejčastěji pěstovaných zemědělských komodit (CZSO 2023). Velký hospodářský význam má nejen z pohledu lidské výživy (Klopfenstein et al. 2013; Bagnall et al. 2021), ale také jako zdroj glycidového objemného krmiva ve výživě a krmení zvířat, zejména polygastrů (Kolver et al. 2001; Khan et al. 2015). V chovech s vysokou užitkovostí skotu to ale přináší enormní tlak na zabezpečení dostatku kvalitní objemné píce a jádra (Menšík and Nerušil 2019). Současné požadavky zemědělců na zabezpečení dostatečně vysoké produkce zrna a kukuřičné

siláže se proto úměrně zvyšují intenzifikaci výroby, s čímž ovšem souvisí jak potřeba dostatku ploch vhodných pro její pěstování (ČSÚ 2023) viz *obr.1*, tak i případné využití nových technologií a postupů, ale i z pohledu ochrany půdy před erozí /dle Monitoringu eroze zemědělské půdy je více než polovina erozních událostí zjištěna právě u plodiny kukuřice/ (Kincl et al. 2021). Současný výzkum se zaměřuje na zvýšení druhové pestrosti osevních postupů. Základem konceptu je tvorba rostlinných pokryvů v porostech hlavních plodin v meziřadí (např. kukuřice) za účelem biologického zpracování půdy, eliminace eroze, omezení rozvoje plevelů, chorob a škůdců, zajištění vstupu organické hmoty do půdy apod. (Romundt 2013, Gehring 2015, Nerušil et al. 2021 aj.). Jednou z možností využití principů udržitelné intenzifikace je uplatnění podsevných plodin, které napomáhají dosažení pěstebních a ekologických cílů při pěstování širokořádkových plodin.



Obr. 1: Vývoj osevních ploch a výnosy silážní kukuřice v ČR (2013–2022)

Základním předpokladem pro úspěšné využití podsevů je výběr vhodných plodin a přizpůsobení herbicidní strategie. Důležitý je také včasný termín výsevu podsevů u plodiny kukuřice (Romundt 2013). Výnosy kukuřice jsou významně ovlivněny ročníkem (především množstvím a rozložením srážek v průběhu vegetace). Ve srážkově příznivých ročnících Romundt (2013) a Gehring (2015) uvádějí srovnatelné výnosy ve srovnání s čistosevem kukuřice, naopak v suchých letech byl zaznamenán výrazný pokles výnosu. Vzhledem k měnícím se podmínkám klimatu a legislativnímu zpřísnění ochrany půdy v ČR (redesign eroze, potencionální zákaz glyfosátu) je proto zapotřebí hledat takové postupy, které umožní rentabilní pěstování kukuřice při zachování produkčních vlastností půd. Proto využití podsevných plodin při pěstování kukuřice bylo ověřováno jako alternativní řešení k současným půdoochranným technologiím. Tyto postupy byly v podmínkách ČR několik let úspěšně rozvíjeny s prokazatelným efektem omezení eroze půdy, povrchového odtoku a zvýšení infiltrace vody do půdy (Kincl et al. 2022). Tyto technologie byly v poslední době v podmínkách ČR úspěšně rozvíjeny s prokazatelným efektem omezení eroze půdy, povrchového odtoku a zvýšení infiltrace vody do půdy (Kincl et al. 2022). Cílem příspěvku je vyhodnotit výnosové charakteristiky, kvalitu píce a protierozní účinnost technologie pěstování kukuřice s jedno-druhovými podsevy na orné půdě v oblasti Boskovické brázdy (Malé Hané).

Materiál a metody

Maloparcelový pokus s podsevnými meziplodinami v kukuřici byl opakovaně založen v letech 2020–2022 na pozemku zemědělského podniku Hanácká zemědělská společnost Jevíčko a.s. (půdní blok č. 4301 v katastrálním území Jaroměřice). Při lokalizaci pokusné plochy v terénu bylo nezbytné splnit požadavek na minimální stupeň svažitosti, umožňující provést měření vodní eroze půdy a vyhodnotit půdoochranný efekt podsevných plodin. Pokusná lokalita se nachází v řepařském výrobním typu, v klimatickém okrsku mírně teplém, mírně vlhkém s nadmořskou výškou 350–360 m n. m., s průměrnou roční teplotou 8,4 °C a celoročním

dlouhodobým průměrem úhrnem 558 mm (zeměpisné souřadnice: 49°62'39"N, 16°72'87"E). Geologickým podkladem území jsou horniny permokarbonu Českého masivu, půdní typ je hnědozem modální (Němeček 2011).

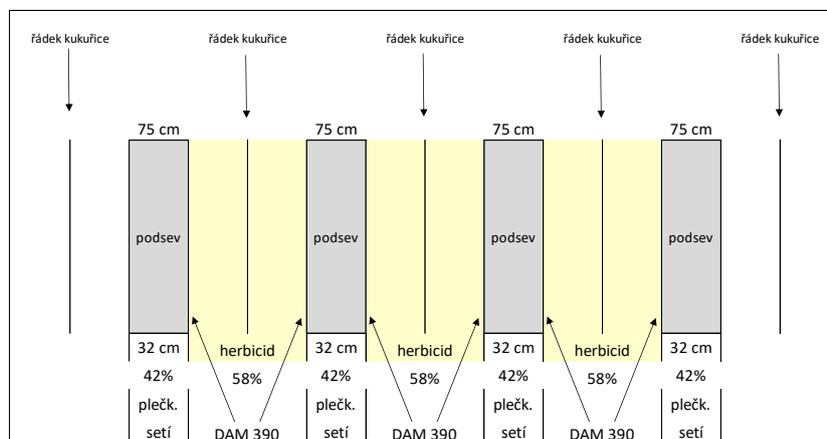
Předplodinou na pozemku byla silážní kukuřice (2019, 2021), resp. ozimá pšenice (2020). Po sklizni předplodiny byla na zmulčovaném strništi provedena podzimní aplikace organického hnojiva digestát (dávka 20 m³.ha⁻¹) s mělkým zapravením do půdy (10 cm) a chlévského hnoje v dávce 25 t.ha⁻¹ (zapravení na hloubku 30–35 cm). Na jaře následovala v polovině dubna druhá dávka digestátu (20 m³.ha⁻¹), rovněž s mělkým zapravením do půdy. Při předseťové přípravě byla provedena aplikace minerálního dusíkatého hnojiva močovina (100 kg.ha⁻¹). Výsev kukuřice proběhl v druhé polovině dubna pomocí přesného secího stroje Kinze 3500 Interplant. Použito bylo osivo hybridu Walterinio KWS (FAO 280), výsevek činil 80 tis. zrn.ha⁻¹, způsob setí na široký řádek (0,75 m).

Ve vývojové fázi 3. – 4. listu kukuřice (ca 3-4 týdny po setí kukuřice) byly do meziřadí založeny podsevy pomocí 4-řádkového multifunkčního experimentálního stroje společnosti P&L (viz. obr. 2). V jedné pracovní operaci byly provedeny čtyři agrotechnické zásahy: 1/ plečkování v prostoru mezi řádky kukuřice, 2/ výsev podsevočných plodin, 3/ přihnojení dusíkem (DAM 390 v dávce 40 kg č.ž. N.ha⁻¹) a 4/ pásová aplikace herbicidu nad řádky kukuřice (CAPRENO 0,25 l.ha⁻¹ + smáčedlo v kombinaci s přípravkem ASPECT PRO 1,5 l.ha⁻¹).



Obr. 2: Zakládání podsevů v maloparcelovém pokuse s kukuřicí multifunkčním strojem společnosti P&L, spol. s r.o. (Jevíčko, 27.5.2021)

Alternativně, s časovým předstihem 2 týdnů byl založen podsev jílku mnohokvětého (var. 2R) pro ověření ranějšího termínu setí. Schéma agrotechnického zásahu zakládání podsevů je uvedeno na obr. 3. Pro založení podsevů bylo použito osivo vybraných druhů a odrůd plodin, varianty pokusu jsou uvedeny v tab. 1.



Obr. 3: Schématické znázornění zakládání podsevů v kukuřici

U pokusných variant byl v průběhu vegetace sledován vývoj podseвовých plodin a ve třech termínech hodnoceno množství biomasy nadzemních i podzemních částí rostlin na ploše o rozměrech 0,32 x 0,50 m u každého ze 4 řádků příslušné varianty s podsevem a následně proveden přepočít produkce z 1 ha. První dva odběry byly provedeny na konci června a na konci července (souběžně ve lhůtě s 2. a 3. termínem měření vodní eroze půdy), třetí odběr se uskutečnil v období před sklizní. Měření eroze půdy proběhlo u vybraných variant pomocí polního simulátoru deště VÚMOP, v.v.i. v termínu dva měsíce po založení podsevu (na konci června. Velikost testované plochy činila 21 m² (3 řádky kukuřice s podsevem), intenzita srážky 60 mm.hod⁻¹ ve dvou intervalech po dobu 30 + 15 minut s technologickou přestávkou 15 minut k vyrovnání vlhkostních poměrů v půdě. Hodnocena byla celková ztráta půdy a množství povrchového odtoku srážkové vody.

Tab. 1: Použité druhy a odrůdy podseвовých plodin v kukuřici

Varianta č.	Podsev	Odrůda	Plošný výsev	Podsev (42 %)
			kg/ha	kg/ha
1	bez podsevu	-	-	-
2	jílek mnohokvětý	Porubka	30	12,6
3	jílek vytrvalý 4n	Double	30	12,6
4	žito ozimé	SU Santini	150	63,0
5	vikev panonská	Dětenická panonská	80	33,6
6	jetel inkarnát	Kardinál	25	10,5
7	svazenka vratičolistá	Boratus	12	5,0
8	jetel plazivý	Klondike	9	3,8
9	jetel alexandrijský	Erix	20	8,4
20	pšenice ozimá	Advokat	150	63,0

Sklizeň kukuřice na siláž proběhla v průběhu měsíce září ručním způsobem při sklizňové sušíně 28–35 % odběrem 10 ks rostlin, oddělených na výšku strniště 0,1 m. U takto odebraných vzorků byla zjištěna hmotnost celých rostlin ke stanovení potenciálního výnosu sušiny. U odebraných vzorků řezanky rostlin kukuřice byla v laboratoři VS Jevíčko stanovena sušina a následně predikovány parametry kvality píce v usušených a semletých vzorcích pomocí přístrojové techniky FOSS NIRSystems 6500. Statistické zpracování dat bylo provedeno s využitím software STATISTICA, ver. 14.0.

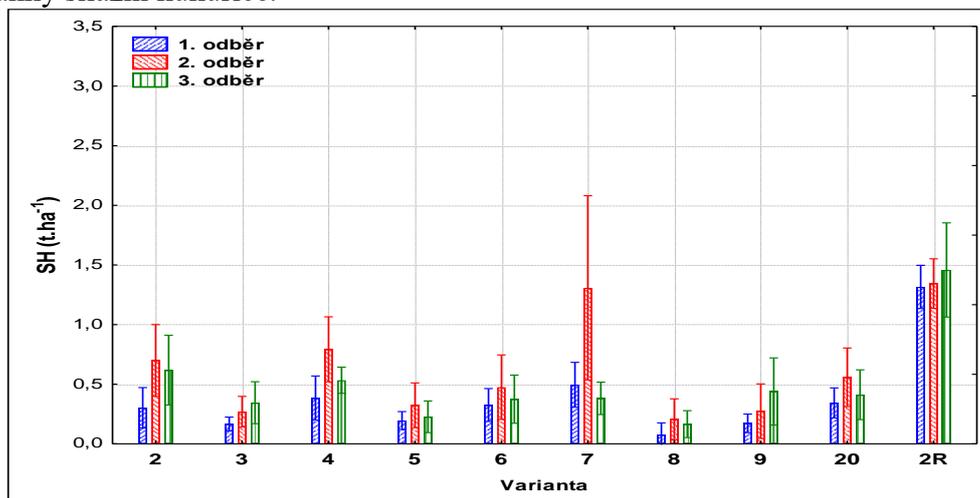
Výsledky

Úspěšnost založení podseवů v kukuřici byla v jednotlivých letech výrazně ovlivněna průběhem počasí, a to zejména v období krátce po jejich zasetí, kdy nedostatek srážek byl limitujícím faktorem pro zapojení vzcházejících rostlin. Zatím co v ročníku 2021 výrazně ovlivnilo vývoj a produkci podseवů sucho a vysoké teploty v červnu, v roce 2022 se obdobný negativní vliv průběhu klimatických podmínek na dané lokalitě projevil o měsíc později. S obdobnými projevy počasí a jejich dopady na rostlinou produkci se však bude muset v budoucnu počítat, neboť podle dlouhodobých údajů za posledních 50 let o průměrné teplotě vzduchu ve vegetačním období na území ČR posledních 20 letech vykazuje trend setrvalý nárůst.

Produkce biomasy podseवů se v průběhu prvních dvou měsíců po zasetí postupně zvyšuje a vrcholu dosahuje v odběrech v druhé polovině července. Poté v důsledku konkurenčního prostředí hlavní plodiny, zhoršení světelných podmínek a dostupnosti sluneční energie uvnitř porostu kukuřice, dochází k poklesu produkce a postupnému odumírání rostlin většiny podseвовých plodin. Výjimkou jsou jílky, které zastínění snáší lépe a produkce jejich fotosynteticky funkční biomasy kontinuálně narůstá až do sklizně kukuřice. V průměru hodnocených ročníků se množství biomasy podseवů pohybovalo v rozpětí 0,2–1,5 t.ha⁻¹ sušiny

(viz. obr. 4). Nejvyšší množství biomasy vykazoval raný výsev jílku mnohokvětého a ze standardního termínu podsevu kromě jílku také svazenka a žito.

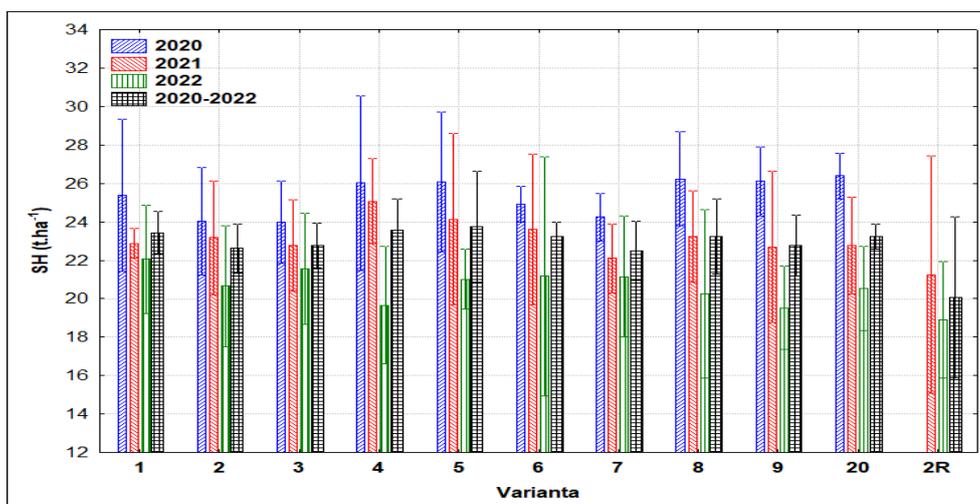
Výnosy píče silážní kukuřice, zjištěné u jednotlivých variant standardního termínu podsevu ve třech sklizňových letech 2020–2022 byly srovnatelné s kontrolou (bez podsevu) a pohybovaly se v průměru ročníků na úrovni 20–26 t.ha⁻¹ sušiny (obr. 5). U varianty s raným termínem podsevu jílku však již dochází určitému nepatrnému poklesu výnosu kukuřice vlivem jeho konkurenčního tlaku v první třetině vegetačního období. Podsevové plodiny neměly zásadní vliv jak na obsah škrobu (obr. 6), tak ani na koncentraci dalších významných parametrů kvality píče řezanky silážní kukuřice.



Obr. 4: Produkce biomasy podsevových plodin v průměru odběrů 2020–2022

Pozn.: SH–suchá hmota, 1–kontrola (bez podsevu), 2–jílka mn., 3–jílka vytr., 4–žito oz., 5–vikev pan., 6–jetel inkar., 7–svazenka vrat., 8–jetel plaz., 9–jetel alex., 20–pšenice oz., 2R–jílka mn. (raný výsev).

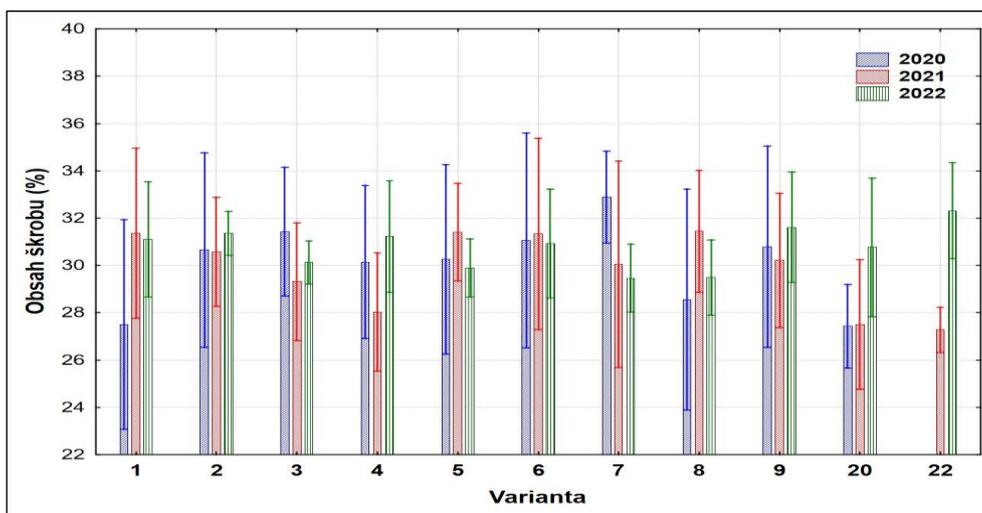
Termín měření eroze půdy simulátorem deště na maloparcelní pokusné ploše odpovídal třetímu pěstebnímu období („období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí“) - Janeček a kol. (2012). Kukuřice v tuto dobu dosahovala výšky 0,7–0,9 m a měla 6–7 listů. Dosažená pokryvnost u hlavní plodiny byla v rozmezí 40–50 %. V tomto termínu simulace se již významně projevuje vliv zasetých podsevových plodin v mezířádku kukuřice (obr. 7 a 8).



Obr. 5: Produkce suché hmoty řezanky silážní kukuřice s podsevy v letech 2020–2022

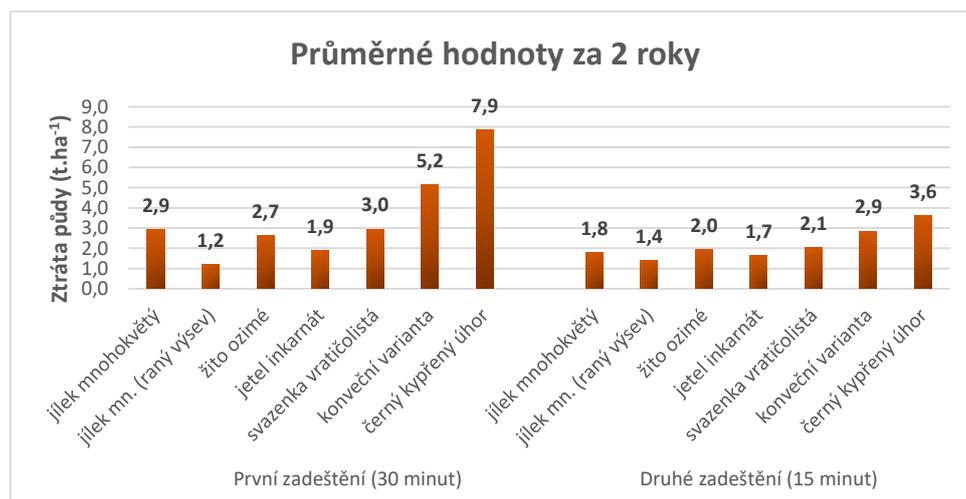
Pozn.: SH–suchá hmota, 1–kontrola (bez podsevu), 2–jílka mn., 3–jílka vytr., 4–žito oz., 5–vikev pan., 6–jetel inkar., 7–svazenka vrat., 8–jetel plaz., 9–jetel alex., 20–pšenice oz., 2R–jílka mn. (raný výsev).

Ty účinně omezují erozi, kdy ztráta půdy oproti konvenční variantě je u většiny podsevů méně než poloviční. U povrchového odtoku dochází ke snížení o více jak 30 %. Nejlepší výsledek protierozní ochrany a povrchového odtoku byl v průměru dvou hodnocených let zjištěn u raného termínu podsevu jílku mnohokvětého (o 77 % nižší ztráta půdy po 30 minutách intenzivní srážky a o 67 % nižší povrchový odtok ve srovnání s konvenční variantou). U standardního termínu podsevu se v prvním intervalu zadeštění ztráta půdy pohybovala v průměru variant na 50 % kontroly, povrchový odtok pak byl u podsevů nižší jen o 13 %. V druhém intervalu zadeštění se již vlivem vlhkostního nasycení povrchové vrstvy půdy měřené hodnoty u hodnocených variant více sjednocují.



Obr. 6: Obsah škrobu v silážní kukuřici s podsevy v letech 2020–2022

Pozn.: 1–kontrola (bez podsevu), 2–jílek mn., 3–jílek vytr., 4–žito oz., 5–víkev pan., 6–jetel inkar., 7–svazenka vrat., 8–jetel plaz., 9–jetel alex., 20–pšenice oz., 2R–jílek mn. (raný výsev).

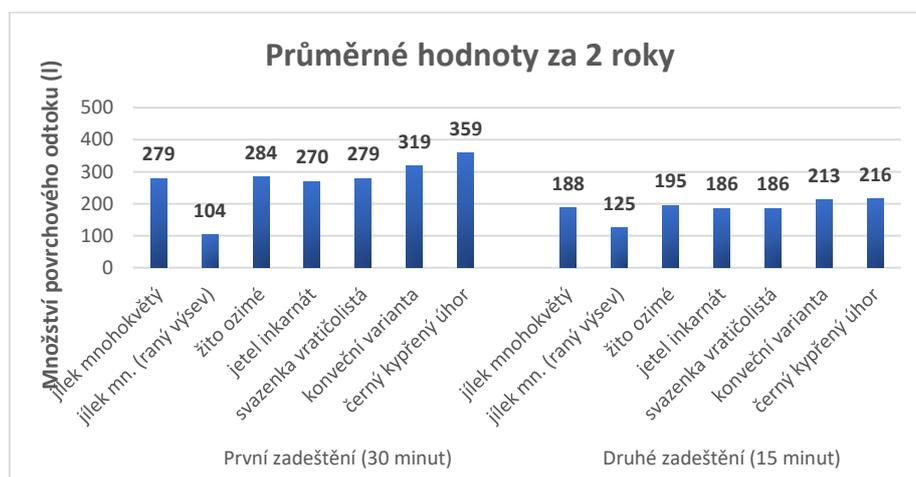


Obr. 7: Ztráta půdy vodní erozí u podsevových plodin v kukuřici (Jevíčko 2020 a 2021)

Diskuze

Roční úhrny srážek, jako jediný zdroj vody v naší krajině, se v dlouhodobém pohledu významně nemění, ale jejich výskyt a distribuce jsou lokálně značně rozdílné. Vláhová bilance a výskyt sucha, ale nejsou dány jen srážkami, významnou roli má evaporace, která je dána teplotou vzduchu a půdy. Teplota vzduchu se jednoznačně zvyšuje, a to jak její roční průměry,

tak v ročních obdobích a jednotlivých měsících, což má s výskyty sucha značné dopady nejen v rostlinné produkci (Rožnovský 2022). Z výběru testovaných jednodruhových podsekových plodin se osvědčily a jako perspektivní plodiny do podsevů kukuřice v praxi lze i s ohledem na cenu osiva doporučit z čeledi lipnicovitých oba druhy použitých jílků (*jílek mnohokvětý*, *jílek vytrvalý*) a také ozimé obiloviny (žito seté a pšenice ozimá). Z leguminóz, jako plodin přispívajících ke zlepšení půdních vlastností se jako vhodný ukazuje jetel inkarnát, z ostatních jednoletých dvouděložných plodin pak i svazanka vratičolistá. Výnosy suché hmoty kukuřice pěstované v systému podplodin byly srovnatelné s kontrolou (bez statisticky významných rozdílů). V porovnání s technologií Strip-Till, kde byly zaznamenány nižší výnosy oproti kontrole o cca 10 %, Menšík et al. 2018, 2020), dojdeme k závěru, že systém podplodin výnosy kukuřice neovlivňuje. Výsledky protierozní ochrany jsou dány zapojením porostu a množstvím biomasy v mezirádku. To pozitivně působí z hlediska intercepce srážkové vody na rostlinách, povrchové retence a infiltrace vzhledem k přítomnosti kořenů rozrušujících utužení a zvyšujících soudržnost povrchu půdy během vegetace. Výsledky ztráty půdy ve druhém termínu simulace jsou u podsekových plodin ovšem vyšší (poměr ztráty půdy SLR 36 %), než při použití technologie Strip-Till (poměr ztráty půdy SLR 4 %). Tyto výsledky byly stanoveny přibližně v obdobných podmínkách Boskovické brázdy (Kincl et al. 2018, Menšík et al. 2020).



Obr. 8: Množství povrchového odtoku srážkové vody u podsekových plodin v kukuřici (Jevíčko 2020 a 2021)

Závěr

Na základě tříletých výsledků pokusů v oblasti Boskovické brázdy (Malé Hané) bylo zjištěno, že úspěšnost zavádění podsevů a produkce biomasy podsekových plodin je výrazně ovlivněna průběhem klimatických podmínek jak v období po zasetí, tak i letními přísušky. Výnosy píce silážní kukuřice, zjištěné u jednotlivých variant podsevu ve třech sklizňových letech 2020–2022 byly srovnatelné s kontrolou /bez podsevu/ (nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a variantami podsevu). Podsekové plodiny neměly zásadní vliv jak na obsah škrobu, tak i na koncentraci nejdůležitějších parametrů kvality píce řezanky silážní kukuřice (nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a variantami podsevu). Nejnižší ztráta půdy erozí a povrchového odtoku bylo v průměru dvou hodnocených let zjištěno ve variantě raného termínu podsevu jílků mnohokvětých (o 77 % nižší ztráta půdy po 30 minutách intenzivní srážky a o 67 % nižší povrchový odtok ve srovnání s konvenční variantou).

Základním předpokladem pro úspěšnost zavádění podsevů však zůstává dostatek vláhy v počátečním období po jejich zasetí až do souvislého zapojení porostu. Proto se očekává využití této technologie spíše ve výrobních oblastech s průměrným až nadprůměrným úhrnem srážek ve vegetačním období, kdy lze více předpokládat příznivý vliv na vývoj a růst rostlin.

Literatura

- Bagnall, D.K., Shanahan, J.F., Flanders, A., Morgan, C.L.S., Honeycutt, C.W., 2021. Soil health considerations for global food security. *Agronomy Journal* 113, 4581–4589. <https://doi.org/10.1002/agj2.20783>
- CZSO, 2023. Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní zemědělských plodin - Sklizňová/osevní plocha, hektarový výnos, sklizeň plodin a výnosy silážní kukuřice v ČR.
- Gehring, K. 2015. Unkrautkontrolle im Anbauverfahren. Mais & Grasuntersaat. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, April 2015. <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030378/index.php>
- Janeček, M. et al. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika. 1. vyd. Praha: Powerprint, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Kincl, D. et al., 2018: Komplexní půdoochranné technologie zakládání Zea mays v rámci reintenzifikace rostlinné výroby, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 125 s.
- Kincl, D. et al. 2022. Soil-conservation effect of intercrops in silage maize. *Soil & Water Res.* 17 (3): 180-190. ISSN: 1801-5395. <https://doi.org/10.17221/36/2022-SWR>
- Kincl, D., Kabelka, D., Srbek, J. 2021. Vliv podsevů v kukuřici z hlediska omezení eroze. *Agromanuál 4/2021*, pp. 140-141. ISSN 1801-4895
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Berger, L.L., 2013. Maize is a critically important source of food, feed, energy and forage in the USA. *Field Crops Research* 153, 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.006>
- Kolver, E.S., Roche, J.R., Miller, D., Densley, R., 2001. Maize silage for dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 195–201. <https://doi.org/10.33584/jnzs.2001.63.2407>
- Menšík, L. et al. 2018. Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi. Příkladová studie Boskovická Brázda a Středočeská Pahorkatina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6 - Ruzyně, Praha.
- Menšík, L. et al. 2020. Water Erosion Reduction Using Different Soil Tillage Approaches for Maize (*Zea mays* L.) in the Czech Republic. *Land* 9 (10): 358. ISSN: 2073-445X.
- Menšík, L., Nerušil, P., 2019. Production, qualitative and stand changes of permanent grassland in relation to the intensity of utilization and fertilization level in the Malá Haná region. *Crop Research Institute, Praha 6 - Ruzyně, Praha.*
- Němeček, J. et al. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd. Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.
- Nerušíl, P. et al. 2021. Podsevy trav a jetelovin v kukuřici. Katalog travní směsí a pícniny 2022 - Travaman. Agrokop HB, pp. 4-7.
- Romundt, H., 2013. Untersaaten in Mais - so gelingen sie. In: *Top agrar* (4), 104-109. <http://www.topagrar.com/archiv/Untersaaten-in-Mais-so-gelingen-sie-1115442.html>
- Rožnovský, J. 2022. Změny teploty vzduchu a srážek za poslední desetiletí na území ČR. In: Menšík, L. et al. Eds. *Současné hospodaření na zemědělské půdě v měnících se podmínkách prostředí – SOM (půdní organická hmota)*, 2. ročník. VÚRV, v.v.i., Praha, s. 10-11. ISBN 978-80-7427-401-5

Poděkování

Příspěvek byl vypracován s podporou projektů MZE-RO0423, MZE-RO0223 a NAZV QK1910334.

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Nerušil, Ph.D.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Odbor systémů hospodaření na půdě, Obhospodařování a využívání trvalých travních porostů, VS Jevíčko, K. H. Borovského 461, 569 43 Jevíčko

E-mail: nerusil@vurv.cz, Tel.: +420 461 327 814

Živinný režim trvale zatravněných půd

Nutrient management of permanent grassland soils

Plisková, J.^{1,2}, Pospíšilová, L.¹, Nerušil, P.², Menšík, L.²

¹Mendelova univerzita v Brně

²Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., VS Jevíčko

Abstrakt

Intenzivně obhospodařované luční (travní) porosty jsou velmi náročné na obsah přístupných živin v půdě. Aplikace statkových, organických i minerálních hnojiv výrazně ovlivňuje půdní úrodnost, zejména obsah přístupných živin. Cílem příspěvku je vyhodnotit vliv hnojení minerálními, statkovými a organickými hnojivy na obsah živin v půdě trvalých travních porostů (TTP) v oblasti Boskovické brázdy (Malá Haná) se 4sečným využitím. Obsah přístupných živin (P, K, Ca a Mg) byl nejnižší ve variantách Kontrola a NPK, vyšší obsahy zaznamenány ve variantách Kejda a Digestát, nevyšší obsahy byly stanoveny ve variantě Hnůj. Multikriteriální hodnocení (analýza PCA) prokázala významnou diferenciaci mezi variantami Kontrola, NPK (nejnižší obsahy P a K) oproti variantám se statkovým (Hnůj, Kejda) a organickým (Digestát) hnojením.

Klíčová slova: trvalé travní porosty, statková a organická hnojiva, půda, přístupné živiny, multikriteriální hodnocení

Abstract

Intensively managed permanent grasslands are very demanding in terms of nutrients in the soil. The application of manure, organic and mineral fertilisers has a significant effect on soil fertility, especially on the content of available nutrients. The aim of this paper is to evaluate the effect of mineral, manure and organic fertilisation on the nutrient content in the soil of permanent grasslands (PG) in the Boskovice valley region (Malá Haná) with 4-cut management. Levels of available nutrients (P, K, Ca and Mg) were the lowest in the control and the NPK treatments, higher in the Slurry and Digestate treatments and the highest in the manure treatment. The multi-criteria evaluation (PCA analysis) showed a significant difference between the Control and NPK variants (lowest P and K contents) compared to the farmyard manure (Manure, Slurry) and organic (Digestate) fertilisation variants.

Key words: permanent grasslands, farmyard manure and organic fertilisers, soil, available nutrients, multi-criteria evaluation

Úvod

V Evropě tvoří travní porosty (TP) významný podíl zemědělské půdy a pokrývají zhruba 22 % rozlohy (Lemanski and Scheu, 2015; Stoate et al., 2009). V rámci zemí EU-28 v roce 2013 již zaujímaly trvalé travní porosty (TTP) více než třetinu plochy EU /34,2 %/ (Eurostat, 2018). Z celkové rozlohy ČR (78 887 km²) bylo v roce 2022 cca 53 % (4 205 tis. ha) využíváno jako zemědělská půda (ČSÚ, 2023). Výměra TTP v tomto období činila 1 002 tis. ha, což představuje podíl ve výši 23,8 % na celkové ploše obhospodařované zemědělské půdy. Výměra TTP se v souvislosti s celospolečenskými politickými změnami v ČR a souvisejícími organizačními změnami ve struktuře výroby zemědělských podniků od počátku na počátku 90 let minulého stol. soustavně zvyšuje. TP a TTP jsou velmi cenné hospodářské celky v krajině a agrosystémech. Zajišťují produkci píče a plní další mimoprodukční funkce (Hoover et al., 2014; Lei et al., 2020). Z pohledu výživy a hnojení travních porostů jsou pro produkci píče a její kvalitu nejvýznamnějšími živinami dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík (Fiala et al., 2007). Intenzivně obhospodařované luční (travní) porosty jsou velmi náročné na živiny. Jejich odběr nadzemní

biomasou kolísá v závislosti na půdně klimatických podmínkách stanoviště, botanickém složení porostu, úrovni hnojení, frekvenci využívání, termínu sklizně a dalších faktorech. Výnosem 1 t sena čerpá luční porost v kosné zralosti (ve fázi metání 50 % v porostu dominujících druhů) 16–22 kg N, 2,5–3 kg P, 18–25 kg K, 5–8 kg Ca a 1,5–3 kg Mg (Lichner et al., 1983; Ryant et al., 2004; Holúbek et al., 2007). Hnojení fosforem podporuje především rozvoj jetelovin v travním porostu a zvyšuje koncentraci P v píci (Oelmann et al., 2011; Dindová et al., 2019). Dostatek draslíku v půdě působí příznivě na rozvoj jetelovin – mají nižší schopnost pro jeho příjem, takže trávy při nižším obsahu draslíku v půdě jetelovinám konkurují (Whitehead, 2000). Hořčík je limitujícím prvkem zejména v mladé píci na počátku vegetace v jarním období. Nedostatek hořčíku v půdě a současný přebytek draslíku vyvolává tzv. pastevní tetanii, která se vyznačuje sníženou koncentrací hořčíku v krvi a způsobuje dále poruchy v trávení a tympanii u zvířat (Kudrna et al., 1998). Aplikace statkových a organických hnojiv výrazně ovlivňuje půdní úrodnost, zejména se zaměřením na zvyšování obsahu přístupných živin a obsahu organické hmoty v půdě (Bobbink et al., 2010; Lorenz, Lal, 2018; Menšík et al., 2018, 2019; Marques-dos-Santos et al., 2023 aj).

Cílem příspěvku je vyhodnotit vliv hnojení minerálními, statkovými a organickými hnojivy na obsah živin v půdě trvalých travních porostů (TTP) v oblasti Boskovické brázdy (Malé Hané) se 4sečným využitím.

Materiál a metody

Experiment probíhal v dlouhodobém maloparcelovém pokusu v TTP /JFE/ (49.6282881N, 16.7317036E; VÚRV, v.v.i., VS Jevíčko) založeném v roce 2004. Bylo zvoleno intenzivní využívání (4 seče/rok; termíny sečí 15.5.; 30.6.; 15.8.; 30.9. – doba nárůstu biomasy 45 dní). Lokalita leží v nadmořské výšce 342 m n. m průměrnou roční teplotou 8,4°C /vegetační období 14,7 °C/ a průměrnými ročními srážkami 556 mm /vegetační období 369 mm/ (Stanice Jevíčko /1991–2020/ ČHMÚ Ostrava). Půdním typem výzkumných ploch je fuvizem glejová /FLq/ (Němeček et al., 2011). Geologickým podkladem území jsou horniny permokarbonu Českého masivu (Demek et al., 2006). Botanické složení: luční travní porost (*Arrhenatheretum* – porostní typ ovsíkový). Mezi dominantní druhy trav patří ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* /L./), srha laločnatá (*Dactylis glomerata* /L./), lipnice luční (*Poa pratensis* /L./) (Menšík a Nerušil, 2019; Plisková et al., 2022). Varianty pokusu v TTP: 1. Kontrola bez hnojení /Kontrola/, 2. Minerální hnojení /NPK/, 3. Kejda skotu /Kejda/, 4. Chlévský hnůj s močůvkou /Hnůj/, 5. Digestát /Digestát/. Dávky a termíny minerálních, statkových a organických hnojiv při modelovém zatížení TTP skotem 2,0 DJ.ha⁻¹ /120 kg N/ (Komárek et al. 2005; Menšík, Nerušil 2019) uvádí *tab. 1*. Půdní vzorky byly odebrány z horizontu Ad (0–15 cm) z každé varianty hnojení včetně kontroly v průběhu let 2019–2021 /jaro-březen/. Obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg) byl stanoven ve výluhu dle Mehlich III (Mehlich 1984) na analyzátoru ICP-OES (Thermo Scientific iCAP 7400 Duo, Thermo Fisher Scientific, Cambridge, UK). Statistické analýzy (F- test, KW- test, ANOVA) byly provedeny pomocí programu Statistica 14 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, USA, 2018), dále byla použita vícerozměrná statistická analýza (analýza hlavních komponent /PCA/) dle Melouna a Miličkého (2012).

Tab. 1: Dávky minerálních, statkových hnojiv a termíny aplikací

Varianta	Minerální hnojení						Chlévský hnůj	Močůvka	Hovězí kejda / Digestát	
	N				P					
	kg.ha ⁻¹ č. ž.						t.ha ⁻¹			
	Jaro	po I. Seči	po II. Seči	po III. Seči	Jaro	Jaro	Podzim	po I. Seči	Jaro	po I. Seči
Kontrola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NPK	40	30	30	20	30	60	-	-	-	-
Hnůj	-	-	-	50	-	-	21,9	8,2	-	-
Kejda	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	14,5
Digestát	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	14,5

Pozn.: Skutečné dávky statkových hnojiv byly stanoveny na základě obsahu živin v hnojivu v daném roce.

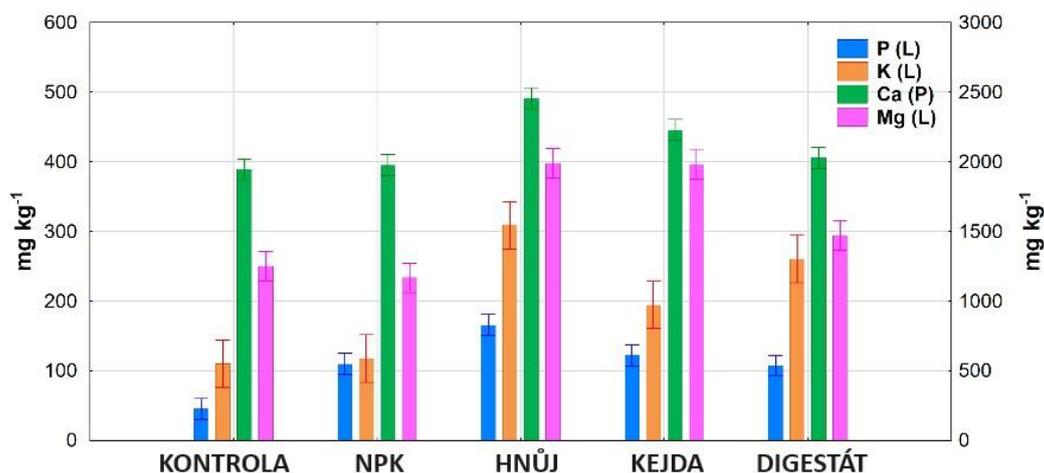
Výsledky

Průměrný obsah přístupných živin stanovený v průběhu období 2019–2021 ve sledovaných variantách v dlouhodobém pokusu s TTP v oblasti Boskovické brázdy (Malé Haně) uvádí *obr. 1*.

Obsah P (hodnoty na levé ose y; modré sloupce; levá osa) – nejvyšší obsah fosforu byl naměřen u varianty Hnůj (166 mg.kg⁻¹) naopak nejnižší obsah P byl zjištěn u nehnojené kontroly, kde obsah činil pouhých 46 mg. Kg⁻¹. Mezi těmito variantami (Hnůj a Kontrola) byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu fosforu. U dalších variant, tj. NPK, Digestát a Kejda se obsah pohyboval v rozpětí od 108 do 123 mg. Kg⁻¹ fosforu. V případě obsahu fosforu bylo zjištěno, že všechny varianty (Hnůj, Kejda, Digestát, NPK) kromě Kontroly mají dostatečně vysoký obsah fosforu. Dlouhodobá aplikace chlévského hnoje na TTP (varianta Hnůj) vedla ke zvýšení koncentrace obsahu P v půdě (velmi vysoký obsah).

Obsah K (hodnoty na levé ose y; oranžové sloupce) – nejnižší obsah draslíku byl zjištěn u dvou variant a to nehnojené kontroly (110 mg.kg⁻¹) a NPK (118 mg.kg⁻¹). Nejvyšší obsah byl naměřen u varianty Hnůj, kde činil 309 mg.kg⁻¹. U obsahu dusíku byly zjištěny dva významné rozdíly, a to mezi variantami Hnůj, Kontrola a NPK. Druhý statisticky významný rozdíl byl mezi variantami Digestát (261 mg.kg⁻¹), Kejda (195 mg.kg⁻¹) a nehnojená kontrola. Všechny varianty měly dostatečně vysoký obsah draslíku v půdě.

Obsah Ca (hodnoty na pravé ose y; zelené sloupce) a **obsah Mg** (hodnoty na levé ose y; růžové sloupce) – Nejvyšší obsah Ca i Mg byl zjištěn u varianty Hnůj (Mg = 397 mg.kg⁻¹, resp. Ca = 2456 mg.kg⁻¹). Varianta Kejda (Mg = 396 mg.kg⁻¹) měla pouze o 1 mg.kg⁻¹ nižší obsah hořčíku než varianta Hnůj, co se týče obsahu vápníku, tato varianta měla hodnotu 2229 mg.kg⁻¹. Nejnižší obsah hořčíku a vápníku v půdě byl zjištěn u varianty NPK, obsah Mg byl 233 mg.kg⁻¹, resp. Ca 1945 mg.kg⁻¹. Obsah hořčíku u varianty Kontrola činil 250 mg.kg⁻¹ a obsah vápníku byl 1976 mg.kg⁻¹. U varianty Digestát byl obsah Ca a Mg vyšší než u Kontroly, avšak zde nebyl významný rozdíl Mg = 294 mg.kg⁻¹, resp. Ca = 2030 mg.kg⁻¹. Statisticky významný rozdíl v obsahu Ca i Mg byl mezi variantami Kontrola, NPK a Hnůj. Všechny hodnocené varianty měly dostatečně vysoký/dobrý obsah hořčíku i vápníku v půdě.

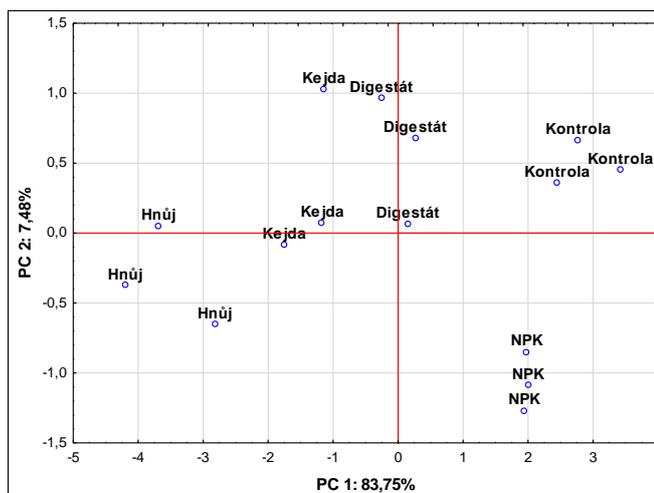
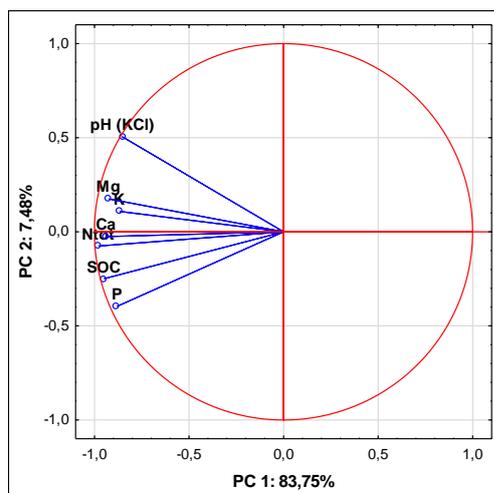


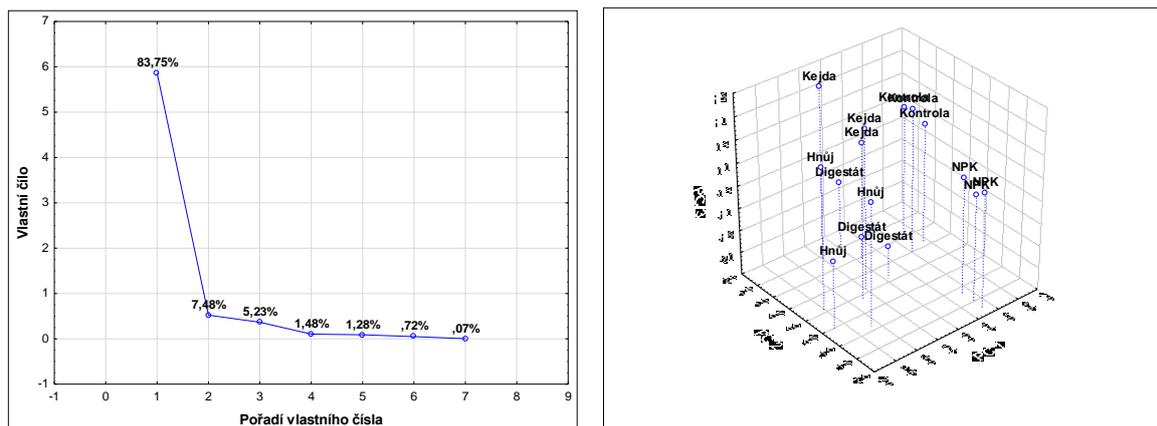
Obr. 1: Obsah přístupných živin v půdě (P, K, Ca, Mg) v hloubce 0–15 cm při 4-sečném systému obhospodařování TTP v pokuse se statkovými hnojivy v letech 2019–2021

Vícerozměrná statistická analýza (multikriteriální hodnocení)

Pro hodnocení vlivu minerálních, statkových a organických hnojiv na stav přístupných živin v půdě byla použita vícerozměrná statistická analýza, a to analýza hlavních komponent (PCA). Do hodnocení byly použity kromě přístupných živin (P, K, Ca a Mg) i další parametry (pH, obsah C a N také za období 2019–2021 /Plisková 2022/). Na grafu komponentních vah PC1, PC2 (obr. 2, dole a nahoře vlevo) jsou významné první dvě osy, které dohromady vyčerpávají cca 92 % variability. Osa PC1 v grafu PC1 x PC2 charakterizuje jednoznačně obsah N, C, Ca a Mg, které jdou přímo podél této osy a jsou s ní korelované na úrovni přesahující hodnotu -0,9 (vysoká záporná korelace), a dále obsah pH, P a K, a Ca, které jsou s ní korelované, přesahující hodnotu -0,85 až -0,88. Na ose PC2 není významná korelace, ale je patrný směr podle pH.

V rozptylovém diagramu komponentního skóre (obr. 2 vpravo nahoře) jsou podél osy PC1 jednoznačně umístěny varianty hnojení. Nejvyšší obsahy živin a nejvyšší půdní reakce je ve variantě hnojení Hnůj oproti všem ostatním variantám. Vyšší obsah živin, je i ve variantě Kejda a Digestát. Nehnojená Kontrola a varianta NPK se významně diferencovala (nejnižší obsahy živin P a K, nízké pH oproti hnojeným variantám statkovými a organickými hnojivy).





Obr. 2: Vícerozměrná matematicko-statistická analýza (PCA) parametrů půdy (pH, obsah C, N a obsah přístupných živin P, K, Mg, Ca) v hloubce 0–15 cm při 4-sečném systému obhospodařování TTP v pokuse se statkovými hnojivy v letech 2019–2021

Diskuze

Z výsledků plyne, že TTP vykazují příznivější bilanci obsahu přístupných živin v půdě v horizontu Ap (0–15 cm) po aplikaci statkových (Hněj, Kejda) a dále i organických hnojiv (Digestát). Nejvhodnějšími hnojivy jsou hnojiva statková, která mají dostatek přístupných živin a která mají i pozitivní vliv na půdní organickou hmotu, rozmanitost půdní bioty a na kvalitu a množství pěstované píče. Hnojení digestátem a minerálními hnojivy není v porovnání se statkovými hnojivy tak přínosné/efektivní. Avšak je potvrzeno, že ve všech variantách je dostatek přístupných živin. Dále bylo potvrzeno, že hnojení přispívá ke zvýšení výnosů biomasy (Plisková, 2022). Rovněž Holátko (2023) zmiňuje, že hnojení digestátem zvyšuje výnos oproti nehnojené kontrole. Dále uvádí, že hnojená varianta má vyšší obsah přístupných živin, než nehnojená varianta. Mauchamp (2016) ve své práci uvádí, že hnojení dusíkem pozitivně ovlivňuje nárůst biomasy u TTP a snižuje pokles druhové rozmanitosti a taktéž snižuje stres rostlin. Dále zmiňuje, že aplikace kejdy na svažitých pozemcích může vést vlivem srážek ke smyvu hnojiv a živin a je nutné vždy optimalizovat agrotechnické a půdo-ochranné technologie hospodaření tak, aby jak způsob hnojení, tak přístupnost živin byly co nejefektivnější.

Závěr

Příspěvek hodnotil vliv dlouhodobého hnojení na živinný režim trvale zatravněných půd, na půdním typu fluvizem glejová, v oblasti Boskovické brázdy (Malé Hané). Ze získaných výsledků lze vyvodit tyto závěry:

- **Obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg)** byl nejnižší ve variantách Kontrola a NPK, vyšší obsahy zaznamenány ve variantách Kejda a Digestát, a nevyšší obsahy stanoveny ve variantě Hněj. U hnojených variant byly zjištěny obsahy živin v následujícím rozsahu: Mg = 233–397 mg.kg⁻¹, Ca = 1945–2456 mg.kg⁻¹, P = 108–166 mg.kg⁻¹ a K = 118–309 mg.kg⁻¹. U nehnojené varianty Mg = 250 mg.kg⁻¹, Ca = 1976 mg.kg⁻¹, P = 46 mg.kg⁻¹ a K = 110 mg.kg⁻¹.
- **Vícerozměrná statistická analýza** prokázala vysokou zápornou korelaci obsahu N, C, Ca a Mg (-0,9) a dále korelaci obsahu pH, P, K a Ca (-0,85 až -0,88). V rozptylovém diagramu komponentního skóre má nejvyšší obsahy živin a nejvyšší půdní reakci varianta Hněj (oproti ostatním hnojeným variantám). Vyšší obsah živin byl zaznamenán i u varianty Kejda a Digestát. Kontrola a varianta NPK se významně diferencovaly nejnižšími obsahy živin (P a K) a nízkým pH oproti variantám se statkovými a organickými hnojivy.

Prezentované výsledky pokusu dokládají, že půda pod TTP při intenzivním využívání porostu (4seče/rok) a při hnojení statkovými hnojivými (hnůj, kejda) vykazuje zlepšující trend v udržování/zlepšování kvality půdy. Hnojení digestátem (organickým hnojivem), je pro půdu příznivé, avšak plně nenahradí všechny funkce statkových hnojiv. U minerálního hnojiva (NPK) byl zjištěn snížený obsah živin a dále zaznamenán pokles půdní reakce.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0423 (interní grant č. 3401/481) a dále projektů MZe ČR, NAZV (QK 21010124, QK21020155, QK23020056).

Literatura

- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J. W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L., & De Vries, W. (2010): Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: A synthesis. *Ecological Applications*, 20(1), 30–59. <https://doi.org/10.1890/08-1140.1>
- ČSÚ (2023): Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní zemědělských plodin - Sklizňová/osevní plocha, hektarový výnos, sklizeň [WWW Document]. URL https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM02G&z=T&f=TABULKA&skupId=386&katalog=30840&pvo=ZEM02G&evo=v1442_!_ZEM02G-celek_1#w=
- Demek J., Mackovčín P. (eds.) et al. (2006): Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR. Vydání II. Brno, AOPK ČR. 582 s., 1 CD. ISBN 80-86064-99-9.
- Dindová A., Hakl J., Hrevušová Z., Nerušil P. (2019): Relationships between long-term fertilization management and forage nutritive value in grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 279: 139–148.
- Eurostat. (2018): Agri-environmental indicator - cropping patterns. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_cropping_patterns&oldid=545622#Data_sources
- Fiala J., Kohoutek A., Klír J. (2007): Výživa a hnojení travních a jetelovinatravních porostů. Metodika pro praxi. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby. 36 s. ISBN 978-80-87011-25-6.
- Holátko, J., Hammerschmidt, T., Kucerik, J., Kintl, A., Baltazar, T., Malicek, O., Latal, O., & Brtnický, M. (2023): Fertilisation of permanent grasslands with digestate and its effect on soil properties and sustainable biomass production. *European Journal of Agronomy*, 149(July), 126914. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126914>
- Holúbek R., Jančovič J., Gregorová H., Novák J., Ďurková E., Vozár L. (2007): Krmovinárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín. 1. vyd. Nitra, SPU. 419 s.
- Hoover D., Knapp A., Smith M. (2014): Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes. *Ecology*, 95(9): 2646–2656.
- Komárek P., Kohoutek A., Fiala J., Odstrčilová V., Nerušil P. (2005): Produkce a kvality píce travních porostů v závislosti na zatížení skotem a frekvenci sečení. In: *Kvalita píce z travních porostů*. Praha, VÚRV: 175–182.
- Kudrna V. a kol. (1998): Produkce krmiv a výživa skotu. Praha, Agrospoj: 362 s.
- Lei T., Feng J., Zheng C., Li S., Wang Y., Wu Z., Lu J., Kan G., Shao C., Jia J., Cheng H. (2020): Review of drought impacts on carbon cycling in grassland ecosystems. *Frontiers of Earth Science*, 17.
- Lemanski, K., Scheu, S. The influence of fertilizer addition, cutting frequency and herbicide application on soil organisms in grassland. *Biol Fertil Soils* 51, 197–205 (2015): <https://doi.org/10.1007/s00374-014-0963-2>
- Lichner S. a kol. (1983): Krmovinárstvo. Bratislava, Príroda. 548 s.
- Lorenz, K., Lal, R., (2018): Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems, 1st ed. Springer International Publishing, Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92318-5>
- Marques-dos-Santos, C., Serra, J., Attard, G., Marchaim, U., Calvet, S., Amon, B. (2023): Available Technical Options for Manure Management in Environmentally Friendly and Circular Livestock Production. In: Bartzanas, T. (eds) *Technology for Environmentally Friendly Livestock Production*. Smart Animal Production. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19730-7_7

- Mauchamp, L., Mouly, A., Badot, P. M., & Gillet, F. (2016): Impact of nitrogen inputs on multiple facets of plant biodiversity in mountain grasslands: Does nutrient source matter? *Applied Vegetation Science*, 19(2), 206–217. <https://doi.org/10.1111/avsc.12214>
- Mehlich A. (1984): Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15:1409–1416.
- Meloun M., Militký J., Hill M. (2012): Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech. Praha, Academia: 760 s.
- Menšík L., Nerušil P. (2019): Produkční, kvalitativní a porostové změny trvalého lučního společenstva ve vztahu k intenzitě využívání a úrovni hnojení v oblasti Malé Hané. Pořadí vydání: první. [Praha]: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 100 s. ISBN 978-80-7427-319-3.
- Menšík, L., Hlisnikovský, L., Kunzová, E. (2019): The State of the Soil Organic Matter and Nutrients in the Long-Term Field Experiments with Application of Organic and Mineral Fertilizers in Different Soil-Climate Conditions in the View of Expecting Climate Change, in: Larramendy, M.L., Soloneski, S. (Eds.), *Organic Fertilizers - History, Production and Applications*. IntechOpen, pp. 23–42. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86716>
- Menšík, L., Hlisnikovský, L., Pospíšilová, L., Kunzová, E. (2018): The effect of application of organic manures and mineral fertilizers on the state of soil organic matter and nutrients in the long-term field experiment. *J. Soils Sediments* 18, 2813–2822. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1933-3>
- Němeček J., Muhlhanselová M., Macků J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P. (2011): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd. Praha, Česká zemědělská univerzita. 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.
- Oelmann Y., Richter A.K., Roscher C., Rosenkranz S., Temperton V.M., Weisser W.W., Wilcke W. (2011): Does plant diversity influence phosphorus cycling in experimental grasslands? *Geoderma*, 167-168:178–187.
- Plisková J., Nerušil P., Pospíšilová L., Menšík L. (2022): The effect of permanent grassland fertilization on the state of soil organic matter and nutrients in Haplic Luvisol. In *Trends and challenges in soil-crop management: Book of abstracts*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2022, s. 69. ISBN 978-80-7509-847-4.
- Ryant P., Richter R., Poulík Z., Hřivna L. (2004): Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin [on-line]. Brno, MZLU. Dostupné z: [URL:http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty_2](http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty_2)
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzog, I., van Doorn, A., de Snoo, G. R., Rakosy, L., & Ramwell, C. (2009): Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 22–46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>
- Whitehead D.C. (2000): Nutrient elements in grassland. Soil-plant-animal relationships. Wallingford, CABI. 369 pp.

Kontaktní adresa:

Ing. Jana Plisková
Mendelova univerzita v Brně,
Agronomická fakulta
Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin
Zemědělská 1665/1
613 00 Brno
Email: xplisko2@mendelu.cz

Hodnocení rychlosti růstu intenzivně ošetřovaného trávníku v kolekci genetických zdrojů jíłku vytrvalého (*Lolium perenne* L.)

Evaluation of the growth rate of intensively treated turf in the germplasm collection of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

Raab S.^{1,2}, Frnková V.², Macháč R.¹

¹OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Zubří

²OSEVA PRO s.r.o., Výzkumná stanice travinářská Zubří

Abstrakt

V letech 2016 až 2017 byl hodnocen průměrný denní přírůstek trávníku v rámci 15 kultivarů jíłku vytrvalého (*Lolium perenne* agg.) z kolekce genetických zdrojů OSEVA PRO s.r.o., Výzkumné stanice travinářské Zubří. Polní pokus byl založen v roce 2014 v Zubří (49°27'57"N, 18°4'51"E, nadmořská výška 345 m, dlouhodobý průměr ročního úhrnu srážek 865 mm, dlouhodobý průměr denní teploty vzduchu 7,5 °C). Porosty byly ošetřovány v intenzivním režimu údržby. Průměrný denní přírůstek všech hodnocených odrůd byl 3,5 mm. Mezi hodnocenými kultivary jíłku vytrvalého byly prokázány statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) v průměrném denním přírůstku trávníku.

Klíčová slova: genetické zdroje, rychlost růstu, intenzivní trávník, Jílek vytrvalý, *Lolium perenne*

Abstract

In the years 2016 to 2017 the average daily increment of aboveground biomass of 15 cultivars of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) from the germplasm collection by OSEVA PRO Ltd. Grassland Research Station Zubří was evaluated. The field experiment (established in 2014) was conducted in Zubří (49°27'57"N, 18°4'51"E, altitude 345 m, annual rainfall 865 mm, annual average temperature 7.5 °C). The swards were treated in the intensive management of turf. The average daily increment of all varieties was 3.5 mm. Statistically significant differences ($P < 0.05$) in the average daily increment between the cultivars of ryegrass were proved.

Keywords: (max 5 slov): genetic resources, growth rate, intensive turf, Perennial ryegrass, *Lolium perenne*

Úvod

Genetické zdroje rostlin představují materiál rostlinného původu ve formě šlechtěných a krajových odrůd, planých druhů a forem, který má současné nebo potenciální využití a zasluhuje proto ochranu a zachování pro budoucnost. Shromažďování a uchovávání genetických zdrojů má význam pro získání donorů cenných vlastností (Roudná a Dotlačil, 2007).

Jílek vytrvalý je jeden z nejrozšířenějších travních druhů pro pícní i trávníkové účely, zejména ve vlhčích přímořských podmínkách s mírnou zimou, ve kterých je schopen růst téměř po celý rok. Původní je v Evropě, severní Africe, západní a střední Asii. Dnes roste zdomácnělý po celém světě, např. Severní Amerika, jižní části Jižní Ameriky (od ostrovů Juana Fernándeze přes Chile a Argentinu až do jižní Brazílie, na jihu až do Patagonie), Austrálie, Nový Zéland, Velikonoční ostrov, Japonsko, Indie, jižní Afrika, Makaronésie. V České republice a na Slovensku se vyskytuje hojně od nížin do podhůří, je zavlékán i do horských oblastí. Roste podél cest a chodníků, na sešlapávaných plochách, návsích, pastvinách, suchých loukách a na rumišťích. Vyhledává zpravidla půdy bohatší na dusík. Je dobře přizpůsoben seči, proto je často přisíván do kulturních luk, městských trávníků a na golfová hřiště. Kvete od května do října.

V našich klimatických podmínkách s drsnějšími zimami a delšími obdobími sucha v průběhu roku se mu již tak dobře nedaří, proto musí být ve směsích doplňován jinými travními druhy. U jílku vytrvalého byly vyšlechtěny stovky odrůd, lišící se raností, morfologií, barvou i využitím. V dobrých podmínkách vzhází již za týden po výsevu. Na počátku vývoje trávníku rychle zakrývá půdu, chrání ji před nadměrným vypařováním vody a omezuje zaplevelení. V dalších letech se v trávníku uplatňuje především jeho vitalita a schopnost rychle regenerovat. Na podzim a na jaře bývá jílek vytrvalý napadán plísní sněžnou (*Monographella nivalis*), zejména v podmínkách, kdy dochází ke střídání teplot a na trávníku leží sníh. Na jaře a počátkem léta, kdy jsou vlhkostní poměry příznivé, jílek vytrvalý roste velmi dobře a přispívá tak k pěknému vzhledu trávníku. V období letních přísušků (červenec-srpen) zastavuje růst, je často napadán rzí (*Puccinia graminis* či *Puccinia coronata*) nebo dalšími houbovými chorobami (např. *Laetisaria fuciformis*, *Sclerotinia homeocarpa*, *Drechslera* apod.). Z hlediska ošetřování vyžaduje jílek vytrvalý častější sekání, nejlépe na výšku porostu 20-30 mm, jinak řídne a z trávníku ustupuje. V období maximálního růstu potřebuje dostatek živin, v období sucha je náročný na zavlažování. Vzhledem k rychlému vývoji po zásevu, vysoké vitalitě a regenerační schopnosti, nalézá jílek vytrvalý velmi široké uplatnění ve většině trávníků s výjimkou jemnolistých okrasných, či některých speciálních. Je také důležitou součástí většiny regeneračních směsí. V posledních letech se podařilo vyšlechtit nové odrůdy, které se šířkou listů blíží kostřavám červeným a mohou se používat i v trávnících okrasného charakteru. Tyto odrůdy jsou však v našich podmínkách mnohem více napadány plísní sněžnou (Grau, 1990; Hrabě a kol., 2009; Šašková, Štolfa, 1993; Ševčíková, 2010)

OSEVA PRO s.r.o., Výzkumná stanice travinářská Zubří je v rámci ČR kurátorem genofondové sbírky travin, ve které je kolekce jílku vytrvalého tvořena v současnosti 490 dostupnými položkami, z toho 63 ekotypů a 427 odrůd. Ve Státní odrůdové knize ČR bylo k 30. 6. 2023 zapsáno celkem 108 odrůd, z toho 84 odrůd nebylo určených k využití jako pícnina (trávníkové odrůdy). Všechny získané genetické zdroje pro trávníkové využití jsou hodnoceny v intenzivní variantě polního pokusu, kde jsou hodnoceny specifické znaky. Hodnocení genetických zdrojů trav je nezbytným předpokladem pro jejich praktické využití ve šlechtění a výzkumu.

Cílem práce bylo vyhodnotit průměrné denní přírůstky trávníku 15 českých a zahraničních odrůd jílku vytrvalého v intenzivně ošetřované variantě polního pokusu během dvou užitkových let (druhý a třetí rok po výsevu). Současně byla zhodnocena roční dynamika rychlosti růstu trávníku z jílku vytrvalého a celkový roční nárůst trávníku.

Materiál a metody

Maloparcelkový polní pokus byl založen 10. června 2014 v katastru města Zubří a výška trávníku po každé seči byla hodnocena v letech 2016–2017. Vzhledem k omezenému množství osiva genetických zdrojů byl pokus založen ve 2 znáhodněných opakováních s velikostí jednotlivých parcel 1,5 m². Výsev byl proveden ručně s následným zaválením ručním rýhovaným válcem a výsevné množství bylo stanoveno na základě užitné hodnoty osiva. Termíny sečí intenzivní varianty trávníkového pokusu probíhaly podle Metodiky práce s kolekcemi genetických zdrojů travin, která je součástí Rámcové metodiky pro práci s genetickými zdroji rostlin (Holubec a kol., 2015). Termíny sečí: zjara každý týden, od poloviny června po 10–14 dnech. Termíny sečí byly přizpůsobovány aktuálnímu stavu porostů a meteorologickým podmínkám. Celkem bylo v roce 2016 provedeno 15 sečí a v roce 2017 byly porosty posečeny 17x. Pokusy byly hnojeny 4x ročně speciálními trávníkovými hnojivy Floranid Turf (1. termín březen/duben, 2. termín květen/červen) a Floranid NK (1. termín srpen, 2. termín říjen). Celková roční aplikovaná dávka základních živin: N 20,4 g.m⁻², P (ve formě P₂O₅) 3,0 g.m⁻², K (ve formě K₂O) 16,2 g.m⁻², Mg (ve formě MgO) 3,0 g.m⁻². Trávníkové pokusy byly sečeny rotační travní sekačkou na výšku strniště 22 mm, nebo 31 mm (větší výška při zhoršeném stavu porostu v letním období – sucho). Před každou sečí bylo provedeno

změření výšky trávníku. Rychlost růstu jednotlivých odrůd pak byla vypočtena jako rozdíl mezi výškou trávníku v další seči a výškou strniště předchozí seče, výsledná hodnota se poté vydělila počtem dnů mezi sečemi. Tímto způsobem bylo hodnocení prováděno podle klasifikátoru pro trávy (Ševčíková, Šrámek, Faberová, 2002). Seznam, původ a růstová forma hodnocených odrůd kostřavy červené jsou uvedeny v tabulce 1. Teplotní a srážkový průběh počasí v letech 2016–2017 je uveden v tabulce 2.

Získané výsledky byly statisticky zhodnoceny základními popisnými statistickými metodami a jednofaktorovou i vícefaktorovou analýzou variance ANOVA v programu TIBCO Statistica. Statistická významnost rozdílů středních hodnot u všech porovnávaných skupin byla zhodnocena pomocí Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $p = 0,05$.

Tabulka 1: Hodnocené odrůdy jílku vytrvalého

ECN	Druh	Odrůda	Původ
14G2000678	<i>Lolium perenne</i>	BARCRISTALLA	NLD
14G2000680	<i>Lolium perenne</i>	BARMARGA	NLD
14G2000677	<i>Lolium perenne</i>	BARTRIOMPH	NLD
14G2000673	<i>Lolium perenne</i>	DOTON	CZE
14G2000681	<i>Lolium perenne</i>	ECOLOGIC	USA
14G2000672	<i>Lolium perenne</i>	HELE	CZE
14G2000674	<i>Lolium perenne</i>	HONZÍK	CZE
14G2000252	<i>Lolium perenne</i>	JAKUB	CZE
14G2000692	<i>Lolium perenne</i>	JOZÍFEK	CZE
14G2000691	<i>Lolium perenne</i>	MIREK	CZE
14G2000686	<i>Lolium perenne</i>	PEPA	CZE
14G2000676	<i>Lolium perenne</i>	PINNACLE II	NLD
14G2000682	<i>Lolium perenne</i>	RAGNARIC	USA
14G2000683	<i>Lolium perenne</i>	RAGNARIC II	USA
14G2000679	<i>Lolium perenne</i>	WALHALLA	NLD

ECN: evidenční číslo národní genetického zdroje

Původ: kódy státu dle ISO 3166-1 alpha-3

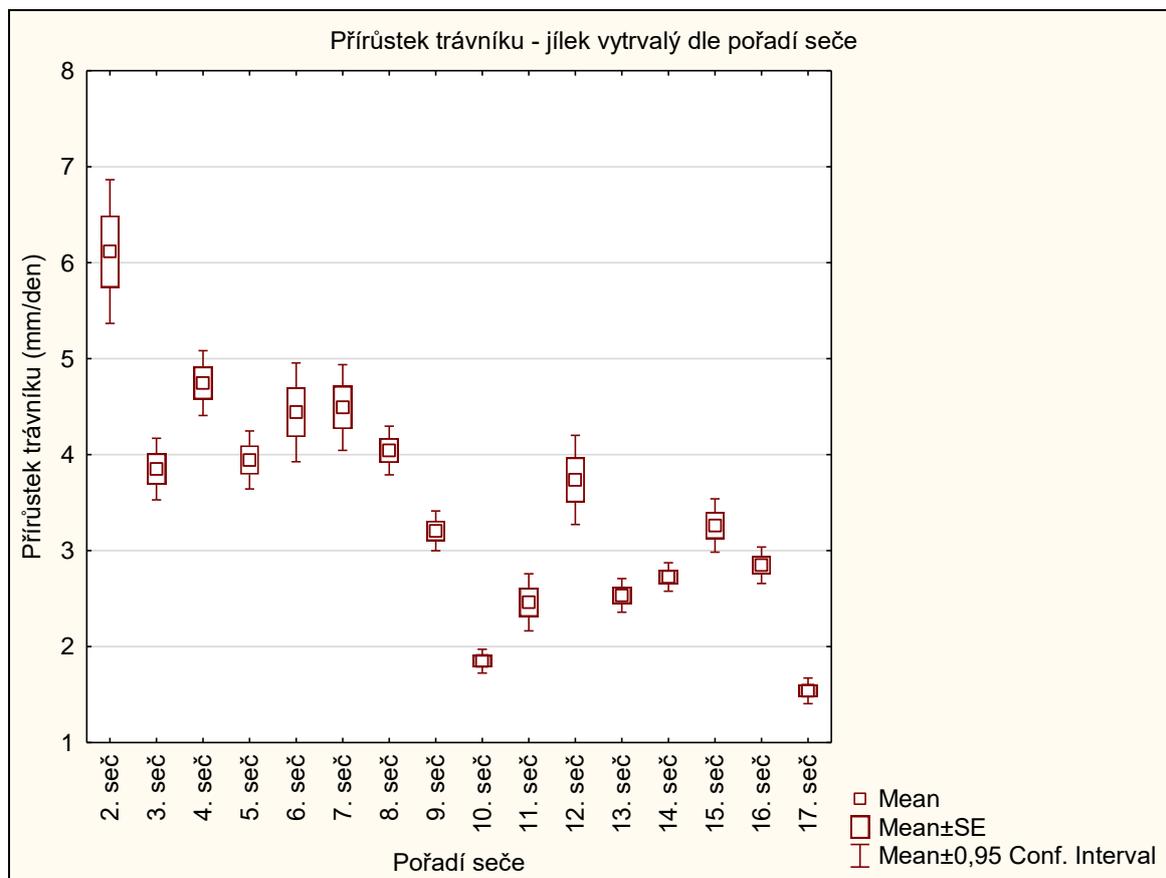
Tabulka 2: Meteorologická charakteristika období 2016-2017 na lokalitě Zubří (srovnání s klimatickými normály 1961-1990)

Měsíc	Průměrná teplota vzduchu [°C]			Úhrn srážek [mm]		
	Normál	2016	2017	Normál	2016	2017
Leden	-2,6	-1,7	2,2	46,3	45,7	10,4
Únor	-1,0	4,3	-2,7	48,7	86,8	60,5
Březen	2,5	4,4	1,5	47,9	31,0	46,7
Duben	7,5	9,0	14,1	61,2	78,1	132,6
Květen	12,5	14,2	16,9	92,4	41,2	54,0
Červen	15,3	18,8	18,4	114,7	58,5	72,1
Červenec	16,7	19,8	19,7	113,9	258,7	78,0
Srpen	16,2	17,8	21,3	102,1	74,0	46,7
Září	13,0	16,2	15,4	62,5	58,9	165,0
Říjen	8,4	8,0	10,8	50,3	118,8	89,4
Listopad	3,3	4,5	5,4	66,2	49,9	47,3
Prosinec	-0,9	-0,7	1,2	58,3	31,3	42,7
Rok	7,5	9,2	10,3	864,5	932,7	845,3

Výsledky a diskuze

Přírůstek jílku vytrvalého v jednotlivých sečích a v průměru obou let a všech odrůd jsou znázorněny v grafu 1. Největší intenzita přírůstků trávníku jílku vytrvalého byla v jarním období do 7. seče, což odpovídá době na začátku měsíce června. Následovalo snižování intenzity růstu trávníku do letního období až do 11. seče (přelom měsíce července a srpna). Poté nastává další období intenzivního růstu trávníku od počátku srpna, avšak jarních přírůstků již není dosahováno a během podzimního období dochází ke střídání intenzivnějšího a méně intenzivního růstu. Podobný průběh uvádí i John a kol. (2021), podle něhož se jedná o druh s intenzivním růstem během jara a období s dostatečným množstvím srážek a v období, kdy není dostatečné množství vody pro růst, jílek vytrvalý ihned zastavuje růst.

Graf 1: Dynamika rychlosti růstu trávníku jílku vytrvalého v jednotlivých sečích (průměr odrůd a let 2016–2017)



Denní přírůstek trávníku v průměru obou hodnocených let a všech odrůd jílku vytrvalého představoval 3,5 mm. Míka a kol (2002) uvádí u trávníkových odrůd jílku vytrvalého průměrné přírůstky v rozmezí 2,9-9,2 mm v závislosti na ročním období. V našich pokusech měly odrůdy v roce 2016 výraznější denní přírůstek - 4,5 mm než v roce 2017, kdy měl průměrný denní přírůstek 2,5 mm. K tomuto meziročnímu rozdílu přispěl především silně nadnormální úhrn srážek v měsíci červenci 2016 (259 mm) a následný intenzivní růst trávníku v druhé polovině července a v srpnu stejného roku.

Všechny hodnocené odrůdy jílku vytrvalého je podle denního přírůstku možné rozdělit na tři skupiny (viz. tabulka 3 a graf 2). První skupinu, tvořena největším počtem odrůd, s průměrným denním přírůstkem nižším než 3,45 mm byla tvořena odrůdami pěti nizozemskými odrůdami Pinnacle II, Walhalla, Bartrionph, Barmarga, Barcrisatalla, dvěma českými odrůdami Mirek a Honzík a jednou americkou odrůdou Ecologic. Druhá skupina dosahovala průměrných denních

přírůstků trávníku od 3,56 do 3,93 mm. Jednalo se o čtyři české odrůdy Jozífek, Doton, Pepa a Hele a dvě americké odrůdy Ragnaric a Raganric II. V poslední skupině s průměrným denním přírůstkem nad 4,3 mm byla jediná česká odrůda Jakub. Tato odrůda překonala statisticky významně odrůdy v první skupině.

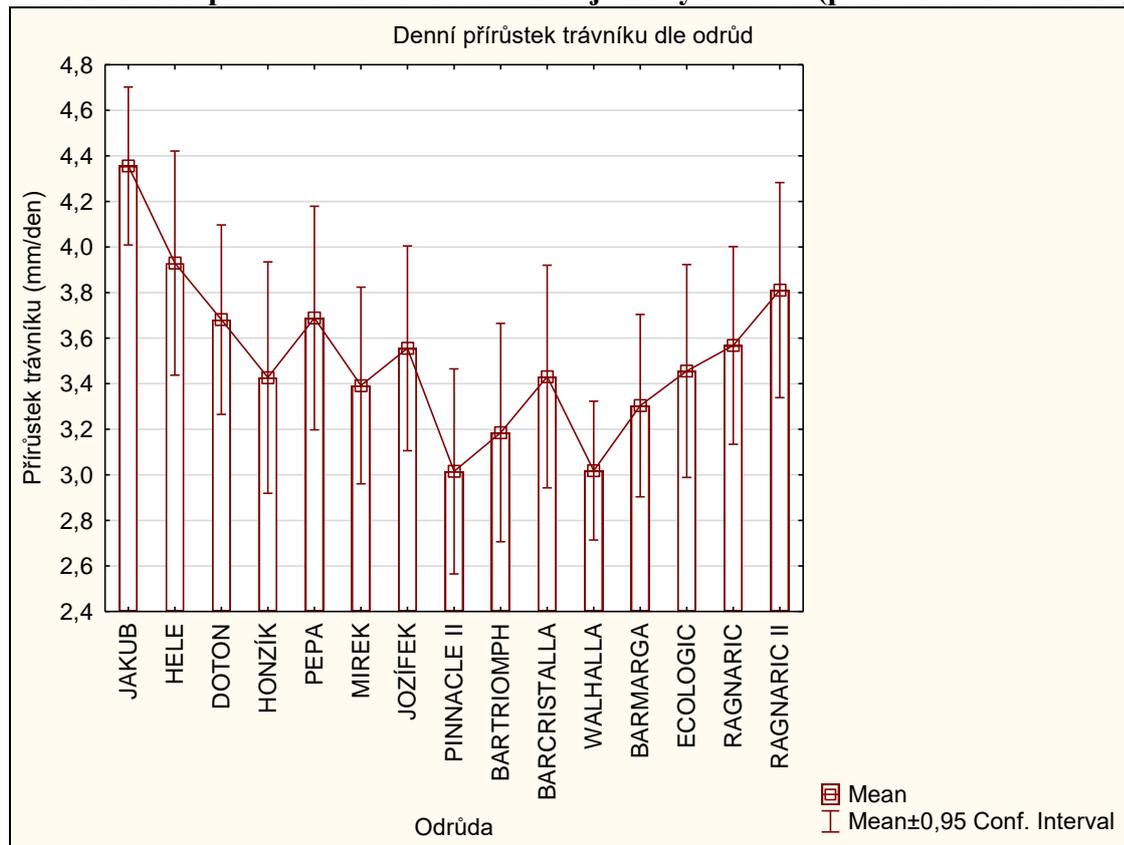
V roce 2017 byl při hodnocení průměrného denního přírůstku trávníku zjištěn celkem 8x přírůstek nižší než 1 mm, a to u odrůd Pinnacle II v 10. a 17. seči a odrůd Mirek, Ragnaric II, Honzík, Jakub a Walhalla v 17. seči. Naopak největší přírůstky překonávající 9 mm za den byly zjištěny pouze v 2. seči v roce 2016 u odrůd Jakub, Hele, Honzík, Pepa, Ragnaric II, Barcristalla, Bartrionph a Ecological. Absolutně nejvyšší denní přírůstek činil 11,1 mm a byl zjištěn v 2. seči roku 2016 u odrůd jakub, Pepa, Ecological a Bartrionph.

Tabulka 3: Denní přírůstek trávníku u jednotlivých odrůd jílku vytrvalého (průměr let 2016-2017):

Odrůda	Přírůstek trávníku [mm/den]	Statistická průkaznost*
PINNACLE II	3,02	b
WALHALLA	3,02	b
BARTRIOMPH	3,19	b
BARMARGA	3,30	b
MIREK	3,39	b
HONZÍK	3,43	b
BARCRISTALLA	3,43	b
ECOLOGIC	3,46	b
JOZÍFEK	3,56	ab
RAGNARIC	3,57	ab
DOTON	3,68	ab
PEPA	3,69	ab
RAGNARIC II	3,81	ab
HELE	3,93	ab
JAKUB	4,36	a

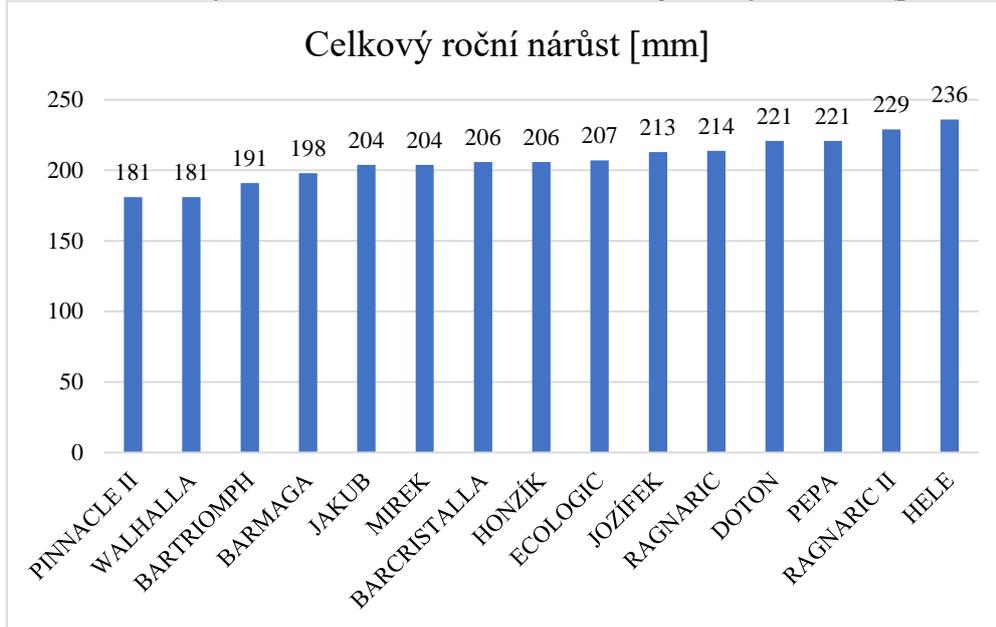
*Tukey HSD test ($P < 0,05$)

Graf 2: Denní přírůstek trávniku u odrůd jílku vytrvalého (průměr let 2016-2017)



Porovnání celkového ročního nárůstu trávniku mezi hodnocenými odrůdami jílku vytrvalého v průměru let 2016 a 2017 je znázorněn v grafu 3. Celkový roční nárůst se v závislosti na odrůdě pohyboval od 181 mm do 236 mm. Nejnižšího nárůstu dosáhly dvě nizozemské odrůdy Pinnacle II a Walhalla (181 mm) a největšího celkového ročního nárůstu dosáhla česká odrůda Hele.

Graf 3: Celkový roční nárůst trávnicku u odrůd jíłku vytrvalého (průměr let 2016 a 2017)



Pro celkové zhodnocení a porovnání rychlosti růstu a dalších znaků a vlastností jednotlivých odrůd by bylo účelné rovněž výzkumné ověření zkoušených genotypů z hlediska osídlení endofytními houbami, které podle Koukola a Haňáčkové (2017) významně ovlivňují fitness rostliny.

Závěr

V souboru námi testovaných odrůd jíłku vytrvalého byly nalezeny genotypy s intenzivním i méně intenzivním růstem. Pomalejší růst je při praktickém využití v trávnickářství častěji žádán z důvodu snížení nákladů na údržbu trávnicků – snížení počtu potřebných sečí a také v případě množství posečené hmoty je úspora na nákladech za manipulaci a likvidaci posečené hmoty. Intenzivněji rostoucí odrůdy naproti tomu umožňují rychlejší regeneraci trávnicku, který je poškozen působením abiotických či biotických stresů a tím umožňují zlepšení estetického vzhledu trávnicku a kvality travního drnu. Odrůdy jíłku vytrvalého, které v našem výzkumu dosahovaly největších denních přírůstků trávnicku, se vyznačují specifickými vlastnostmi, pro které jsou do určitých trávnickových směsí hojně využívány (např. komunikační, sadové, krajinné trávnicky). Jedná se především o schopnost zaplňovat prázdná místa v porostech. Jeho předností je také nízká cena osiva, neboť se jedná o druh s dobrou semenářskou produktivitou.

Literatura

- Grau, J. et al. (1990): Trávy. Přeložil Jiří Váňa. 2. vydání. Praha: Euromedia group – Ikar a Knižní klub, 287 s., ISBN 80-249-0039-4
- Holubec V. a kol., 2015: Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity. Praha: VÚRV. s. 280–295.
- John S., Tilley L. D., Hunt P., Wright S., 2012: Plant Guide for Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L. ssp. *perenne*) [online]. Aberdeen, Idaho, USA: USDA-Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center [cit. 2023-10-08]. URL: https://plants.usda.gov/DocumentLibrary/plantguide/doc/pg_lopep.docx
- Koukol O., Haňáčková Z., 2017: Endofyty – všudypřítomní kolonizátoři rostlinných pletiv. Živa: Časopis pro biologickou práci [online]. 65 (5): 227–231 [cit. 2023-10-08]. URL: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/endofyty-vsudypritomni-kolonizatori-rostlinnych-pl.pdf>.
- Míka V., 2002: Morfogeneze trav. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 200 s. ISBN 80-86555-20-8.
- Roudná, M., Dotlačil, L. 2007: Genetické zdroje – význam, využívání a ochrana. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN 978-80-7212-469-5.
- Šašková, D., Štolfa, V. (1993): Trávy a obilí. 1. vydání, Praha: Artia a Granit, 64 s., ISBN 80-85805-03-0.
- Ševčíková M., Šrámek P., Faberová I., 2002: Klasifikátor. Trávy (Poaceae). Praha: VÚRV, 34 s.
- Ševčíková M., 2010: Pěstované rody a druhy trav. In: Cagaš B. Trávy pěstované na semeno. Olomouc: Vydavatelství Ing. Petr Baštan, s. 42–44. ISBN 978-80-87091-11-1.
- Wäli P., Helander M., Saloniemi I., Ahlholm J., Saikkonen K., 2008: Variable effects of endophytic fungus on seedling establishment of fine fescues. *Oecologia*, 159: 49–57.

Poděkování

Práce vznikla za podpory Ministerstva zemědělství v rámci řešení Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agro-biodiversity č. 43/2023-MZE-62216/2022-13113 a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZE-RO1823.

Kontaktní adresa:

Ing. Simona Raab
Oseva vývoj a výzkum s.r.o.
Hamerská 698
756 54 Zubří
raab@oseva.cz

Využití listové výživy v období tvorby zrna v reakci na podmínky prostředí

Foliar nutrition utilization during grain formation in response to environmental conditions

Raimanová I., Haberle J., Svoboda P., Wollnerová J.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Abstrakt

V maloparcelovém polním pokusu realizovaném v Praze Ruzyni v roce 2020 byl hodnocen příjem dusíku (s využitím stabilního izotopu ^{15}N) z listově aplikované močoviny a účinnost jeho využití rostlinami ozimé pšenice (cv. Artix) a následná translokace přijatého dusíku rostlinou během období tvorby zrna. Listová aplikace byla provedena ve 3 termínech (metání, začátek kvetení a 10 dní po odkvětu) v režimu diferencované dostupnosti vody (varianty S, R, V). Nejvyšší podíl přijatého N byl v rostlinách v době sklizně zjištěn při aplikaci 10 dní po kvetení, kdy dosáhl úrovně 66.3-72.9 % z aplikovaného množství. Současně byl v tomto termínu aplikace detekován nejvyšší podíl dusíku přijatého rostlinou v zrna (více než 95 %). U varianty stresované suchem (S) byly obdobné hodnoty (67.3, res. 92.3 %) zaznamenány již v 2. termínu aplikace (kvetení).

Klíčová slova: dostupnost vody, pšenice, využití dusíku

Abstract

In a small-plot field experiment carried out in Prague Ruzyně in 2020, the nitrogen uptake from foliar-applied urea and the efficiency of its utilization by wheat plants (cv. Artix) and the subsequent translocation of the received nitrogen by plants during the grain formation period were evaluated using the ^{15}N stable isotope. Three terms of the foliar application were provided (early inflorescence, beginning of flowering and 10 days after flowering). The effect of water availability was also observed. In the third term of the foliar application, the highest proportion of N uptake was found. The proportion at harvest time reached the level of 66.3-72.9% of the applied amount. In this application term, the largest proportion of utilized N was found in the grain (more than 95%). For the drought-stressed variant, similar values were already found after the foliar application during flowering (67.3 and 92.3%, respectively).

Keywords: water availability, wheat, nitrogen utilization

Úvod

V posledním desetiletí stoupá četnost výskytu extrémních klimatických jevů, delší období sucha či vysokých teplot se střídají s přivalovými srážkami. Zároveň se výrazně zhoršuje kvalita půdy a snižuje rozmanitost mikrobiální populace (Rillig *et al.*, 2019). To vše přispívá k odlišné dynamice příjmu a využití živin z půdy plodinami.

Dostupnost vody je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících růst a vývoj plodin a tím výnos a kvalitu získané produkce. U pšenice je k tomuto faktoru prostředí nejcitlivější období kvetení a tvorby zrna (Farooq *et al.*, 2014).

Foliární aplikace minerálních živin může plodinám pomoci překonat tato kritická růstová období. Využití listové výživy představuje rychlou, cílenou a environmentálně přijatelnou možnost zlepšení produktivity plodin s pozitivním ovlivněním výnosu (White *et al.*, 2015, Ishfaq *et al.*, 2022), jak v optimálních, tak v situaci nepříznivých růstových podmínkách (Ruiz-Navarro *et al.*, 2019). Listovou výživu lze vhodně využít jako opatření regulující či kompenzující nedostatek živin v kritických růstových fázích pro optimalizaci výnosu plodin, kvality produkce a snížení rizik spojených s aplikací živin do půdy jako je jejich vyplavování živin a ztráty volatilizací.

Cílem studie bylo stanovit možnosti využití listové výživy v pozdních fázích vývoje pšenice v reakci na odlišnou dostupnost vody.

Materiál a metody

V roce 2020 byla v maloparcelovém polním pokusu s ozimou pšenicí (*Triticum aestivum* L., cv. Artix, raná odrůda, pekařská jakost B, Selgen a.s.) sledována účinnost využití listově aplikovaného dusíku rostlinou. Foliární aplikace močoviny byla provedena ve 3 různých termínech (metání, začátek kvetení a 10 dní po odkvětu) v období tvorby zrna na porosty ve 3 stratifikovaných režimech s odlišnou dostupností vody (varianty S, R, V). Vybraná odrůda byla pěstována na pozemcích VÚRV, v.v.i. v Praze-Ruzyni (334 m n.m., teplá, mírně suchá oblast, černozem luvická, průměrná roční teplota 8,5 °C, průměrné roční srážky 477 mm).

Do fáze metání byla dostupnost vody pro porost pšenice závislá pouze na srážkách a zásobě vody v půdě. Od počátku metání byla část parcel zakrývána mobilním krytem (varianta S) tak, aby dostupnost vody v kořenové zóně na počátku kvetení klesla pod úroveň snížené dostupnosti a v době nalévání zrna došlo ke snížení až k bodu vadnutí. Ve stejném období byla u části parcel zahájena kapková závlaha pro zajištění optimální dostupnosti vody (varianta V). Na zbývající části parcel závisela dostupnost vody pro porost jen na srážkách a zásobě vody v půdě (varianta R). Všechny varianty byly hnojeny stejnou dávkou N (100 kg N.ha⁻¹) a porost byl standartně ošetřen fungicidy.

Aplikace 5% roztoku močoviny obohacené stabilním izotopem ¹⁵N na praporcový list označené rostliny byla provedena ve třech různých termínech - na počátku metání (BBCH 51), na začátku kvetení (BBCH 61) a poté 10 dní po kvetení. Pro aplikaci v každé variantě bylo označeno vždy 12 stébel ve stejném vývojovém stádiu. V době sklizně byla označená stébla z jednotlivých termínů aplikace sklizena a rozdělena po 4 na 1 opakování. Stébla byla dále dělena na klasy, praporcový list, 1. internodium a zbytek stébla. Po usušení bylo odděleno zrno a plevy. V jednotlivých částech byly stanoveny následující parametry: 1/ suchá hmotnost (g), 2/ celkový obsah N (%) a 3/ podíl ¹⁵N (atom. %) v biomase. Vzorky byly pro analýzu jemně rozemlety na kulovém vibračním mlýnu Retch. Obsah N a izotopu ¹⁵N v rostlinné biomase byl stanoven na izotopovém hmotnostním spektrometru Isoprime precisION (Elementar UK) spojeném s elementárním analyzátozem Vario PYRO cube (Elementar Germany). Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu STATISTICA 14 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA). Byla provedena analýza rozptylu (ANOVA), rozdíly mezi průměry byly hodnoceny Tukeyho HSD testem (při p < 0,05).

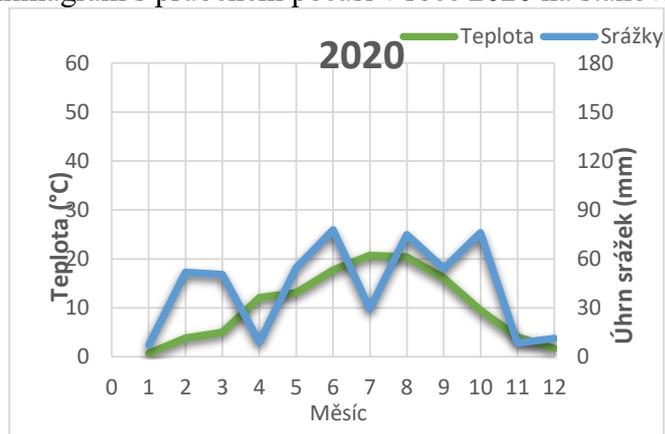
Výsledky a diskuze

Průběh počasí výrazně ovlivňuje vývoj porostu, zakládání klasů, termín kvetení, tvorbu zrna a jeho výslednou kvalitu a výnos. V roce 2020 byl poměrně teplý a velmi suchý duben (srážkový úhrn pouze 9 mm), následovaný teplotně i srážkově průměrným květnem. Období po odkvětu a během tvorby zrna však bylo nezvykle chladné (průměrná teplota v červnu dosáhla pouze 17,7 °C a byla o téměř o 3 °C nižší než průměr za posledních 5. let (2018–2022) – 20, 4°C, úhrn srážek byl průměrný (Graf 1).

Agrometeorologické podmínky v období před a během tvorby zrna mají rozhodující vliv na dostupnost živin z půdy, rychlost stárnutí listů a tím i jejich schopnost být zdrojem asimilátů pro tvorbu zrna a ovlivňují i délku období, kdy dochází k translokaci uložených asimilátů z dočasných úložných prostor a stárnoucích pletiv do zrna (Gan a Amasino, 1997). Sucho a zvýšená teplota v době před koncem plnění zrna mají za následek zkrácení tohoto období a snižují výnos zrna, stejně jako střední a měrnou hmotnost zrna (Gooding *et al.*, 2003).

Metabolická aktivita listů je podmínkou pro jejich schopnost přijímat živiny aplikované na list a účinně je asimilovat a využít je pro rostoucí zrno.

Graf 1. Waltrův klimagram s průběhem počasí v roce 2020 na stanovišti Praha Ruzyně.

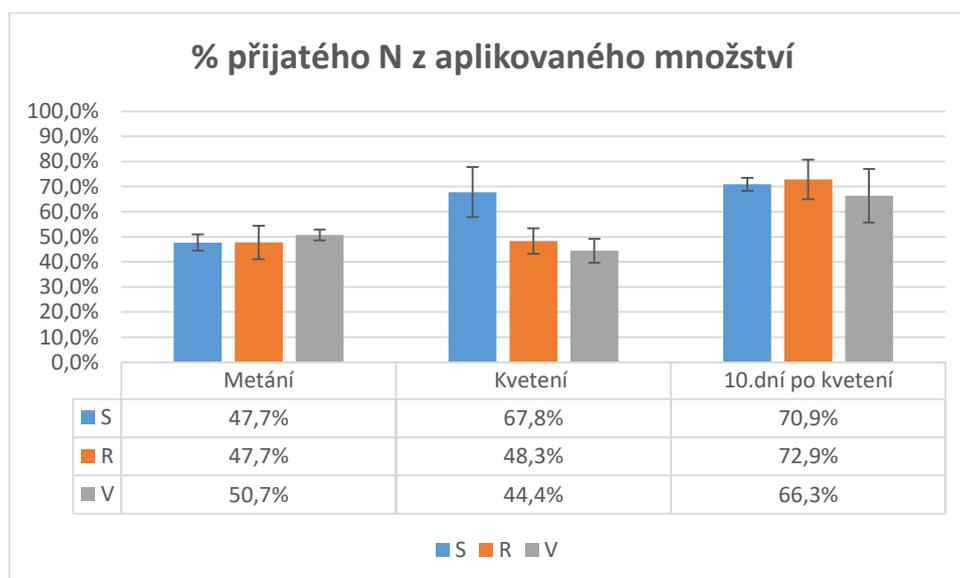


V našem modelovém pokusu, se zvyšoval podíl přijatého dusíku z aplikované močoviny s termínem jeho aplikace (Graf 2). Ve fázi metání, tedy ještě před kvetením a začátkem navození vodního stresu (varianta S), byl podíl přijatého dusíku zabudovaného v rostlině na úrovni 50 % z aplikovaného množství bez rozdílu varianty dostupnosti vody (47,7–50,7 %).

U dusíku aplikovaného na list na začátku kvetení vzrostl jeho přijatý podíl u rostlin pšenice pěstovaných na variantě S na téměř 68 % a statisticky průkazně ($p \leq 0.05$) se lišil v porovnání s oběma dalšími variantami R a V (48 resp. 44 %). To může souviset, se snižující se schopností kořenů přijímat dusík ze suché půdy u varianty S. Vysoký vodní stres během období tvorby zrna může snížit příjem dusíku, což ovlivňuje výnos a kvalitu zrna. Dostupnost vody může koncentraci N v zrna zvýšit (Abreu *et al.*, 1993).

Nejvyšší podíl přijatého N byl v rostlinách nalezen po jeho aplikaci v době plnění zrna (10. dní po kvetení). V době sklizně bylo v rostlinách nalezeno kolem 70 % z aplikovaného množství (70,9, 72,9 a 66,3 % varianty S, R, V).

Graf. 2 Obsah přijatého N v době sklizně (v %) z množství aplikovaného na praporečový list pšenice ve 3 různých aplikačních termínech (metání, kvetení a 10 dní po kvetení) v reakci na dostupnost vody pro rostliny (varianty S, R, V) Průměrné hodnoty \pm std. odchylka.



Zajímavým zjištěním byla míra využití přijatého dusíku pro tvorbu zrna (Tab. 1). Zrající zrno se postupně stává jediným místem, kam rostlina akumuluje asimiláty z ostatních částí. To se

potvrdilo i v našem pokusu, kdy se s pozdějším termínem aplikace zvyšoval podíl přijatého dusíku nalezeného ve sklizni v zrna – od v průměru 85.6 % (u dusíku aplikovaného v metání), přes 91.0 % (ze začátku kvetení) až po 95.9 % (u dusíku přijatého 10 dní po kvetení) bez ohledu na režim dostupnosti vody.

Měnila se i distribuce do ostatních částí rostliny, kdy dusík aplikovaný a přijatý 10 dní po kvetení již téměř nebyl nalezen ve slámě (méně než 0,1 %) a to ani v 1. internodium (v průměru 0,5–1,0 %), které dlouhou dobu slouží jako dočasné úložiště asimilátů.

Tab. 1 Využití přijatého foliárně aplikovaného N ve 3. různých aplikačních termínech pro tvorbu zrna a jeho distribuce v rostlině (v %) v době sklizně (Průměrné hodnoty \pm std. odchylka; $p < 0,05$ dle Tukey HSD testu)

Podíl z přijatého množství dusíku (%)						
Část rostliny	Zrno		Plevy		Sláma	
Varianta aplikace						
Metání	85,6 \pm 3,5	c	7,3 \pm 2,4	a	0,95 \pm 0,34	a
Kvetení	91,0 \pm 2,5	b	3,2 \pm 1,7	b	0,98 \pm 0,54	a
10. dní po kvetení	95,9 \pm 1,2	a	1,7 \pm 1,2	b	0,08 \pm 0,07	b

Listová výživa zažívá v posledních letech velký rozmach a široce uplatňována u mnoha plodin. Tato doplňková varianta hnojení se běžně používá pro korekci a/nebo udržení úrovně živin v rostlině, v období omezené dostupnosti živin v půdě, pro dodání prvků s nízkou pohyblivostí ve floému či v období zvýšené poptávky po živinách během vegetačního období (Eichert *et al.*, 2012). Hnojení na list doplňuje hnojení do půdy a pro určité živiny, vlastnosti půdy, druhy rostlin a fenologická stadia by mohlo být účinnější a šetrnější k životnímu prostředí než hnojení půdy (Eichert *et al.*, 2012). Některé mechanismy spojené s příjmem aplikovaných živin, jejich průnikem do nitra listu, absorpcí a následnou translokací však stále nejsou plně charakterizovány (Fernández *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2021).

Závěr

Vhodně časovaná foliární aplikace optimalizuje využití dusíku rostlinou a pozitivně ovlivňuje výnos zrna. Dle našich zjištění při optimálních vláhových podmínkách byl aplikovaný dusík nejúčinněji využit v období plnění zrna po odkvětu (přijato kolem 70 % z aplikovaného množství). V suboptimálních vláhových podmínkách slouží foliární aplikace jako kompenzační opatření k nedostatku vláhy v půdě. V této situaci je vhodnější listovou aplikaci posunout blíže termínu kvetení dané odrůdy, kdy je menší riziko ztráty metabolické aktivity listů během senescence. Využití přijatého dusíku pro tvorbu zrna bylo nejvyšší až po odkvětu, kdy dosáhlo téměř 96 % a tím se jevílo jako nejúčinnější z hlediska možného vlivu na výnos.

Literatura

- Abreu, J.P.D.M.E., Flores, I., De Abreu, F.M.G. et al. Nitrogen uptake in relation to water availability in wheat. *Plant Soil* 154, 89–96 (1993). <https://doi.org/10.1007/BF00011076>
- Eichert W.S., Fernández, T., V., Müller, T., & Römheld, V. (2012). Boron foliar fertilization of soybean and lychee: effects of side of application and formulation adjuvants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(2), 180–188. <https://doi.org/10.1002/jpln.201100107>
- Farooq, M., Hussain, M., Siddique, K. H. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(4), 331–349. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.875291>
- Fernández, V., Bahamonde, H.A., Peguero-Pina, J.J., Gil-Pelegri, E., Sancho-Knapik, D., Gil, L., Goldbach, H.E., Eichert, T. (2017) Physico-chemical properties of plant cuticles and their functional and ecological significance. *Journal of Experimental Botany* 68(19), 5293–5306. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx302>
- Fernández, V., Gil-Pelegri, E., & Eichert, T. (2021). Foliar water and solute absorption: an update. *The Plant Journal* 105(4), 870–883. <https://doi.org/10.1111/tpj.15090>
- Gan S., Amasino R.M. (1997). Making sense of senescence (Molecular genetic regulation and manipulation of leaf senescence). *Plant Physiology* 113 (2), 313–319. <https://doi.org/10.1104/pp.113.2.313>
- Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., Schofield, J.D. (2003). Effects of Restricted Water Availability and Increased Temperature on the Grain Filling, Drying and Quality of Winter Wheat. *Journal of Cereal Science* 37 (3), 295–309. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0501>.
- Ishfaq M., Kiran A., Rehman, A., Farooq M., Ijaz N.H., Nadeem, F., Azeem I., Li X., Wakeel A. (2022). Foliar nutrition: Potential and challenges under multifaceted agriculture. *Environmental and Experimental Botany* (200), 104909. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104909>.
- Rilling J.I, Acuña J.J., Nannipieri P., Cassan F., Maruyama F., Jorquera M.A. (2019). Current opinion and perspectives on the methods for tracking and monitoring plant growth-promoting bacteria. *Soil Biology and Biochemistry* 130, 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.12.012>.
- Ruiz-Navarro A., Fernández V., Abadía J., Querejeta A.A.J.I., Albaladejo J., Barberá, G.G. (2019). Foliar fertilization of two dominant species in a semiarid ecosystem improves their ecophysiological status and the use efficiency of a water pulse. *Environmental and Experimental Botany* 167 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103854>.
- White C., Roques S., Berry P. (2015). Effects of foliar-applied nitrogen fertilizer on oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science*, 153 (1), 42–55. doi:10.1017/S0021859613000750

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory projektu MZe ČR QK21020155 a MZe ČR RO 0423

Kontakt:

RNDR. Ivana Raimanová, Ph.D.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6
+420731315727, raimanova@vurv.cz

Jarní mrazy

Spring frost

Rožnovský J. ^{1,2}

¹Mendelova univerzita v Brně, ZF, Lednice

²Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Abstrakt

Vývoj podnebí v posledních desetiletích je typický tzv. globálním oteplováním vyvolaným změnou klimatu. Ovšem tato se projevuje nárůstem extrémních projevů počasí. V podstatě v posledním desetiletí dochází k vyššímu poškození převážně ovocných dřevin jarními mrazy, které jsou vyvolány vpády studeného až arktického vzduchu na naše území. Jejich škodlivost je umocněna tím, že jsou teplejší zimy, v březnu se zvýšila maxima teploty vzduchu, takže dochází k dřívějšímu nástupu vegetace. Tato je následně jarními mrazy poškozena. Jak dokládají analýzy minimálních teplot vzduchu, díky oteplení se v posledních letech na jižní Moravě neprojeví květnové mrazy.

Klíčová slova: změna klimatu, teplota vzduchu, teplotní amplituda, ovocné dřeviny

Abstract

The development of the climate in recent decades is typical of so-called global warming caused by climate change. However, this is manifested by an increase in extreme weather events. basically, in the last decade, there has been a higher damage of mainly fruit tree species due to spring frosts, which are caused by incursions of cold or arctic air into our territory. Their harmfulness is exacerbated by the fact that the winters are warmer, the maximum air temperature has increased in March, so that there is an earlier onset of vegetation. This is subsequently damaged by spring frosts. As evidenced by the analyzes of the minimum air temperatures, thanks to the warming, the May frosts have not manifested themselves in southern Moravia in recent years.

Keywords: climate change, air temperature, temperature amplitude, fruit tree

Úvod

Charakteristiky našeho podnebí byly zpracovány za období 1901 až 1950 ve dvou publikacích, a to Atlasu podnebí Československa (1958) a Podnebí ČSSR – Tabulky (1960). Ovšem pokud bychom je srovnávali s mapami klimatických prvků v Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al., 2007), vyjadřující období 1961 až 2000, zjistíme zvláště u charakteristik teploty vzduchu výrazné rozdíly. Je to dáno tím, že proměnlivost našeho podnebí je vysoká. Je to dáno geografickou polohou a reliéfem našeho území. Hodnocení agroklimatologické mimo jiné uvádí ukazatel přezimování, který je dán absolutními minimálními ročními teplotami vzduchu (Kurpelová et al., 1975).

Jsme součástí mírného klimatického pásu, ovšem v oblasti přechodného klimatu střeoevropského. Významnou roli sehrávají cirkulační a geografické poměry. Po převážnou část roku u nás převládá vzduch mírného pásma, ale na našem území se projevuje v krátkých obdobích i vzduch tropický, ale také vzduch arktický. Atlantický oceán způsobuje, že oceanita našeho podnebí je vyšší v Čechách, kde jsou častěji mírnější zimy a chladnější léta, srážky jsou rozděleny rovnoměrněji. Naopak kontinentalita je oproti Čechám vyšší na Moravě a ve Slezsku, kde jsou také větší teplotní amplitudy. Z geografických podmínek mají vliv naše hory, které vytvářejí tzv. klimatické přehradu, kdy zčásti zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu více v Čechách, ale vzhledem k západnímu proudění vyvolávají dešťový stín. Průběh počasí je dán synoptickými situacemi (Křivancová a Vavruška, 1997). Významnou roli pro naše počasí

má cyklonální činnost, která ovlivňuje přechody atmosférických front přes naše území, a tím výskyt srážek (Münster, 2017). Od 80. let 20. století je pozorován významný nárůst teplot vzduchu, a to ve všech sezónách s výjimkou podzimu (Střeščík et al., 2017, Rožnovský a Střeščík, 2021). Nejvyšší maximum teploty vzduchu na území ČR bylo naměřeno 20. 8. 2012 v Dobřichovicích, a to 40,4 °C.

Prokazatelné oteplování, statistickými analýzami potvrzené, se projevuje i v zimním období, takže dochází k přerušení období vegetačního klidu a nástupu vegetace.

Z hlediska pěstování přezimujících zemědělských plodin, ale také podmínek pro choroby a škůdce, jsou významné teploty vzduchu během zimy. Na několika stanicích středních Čech a jihu Moravy v průměru zimní teploty za období 1991 až 2020 neklesají pod nulu. Je nutné zdůraznit, že přes nárůst průměrných teplot vzduchu jsou stále hrozbou výskytu nejen extrémně vysokých teplot vzduchu, ale také extrémně nízkých teplot v průběhu zimy. Tyto pak při malé či žádné sněhové pokrývce působí holomrazy (Zhang et al., 2008). Vpády velmi studeného až arktického vzduchu jsou příčinou škod působených mrazy jak v zimním, tak v jarním období (Matzneller et al., 2016, Knozová, 2017)

Změna klimatu je předmětem mnoha podrobných studií, včetně scénářů možného výskytu jarních mrazů (Inouye et al., 2000). Jejich hodnocení z pohledu ekologických vazeb najdeme např. ve studii Helali et al. (2022). Problematice jarních mrazů z různých pohledů, včetně možné ochrany byla věnována mezinárodní konference (Rožnovský et al., 2017).

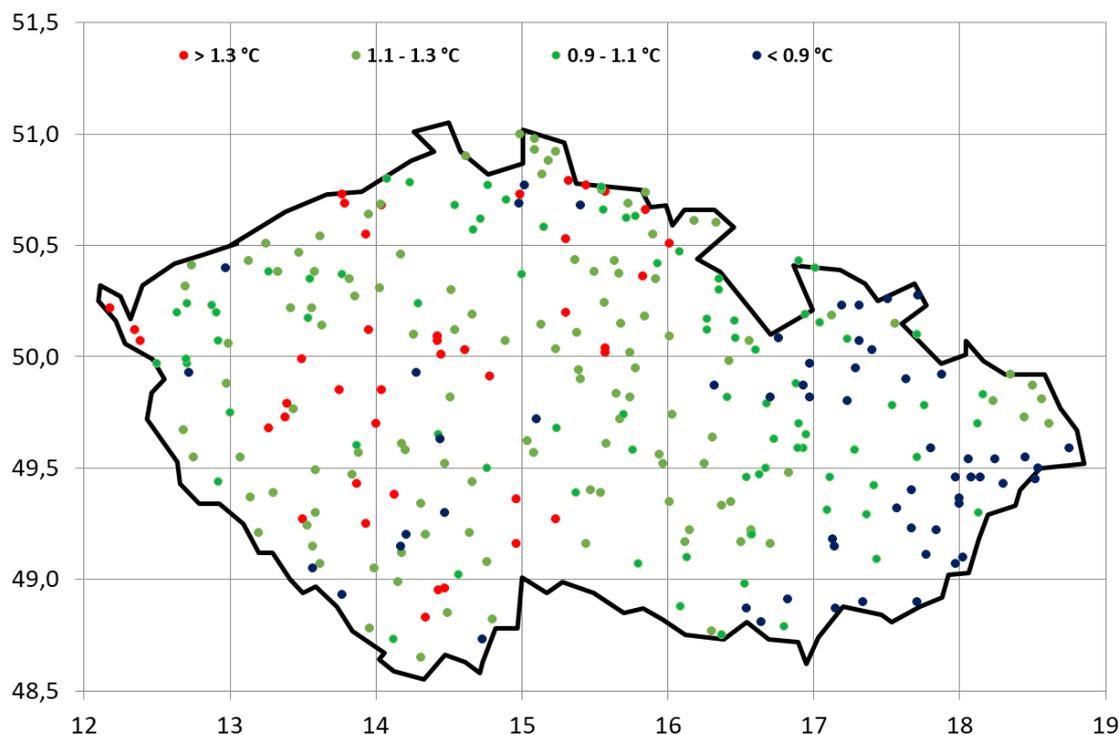
Materiál a metody

Průměrná denní teplota vzduchu z 268 klimatologických stanic na území ČR za období 1961 až 2020 byla využita pro vyjádření průměrné teploty jara. Pro vyjádření dynamiky teploty vzduchu byla využita měření na účelové meteorologické stanici v Kloboukách u Brna, která charakterizuje mezoklima blízkého meruňkového sadu. Umístění přístrojů, měření a zpracování dat jsou prováděna podle metodiky pro klimatologické stanice Českého hydrometeorologického ústavu. Pro tuto studii byla využita data z termínových měření v letech 2021 až 2023, která probíhají každých 15 minut a jsou zaznamenávána do databáze. Z nich byly stanoveny denní teplotní charakteristiky, a to denní maximum, minimum, průměr a amplituda.

Výsledky

Pro zahájení vegetačního období jsou rozhodující teplotní poměry počátku jara, kdy hrají významnou roli vpády studeného, až arktického vzduchu, které jsou příčinou vzniků jarních mrazů, často s velmi škodlivými dopady. Z hodnocení teploty vzduchu v jarním období na našem území vyplývá, že plošné rozložení vzestupu teploty vzduchu je nerovnoměrné, převážné množství stanic s nejvyšším nárůstem je na území Čech, nárůsty nad 1,3 °C se nevyskytují. Až na výjimky je celé území Moravy v rozpětí 1,1 až 1,3 °C. Východ Moravy, zvláště Beskydy v rozpětí 0,9 až 1,1 °C. Vzestup teploty vzduchu na jaře ve čtvrtém normálovém období (1991–2020) oproti třetímu (1961–1990) je znázorněn na Obr. 1. Jak vyplývá z uvedených hodnot, zvyšování teploty vzduchu v dlouhodobém pohledu pokračuje. Ovšem fenologické projevy rostlin jsou dané i teplotami v zimním období, kde též ze statistických analýz vyplývá, že se teploty v zimě též neustále zvyšují.

Jak vidíme v Tab. 1, zimy všech tří roků mají průměrnou teplotu vzduchu nad nulou. Absolutní teplotní minima jsou v letech 2020 a 2023 nižší než -10 °C. Absolutní maxima jsou kolem 15 °C. Z těchto dílčích údajů vyplývá, že i zimní období v hodnocených letech má vysokou dynamiku teplot vzduchu.

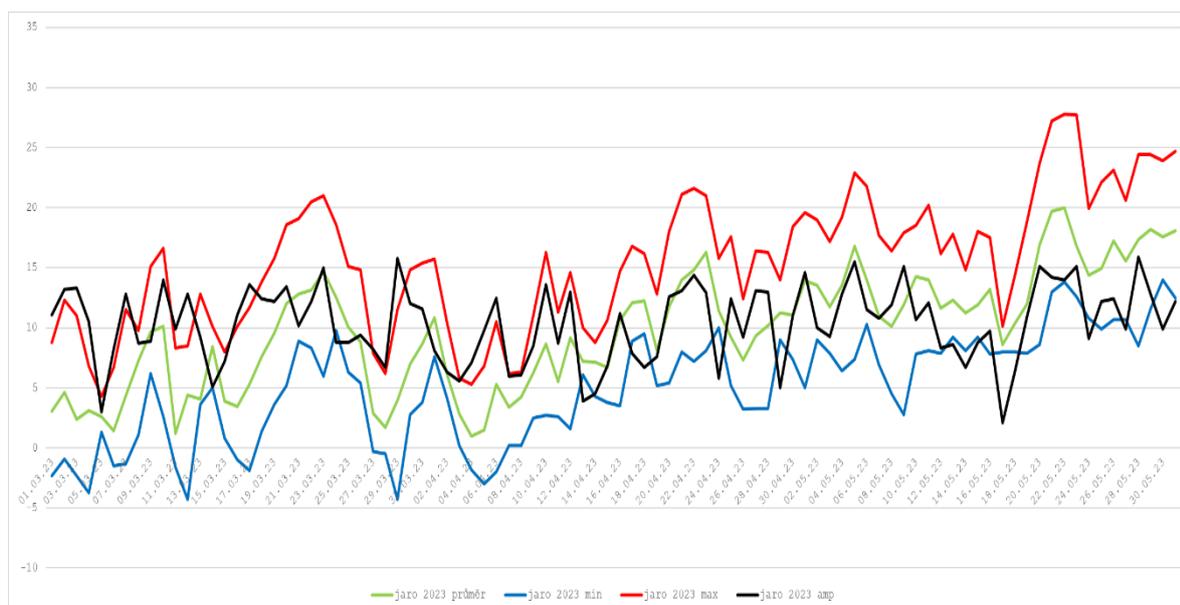


Obr. 1: Rozdíl průměrné jarní teploty vzduchu (°C) za normálové období 1991 až 2020 a normálové období 1961 až 1990 na území ČR

Tab. 1: Hodnoty průměrné, absolutní maximální a absolutní minimální teploty vzduchu (°C) za zimy a jara roků 2020 až 2023

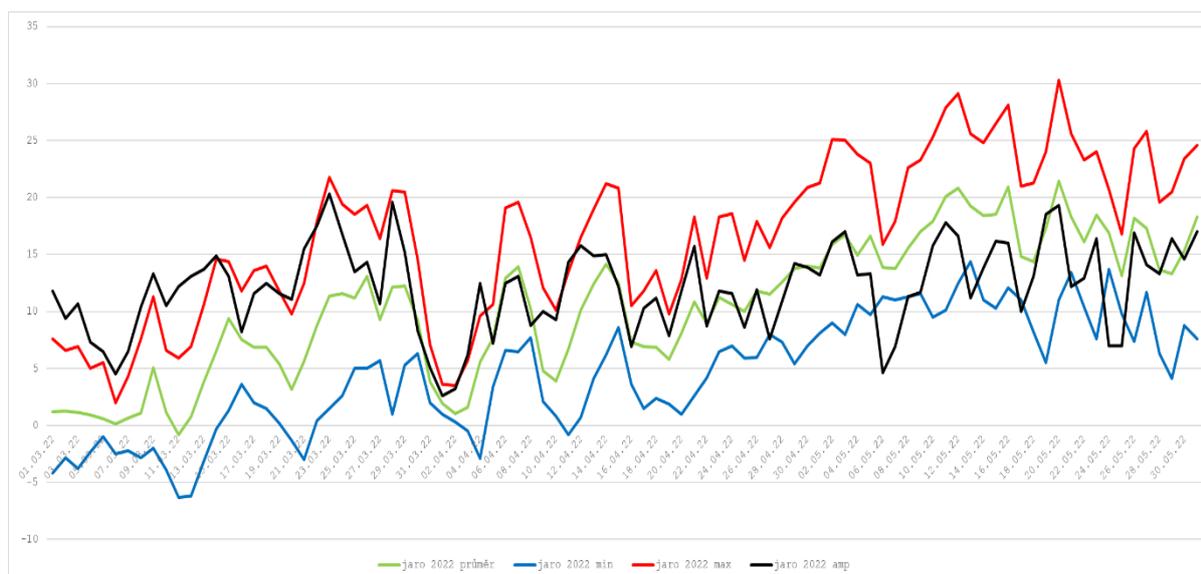
	zima 2020	jaro 2021	zima 2021	jaro 2022	zima 2022	jaro 2023
Tp	1,2	8,6	2,4	10,4	2,3	9,8
Tmin	-10,8	-6,8	-7,8	-6,3	-10,5	-4,3
Tmax	16,7	27,9	14,6	30,3	15,3	27,8

S ohledem na typický průběh teploty vzduchu v našich klimatických podmínkách je logické, že teploty jara jsou podstatně vyšší, jak vidíme v Tab. 1. Z hlediska zaměření tohoto článku jsou velmi důležité absolutní minimální teploty vzduchu, které vždy poškodí pletiva, např. květů. Denní dynamiku teploty vzduchu v jarním období roku 2023 vidíme na Obr. 2. Od počátku března do 18. 3. je převážný výskyt mrazových dnů. Následuje ale rychlý vzestup teploty vzduchu, kdy denní maximum 23. 3. je 21 °C. Po tomto atypickém vzestupu následuje rychlý pokles a 27. 3. klesá minimum na -0,3, nejnižší je potom 29. 3., a to -4,3 °C. V dalších dnech teplota vzduchu stoupá, 30. 3. je minimum 2,8 °C, denní maximum 1. 4. je 15,7 °C. Opět následuje pokles, když 5. 4. klesne teplota na -2,8 °C. Od 7. 4. 2023 se už po celé jaro mrazové dny nevyskytují. Z hlediska rostlin je nutné vyhodnotit denní amplitudu teploty vzduchu. V březnu 2023 po většinu dnů je vyšší než 10 °C s nejvyšší hodnotou 15,8 °C 29. 3. právě v mrazových dnech.



Obr. 2: Průběh denních maxim, průměrů, minim a amplitudy teploty vzduchu (°C) během jara 2023, účelová meteorologická stanice Klobouky u Brna

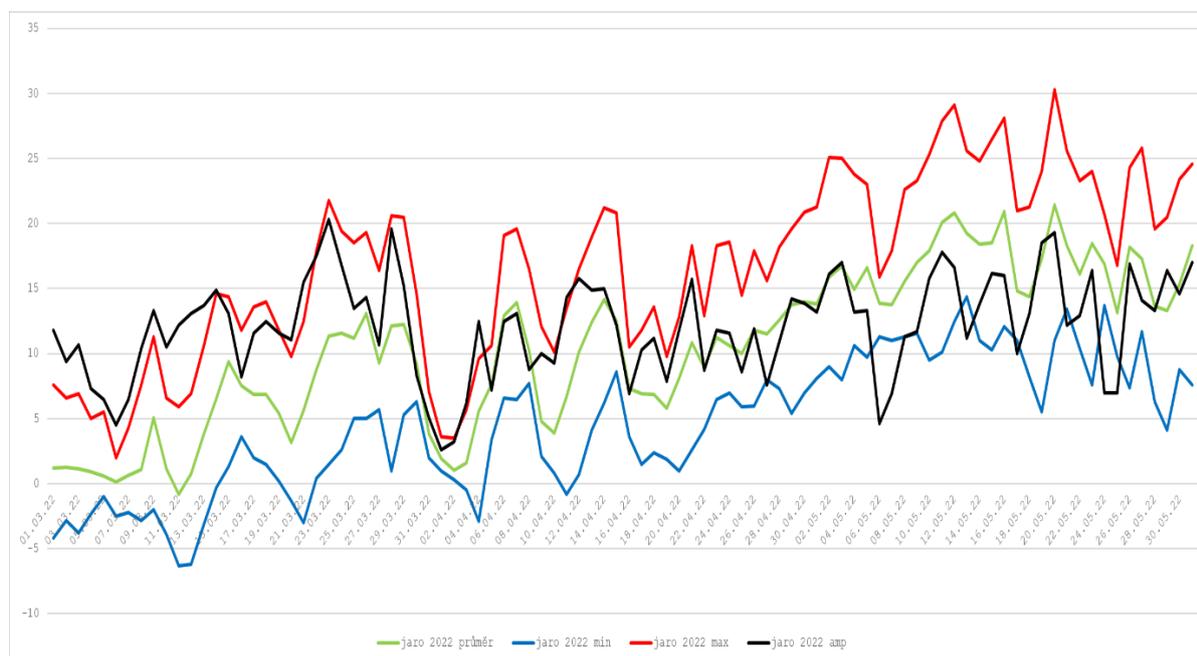
V roce 2022 byly od počátku března do 14. 3. souvislé mrazové dny (Obr. 3). Přitom od 13. 3. byla denní maxima přes 10 °C. Další mrazové dny se vyskytly 20. a 21. 3., a po nich následoval rychlý vzestup teploty vzduchu, kdy maximum 23. 3. dosáhlo 21,8 °C. Vysoké teploty vzduchu se udržely až do 29. 3. kdy opět maximum překročilo 20 °C. 29. 3. byla nejvyšší denní teplota 20,5 °C. Díky vpádu studeného vzduchu však 31. 3. kleslo na 2 °C a 4. 4. bylo minimum -2,9 °C. Následující vzestup teploty byl přerušen mrazem -0,8 °C. Posledním mrazovým dnem jara roku 2022 byl 11. 4. To znamená, že opět v květnu nebyl žádný mrazový den. Zajímavé je také sledovat amplitudu denních teplot vzduchu, která v době souvislých mrazových dnů do 14. 3. měla vyšší hodnotu než denní maxima. Nejvyšší byla ve dnech s výrazným oteplením, takže 23. 3. činila 20,3 °C. Zde vidíme, jak rychlá byla změna teploty vzduchu, když 20. a 21. 3. byly mrazové dny.



Obr. 3: Průběh denních maxim, průměrů, minim a amplitudy teploty vzduchu (°C) během jara 2022, účelová meteorologická stanice Klobouky u Brna

V roce 2021 byla během jara tři období s mrazy, a to v březnu a dubnu (Obr. 4). Měsíc květen byl opět bez mrazového dne. První mrazové období jara 2021 bylo mimo 1. 3. až do 11. 3. Vzestup minimální teploty vzduchu nad 0 °C byl přerušen slabým mrazem (-0,3) 13. 3. Další období trvalo od 18. 3. do 21. 3. Denní maxima od začátku března až po toto období jen výjimečně přesahovala 10 °C. Ovšem 25. 3. nastupuje rychlé oteplení a denní maxima teploty vzduchu překračují po dobu pěti dnů 20 °C, když 1. 4. bylo maximum 26,2 °C. Těchto pět dnů svými teplotami se takřka vyrovnává nejteplejšímu období za květen, kde bylo denní maximum 27,9 °C, což bylo nejvyšší maximum teploty vzduchu za jaro 2021.

Vzhledem k tomu, že zvláště za jasných dnů je teplota rostlin, tedy i květu díky přímému slunečnímu záření vyšší, je teplotní amplituda o několik °C vyšší, protože díky vyzařování jsou povrchy rostlin o nižší teplotě než naměřená minima teploty vzduchu.



Obr. 4: Průběh denních maxim, průměrů, minim a amplitudy teploty vzduchu (°C) během jara 2022, účelová meteorologická stanice Klobouky u Brna

Diskuse

Vedené hodnocení bylo zaměřeno jen na roky 2021 až 2023, které reprezentují projevy počasí posledních let v jarním období. Výskyt mrazů se díky oteplování snižuje jak z hlediska četností, tak nejnižších hodnot. Převážná pozornost je věnována mrazům v zimě, ale škody na porostech působí také mrazy v jarním období (Rožnovský et al., 2017). V podstatě typický projev počasí v našich klimatických podmínkách je známá singularita „ledoví muži“, 12.-14.5. Ovšem její výskyt je velmi nepravidelný. Dokladem jsou významné škody způsobené mrazy ve dnech 3. až 5. května 2011. Těmto předcházela již koncem dubna vysoká denní maxima. Ovšem jak vyplývá z uvedené analýzy v letech 2021 až 2023, mrazy v květnu nebyly. Jistě, že to neznamená, že nebudou, ale určitě je to doklad oteplení.

Podle některých modelů (např. ECHAM) se oteplování bude dále projevovat v prodloužení bezmrazového období, a to může být o 20 až 30 dnů, kdy počátek vegetačního období se v mnoha oblastech posune na začátek března a konec až do závěru října, když v současné době je pro převážnou část území vymezen dubnem až zářím. Vyšší teploty vzduchu zákonitě ovlivní růst a vývoj rostlin tak, že umožní dřívější vzcházení a nástupy dalších fenofází, takže oproti současnému stavu období zrání či sklizně by mohlo být uspíšeno nejméně o 10-14 dnů.

Urychlení vegetace v jarním období však může zvýšit nebezpečí poškození rostlin jarními mrazy, jak dokládají uvedené výsledky.

Závěr

Jak již bylo mnoha vědeckými analýzami potvrzeno, teplota vzduchu na našem území prokazatelně stoupá. Její zvyšující se hodnoty ve všech ročních obdobích mají velký vliv na růst a vývoj všech zemědělských plodin, včetně ovocných dřevin. Zvýšení teploty vzduchu v zimě se mimo jiné podílí na dřívějších fenologických projevech. V posledních dvou desetiletích pozorujeme po teplejších zimách dřívější nástup fenofází, zvláště fenofáze kvetení. Tuto skutečnost je nutné zdůraznit vzhledem k tomu, že v uvedené analýze teplot vzduchu v jarním období let 2021 až 2023 bylo prokázáno, že teploty vzduchu mají vysokou dynamiku. V každém z hodnocených tří roků (2021 až 2023) se projeví vysoké rozdíly v teplotách vzduchu během dvou tří dnů. Jak v březnu, tak i dubnu jsou prokázány vysoké změny teploty vzduchu, kdy po mimořádně vysokých teplotách následovaly výskyty mrazů a opačně, po mrazových dnech následovaly vysoké maximální teploty, i přes 20 °C.

Z analýzy jarních teplot vzduchu vyplývá velmi důležitý poznatek, že se v hodnocených rocích nevyskytovaly mrazy v měsíci květnu. Dokonce minimální teplota vzduchu během května 2022 a 2023 neklesala až na jednotlivé dny pod 5 °C. Z hlediska teplotních poměrů je to významná změna, kdy květnová singularita výskytu tzv. zmrzlých mužů již není reálná, nepřináší mrazy. Tímto projevem změny klimatu dochází k výrazné změně pěstitelských podmínek zemědělských plodin. Jistě, že se tato změna projevuje i v přírodních ekosystémech. Z hlediska pěstitelského to znamená, že v květnu nebude mrazy ohrožena zvláště réva vinná. Určitě v našich nejteplejších oblastech nebude již výskyt pozdních jarních, tedy květnových mrazů, ale naopak škodlivé budou časně jarní mrazy.

S prokazatelným růstem teploty vzduchu musíme počítat i do budoucna. Z hlediska teplotních poměrů pro pěstování rostlin nejsou ale hodnoty průměrných teplot vzduchu nejvhodnějším ukazatelem, i když jsou v mnoha posouzeních uváděny. Jestliže modely vývoje klimatu vykazují zvyšování teploty vzduchu, potom výskyty mrazů budou působit velké škody nejen na ovocných dřevinách.

Poděkování

Článek je součástí výstupů z řešení projektu projektu Technologické agentury ČR, č. projektu SS02030040, PERUN a Národní agentury pro zemědělský výzkum, QK1920280 „Inovace bonitačního systému zemědělských půd (BPEJ) pro potřeby státní správy“.

Literatura

- Helali, J., Oskouei, E.A., Hosseini, S.A., [Saeidi, V.](#), [Modirian, R.](#) Projection of changes in late spring frost based on CMIP6 models and SSP scenarios over cold regions of Iran. *Theor. Appl. Climatol.*, 149, 1405–1418, 2022, <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04124-2>
- Inouye, D.W. The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecology Letters*, 3: 457–463. 2000, doi:10.1046/j.1461-0248.2000.00165.x
- Knozová, G. Změny výskytu posledních jarních a prvních podzimních mrazů ve Strážnici v období 1925–2016. In: *Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.
- Kolektiv autorů (1958): Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správageodézie a kartografie, Praha.
- Kolektiv: Podnebí ČSSR - Tabulky. HMÚ Praha 1961, 379 s.
- Křivancová, S., Vavruška, F.: Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1997. 114 s.
- Kurpelová M., Coufal L., Čulík, J. (1975): Agroklimatické podmienky ČSSR. Bratislava, Příroda, 270 s.
- Matzneller, P., Götz, K.-P., Chmielewski, F.-M.: Spring frost vulnerability of sweet cherries under controlled conditions. *Int. J. Biometeorol.*, 60(1), 123-30, 2016, <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1010-1>
- Münster, P., J. Rožnovský A J. Brzezina. Vliv synoptických situací na výskyt mimořádně silných mrazů. In: *Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.
- Rožnovský, J., B. Šiška A P. Salaš. Proč „Mrazy a jejich dopady.“ In: *Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.
- Štěstík, J., J. Rožnovský, P. Štěpánek A P. Zahradníček, 2014. Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961-2010. In: ROŽNOVSKÝ, J. a T. Litschmann eds. Mendel and Bioclimatology. Conference proceedings, Brno, 3rd-5rd Sep. 2014 [CD]. Brno: 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.
- Štěstík, J., J. Rožnovský, P. Štěpánek, P. Zahradníček. Růst zimních teplot vzduchu v České republice v letech 1961–2010. In: *Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.
- TOLASZ, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).
- Zahradníček, P., J. Rožnovský, P. Štěpánek A F. Chuchma, 2017. Výskyt silných mrazů koncem měsíce dubna 2016 s ohledem na škody způsobené v ovocnářství. In: *Mrazy a jejich dopady – sborník abstraktů z mezinárodní konference, Hrubá Voda 26.–27. 4. 2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2017. ISBN 978-80-87577-69-1.

Zhang, Y., Wang, S., Barr, A.G., Black, T.A., Impact of snow cover on soil temperature and its simulation in a boreal aspen forest, *Cold Regions Science and Technology*, Volume 52, Issue 3, May 2008, Pages 355-370, ISSN 0165-232X

Kontaktní adresa:

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno
Krofotva 43, 616 67 Brno
Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin,
Zahradnická fakulta Mendelovy univerzity v Brně
Valtická 337, 691 44 Lednice
mobil: 724 185 617,
jaroslav.roznovsky@chmi.cz

Vliv plečkování a hnojení na výnos kukuřice

Effect of hoeing and fertilization on the yield of maize

Růžek P., Kusá H., Vavera R., Káš M.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Z výsledků poloprovozních pokusů se silážní kukuřicí v letech 2021 a 2022 na stanovišti ve Věži (okres Havlíčkův Brod, BVO, kambizem) vyplývá, že na výnos nadzemní hmoty i odběr dusíku rostlinami mělo větší vliv plečkování než přihnojení 30 kg N/ha v 6. listu. Výnos i odběr dusíku rostlinami v obou letech stoupal s intenzitou a hloubkou zpracování půdy při plečkování. Důlkování při plečkování mělo příznivý vliv na dosažené výnosy zelené hmoty silážní kukuřice i na odběr dusíku nadzemní hmotou rostlin. Větší výnosové rozdíly byly zjištěny v roce 2022, kdy důlkování zvýšilo výnos zelené hmoty o 23 t/ha ve srovnání s konvenční variantou bez plečkování a o téměř 20 t/ha ve srovnání s plečkováním radličkou. Přihnojení dusíkem v 6. listu lokálně ke kořenům rostlin se projevilo průkazně jen v roce 2022 u varianty s důlkováním.

Klíčová slova: silážní kukuřice, plečkování s důlkováním, přihnojení N

Abstract

Hoeing influenced the yield of the above ground matter of silage maize and the uptake of nitrogen by plants more than the extra nutrition of 30 kg N/ha in the 6th leaf, which is documented by the results of the pilot plants in Věž (PPA, Cambisol) in 2021-22. The yield and nitrogen uptake by plants in both years increased with the intensity and depth of hoeing. The pitting together with hoeing had a positive effect on the achieved yields of green matter of silage maize and on the uptake of nitrogen by the above ground part of plants. Higher differences in yield were found in 2022, when pitting increased the yield of green matter by 23 t/ha and by almost 20 t/ha compared to the conventional variant without hoeing and hoeing by harrow respectively. Nitrogen extra nutrition in the 6th leaf in banded to the roots of the plants was significant only in 2022 at variant with pitting.

Keywords: silage maize, hoeing with pitting, nitrogen extra nutrition

Úvod

Plečkování kukuřice, cukrovky i dalších polních plodin bylo dříve používáno především k likvidaci plevelů a provádělo se opakovaně za vegetace nejčastěji šípovitými nebo jednostrannými plochořeznými radličkami. Nyní se plečkování kukuřice stále více používá k narušování půdního škraloupu, nakypření a provzdušnění povrchové vrstvy zpracované půdy a k podpovrchové zonální nebo lokální aplikaci hnojiv. Plečkování se provádí již od 4. listu kukuřice, ale největší přínos včetně hnojení je většinou okolo 6. listu do hloubky 4-8 cm.

Při provzdušnění půdy dochází kromě pozitivního zpřístupňování živin z půdní zásoby k podpoře rozkladu půdní organické hmoty, což lze částečně snížit omezením hloubky kypření a drobení půdy s tvorbou větších agregátů, které zlepšují, zejména na svažitých pozemcích, zadržování vody ze srážek. Mělké plečkování do 3 cm s drobením půdy přispívá k vodní a větrné erozi půdy. Některé plečky vytváří uprostřed meziřadí souvislý žlábek, který může mít při setí kukuřice po vrstevnici protierozní účinek, ale při setí po spádnici riziko vodní eroze naopak zvyšuje.

Kukuřice během růstu odebírá značné množství živin. Vaněk et al. (2007) uvádějí střední odběr živin na 1t zelené hmoty silážní kukuřice: 3,5-4 kg N, 0,7-0,9 kg P a 2,9-3,7 kg K. Vzhledem k pomalému počátečnímu růstu je příjem živin zpočátku nízký (při výšce porostu 40-50 cm lze

počítat s odběrem asi 35 kg N, 4 kg P a 40 kg K na ha). Vzhledem k delší vegetaci a mohutnému kořenovému systému využívá dobře živiny, které se uvolní v půdě během vegetace. Proto je třeba půdu držet v dobrém strukturním stavu včetně provzdušnění, aby růst kořenů do hloubky nebyl omezen.

Materiál a metody

Poloprovozní pokusy s kukuřicí byly realizovány v zemědělském podniku ZAS Věž, a.s. (okr. Havlíčkův Brod; BVO, kambizem) na mírně svažitéch pozemcích. Hnojení kukuřice před setím bylo upřesněno na základě stanovení obsahu přijatelných živin v půdě. V roce 2021 bylo na jaře plošně aplikováno hnojivo DAM 390 v dávce 150 l/ha, v roce 2022 síran amonný v dávce 250 kg/ha a NP hnojivo 20-20 v dávce 200 kg/ha. Při setí 18. 5. 2021 (pozdní termín kvůli nepříznivým povětrnostním podmínkám a stavu půdy) bylo aplikováno 46 kg N/ha v močovíně, v následujícím roce (11.5.2022) 37 kg N/ha v hnojivu UREA^{stabil}. Ve fázi 6. listu (21.6. 2021, 16.6. 2022) byly provedeny různé způsoby plečkování a úpravy povrchu půdy v meziřádcích. Při každém způsobu plečkování byla část plochy přihnojena 30 kg N/ha v kapalných hnojivech DAM + AmisaN/AmisaN MnZn (Tab. 1). Byly testovány různé pracovní nástroje (radličky, dláta), které na povrchu půdy vytvořily hrubou strukturu a pod povrchem mírný hrůbek, což přispělo k přivodu zadržené srážkové vody ke kořenům rostlin do míst, kam mohou být při plečkování aplikována minerální hnojiva (např. DAM). Spolu s plečkováním bylo také ověřováno důlkování v meziřádku pro lepší zadržení vody z intenzivnějších srážek (Obr. 1). Vzhledem ke zvýšení kapacity důlků pro vodu ze srážek, zvýšení rychlosti plečkování a omezení rizika poškození rostlin byly v roce 2022 vytvořeny větší důlky jen v jedné řadě (Obr. 2). Kukuřice byla sklizena 11. 10. 2021 (21.9.2022), byl stanoven výnos palic a zelené hmoty. Obsah dusíku v rostlinách byl stanoven metodou Skalar po mineralizaci ve směsi kyseliny sírové a salicylové s postupnými přidávkami peroxidu vodíku.

Výsledky byly statisticky hodnoceny s využitím softwaru (Statistika.cz) za pomoci jednofaktorové analýzy rozptylu a Tukeyova HSD testu na hladině významnosti ($P < 0,05$).

Tab. 1: Varianty plečkování a hnojení kukuřice (poloprovozní pokus Věž)

Var.	Plečkování	Přihnojení DAM+AmisaN (kg N/ha)
1	Konvenční bez plečkování	0
2	Radličky do 4-5 cm	0
2H	Radličky do 4-5 cm	30
3	Dláta do 7 cm	0
3H	Dláta do 7 cm	30
4	Dláta do 7 cm + důlkování	0
4H	Dláta do 7 cm + důlkování	30



Bez úprav

plečkování radličkou s přihnojením



plečkování dláty s důlkováním a přihnojením

Obr. 1: Různé varianty úpravy meziřádkového prostoru u kukuřice (2021)



plečkování dláty s přihnojením



plečkování dláty s důlkováním a přihnojením

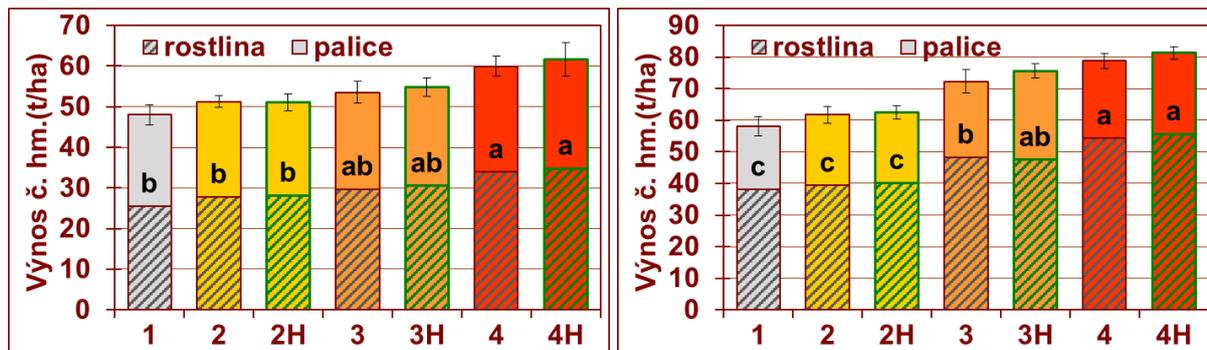
Obr. 2: Různé varianty úpravy meziřádkového prostoru u kukuřice (2022)

Výsledky

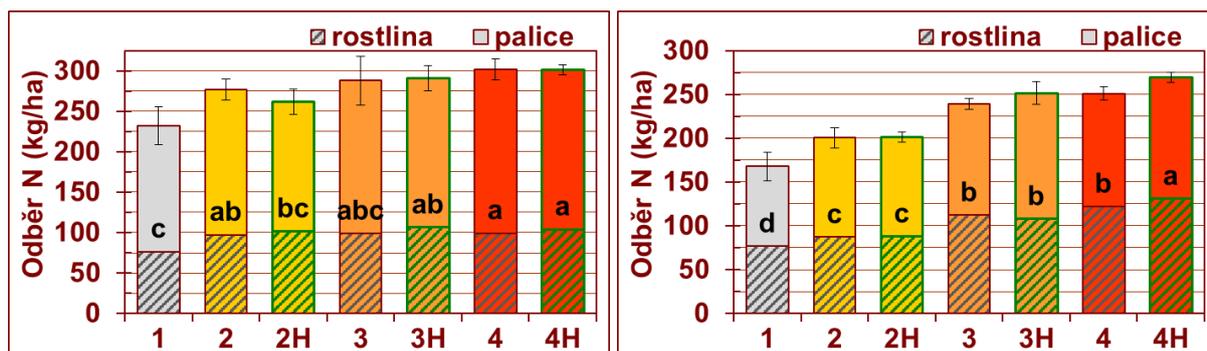
Dosažené výnosy zelené hmoty byly v obou letech vzhledem k příznivým srážkovým podmínkám vysoké, v roce 2021 se pohybovaly od 48 do 62 t/ha a v roce 2022 od 58 do 81 t/ha. Všechny způsoby plečkování s různým zpracováním půdy v meziřádkovém prostoru měly příznivý vliv na výnos silážní kukuřice, který v obou letech stoupal s intenzitou kultivace (Graf 1). Přispělo k tomu provzdušnění půdy a vyšší mineralizace živin z půdní zásoby, i zadržení většího množství vody v půdě po srážkách. To se projevilo nejvíce u důlkování, kde voda zadržaná v důlcích se postupně vsakovala (Obr. 3). I když bylo vegetační období celkově srážkově nadnormální, střídala se období intenzivních srážek se suššími periodami, jež lépe překonaly rostliny na variantách s důlkováním, kde bylo v půdě zadrženo větší množství vody z předcházejících srážek. To se projevilo i průkazně vyšším výnosem na těchto variantách. Větší rozdíly byly zjištěny v roce 2022, kdy důlkování zvýšilo výnos čerstvé hmoty o 23 t/ha ve srovnání s konvenční variantou bez plečkování a o téměř 20 t/ha ve srovnání s mělkým plečkováním radličkou. Vliv přihnojení v dávce 30 kg N/ha v 6. listu nebyl ve sledovaných letech významný, projevil se jen minimálním zvýšením výnosu v jednotlivých technologiích. Také na odběr dusíku rostlinami mělo větší vliv plečkování než přihnojení dusíkem v 6. listu. U konvenční varianty bez plečkování byl průměrný odběr dusíku nadzemní částí rostlin v roce 2021 232 kg N/ha a v následujícím roce 168 kg N/ha. Po plečkování byl odběr N v roce 2021

o 45 až 71 kg N/ha vyšší a v roce 2022 o 33 až 83 kg N/ha vyšší. Vliv přihnojení při plečkování kukuřice 30 kg N/ha v 6. listu se průkazně projevilo jen v roce 2022 u varianty s důlkováním, kde zadržena voda ze srážek může přispívat k většímu využití N z aplikovaných hnojiv rostlinami. U všech variant s přihnojením dusíkem byl zjištěn vyšší obsah reziduálního nitrátového dusíku v půdě (0-0,6 m) po sklizni, což svědčí o nízké efektivnosti přihnojení kukuřice.

Graf 1: Výnos silážní kukuřice (Věž 2021 a 2022)



Graf 2: Odběr dusíku rostlinami silážní kukuřice (Věž 2021 a 2022)



Obr. 3: Varianta s plečkováním dláty + důlkování po srážkách

Diskuze

Požadavky Zelené dohody pro Evropu, konkrétně snížení spotřeby pesticidů o 50% do roku 2030 a omezení používání herbicidů v pásmech ochrany vodních zdrojů nutí pěstitele hledat alternativní způsoby likvidace plevelů. U širokořádkových plodin může být spotřeba herbicidů výrazně redukována meziřádkovou kultivací s mechanickou likvidací plevelů. Navíc kultivace půdy může být spojena se zapravením hnojiv, což vede k omezení ztrát živin ve srovnání s povrchovou aplikací (Loddo et al., 2020). Jagla et al. (2019) dosáhli při podpovrchové aplikaci NP hnojiv pod řádek při setí kukuřice vždy vyšších výnosů zrna než při plošné aplikaci před setím, bez ohledu na povětrnostní podmínky ročníku či kultivar. Přisuzují to lepší výživě rostlin v počátečních růstových fázích.

Kukuřice vzhledem k mohutnému kořenovému systému a delší vegetaci dokáže využít větší množství živin z hlubších vrstev půdy včetně těch nevyužitých po předplodinách a další živiny se uvolní během vegetace mineralizací z půdní organické hmoty. Podle Zhanga et al. (2012) je struktura kořenového systému silně závislá především na stupni zhutnění půdy a rozložení hnojiv v půdě. Lokální zvýšená dávka hnojiv aplikovaná se startovacím hnojivem stimuluje růst, přispívá ke změnám v morfologii a struktuře kořenů a ovlivňuje příjem vody a v ní rozpuštěných živin (Alameda a Villar 2012).

Dosažené výsledky v našich pokusech ukázaly, že podpovrchová lokální aplikace dusíku ke kořenům rostlin při plečkování v 6. listu neměla průkazný vliv na zvýšení výnosů zelené hmoty kukuřice a projevila se jen v roce 2022 zvýšeným odběrem dusíku rostlinami u varianty s důlkováním. To může souviset s lepším zadržením vody ze srážek v důlcích a déle trvajícíchmi příznivějšími vláhovými podmínkami v půdě v místech s aplikovaným hnojivem. Szulc et al. (2016) nezjistili zvýšení výnosu zrna kukuřice, odběru dusíku ani využití dusíku při dělené aplikaci N hnojiv 50% při setí pod řádek + 50% přihnojení ve fázi 5. -6. listu ve srovnání s aplikací celé dávky při setí pod řádek. Podpovrchovou aplikací bylo hnojivo uloženo do míst budoucí kořenové zóny, což zajišťuje vysoké využití dusíku, zatímco přihnojení bylo provedeno na povrch půdy bez zapravení.

Využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami při přihnojení kukuřice během vegetace je, zejména v oblastech s častými přísušky, značně závislé na následujících srážkách. Úprava povrchu půdy (hrubá struktura, důlkování, hrázkování apod.) přispívá, především na svažitých půdách, k lepšímu zadržení vody ze srážek a provlhčení půdního profilu s živinami. Jak ukázaly získané výsledky, na zpřístupňování živin včetně dusíku z půdní zásoby pro výživu rostlin má významný vliv intenzita zpracování půdy mezi řádky při plečkování. Kypření půdy zvyšuje její aeraci, a jestliže nedojde ke značnému proschnutí, tak i rozklad organických látek v půdě. V důsledku toho byl po plečkování zjištěn kromě vyšších výnosů nadzemní biomasy také vyšší odběr N rostlinami v roce 2021 o 45 až 71 kg N/ha a v roce 2022 o 33 až 83 kg N/ha než u varianty bez plečkování. To však souvisí se ztrátami uhlíku z půdy formou emisí CO₂, což je třeba zohlednit při bilancování organických látek v půdě.

Závěr

Z výsledků poloprovozních pokusů se silážní kukuřicí v letech 2021 a 2022 vyplývá, že na výnos nadzemní hmoty i odběr dusíku rostlinami mělo větší vliv plečkování než přihnojení lokálně ke kořenům rostlin 30 kg N/ha v 6. listu. Dosažené výnosy zelené hmoty byly v obou letech vzhledem k příznivým srážkovým podmínkám vysoké, v roce 2021 se pohybovaly od 48 do 62 t/ha a v roce 2022 od 58 do 81 t/ha. Výnos i odběr dusíku rostlinami v obou letech stoupal s intenzitou a hloubkou zpracování půdy při plečkování. U variant s plečkováním byl odběr N v roce 2021 o 45 až 71 kg N/ha a v roce 2022 o 33 až 83 kg N/ha vyšší než u varianty bez plečkování. Důlkování mělo příznivý vliv na dosažené výnosy zelené hmoty silážní kukuřice i na odběr dusíku nadzemní hmotou rostlin. Větší výnosové rozdíly byly zjištěny v roce 2022, kdy důlkování zvýšilo výnos zelené hmoty o 23 t/ha ve srovnání s konvenční variantou bez

plečkování a o téměř 20 t/ha ve srovnání s plečkováním radličkou. Přihnojení dusíkem v 6. listu lokálně ke kořenům rostlin se projevilo průkazně jen v roce 2022 u varianty plečkování s důlkováním.

Literatura

- Alameda D., Villar R. (2012): Linking root traits to plant physiology and growth in *Fraxinus angustifolia* Vahl. seedlings under soil compaction conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 79: 49–57
- Jagła M., Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Mejza I., Kobus-Cisowska J. (2019): Yielding of two types of maize cultivars in relation to selected agrotechnical factors. *Plant Soil Environ.*, 65: 416–423.
- Loddo D., Scarabel L., Sattin M., Pederzoli A., Morsiani Ch., Canestrone R., Tommasini M. G. (2020): Combination of Herbicide Band Application and Inter-Row Cultivation Provides Sustainable Weed Control in Maize. *Agronomy* 2020, 10(1), 20; <https://doi.org/10.3390/agronomy10010020>
- Szulc P., Waligóra H., Michalski T., Rybus-Zajac M., Olejarski P. (2016): Efficiency of nitrogen fertilization based on the fertilizer application method and type of maize cultivar (*Zea mays* L.). *Plant Soil Environ.*, 62: 135-142.
- Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. (2007): *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, Praha, 167 s. ISBN 978-80-86726-25-0
- Zhang Y., Yu P., Peng Y.F., Li X.X., Chen F.J., Li C.J. (2012): Fine root patterning and balanced inorganic phosphorus distribution in the soil indicate distinctive adaptation of maize plants to phosphorus deficiency. *Pedosphere*, 22: 870–877

Poděkování

Publikované výsledky byly získány za finanční podpory MZe ČR v rámci projektu QK1910382.

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Růžek, CSc.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6
Tel. 605 233 484, ruzek@vurv.cz

Fyzikální vlastnosti aluviálních půd

Physical properties of alluvial soils

Sedlák L.^{1,3}, Prudil J.^{1,2}, Pospíšilová L.^{1,3}

¹Mendelova univerzita v Brně, AF

²Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Troubsko

³Mendelova univerzita v Brně, LDF

Abstrakt

Aluviální (nivní půdy či lužní půdy) půdy mají specifické fyzikální vlastnosti dané specifickou pedogenezí. Vznikají z fluviálních sedimentů a pedogeneze je průběžně narušována opakovanými záplavami. V rámci dlouhodobého monitoringu byly sledovány změny hydrofyzikálních vlastností fluvizemě glejové v nivě Dyje (lokalita Lednice, 2019-2023). Ke stanovení základních fyzikálních a hydrofyzikálních parametrů půdy byly využity standardní analytické metody. Kromě půdních parametrů jako pórovitost a vlhkosti byla monitorována i hladina podzemní vody, srážky a teplota. Naměřené výsledky byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou ANOVA. Výsledkem výzkumu je zhodnotit účinnost revitalizační opatření, které mají za cíl snížit dopady sucha a posoudit jejich vliv na půdní vlastnosti.

Klíčová slova: fluvizem, vlhkost, pórovitost, hladina podzemní vody

Abstract

Alluvial (floodplain) soils are characterised by specific physical properties and a very specific process of pedogenesis. These soils were formed from river sediments and their development was regularly interrupted by floods. Long-term monitoring was aimed at the dynamic of hydrophysical soil properties in the floodplain of the Dyje River at locality Lednice during 2019-2023. Basic soil physical and hydrophysical properties were determined by standard analytical methods. Besides soil parameters such as porosity and moisture, we measured groundwater level, precipitation, and temperature. One-way ANOVA analysis was used for data set processing. The main result of our research was to evaluate the effect of revitalization and to reduce the impact of drought and impact on soil properties.

Keywords: fluvisol, moisture, porosity, groundwater level

Úvod

Lužní lesy v ČR pokrývají 33 000 ha půdy. V nedávné minulosti byly silně ovlivněny vodohospodářskými úpravami a jejich vodní režim byl značně narušen. Půdy lužního lesa jsou přizpůsobeny na extrémní krátkodobé záplavy a dále jsou ovlivněny fluviálními procesy, což po vodohospodářských úpravách bylo narušeno (Menšík et al., 2015, Pospíšilová et al., 2020). Byly odvodněny velké plochy přírodních mokřadů i luhů. Unikátní a bohatá biodiverzita a evropsky cenný ekosystém bylo nezbytné revitalizovat (Hřib and Kordiovský, 2004, Klimo, E., Hager, H., 2008). Vybraná lokalita je taktéž významným zdrojem pitné vody pro obyvatele (Prax, 2004). V rámci dlouhodobého monitoringu, který navazuje na výzkum v 90. letech minulého století, jsou sledovány jak základní fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti půdy, tak i stav hladiny podzemní, srážky, stav hladiny vody v zavlažovacím kanálu a stav hladiny Dyje. V současnosti probíhá dlouhodobý monitoring na výzkumných plochách LDF Mendelu. Tento navazuje na výsledky lesnického výzkumu, který zde započal již v roce 1969 a pokračoval v 90 letech, jak je zmíněno výše. Cílem této práce je sledovat dynamiku hladiny podzemní vody, půdní vlhkost a další půdní a klimatické parametry, které přímo ovlivňují ekosystém lužního lesa a jeho produkci. Následně bude cílem porovnat naměřená data s historickými daty minulých let a vyhodnotit, jak silně je narušen vlhkostní režim půd lužního lesa.

Materiál a metody

Výzkum probíhal na výzkumné ploše LDF Mendelu a lokalita se nachází poblíž Lednice na Moravě. Jedná se o Mikulovský bioregion a klimatickou oblast T4. Půda byla klasifikována dle Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němečka a kol., 2011) jako fluvizem glejová. Náš experiment zahrnuje data od roku 2019-2023. Vlhkost půdy byla stanovena gravimetricky. Hladina podzemní vody byla měřena elektro-kontaktním hladinoměrem. Základní charakteristika fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností půdy byla provedena dle Pospíšilová a Vlček (2015). Data byla statisticky zpracována pomocí ANOVA-jeden faktor.

Výsledky

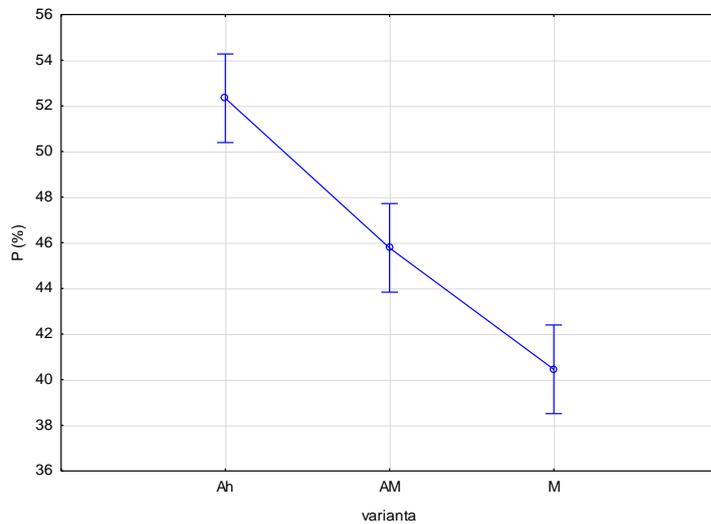
Fluvizem glejová, s obsahem jílnatých částic 46,12 %, se řadí k zrnitostně těžkým půdám. Kritické hodnoty hydrofyzikálních parametrů jsou hodnoceny podle Lhotského (1984). Kritická hodnota objemové hmotnosti redukované činí 1,40 g/cm³ a pro pórovitost činí 47 %. V Tab. 1 jsou uvedeny hodnoty objemové hmotnosti a hodnoty pórovitosti, přičemž lze konstatovat, že nebyla překročena kritická hodnota. Objemová hmotnost byla nejbližší kritické hodnotě na podzim v roce 2019, kdy činila 1,36 g/cm³ a pórovitost na podzim 2020, kdy činila 47,01 %. Tab. 2 ukazuje hodnoty vlhkosti, průměrnou teplotu a srážky za každé roční období. Nejnižší hodnota půdní vlhkosti byla na podzim 2022, kdy činila pouze 14,45 %. Průkazně odlišné hodnoty pórovitosti jsou v jednotlivých horizontech půdního profilu a to, Ah horizont nejvyšší hodnoty v jarních měsících; AM a MG horizonty nejvyšší hodnoty v zimním období – viz obr. 1. Na obr. 2 dokumentujeme vlhkostní režim půdy a hladinu podzemní vody (HPV) v roce 2020, který byla sledován na deseti půdních vrtech (K1 až K10). Jak je patrné z grafu, v jarním období dosahuje HPV cca 0,95 m. V letním období HPV klesá hluboko ke 2 m a na podzim dosahuje 1,45-2 m. V zimním období dosahuje HPV cca 1,40 m.

Tab. 1: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti redukované a pórovitosti za roční období jaro 2019 až léto 2023

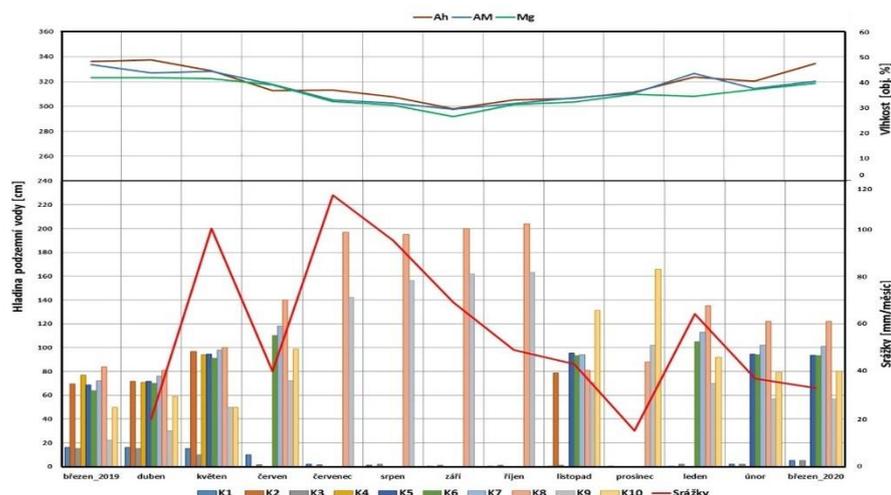
Roční období	Objemová hmotnost red. (g/cm ³)	Pórovitost (%)
Jaro 2019	1,22	53,21
Léto 2019	1,17	55,30
Podzim 2019	1,36	48,68
Zima 2019/2020	1,24	52,13
Jaro 2020	1,13	56,46
Léto 2020	0,99	61,50
Podzim 2020	1,23	47,01
Zima 2020/2021	1,10	56,92
Jaro 2021	1,26	50,59
Léto 2021	1,21	53,51
Podzim 2021	1,13	56,57
Zima 2021/2022	1,17	55,05
Jaro 2022	1,07	57,19
Léto 2022	1,26	49,44
Podzim 2022	1,06	55,77
Zima 2022/2023	1,07	54,50
Jaro 2023	1,15	51,50
Léto 2023	0,90	65,53

Tab. 2: Průměrné hodnoty teploty, srážek a vlhkosti za roční období jaro 2019 až léto 2023

Roční období	Vlhkost (%)	Srážky (mm)	Teplota (°C)
Jaro 2019	47,00	18,67	10,9
Léto 2019	33,92	33,33	21,9
Podzim 2019	29,96	22,67	11,6
Zima 2019/2020	37,40	16,01	2,8
Jaro 2020	35,26	18,00	10,4
Léto 2020	33,35	46,00	20,1
Podzim 2020	46,30	37,33	10,4
Zima 2020/2021	45,51	10,22	1,4
Jaro 2021	41,09	24,35	8,6
Léto 2021	34,20	26,56	20,6
Podzim 2021	31,84	13,49	10,0
Zima 2021/2022	49,95	9,00	2,9
Jaro 2022	31,55	31,57	10,1
Léto 2022	17,31	28,37	21,5
Podzim 2022	14,45	11,24	10,3
Zima 2022/2023	34,18	18,58	2,6
Jaro 2023	31,08	28,12	10,0
Léto 2023	28,07	56,63	20,9



Obr. 1: Průměrná pórovitost v profilu půdy za sledované období



Obr. 2: Hladina podzemní vody, srážky a vlhkost půdy v průběhu roku 2020 na deseti měřených stanovištích (K1 až K10)

Diskuze

Z výsledků je patrné, že se zvyšující se průměrnou teplotou a nerovnoměrným rozložením srážek se mění půdní vlhkost a hloubka hladiny podzemní vody. Monitoring půdních vlastností, jak uvádějí Prax (1991) a Kloupar (2001), je důležitý, protože mohou v budoucnu dosáhnout kritických hodnot. Rovněž Penka et al. (1985) uvádějí, že vodohospodářské úpravy v 70. letech minulého století omezily každoroční záplavy a byla narušena stabilita ekosystému. Současně autoři zdůrazňují monitorovat hladinu podzemní vody a zajistit stabilitu lesního ekosystému. Extrémní sucho a pokles hladiny podzemní vody až k štěrkopískovému podloží ohrožuje nejvíce tento ekosystém.

Závěr

Provedený výzkum dovoluje vyslovit tyto závěry. Pórovitost dosahuje nejvyšší hodnoty zjara, před zaplavováním. Půdní hydrolimity i pórovitost jsou statisticky průkazně odlišné mezi horizonty. HPV kolísá v průběhu celého sledovaného období od 0,2 m (záplavy, jaro) do 2,04 m (léto a začátek podzimu). Lze říct, že revitalizační opatření jsou účinná, bez nich by byl výraznější pokles HPV a došlo by ke ztrátě vody (> 2 m). Doporučujeme dále provádět monitoring a sledovat HPV, hydrofyzikální vlastnosti půdy, vlhkost půdy, od kterých se odvíjí umělé povodňování a zachování stability systému lužního lesa a půdní stability.

Literatura

- Hřib, M., Kordiovský, E. 2004. Lužní les v Dyjsko – moravské nivě. In Hřib, M., Kordiovský, E. Lužní les v Dyjsko – moravské nivě: Moraviapress Břeclav, a. s., ve spolupráci s Lesy České republiky, s. p. Moravskými naftovými doly, a. s. a Povodím Moravy, s. p., pp.1-86.
- Klimo, E., Hager, H. 2008. Floodplain forests of the temperate zone of Europe. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce [Online]. Available at: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:4e18e700-ea7b-11e5-bdc9-005056827e52>. [202-08-15].
- Kloupar, M., 2002. personal report
- Menšík, L. et al. 2015. Dynamika podzemních vod v Pomoravské nivě. Praha: Zprávy lesnického výzkumu, 60(3): 206–213.
- Lhotský J. a kol. (1984): Soustava opatření a zúrodnování zkuťných půd. Metodika ÚVTIZ, Praha. 39 s.
- Němeček, J. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2155-7.
- Penka, M., Vyskot, M., Klimo, E., Vašíček, F. 1985. Floodplain forest ecosystem. Before water management measures. Praha, Academia, Amsterdam, Elsevier: s 466.
- Pospíšilová, L., Vlček, V. 2015. Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy. 2. vyd. Mendelova univerzita v Brně, 86 s. VIII. ISBN 978-80-7509-244
- Pospíšilová, L. et al. 2020. Clay mineralogical composition and chemical properties of Haplic Luvisol developed on loess in the Protected Landscape Area Litovelské Pomoraví. Journal of European Soil Science, 72(3): 1128–1142. Available at: <https://doi.org/10.1111/ejss.13041>. [2021-08-19].
- Prax, A., 1991. The hydrophysical properties of the soil and changes in them. In M. Penka, M. Vyskot, E. Klimo and F. Vašíček: Floodplain forest ecosystem II. Academia, Prague pp. 145 – 168.
- Prax, A. 2004. Hydrologický a vlkostní režim půd lužního lesa. In Hřib, M., Kordiovský, E. Lužní les v Dyjsko – moravské nivě: Moraviapress Břeclav, a. s., ve spolupráci s Lesy České republiky, s. p. Moravskými naftovými doly, a. s. a Povodím Moravy, s. p.

Dedikace

Výzkum byl podpořen projektu FW0601006 „Semiautonomní systém optimalizace degradovaných půd hloubkovou injektáží“ technologické agentury České republiky a institucionální podpory Ministerstva zemědělství České republiky a institucionální podpory Ministerstva zemědělství České republiky.

Kontaktní adresa:

Ing. Luboš Sedlák
Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno
+420 545 133 057; lubos.sedlak@mendelu.cz

Laserová stimulace osiva – perspektivní zelená technologie

Laser seed stimulation – a promising green technology

Skopal J., Wagner J.

Společnost FYTOLASER s.r.o.

Abstrakt

Podstatou metody laserové stimulace osiva FYTOLASER je interakce mezi monochromatickým laserovým paprskem a fotoreceptory v osivu zemědělských plodin. Tato vazba má příznivý vliv na výnos i kvalitu produkce a přináší ekologický i ekonomický efekt pro pěstitele.

Klíčová slova: Laserová expozice osiva, modul Fytolaser

Abstract

The essence of the FYTOLASER seed laser stimulation method is the interaction between a monochromatic laser beam and photoreceptors in the seed of agricultural crops. This connection has a favorable effect on the yield and quality of production and brings an ecological and economic effect for growers.

Keywords: Laser seed exposure, phytolaser module

Úvod

Společnost FYTOLASER s.r.o. se zabývá laserovou stimulací osiva zemědělských plodin. Uvádí tak do provozní praxe dosavadní výsledky základního výzkumu i vlastní provozní testy. Historie výzkumu laserového světla v zemědělství začalo záhy po jeho objevu před více jak 50ti léty v různých částech světa. V renomovaných laboratořích se výzkumníci zabývali interakcí laserového svazku s biologickým materiálem a hledali možnosti jeho využití v zemědělství. Bylo dosaženo řady zajímavých výsledků, které ukázaly na pozitivní vliv laserového světla na zvýšení energetického potenciálu osiva, zvýšení rychlosti klíčení, procenta klíčivosti i klíčící energie, rovnoměrnost klíčení a zvýšenou vitalitu semen, rychlejší vývoj rostlin, zvyšování odolnosti vůči nemocem, na deaktivitu dormance, vliv na dýchací proces, fotosyntetickou aktivitu a obsah chlorofylu v rostlinách (Aladjadžijan a Kakanakova, 2008; Durková, 1993; Gladyszewska, 2006; Hernandez a kol., 2005, 2006, 2007, 2008; Jun Lin a kol., 2007; Ruvinov 2003; Starzycki a kol., 2005). V českém prostředí se touto problematikou zabývali prof. Šebánek a prof. Římovský, kteří konstatovali již v roce 1986 resp.1989: „Vliv laseru jako monochromatického paprsku s vysokou hustotou světelného záření může zasahovat do četných fotobiologických procesů v rostlinách v souvislosti s fotosyntetickými pigmenty a redoxsystémy přes fytochrom až po vztahy k nukleovým kyselinám, enzymům a fytohormonům. Laserové ozařování se také ukázalo jako aktivní ve vztahu k tvorbě adventivních kořenů jeho pozitivním vlivem na aktivitu endogenních fytohormonů“

Materiál a metody

Přestože základní výzkum probíhal s různými lasery, s různou expozicí a na různých plodinách, a pokusili bychom se o shrnutí nám dostupných informací, můžeme konstatovat, že naprostá většina autorů se shoduje ve dvou bodech, a to že laserová stimulace osiva:

- **zlepšuje vitalitu prvních fází růstu plodin** a způsobuje rychlejší vytvoření prvních pravých listů, tím se stávají rostliny tolerantnější ke škodlivým činitelům (škůdci, choroby, mrazíky) a rychleji se dostávají z kritických fází počátečního růstu a vytváří zapojený porost
- **rozvíjí kořenovou soustavu a nárůst adventivních kořenů**, rostliny lépe odolávají stresům, které vyvolává nedostatek vláhy nebo vysoké teploty, zůstávají déle svěží a neztrácejí tak rychle turgor, po sklizni zůstává v půdě více organické hmoty

Základní výzkum, přestože jej nelze považovat za ukončený, již tedy otevřel cesty pro provozní aplikaci těchto nadějných výsledků. Jednotlivé pokusy ovšem dosud **narážely na praktickou proveditelnost**, neboť úspěšné laboratorní expozice se nedařilo v provozních podmínkách absorbovat do osiva v požadovaném čase a kvalitě, která by umožnila pěstitelům stabilní profit. Příčiny dosavadního neúspěchu vidíme v nevhodném technickém řešení (tj. nerovnoměrné rozmitání energie laserového paprsku, omezená nabídka a výkon laserů aj.) a ve stagnaci základního i aplikovaného výzkumu.

Dosavadní metody:

- **přímá aplikace laserového svazku**, kde se laser jako zdroj záření obvykle vyznačuje úzkou spektrální šířkou (monochromaticností), malou divergencí svazku (rozbíhavostí), vysokou hustotou záření v centru svazku a nerovnoměrným, typicky Gaussovským rozložením energie (na ose svazku je energie maximální a k jeho okrajům klesá). Pro přímou aplikaci je takový svazek nevhodný, má obvykle malý rozměr stopy (do 1mm) a značnou nerovnoměrnost rozložení energie (Obr.1). Pro přímou aplikaci na osivo je provozně nevyužitelný.
- **úprava laserového svazku klasickou optikou**, kdy se pomocí optiky vhodné ohniskové vzdálenosti transportuje úzký svazek laseru a pokrývá libovolně velkou kruhovou plochu. Gaussovský průběh intenzity, a tím i nerovnoměrnost energie, však zůstává zachována. Intenzita záření výrazně klesá a tím se tato úprava stává nevhodnou a provozně nevyužitelnou.
- **aplikace laserového svazku pomocí „rozmitání kmitajícím zrcátkem“** byla již prakticky používaná, nikoliv však úspěšně!! V tomto případě je intenzita svazku zachována, ale expozice je značně kolísavá z důvodu nerovnoměrné rychlosti svazku odraženého zrcátkem. Nejnižší rychlost svazku, a tím i nejvyšší expozice je na okraji linie, nejvyšší rychlost, a tím i nejnižší expozice, je uprostřed linie. Tento způsob expozice tedy neumožňuje její stejnou úroveň v celém profilu na páse s exponovaným osivem, což vede k nestabilním výsledkům.

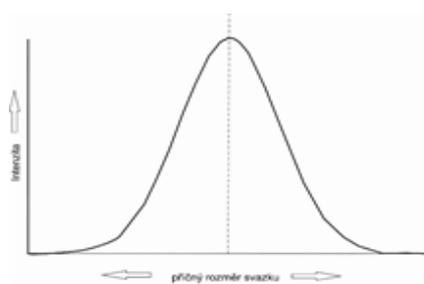
Novou nadějí na efektivní, prakticky využitelnou laserovou stimulaci se stala metoda **FYTOLASER**, která je navržena jako vysoce variabilní zařízení pro široké spektrum použití – **modul fytolaser**. Obsahuje lasery nové generace volitelných vlnových délek a výkonů a optomechaniku pro distribuci laserového záření na vrstvu osiva na páse. Zvolená konfigurace využívá rozmitání laserového svazku do linie pomocí rotujícího polygonu, který umožňuje úpravu a distribuci laserového svazku tak, aby pokryl osivo, pohybující se po pásovém dopravníku s vysokou rovnoměrností a zvolenou expoziční dávkou. Intenzita laserového svazku může být upravována běžnou optikou, expozice je nastavena podle rychlosti posuvu pásu.

Konstrukční řešení základního **modulu fytolaser** (Obr.2) tvoří pohyblivý pás (2), na který je rozvrstveno osivo (1). Svazek laseru upravený optikou na vhodný průměr dopadá na rotující zrcadlový mnohostěn (3). Osa zrcadlového mnohostěnu je rovnoběžná se směrem pohybu pásu

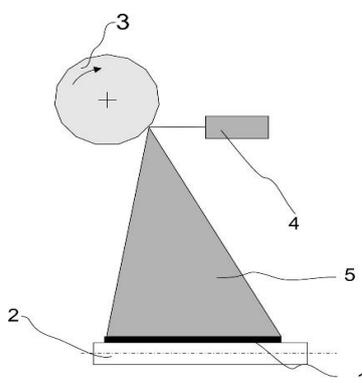
(2). Laser (4) emituje svazek, který dopadá na rotující zrcadlový mnohostěn. Při jeho otáčení se mění úhel dopadu a odrazu laserového svazku tak, že vytváří jeho pohyblivou stopu, která tvoří linii na páse (5) a exponuje osivo. Při rotaci zrcadlového mnohostěnu postupně dopadá laserový svazek z jednoho zrcadla na druhé. Tento jeho pohyb se v místě dopadu opakuje s frekvencí, která je dána počtem zrcadel mnohostěnu a rychlostí jeho rotace. Délka takto vytvořené světelné linie napříč pohybujícím se pásem je určena výškou zrcadlového mnohostěnu nad pásem a počtem jeho zrcadel. Rychlost posuvu pásu musí být koordinována s rychlostí rotace zrcadlového mnohostěnu tak, aby stopa laserového svazku pokryla každé zrno osiva pohybující se na páse.

Konstrukční řešení modulu fytolaser s více lasery (6) a (7) umožňuje vytvořit na páse další linie (Obr.3). Tyto lasery mohou mít jiný výkon a jinou vlnovou délku jako laser (4), mohou být samostatně spínány a; působit tak na osivo v různých kombinacích a mohou se i libovolně spojovat do větších celků.

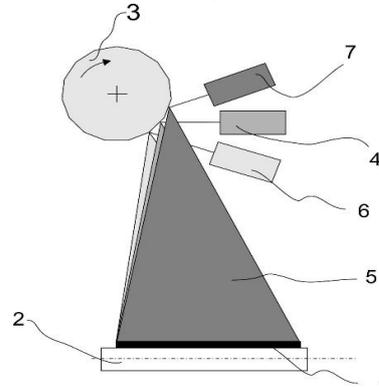
Obr.1 Rozložení energie laserového paprsku



Obr.2 Modul fytolaser



Obr.3 Modul Fytolaser s více lasery



Výsledky

Tato metoda laserové stimulace FYTOLASER s *modulem fytolaser* má za sebou pětileté pozitivní výsledky. Maloparcelní, poloprovozní i provozní testy ukazují na skutečný průlom ve fyzikální stimulaci osiva, neboť se jedná o metodu provozně využitelnou, environmentálně bezpečnou, nákladově přijatelnou a ekonomicky efektivní. Další poznání vlastností laserové stimulace osiva můžeme získat jen detailním základním a následným aplikovaným výzkumem. Přes nesporně průkazné pozitivní provozní výsledky naší malé společnosti FYTOLASER s.r.o. bez dostatečného laboratorního, analytického a přístrojového zázemí je stále co objevovat, každý další sklizňový ročník přináší nové poznatky, ale i otazníky z oblasti fyziky světla, fyziologie rostlin i agronomie. **Předpokládáme tedy, že se fyzikální stimulace stane výzvou i pro akademickou obec, získá její pozornost a promítne se do jejich výzkumných programů!! Zelené technologie jsou na pořadu dne a budou nás nutit hledat nové přístupy i nové technologie!**

Například u cukrovky jsme se zpočátku zaměřili jen na sledování výnosu a cukernatosti. Po analýze vzorků z maloparcelních pokusů z Žabčic (Mendelova univerzita) v laboratoři cukrovaru však bylo zjištěno, že varianty ošetřené laserovým světlem vykazovaly menší obsah melasotvorných látek – PCM - (alfaamin N, Na, K), a tím pádem zvyšovaly výtěžnost bílého cukru v cukrovaru (Tab.1). Můžeme tedy konstatovat, že po dobu tří, klimaticky rozdílných ročníků 2020–2022, přinesla metoda FYTOLASER užitek nejen pěstitelům, ale nemalý hospodářský přínos mohou jejím využitím získat i zpracovatelé.:

Tab1.: Laserová stimulace osiva cukrovky BTS 555 v pokusech v Žabčicích (Mendelova univerzita) – 2020-22

Rok	Laserová expozice	Výnos bulev (t/ha)	Relat. (%)	Cukernatost (%)	Relat. (%)	Výnos 16% (t/ha)	Relat. (%)	Výnos polar.cukru (t/ha)	Relat. (%)	PCM	Výnos bílého cukru (t/ha)	Relat. (%)
2020	Kontrola	93,60	100,0	15,1	100,0	88,3	100,0	14,1	100,0	1,58	12,7	100,0
	1-4	96,93	104,0	15,7	104,0	95,1	107,7	15,2	107,7	1,6	13,7	108,0
	1-8	93,23	100,0	15,3	101,3	89,1	100,9	14,3	100,9	1,8	12,5	99,2
	12-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	Kontrola	139,3	100,0	17,2	100,0	149,7	100,0	24,0	100,0	1,63	21,7	100,0
	1-4	144,3	103,6	18,4	107,0	165,9	110,8	26,5	110,8	1,3	24,6	113,5
	1-8	154,2	110,7	18,1	105,2	174,4	116,5	27,9	116,5	1,4	25,8	118,8
	12-4	150,3	106,8	17,9	104,1	168,1	112,3	26,9	112,3	1,5	24,6	113,5
2022	Kontrola	104,8	100,0	15,9	100,0	104,4	100,0	16,7	100,0	1,65	15,0	100,0
	1-4	103,89	99,1	16,7	104,6	108,3	103,7	17,3	103,7	1,5	15,8	105,5
	1-8	104,06	99,3	15,8	99,1	102,8	98,4	16,4	98,4	1,4	15,0	99,9
	12-4	112,53	107,4	16,3	102,1	114,4	109,6	18,3	109,6	1,5	16,7	111,2

I u řepky ozimé jsme rovněž zpočátku úspěšně testovali pouze výnos a olejnatost. Nicméně některé letošní výsledky ukázaly na nižší obsah GSL, což by mohlo zajímat i krmivářský průmysl (Tab.2).

Tab.2: FYTOLASER + řepka 2020–23 v TERRIS Budětsko

FYTOLASER 2023 - DRONE	t / ha	%	FYTOLASER 2022 - InV 1266 CL	t / ha	%	FYTOLASER 2021 - InV 1266 CL	t / ha	%	FYTOLASER 2020 - InV 1266 CL	t / ha	%
Expozice 2 – 8	5,70	140	Expozice 2 – 8	4,42	129	Expozice 2 – 8	poplaveno		Expozice 2 – 2	3,59	109
Expozice 42 – 8	4,29	105	Expozice 12 – 8	4,02	117	Expozice 12 – 8	4,00	105	Expozice 2 – 8	3,62	110
Expozice 4 – 8	4,40	108	Expozice 42 – 8	4,33	126	Expozice 42 – 8	4,44	117	Expozice 1 – 8	3,51	106
Kontrola	4,07	100	Expozice 4 – 8	3,84	112	Expozice 4 – 8	4,25	112	Expozice 13 – 8	3,46	105
			Kontrola	3,43	100	Kontrola	3,80	100	Kontrola	3,30	100

FYTOLASER – maloparcelní pokus s laserovou stimulací osiva – SALUTE 2023

FYTOLASER expozice	t / ha	%	Olej - %	%	GSL- μ mol/g	%
Expozice 4 – 8	3,71	110	47,8	101	14,20	97
Expozice 42 – 8	3,77	112	48,5	102	13,70	94
Expozice 2 – 8	3,56	106	48,2	102	13,10	90
Kontrola	3,37	100	47,3	100	14,60	100

Jarní ječmen po celou dobu víceletých zkoušek vykazoval významně vyšší kořenový potenciál, vyšší výnos (až o cca 1t/ha) a nižší obsah bílkovin (až o cca 1%) - (Tab3). Jistě i to může vyvolat pozornost sladařů a pivovarníků.

Tab.3: Přesné maloparcelkové pokusy – ječmen jarní 2022 (odrůdy LAUDIS a RGT PLANET)

FYTOLASER	Výnos zrna – LAUDIS		N – látky	FYTOLASER	Výnos zrna – RGT Planet		N – látky
Expozice	t/ha	%	Obsah - %	Expozice	t/ha	%	Obsah - %
1 – 8	8,23	104,1	11,3	1 – 8	9,11	102,2	10,6
1 – 2	8,62	109,0	10,9	1 – 2	9,16	102,7	10,2
2 – 2	7,94	100,4	11,8	2 – 2	9,05	101,5	11,3
2 – 8	8,72	110,2	10,9	2 – 8	9,41	105,5	10,1
22 – 8	8,81	111,3	10,9	22 – 8	9,61	107,7	10,2
11 – 8	8,93	112,9	10,9	11 – 8	9,36	104,9	9,9
12 – 8	8,53	107,9	11,2	12 – 8	9,44	105,8	10,5
4 – 8	8,23	104,1	11,5	4 – 8	9,43	105,7	11
42 – 8	8,34	105,5	11,8	42 – 8	8,79	98,6	11,1
Kontrola	7,91	100,0	11,7	Kontrola	8,92	100,0	10,9

Je zde tedy i prostor pro podporu výzkumu ze strany zpracovatelského průmyslu i osivářských firem!

Diskuse

Další plodiny, které letos končí 3leté testy (sója, slunečnice, kukuřice) a některé další (mák aj.), vykazují průběžně dobré výsledky. Na osivu každé testované plodiny empiricky ověřujeme různé expozice světla a je zřejmé, že každá plodina pozitivně reaguje na jinou vlnovou délku i výkon laseru. Je tu však stále velký prostor pro vybavené laboratoře na podrobný výzkum rozdílů v absorpci různých expozic laserového světla, rozdílů v osivech různé provenience, jejich zbarvení a propustnosti jejich obalové a aleuronové vrstvy, různých barev a povrchu obalů nebo mořidel, případně i různých odrůd. Další oblastí pro podrobný výzkum je **fyto-sanitární účinnost** laserového světla na potlačení škodlivých mikroorganismů a jeho doplnění či dokonce náhrada některých chemických vstupů. Výzkum v této oblasti by přinesl mnoho užitečného pro životní prostředí a biodiverzitu.

Velmi zajímavou a dosud ne zcela dokonale popsanou kapitolou je vliv laserového světla na vyšší obsah chlorofylu exponovaných plodin a velikost listové plochy. Naše průběžné výsledky agrobiologické kontroly pokusů s různými plodinami v letech 2022-23 ukazují na opakovaný efekt nárůstu obsahu chlorofylu v listech o 3% – 8% (chlorofylmetr SPAD 502 plus) i větší listovou plochu (LAI-vizuálně). Tato spojitost nás vede k záměru objektivně, laboratorně vyhodnotit vztah těchto parametrů na intenzitu fotosyntézy prostřednictvím čistého výkonu asimilace (NAR), který stanoví přírůstek sušiny v daném čase, a rovněž i spotřebu CO₂ ve vztahu k vyššímu obsahu chlorofylu v rostlinách po laserové expozici osiva. Provozní výsledky nás vedou k závěru, že laserová stimulace osiva metodou FYTOLASER může být rovněž označena jako metoda DEKARBONIZAČNÍ. Ekologické zemědělství je dalším adeptem na využívání metody FYTOLASER, neboť se jedná o nechemickou, fyzikální stimulaci, která zajišťuje skrze rozvoj kořenové soustavy lepší příjem živin z půdní zásoby. Tímto způsobem lze vylepšit agrotechniku ekologických porostů a stabilizovat produkci biopotravin.

Závěr

Tento příspěvek je cílen nejen na širokou zemědělskou veřejnost, ale také i na akademickou obec, jejíž vědecký potenciál by mohl posunout dál dosavadní stav poznání o laserové stimulaci osiva k širokému využití v zemědělské praxi. Naše i evropské zemědělství prochází obdobím „zelené transformace“, se snahou snížit uhlíkovou stopu, za doprovodu redukce účinných chemických látek. Tento trend by měl ovšem také znamenat, že udržitelné životní prostředí a biodiverzita jsou stejně významné jako udržení intenzity zdravé zemědělské produkce! Domníváme se tedy, že naše fyzikální **metoda FYTOLASER** dobře zapadá do tohoto trendu a může přispět k naplnění jeho dlouhodobých cílů.

Literatura

- A.C. Hernandez^{1*}, P.A. Dominguez¹, O.A. Cruz², R. Ivanov³, C.A. Carballo⁴, and B.R. Zeped, 2010, Laser in agriculture
- J. Šebánek, J. Králík, M. Hudeová, Š. Klíčová and all, 1989, Growth and hormonal effects of laser on germination and rhizogenesis in plants
- K. Římovský, 1985, Využití laserové techniky v zemědělství
- J. Pulkrábek, L. Bečková, P. Kuchtová, 2021, Vliv ošetření osiva laserem a hnojení pod patu na produkční ukazatele cukrové řepy

Kontaktní adresa:

Fytolaser s.r.o
Výšovice 165, 79809
www.fytolaser.cz
Jaroslav.skopal@fytolaser.cz
+420 775 556 244

Možnosti využití systému profilové aplikace hnojiv pro zlepšení růstu rostlin

Perspectives of the use of a profile application system of fertilizer for improving plant growth

¹Svoboda P., ¹Haberle J., ¹Raimanová I., ¹Lukáš J., ¹Rous J., ¹Moulík M., ²Jacko K., ³Holubík O.

¹Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

²Agrio s.r.o., Hovorčovice-Měšice u Prahy

³Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha - Zbraslav

Abstrakt

Zhoršování stavu půdy, spolu s častějším výskytem suchých období, vedou ke snížení efektivity využití živin z aplikovaných hnojiv. Od aplikace minerálních a organo-minerálních hnojiv do půdního profilu se očekávají lepší podmínky pro příjem živin v kořenové zóně. Příspěvek prezentuje výsledky pokusů s profilovou aplikací hnojiv u ozimé pšenice a jarního ječmene v provozních podmínkách, včetně využití údajů o prostorové variabilitě pokusných pozemků. U plochy s vyšší prostorovou variabilitou půdy se projevila interakce s půdními podmínkami komplikující hodnocení výsledků. Využití profilové aplikace hnojiv v systémech precizního zemědělství představuje perspektivní technologii, ale bude vyžadovat více údajů z polních podmínek.

Klíčová slova: půdní profil; kořenový systém; prostorová variabilita; výnos zrna

Abstract

Deterioration of the soil condition, together with more frequent occurrence of dry periods, lead to a decrease in the effectiveness of nutrients from applied fertilizers. The application of mineral and organo-mineral fertilizers in the soil profile is expected to improve conditions for nutrient uptake in root zone. The contribution presents the results of the profile application of fertilizers in winter wheat and spring barley under farm conditions, including the use of data on the spatial variability of experimental fields. For a field with high spatial variability, the interaction with soil conditions complicated the evaluation of the results. The use of profiled fertilizer application in precision agriculture systems is a promising technology, but will require more data from field conditions.

Keywords: soil profile; root system; spatial variability; grain yield

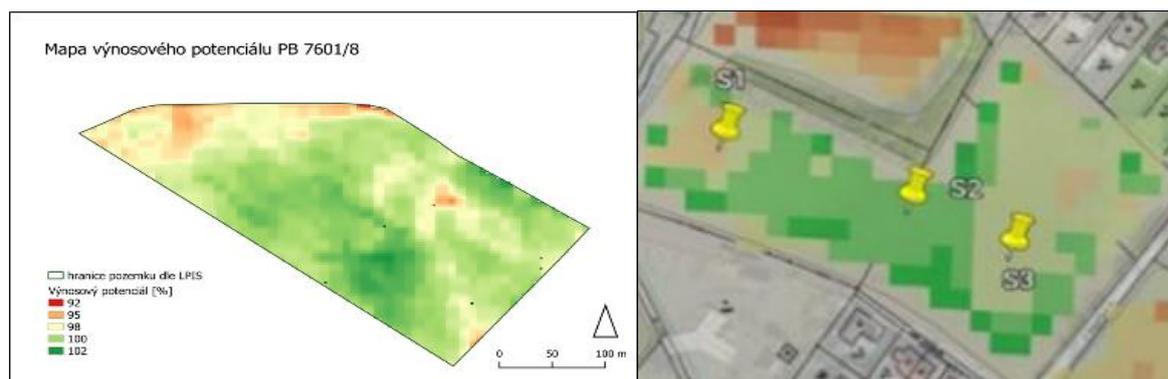
Úvod

Pedologové a půdní biologové opakovaně upozorňují na zhoršení stavu půd v České republice (Cílek et al. 2021). I přes různá agro-environmentální opatření v systému plateb a podpor se zatím situace zásadně nezlepšila. To má řadu příčin, zvláště zúžení struktury pěstovaných plodin, úbytek víceletých jetelovin a radikální snížení produkce kvalitních statkových hnojiv. Je zřejmé, že náprava a zlepšení kvality půdy bude dlouhodobou záležitostí. Horší biologická aktivita půdy, utužení a nižší schopnost zadržet vodu vedou, zvláště při častějším výskytu sucha, také k nižšímu využití živin z hnojiv (Schröder et al. 2016). Zhoršení stavu půdy může ovlivnit rozvoj kořenů - málo rozvětvený kořenový systém nedokáže efektivně odčerpávat ionty živin (P, K, Ca, Mg) ze suché půdy, povrchově aplikovaná dusíkatá hnojiva zůstávají v přeschlé povrchové vrstvě. Jednou z cest pro lepší využití živin z hnojiv, zvláště dusíku, je jejich umístění blíže kořenům, do půdního profilu. Od této technologie se očekává lepší dostupnost díky vyšší vlhkosti půdy a příznivějším fyzikálně-chemickým podmínkám; v hlubších vrstvách půdy je také stabilnější teplota, bez velkých extrémů (Wu et al. 2022, Chen et al. 2022).

V případě vyčerpání dostupné zásoby vody z kořenové zóny rostlin však malé srážky nedokážou zlepšit podmínky v hlubších vrstvách a vliv profilové aplikace se nemusí projevit. Podle našich sledování je hustota a větvení kořenů pšenice a dalších plodin ve vrstvách okolo 10-30 cm často vyšší než v povrchové vrstvě, kořeny jsou zde více rozvětvené a aktivní. Platí to zejména v prostoru mezi jednotlivými řádky plodin. Hodnocení dopadu profilové aplikace hnojiv na růst, příjem živin a výnos komplikují další faktory, které ovlivňují proces tvorby hospodářského výnosu, zvláště prostorová variabilita půdy a porostu. Pro zhodnocení přínosů technologie profilové aplikace je proto nutné získat údaje z monitoringu porostů v provozních podmínkách. Cílem práce bylo určit vliv profilové aplikace hnojiv na některé charakteristiky rostlin a výnos ozimé pšenice a jarního ječmene.

Materiál a metody

V sezóně 2021/2022 byly na provozních pozemcích, v oblasti Praha-východ (Agrio, s.r.o.) založeny provozní pokusy s profilovou aplikací hnojiv k pšenici ozimé a jarnímu ječmeni. Pokusné pozemky mají středně hlubokou až hlubokou půdu, půdní typ je kambizem a černozem se střední a dobrou zásobou živin, na části pozemku v Bořanovicích se vyskytují i chudší regozemě. Na základě pedologického a agrochemického průzkumu v odběrové síti byla mapována variabilita pokusných pozemků (na obr. 2 je příklad mapy obsahu celkového půdního dusíku). Dále byla s využitím družicových snímků z minulých let určena variabilita výnosového potenciálu (obr. 1).



Obr.1: Prostorová variabilita výnosového potenciálu pozemku Veliká Ves (vlevo) a Bořanovice (vpravo). Zelené odstíny=nadprůměrný potenciál, světlý oranžový odstín=podprůměrný potenciál.

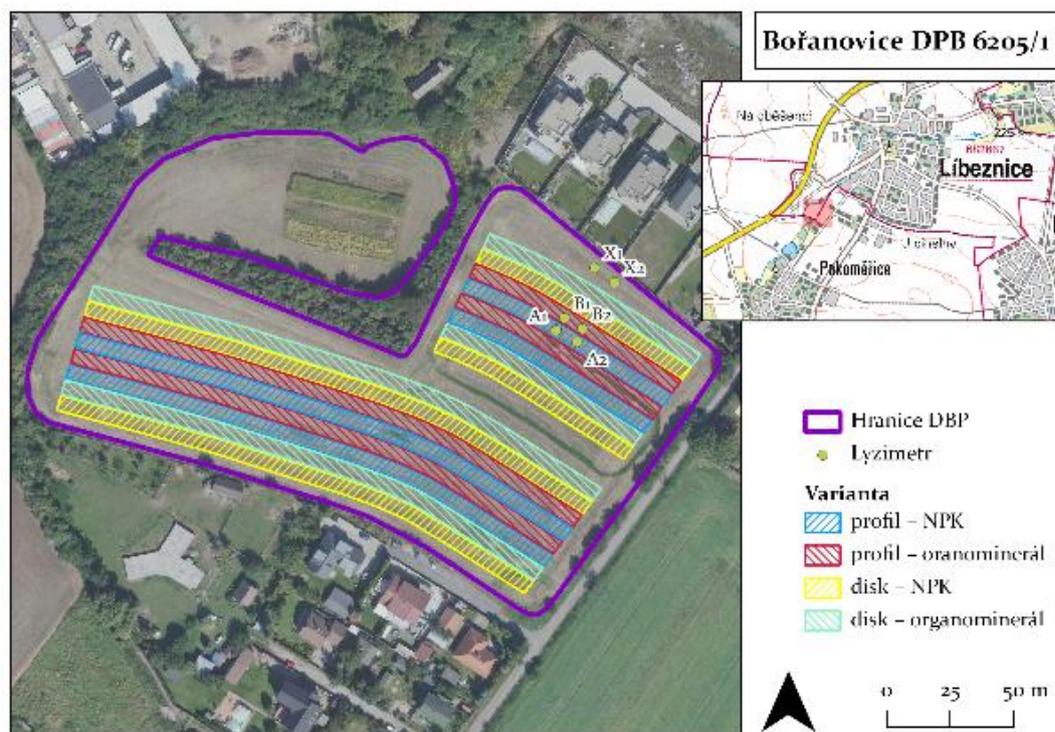


Obr.2: Prostorová variabilita obsahu N_{tot} v ornici na pozemku Bořanovice

Pokusná plocha Bořanovice

Cílem bylo otestovat možnosti upraveného stroje MATADOR (Bednar FMT) s aplikací hnojiv povrchově (hloubka 5-10 cm) a profilově do tří hloubek (5-30 cm). Byla aplikována hnojiva NPK (15/15/15 %) a organo-minerální hnojivo s vysokým obsahem P Lovostart (6/27/0 %).

Design pokusu (obr. 3) směřoval k doplnění efektivní dávky P, na základě předchozí analýzy obsahu P v půdě a zjištěné nižší zásobě. Snahou bylo porovnat reakci rostlin na dostupnost přístupných forem z čistě minerálního zdroje (NPK) a organo-minerální formy (Lovostart) s povrchovou aplikací (hloubka 5 cm, na obr. 3 označeno jako Disk) a do profilu (rozdělenou dávkou do hloubek 5 cm, 10-15 cm, 25-30 cm, označeno jako Profil). U těchto 4 variant hnojení A až D (A-NPK povrchová aplikace; B-Lovostart povrchová aplikace; C-NPK profilová aplikace; D-Lovostart profilová aplikace) byly vytvořeny ke každé variantě 4 aplikační pásy (opakování). Hnojení dusíkem (N) nebylo diferencováno (vždy 21 kg/ha). Dávka fosforu představovala v případě použití NPK 21 kg/ha, u Lovostartu to bylo 94,5 kg/ha.

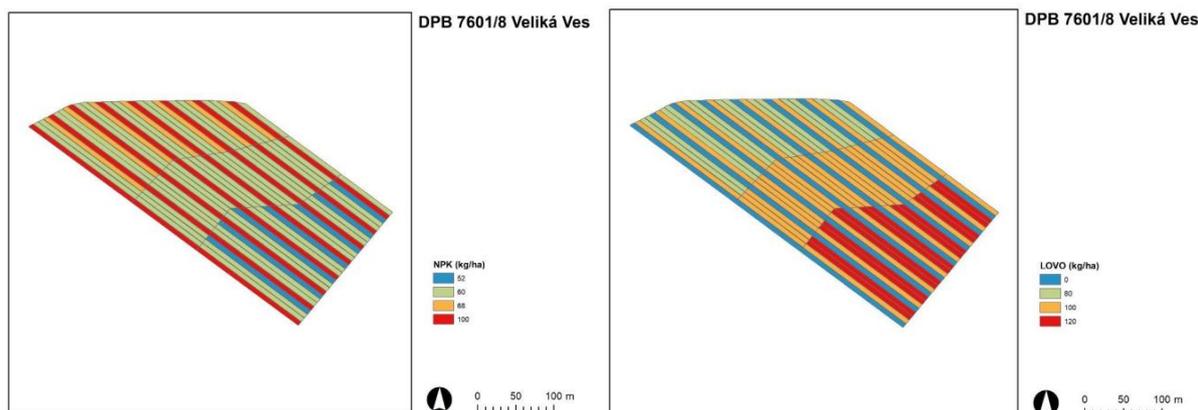


Obr.3: Design pokusů s ozimou pšenicí v roce 2021 na pozemku Bořanovice.

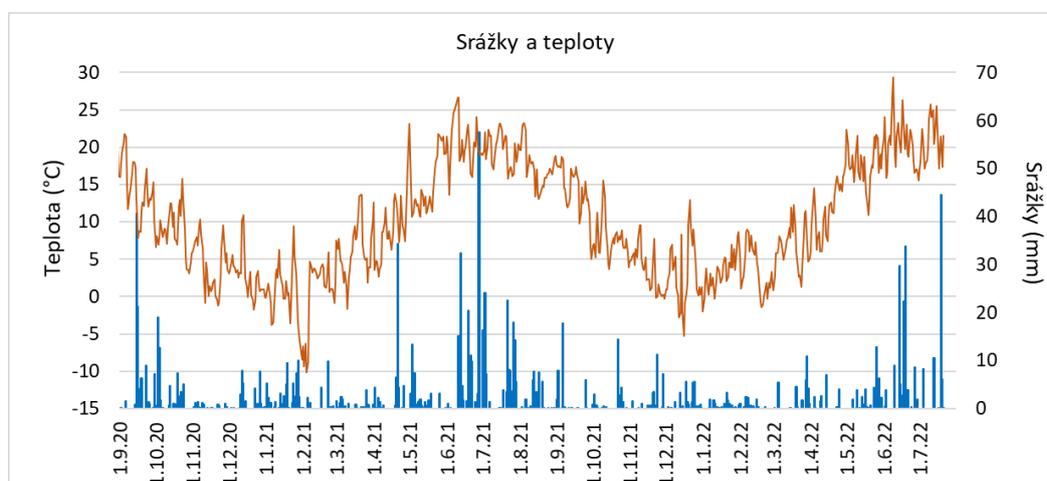
Pokusná plocha Veliká Ves

V roce 2022 byl na pozemku ve Veliké Vsi založen pokus s jarním ječmenem zaměřený na vliv aplikace variabilní dávky hnojiv, s ohledem na obsah přístupného P. Varianty kombinovaly povrchovou aplikaci NPK (hloubka 5-10 cm) s profilovou aplikací Lovostartu (hloubka 10-15 cm), včetně varianty jen NPK (bez Lovostartu). Pokus byl založen v pásovém uspořádání po 6 m, při rozestupu mezi pásy 0,5m (obr. 4). Aplikace hnojiv byla provedena na podzim 2021. Dávka N představovala 15 kg/ha na všech variantách pokusu, dávka fosforu představovala při použití jen NPK 15 kg/ha, při kombinaci obou hnojiv 36 kg fosforu/ha. Byly tak vytvořeny 4 varianty A až D (A-NPK povrchově; B-NPK povrchově a LOVOSTART profilově; C-jako B se zohledněním dávky P podle živinové mapy; D-jako B se zohledněním dávky P a N podle živinové mapy).

Na sledovaném pozemku byla na jaře vytvořena odběrová síť, která vyrovnaně zahrnovala jednotlivé aplikační varianty (ve 4 opakováních) ve 3 zónách s odlišnou kvalitou půdy. Ve 2 okrajových zónách pozemku byla použita diferencovaná dávka P a N podle živinové mapy.



Obr.4: Design pokusu s ječmenem (Veliká Ves); rozmístění aplikačních dávek NPK (5-10 cm) a Lovostart (15 cm).



Obr.5: Průměrné denní teploty a úhrn srážek (Brandýs n. L.).

Monitoring porostů

Na pokusných pozemcích byly ve zvolené síti bodů a zónách stanoveny pedologické a agrochemické vlastnosti půdního profilu, obsah N_{\min} ($NH_4^+ + NO_3^-$) na počátku růstu (ječmen, pšenice) a v období jarní regenerace (pšenice), hmotnost rostlin a obsah N ve fázi odnožování a výnos slámy a zrna (odběrem snopků). V době metání byl vždy ve dvou opakováních stanoven obsah N (%) a obsah chlorofylu A a B (mg/1 g listu) v praporcových listech. Oba parametry byly využity pro hodnocení stavu porostu na začátku tvorby zrna a v rámci řešení byly analyzovány korelační vztahy s vybranými vegetačními indexy získanými z multispektrálních snímků pomocí UAV (dron). Současně v uvedených pokusech probíhala další sledování, například sledování průsaku vody a vyplavení živin pomocí lyzimetrů (VÚMOP), srážky a teploty ze stanice ČHMÚ.

Regresní vztahy mezi obsahem N, chlorofylu, výnosu a hodnotami vegetačních indexů (NDRE, NDVI) v okolí odběrových míst ze snímkování UAV v průběhu vegetace byly použity pro generování map těchto ukazatelů stavu porostů.

Výsledky a diskuse

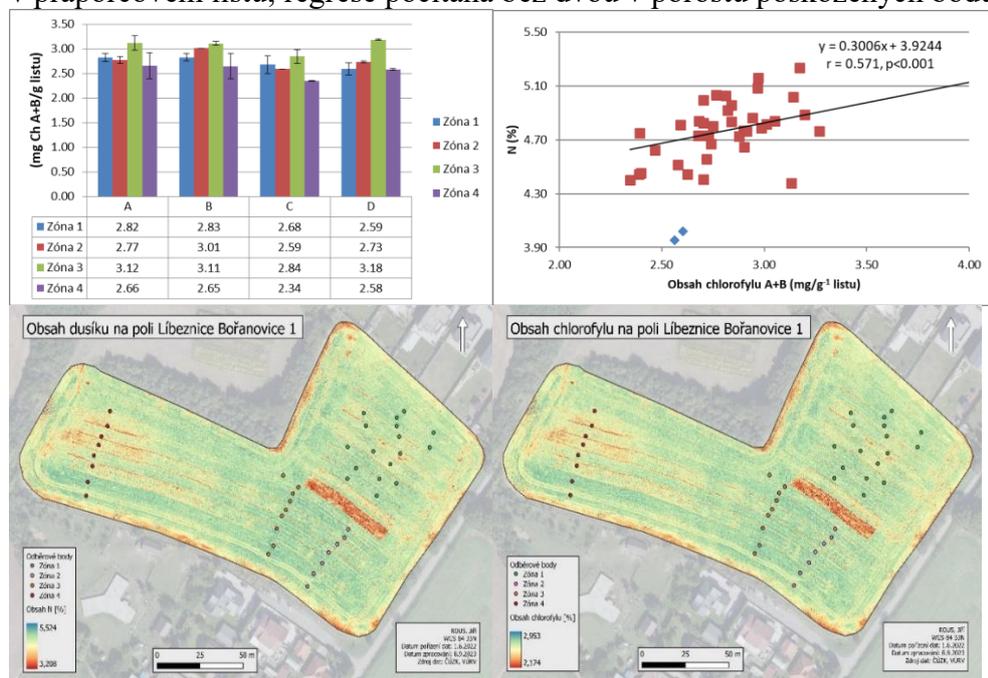
Pokus s pšenicí ozimou (Bořanovice 2021/2022)

Výsledky analýzy praporcových listů v metání ukazují, že rozdíly mezi jednotlivými variantami aplikace (povrchová/profilová) a typu hnojiva byly vzhledem k vysoké variabilitě porostu na

pozemku neprůkazné ($p=0,772$) a lišily se více dle jednotlivých odběrových zón, jejichž vliv byl na hranici průkaznosti ($p=0,0643$). Na obrázku č. 6 je vidět, že nejnižší obsah chlorofylu v praporcových listech byl zjištěn na zóně označené č. 4 (oblast s výskytem chudší karbonátové regozemě), nejvyšší obsah na zóně č. 3, což odpovídá i barevnému zobrazení v mapě výnosového potenciálu (obr. 1 vpravo) a mapě obsahu chlorofylu (obr. 7 vpravo). Z hlediska variant pokusu byl nejvyšší obsah chlorofylu zaznamenán na variantě B (povrchová aplikace Lovostartu), nejmenší při profilové aplikaci NPK (varianta C).

Byl potvrzen vysoce průkazný vztah mezi obsahem chlorofylu a obsahem N v praporcových listech (obr. 6 vpravo), který dává předpoklad spolehlivého monitoringu prostorové variability obsahu N celého pozemku pomocí snímkování z dronu (obr. 7).

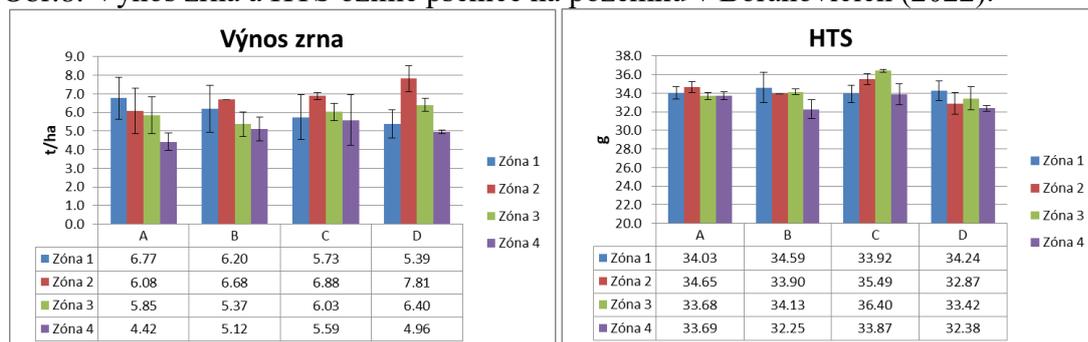
Obr.6: Obsah chlorofylu v praporcovém listu v době metání u rostlin oz. pšenice v reakci na variantní způsob umístění dvou typů hnojiv: A (NPK povrchově), B (Lovostart povrchově), C (profilová aplikace NPK) a D (profilová aplikace Lovostart) v jednotlivých zónách (č. 1-4), na pozemku Bořanovice (2022). Vpravo je zobrazena korelace obsahu N a chlorofylu v praporcovém listu; regrese počítána bez dvou v porostu poškozených bodů (modře).



Obr.7: Mapy obsahu N a chlorofylu vytvořené na základě regrese dat z odběrových bodů (ve 4 zónách) a hodnot vegetačního indexu v těchto bodech.

Údaje o výnosu zrna ukazují na poměrně silný vliv odlišných podmínek v jednotlivých zónách na tvorbu výnosu a HTS (hmotnost 1000 semen), které zřejmě působily v interakci s variantami profilové aplikace a průběhem počasí (obr. 8 vlevo). Vyšší výnos zrna byl dosahován na variantách s profilovou aplikací u obou hnojiv (varianty C a D) ve třech zónách, jen v zóně č.1 byl výnos nejvyšší na variantě s povrchovou aplikací NPK. V průměru to ale představovalo zvýšení výnosu o 13 a 12 %, oproti variantám s povrchovou aplikací (obr. 13 vlevo). Nejvyšší HTS byla dosažena při profilové aplikaci NPK a v zónách s vyšší kvalitou půdy (obr. 8 vpravo). Je třeba poznamenat, že přirozenou prostorovou variabilitu pozemku významně zvyšovala nerovnoměrnost porostu způsobená vlivem pojezdů mechanizace, zpracování půdy a výsevu, kolejových řádek, poškození zvěří apod.

Obr.8: Výnos zrna a HTS ozimé pšenice na pozemku v Bořanovicích (2022).



Na ploše pozemku jsou patrné zóny s horší kvalitou půdy (na obr. 7 označeno jako zóna 4, ve střední části (zóna 2-3) naopak jsou podmínky příznivější, v zóně 1 přechodné). To se projevilo jak při mapování výnosového potenciálu i při analýze obsahu celkového obsahu N (N_{tot}) v půdě (obr. 1-2). Tyto podmínky také ovlivnily těsnost vztahu mezi obsahem N a chlorofylu v praporcových listech a výnosem zrna. Na zóně s horšími půdními podmínkami (regozemě na zóně 4) byl vztah silnější než při korelaci dat z celé plochy pozemku.

Pokus s ječmenem jarním (Veliká Ves 2022)

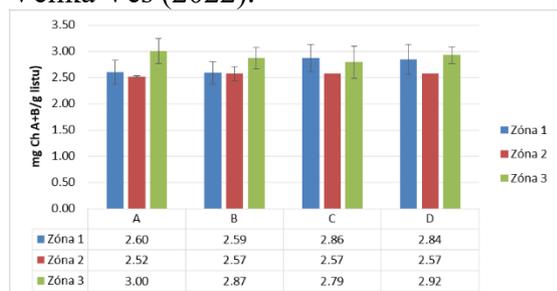
Plocha ve Veliké Vsi se vyznačovala také značnou variabilitou půdy, jak potvrzuje i mapa potenciálního výnosu (obr. 1 vlevo). Navíc na část pozemku, v případě déletrvajících srážek, stéká a hromadí se voda z nedalekého močálu.

Podobně jako u pšenice ozimé byla zjištěna průkazná pozitivní korelace ($n=42$, $r=0,53$, $p<0,01$) mezi obsahem chlorofylu a obsahem celkového dusíku v praporcových listech (obr. 10 vpravo). Díky tomu jsou i mapy obsahu N a chlorofylu, podobně jako u pšenice, vzájemně podobné (obr.12). U ječmene byla v tomto pokusu zároveň zjištěna pozitivní korelace ($n=42$, $r=0,7$, $p<0,001$) mezi obsahem dusíku v praporcovém listu a jeho obsahem v zrna.

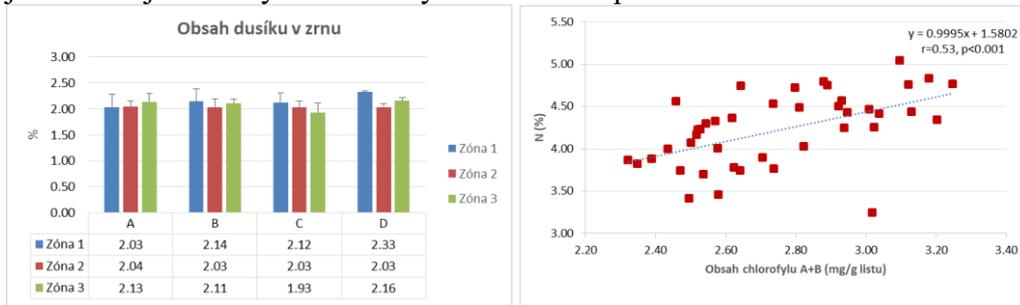
Rozdíly mezi variantami ve výnosu zrna byly malé (obr. 11 vlevo), podobně tomu bylo u obsahu N (obr. 10 vlevo) a chlorofylu (obr. 9) v listech rostlin. Mapy obsahu N a chlorofylu ukazují při zobrazení ve velkém detailu variabilitu porostu a různé negativní vlivy jako utužené a uježděné části pozemku a přilehlou oblast se zhoršenými půdními vlastnostmi z důvodu zamokření močálem (vykrojená část mapy – obr. 12).

Nicméně i u tohoto pozemku se v průměru kladně projevila profilová aplikace hnojiv ve výnosu zrna, i když méně než u pokusu v Bořanovicích (obr. 13 vpravo). Zvýšení výnosu oproti povrchové aplikaci NPK (varianta A) představovalo v průměru 8, 3 a 2 procenta na variantách s profilovou aplikací hnojiv (varianty B, C a D). Taktéž HTS byla vyšší na variantách s profilovou aplikací hnojiv (obr. 11 vpravo).

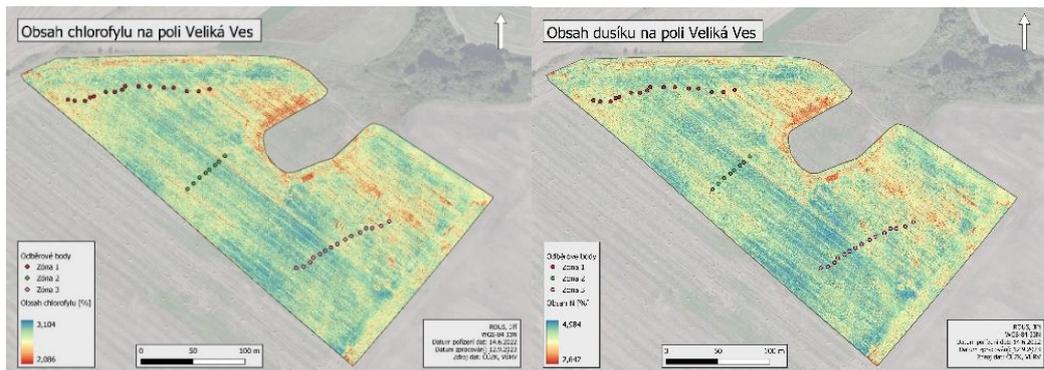
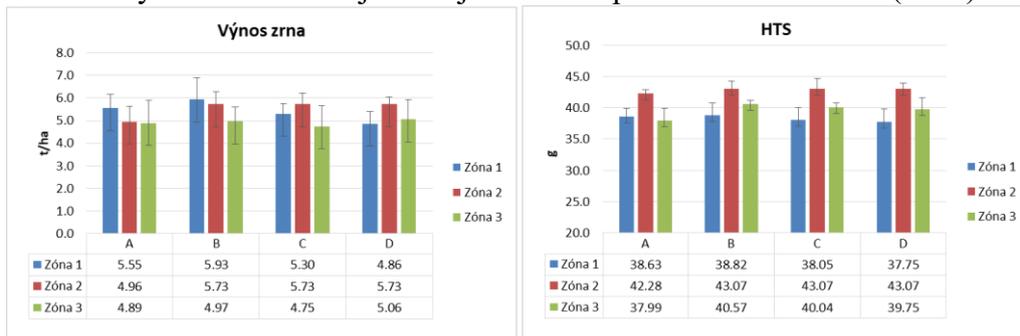
Obr.9: Obsah chlorofylu v praporcových listech jarního ječmene ve fázi metání na pozemku Veliká Ves (2022).



Obr.10: Obsah N v zrna a závislost obsahu N a chlorofylu v praporcovém listu v době metání ječmene v jednotlivých odběrových bodech na pozemku Veliká Ves.

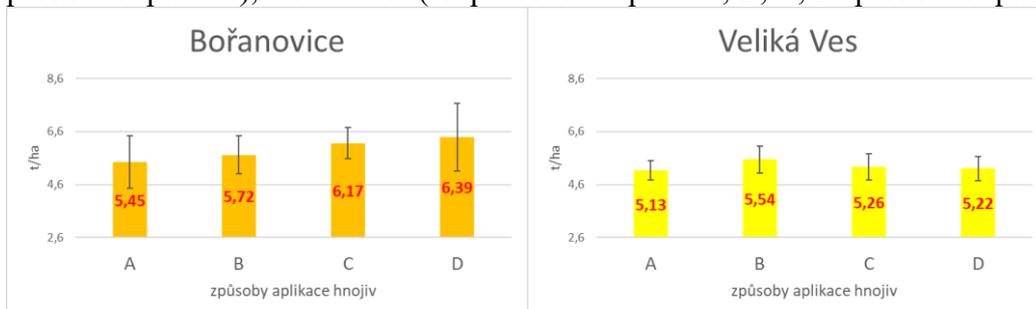


Obr.11: Výnos zrna a HTS jarního ječmene na pozemku Veliká Ves (2022).



Obr.12: Mapy obsahu chlorofylu a N vytvořené na základě snímkování z dronu a pozemního monitoringu s body odběru vzorků ve 3 zónách (Veliká Ves).

Obr.13: Výnos zrna ozimé pšenice (Bořanovice) a jarního ječmene (Veliká Ves) na jednotlivých variantách způsobu aplikace hnojiv. Bořanovice (A, B=povrchová aplikace; C, D=profilová aplikace), Veliká Ves (A=povrchová aplikace; B, C, D=profilová aplikace).



Závěr

V příspěvku jsou prezentovány dílčí výsledky s profilovou aplikací hnojiv do zóny kořenů k ozimé pšenici a jarnímu ječmeni. Dávky hnojiv byly zvoleny podle výživného stavu půdy. U pšenice i ječmene se potvrdil vztah mezi obsahem chlorofylu a obsahem N v listech, jako předpoklad monitoringu výživného stavu porostů dusíkem snímkováním s pomocí UAV (dron). Profilová aplikace hnojiv do 3 hloubek přinesla výraznější zvýšení výnosu zrna u ozimé pšenice, oproti povrchové aplikaci stejné dávky hnojiv. U ječmene při použití menší dávky hnojiv a hloubky zapravení nebyl účinek profilové aplikace tak výrazný. Pozitivní účinek na půdu se hlavně v případě použití organo-minerálního hnojiva do půdního profilu očekává v delším časovém horizontu.

V pokusech se ukazuje, že dopady profilové aplikace použitých hnojiv jsou často překryty vysokou prostorovou variabilitou půdy a porostu (částečně způsobené agrotechnikou) a interakcí výnosového potenciálu s podmínkami ročníku.

Dedikace: Příspěvek byl podpořen projektem QK21010130 a MZe ČR RO 0423.

Použitá literatura

- Chen, Guangzhou & Cai, Tie & Wang, Junying & Wang, Yuhao & Ren, Liangqi & Wu, Peng & Zhang, Peng & Jia, Zhikuan. (2022). Suitable Fertilizer Application Depth Enhances the Efficient Utilization of Key Resources and Improves Crop Productivity in Rainfed Farmland on the Loess Plateau, China. *Frontiers in Plant Science*. 13. 900352. 10.3389/fpls.2022.900352.
- Cílek, V. - Hladík, J. - Havel, T. - Turek, J. - Záhora, J. - Vopravil, J. - Fučík, P. - Khel, T a kol. 2021: Půda a život civilizací, Co děláme půdě, děláme sobě, Dokořán, Praha.
- Schröder, J. & Schulte, R. & Creamer, Rachel & Delgado, Antonio & Van Leeuwen, Jeroen & Sandén, Taru & Rutgers, Michiel & Spiegel, Heide & Staes, Jan & Tóth, Gergely & Wall, David. (2016). The elusive role of soil quality in nutrient cycling: a review. *Soil Use and Management*. 32. 10.1111/sum.12288.
- Trávník a kol. (2012): Metodický návod pro hnojení plodin. ÚKZÚZ. Brno, 26 s. ISBN 978-80-7401-024-8.
- Wu, Xiaobin & Li, Hongbo & Rengel, Zed & Whalley, Richard & Li, Haigang & Zhang, Fusuo & Shen, Jianbo & Jin, Kemo. (2022). Localized nutrient supply can facilitate root proliferation and increase nitrogen-use efficiency in compacted soil. *Soil and Tillage Research*. 215. 105198. 10.1016/j.still.2021.105198.

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Svoboda,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i,
Drnovská 507, 161 06 Praha 6,
702 087 708,
svoboda@vurv.cz

Technologie pěstování jakonu v podmínkách oblasti Vysočiny

Technology of growing yacon in the conditions of the Highlands

Svobodová A.

Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod

Abstrakt

V letech 2019 a 2021 byl v bramborářské výrobní oblasti (BVO) pěstován jakon (*Smallanthus sonchifolius*). Účelem bylo sledování jeho adaptability v netypickém klimatickém regionu. Monitorován byl výnos hlíz v rámci dvou odrůd. Navíc bylo testováno hnojení dusíkatým minerálním hnojivem (100 kg N/ha) oproti variantě bez hnojení (0 kg N/ha). Sledování probíhalo ve výzkumné stanici Valečov. Výzkumná stanice se nachází v nadmořské výšce 460 m n.m. (mírně teplý okresek). Při vyhodnocení pokusu byly zaznamenány tendenční rozdíly ve výnosech hlíz u sledovaných odrůd. Byl shledán pozitivní vliv dusíkatého hnojiva na výnos hlíz. Jakon s ohledem na klimatický region dosáhl optimálních výnosů a lze jej doporučit jako alternativní plodinu pro další pěstování.

Klíčová slova: jakon, dusík, výnos hlíz

Abstract

In 2019 and 2021, yacon (*Smallanthus sonchifolius*) was cultivated in potato production area (BVO). The purpose was to monitor its adaptability in an atypical climate region. The tuber yield was monitored within two varieties. In addition, fertilization with nitrogen mineral fertilizer (100 kg N/ha) was tested against the variant without fertilization (0 kg N/ha). Monitoring took place at the Valečov research station. The research station is located at an altitude of 460 m above sea level (slightly warm district). During the evaluation of the experiment, significant differences in tuber yields were noted for the monitored varieties. A positive effect of nitrogen fertilizer on tuber yield was found. Yacon achieved optimal yields with respect to the climatic region and can be recommended as an alternative crop for further cultivation.

Key words: yacon, nitrogen, yield of tubers

Úvod

Jakon je původní rostlina z humidních horských oblastí Bolívie a Peru nacházejících se po celé délce andských svahů a údolí. Jeho pěstování je rozšířené i v dalších tropických výše položených agroekologických pásmech Kolumbie a Venezuely. První pokusy introdukovat jakon do Evropy se datují k roku 1861, kdy se experimentálně začal pěstovat ve Francii (Bredemann, 1943; Illés et al. 2019). Dále se pak rozšířil do Itálie, Německa a Japonska. Illés et al. (2019) uvádí, že v roce 1994 se jakon introdukoval i do České republiky a úspěšně se začal pěstovat na dvou lokalitách (ČZU Praha, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod). Jakon je plodina, která je především charakteristická vysokou produkcí organické hmoty a množstvím lehce stravitelných živin. Obsahuje velké množství významných nutričních látek, které jsou důležité pro výživu člověka. Jakon řadíme do čeledi *Asteraceae*, hvězdnicovitých. V našich podmínkách se jedná o jednoletou bylinu. Rostlina dosahuje výšky 1,0 až 2,0 m a lodyha je pokrytá trichomy. Lodyhy jsou čtyřhranné a hustě olistěné vstřícnými listy sytě zelené barvy. Výjimečně se objevují na vrcholu lodyh drobné žluté až oranžové úbory. Plod je nažka, která se však v našich klimatických podmínkách tvoří výjimečně. Jakon má dva druhy hlíz. První jsou oddenkové, které nazýváme kaudexy a slouží k dalšímu množení. Druhé jsou

kořenové hlízy a ty vyrůstají po pěti až dvaceti ve svazku. Mají nepravidelně vřetenovitý až kulovitý tvar. Dosahují v průměru hmotnosti 200 g až 500 g, ale také až 2 000 g. Mají slabou, šedohnědou až fialovou pokožku, která na vzduchu velmi rychle tmavne (Illěš et al. 2019). Dužnina je křehká, chrupavá, šťavnatá a nasládlá, barvy bílé, krémově žluté, někdy až nafialovělé. Technologie pěstování jakonu je velmi podobná pěstování brambor. Jedná se o širokořádkovou plodinu, která pro optimální vývoj kořenů potřebuje dostatek místa. Jakon je rostlina, která v původní oblasti rostla v podmínkách horských oblastí s mírnými teplotami a relativní vlhkostí do 85 %. Nadzemní části rostliny jsou velmi citlivé na mrazy. Optimální růst je zaručený v teplotním rozmezí od 18 do 25 °C. Výsadba může probíhat přímo z kaudexů do vyhráté půdy nebo mohou být kaudexy vysazeny do semenáčků. Výsadba ze semenáčků může urychlit růst rostlin. Přímá výsadba probíhá ručně do předem připravených hrůbků v polovině května. Rostlinky nebo kaudexy vysazujeme s roztečí 0,40–0,45 m se sponem 0,75 m mezi řádky. Jakon je rostlina, která pro svůj růst potřebuje dobré vláhové podmínky. Proto lze doporučit závlahu. Sklizeň jakonu probíhá v říjnu. Hlízy je nutné ihned vhodně uskladnit, jinak vzhledem k jejich vysokému podílu vody dojde k seschnutí.

Materiál a metody

Do pokusu byly zařazeny dvě odrůdy jakonu Fiorella a Graciella. Odrůda Fiorella má polovzpřímený habitus a intenzivně větví. Hlízy jsou vřetenovitého tvaru, délka je střední až dlouhá, s purpurově červenou slupkou. Odrůda Graciella je středně vysoká, má polovzpřímený habitus a intenzivně větví. Hlízy jsou vřetenovitého tvaru, dlouhé, s bílou slupkou a bílou dužninou. Obě odrůdy byly předpěstovány ve skleníku a na pole byly vysázeny sazenice o velikosti cca 10 cm. Polní pokusy byly založeny na Výzkumné stanici Valečov, která je pracovištěm Výzkumného ústavu bramborářského se sídlem v Havlíčkově Brodě. Výzkumná stanice se nachází v mírně vlhkém a mírně teplém okrsku v kraji Vysočina v nadmořské výšce 460 m n.m. Dle Quitta se jedná o klimatický okrsek MT7. Ve vegetačním období (od dubna do září) je dlouhodobá průměrná denní teplota vzduchu 14,42 °C a suma srážek je 442,1 mm. Půdní druh pokusného pozemku je ornice středně těžká, slabě šterkovitá, která přechází na narezavělé podloží se středně těžkým křemičitým stmelným pásem. Geologická příslušnost je hnědá půda, slabě oglejená. Hloubka ornice je 24–26 cm. Před výsadbou bylo provedeno minerální hnojení K, Mg (Patentkali 0,4 t/ha) jednotné na celou pokusnou plochu a stanoveno bylo na základě AZZP (agrochemické zkoušení zemědělských půd). Před sázením byl pozemek nakypřen rotavátorem a nashonkovan pomocí nosiče náradí RS 09. Varianty hnojení viz. Tab. 1. Následně pak byla na pokus rozprostřena černá geotextilie, aby bylo omezeno zaplevelení. Sázení probíhalo ručně a vysazovaly se sazenice za pomoci sázecího kolíku ve sponu 0,45–0,75 m. Nakonec byla v meziřádku natažena kapkovací zavlažovací hadice. Během vegetace probíhalo sledování porostu bez dalších agrotechnických zásahů. Sklizeň byla provedena ručně v měsíci říjnu.

Tab. 1: Varianty hnojení jakonu v letech 2019–2020

Odrůda	Dávka N hnojiva (močovina)	
Fiorella	0 kg N/ ha	100 kg N/ ha
Graciella	0 kg N/ ha	100 kg N/ha

Vyhodnocení výnosů probíhalo po sklizni. Hlízy byly ručně odděleny od kořenového balu, zváženy a roztrženy dle stupně poškození. Výnos byl vypočítán dle váhy a počtu vysazených rostlin. Na základě výsledků byl přepočítán výnos hlíz na hektar a statistické vyhodnocení za pomoci softwaru Statistica.cz. Zde byl nejprve proveden test homogenity a následovalo testování analýzou rozptylu (ANOVA) a základní statistickou metodou (t-test).

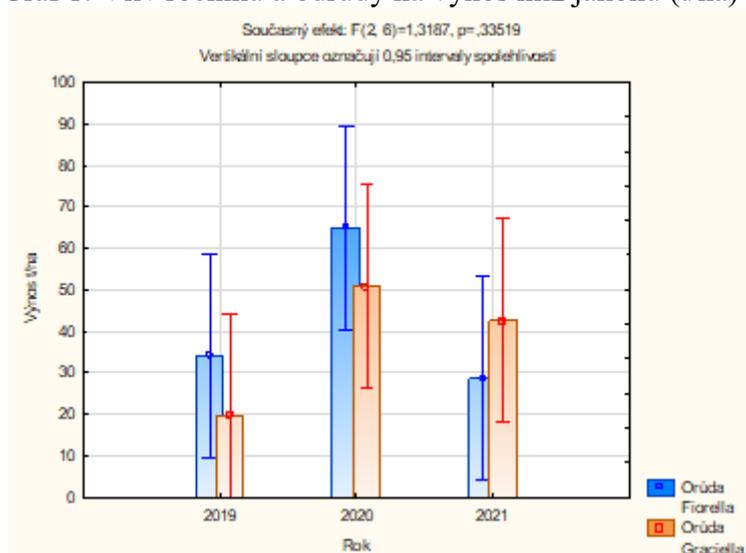
Výsledky a diskuze

Cílem pokusu bylo vyhodnocení vlivu genotypu a dávky dusíkatého minerálního hnojení na výnos hlíz jakonu. Odrůda jakonu ovlivnila výnos hlíz (Graf 1) pouze tendenčně bez statistické průkaznosti. V letech 2019 a 2020 byla výnosnější odrůda Fiorella. Odrůda Fiorella se dle pozorování vyznačuje větším počtem nasazených hlíz (zhruba 8–12 kusů konzumních hlíz). Hlízy dorůstají do délky 20–25 cm s průměrnou hmotností konzumních hlíz 350–400 g. V roce 2021 byla výnosnější odrůda Graciella. Odrůda Graciella dle pozorování nasazuje o poznání menší počet hlíz (zhruba 3–5 kusů konzumních hlíz), ovšem hlízy mohou dosáhnout délky až 50 cm s průměrnou hmotností konzumních hlíz okolo 500–600 g.

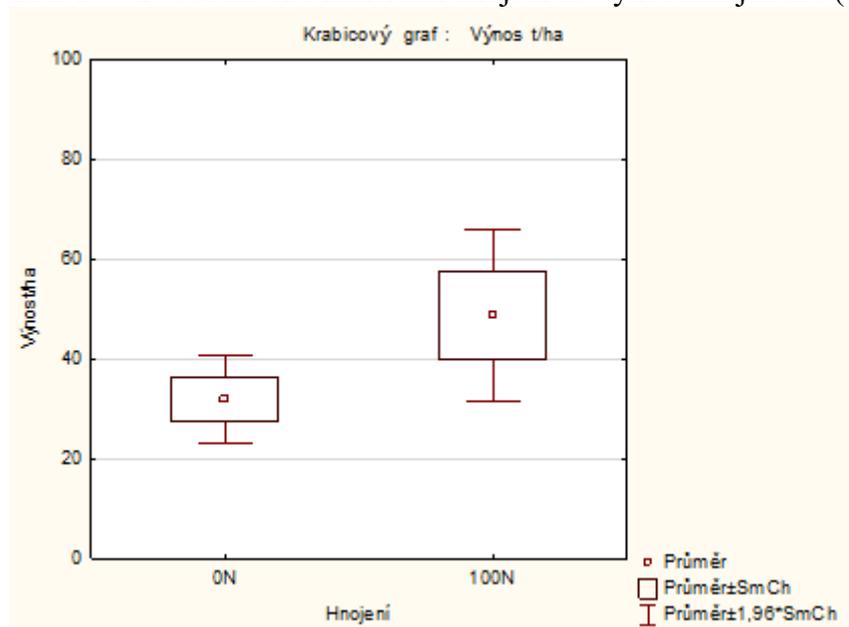
Minerální hnojení bylo dalším sledovaným ukazatelem (Graf 2). Sledovány byly dvě úrovně dusíkatého minerálního hnojení. Varianta se 100 kg N/ha v porovnání s variantou bez hnojení (0 kg N/ha). Z výsledků v průměru let a odrůd vyplývá, že tendenčně byl výnos hlíz ovlivněn dusíkatým hnojením. V průměru došlo k navýšení výnosů hlíz zhruba o 53 % u varianty hnojené oproti variantě bez dusíkatého hnojení. Araújo a Amaya (2003); Fernandez (2006) konstatují, že pro vysokou produkci kořenových hlíz je optimální dávka dusíku 160 kg/ha. Výnosová úroveň je celkově v rámci let stanovena jako optimální vzhledem ke klimatickému regionu MT7. Fernández et al. (2006) uvádějí, že rostlina tvoří v podmínkách ČR v průměru 1,25 kg/rostlinu hlíznatých kořenů (tj. 25,51 t/ha) v rámci režimu pěstování bez dusíkatého minerálního hnojení. Z našich pokusů vyplývá, že výnosy hlíz byly v průměru let a dávky hnojiva stanoveny u Fiorelly 51,0 t/ha a u Gracielly 45,0 t/ha.

Výnosy hlíz jakonu byly zároveň ovlivněny ročníkem pěstování (Graf 1). Z výsledků sledování, které probíhalo v rámci tří let, byl nejvýnosnější rok 2020. Rok 2020 se vyznačoval vlhkým, ale zároveň teplotně nadprůměrným nástupem jara. Což se výrazně projevilo v prvních měsících po výsadbě, kdy porost jakonu byl vitální a bez poškození. Opakem toho byl rok 2021, kdy v jarních měsících byl sice dostatek vláhy, ovšem teploty po výsadbě byly v průměru o 3 °C nižší, než uvádí dlouhodobý průměr. Nízké teploty po výsadbě se negativně projeví na vegetaci jakonu. Byly zaznamenány i ztráty rostlin jakonu vlivem přízemních mrazíků. Celkově se porost jakonu jevil jako méně vitální oproti minulým letům. K výraznějšímu nárůstu listové hmoty došlo až koncem léta (srpen). Přesto i v tomto roce se výnos hlíz pohyboval v průměru 36,0 t/ha v rámci odrůd. Fernandez et al. (2007) potvrzují vliv srážek a teplot na celkový výnos hlíz jakonu.

Graf 1: Vliv ročníku a odrůdy na výnos hlíz jakonu (t/ha)



Graf 2: Vliv dusíkatého minerálního hnojení na výnos hlíz jakonu (t/ha)



Závěr

Ze získaných výsledků vyplývá, že při pěstování jakonu je důležitá výživa dusíkatým minerálním hnojivem. Výnosy v rámci let byly u obou sledovaných odrůd tendenčně navýšeny. Odrůdový vliv nebyl shledán statisticky průkazný, a i tendence v navýšení výnosu byly v každém roce ve prospěch jiné odrůdy. Zároveň vyšší výnosů ovlivnil ročník pěstování. Ze sledování vyplývá, že vlhké a teplé počasí v průběhu jarních měsíců dokáže pozitivně ovlivnit celkový vývoj porostu a následně i vyšší výnosů.

Literatura

- Araújo C.F.L., Amaya R.J.E., (2003): Efecto De Dosis Crecientes De Nitrógeno Y Potasio En La Calidad Y Productividad De Yacón (*Polymnia Sonchifolia* Poeppig & Endlicher). Unep, Botucatu – Brasil.
[Http://Www.Horticom.Com/Tem_Aut/Cd/Latinoamerica/Aromamed/327.Htm](http://Www.Horticom.Com/Tem_Aut/Cd/Latinoamerica/Aromamed/327.Htm).
- Bredemann G. (1943): Über *Polymnia Sonchifolia* Poepp. & Endl. (*Polymnia Edulis* Wedd.), Die Yacon – Erdbirne. In *Botanica Oeconomica* (Hamburg) 1(2): 65–85.
- Fernandez, C. E. (2006): Jakon (*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson), Pěstování V Klimatických Podmínkách České Republiky (Yacon (*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson) (Growing In The Climatic Conditions Of The Czech Republic). Habilitation Thesis, 154 Pp.
- Fernandez, E., Viehmannová, I., Lachman, J., & Zámečnicková, J. (2007): Organické Pěstování Jakonu [*Smallanthus Sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]. In: Proceeding Of Conference „Organic Farming“ (Vol. 6, No. 7.2).
- Fernandez, E., Viehmannová, I., Lachman, J., & Milella, L. (2006): Yacon [*Smallanthus Sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: A New Crop In The Central Europe. *Plant Soil And Environment*, 52(12), 564.
- Illés, L., Novák, J., Cusimamani, E. F. (2019): Jakon – Plodina Riše Inkov, Nitra, Krajina Povodu, Charakteristika, Pestovanie, Zber A Využitie Jakona, P. 8–29, Isbn 978-80-89703-65-4.

Poděkování

Pokus vznikl na základě institucionální podpory v rámci „Dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace (DKRVO) 2018 - 2022“ schválené usnesením vlády ČR ze dne 8. února 2017 č. 107 s číslem MZE-RO1621.

Kontaktní adresa:

Ing. Andrea Svobodová, Ph.D.
Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.
Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod
728126290,
svobodova@vubhb.cz

Dlhodobý vplyv rozdielnej intenzity obrábania na zmeny vybraných chemických parametrov fluvizeme glejovej

Long-term influence of different intensity of cultivation on changes of selected chemical parameters of the Gleyic Fluvisols

Šoltysová B., Danilovič M.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Ústav agroekológie Michalovce, SR

Abstrakt

V rokoch 2009 – 2022 sa v ornici fluvizeme glejovej sledovali zmeny vybraných pôdných indikátorov pri rozdielnom obrábaní (konvenčná agrotechnika, redukovaná agrotechnika, priama sejba). Plodiny boli pestované v osevnom postupe (kukurica, jačmeň, sója, pšenica) na ťažkej pôde. Pôdne vzorky pre stanovenie parametrov boli odoberané v jesennom období po zbere plodiny z hĺbky 0,0 – 0,3 m. Vývoj vybraných pôdných parametrov v časovom rade bol posúdený trendovou analýzou. Lineárne trendy poukazujú na sekvestráciu uhlíka po konverzii z klasickej agrotechniky na pôdoochranné obrábanie. Ročný nárast organického uhlíka pri priamej sejbe bol $0,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a pri redukovanej agrotechnike $0,12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ v porovnaní s udrжанím pôdneho uhlíka pri konvenčnej agrotechnike. Z trendu vývoja celkového dusíka pri diferencovanom obrábaní pôdy bolo zistené ročné zvýšenie celkového dusíka v pôde a z trendu vývoja pôdnej reakcie mierny pokles hodnôt pôdnej reakcie.

Kľúčové slová: fluvizem glejová, obrábanie, parametre pôdy, trendová analýza

Abstract

Changes in selected soil indicators were monitored in Gleyic Fluvisols topsoil with different tillage (conventional tillage, reduced tillage, no-tillage) in 2009 – 2018. The crops were grown in crop sequence (maize, spring barley, soya, winter wheat) on heavy soil. To determine the soil parameters, soil samples were taken from a depth of 0.0 – 0.3 m in the autumn after harvesting. The development of selected soil parameters in the time series was evaluated by trend analysis. Linear trends indicate carbon sequestration after conversion from conventional agricultural technology to soil conservation tillage. The annual increase in organic carbon with direct sowing was 0.43 t ha^{-1} and with reduced cultivated 0.12 t ha^{-1} compared to the maintenance of soil carbon with conventional cultivation. From the trend analysis of total nitrogen in different soil tillage was found the annual increase of the total nitrogen in the soil and from the trend analysis slight decrease of the soil reaction values.

Keywords: Gleyic Fluvisols, tillage, soil parameters, trend analysis

Úvod

V našich pôdných podmienkach bola pred sejbou poľných plodín typická konvenčná príprava pôdy spojená s orbou, ktorá ovplyvňuje viaceré pôdne vlastnosti. Za významnú alternatívu konvenčných technológií využívajúcich orbu sú považované pôdoochranné technológie, ktoré sa v posledných desaťročiach častejšie uplatňujú aj na pôdach ťažkých a v oblastiach s menej priaznivými pôdnymi a klimatickými podmienkami.

Na zvýšenie sekvestrácie uhlíka v poľnohospodárskych pôdach sa odporúčajú postupy hospodárenia ako napr. premena ornej pôdy na trávnaté porasty, zapracovanie slamy, zníženie intenzity obrábania pôdy, pestovanie medzplodín a pod. (Lugato et al., 2014; Chebet et al., 2023). Pri nižšej úrovni zásahov do obrábania pôdy, teda pri využití pôdoochranných technológií dochádza k minimálnemu narušeniu povrchovej vrstvy pôdy a k poklesu uvoľňovania uhlíka z pôdy. Najradikálnejšou, ale energeticky najmenej náročnou technológiou

je priama sejba do neoranej pôdy. Mnohí autori (Domínquez et al., 2009, Tian et al., 2016, Sangotayo et al., 2023) zistili, že konverzia z klasickej agrotechniky na bezorbovú zvyšuje zásobu uhlíka v pôde.

Konverzia neobhospodarovanej pôdy na poľnohospodárske využitie obvykle vedie k poklesu obsahov pôdneho organického uhlíka (Don et al., 2011; Wei et al., 2014). Strata pôdneho organického uhlíka pri využívaní poľnohospodárskej pôdy sa netýka všetkých pôd. Mierne zvýšenie pôdneho organického uhlíka je možné pozorovať pri pôdach s prirodzene nízkou úrodnosťou (Hoyle et al., 2013). Skúsenosti však ukazujú, že kvalitnejšie pôdy rozkladajú organickú hmotu úspornejšie v porovnaní s menej úrodnými pôdami (Bielek, 2008).

Súčasný stav kvality poľnohospodárskej pôdy je výsledkom nielen prirodzeného vývoja, ale hlavne produktom činnosti človeka. V súvislosti s udržaním kvality pôdy a jej úrodnosti je preto potrebné sledovať celkovú degradáciu pôdy, vrátane acidifikácie pôdy a v prípade poklesu pôdnej reakcie realizovať nápravné opatrenia (Joris et al., 2016).

Posúdiť vplyv realizovaného hospodárenia na pôde na jej vlastnosti umožňujú viacročné časové rady. Časové rady poskytujú objektívnejší pohľad na hodnotenie vývoja určitej vlastnosti pôdy a predstavujú množinu hodnôt hodnoteného parametra, ktorá je usporiadaná v čase (Chajdiak, 2005).

Cieľom práce je poukázať na zmeny vybraných chemických parametrov pôdy pri využití rozdielnej intenzity obrábania ťažkej fluvizeme glejovej v dlhšom časovom období.

Materiál a metódy

Pri rozdielnom obrábaní pôdy sa v rokoch 2009 – 2022 v ornici ťažkej fluvizeme glejovej sledovali zmeny vybraných pôdnych parametrov. Poľný pokus bol založený NPPC – VÚRV – Ústavom agroekológie Michalovce na experimentálnom pracovisku v Milhostove. Sledovaná lokalita sa nachádza v nadmorskej výške 101 m, v klimatickom regióne T3. Priemerná ročná teplota je 8,9 °C (16,0 °C počas vegetačného obdobia) a priemerný ročný úhrn zrážok je 560 mm (350 mm počas vegetačného obdobia).

Posudzovaná fluvizem glejová je ťažká, ílovito-hlinitá, s priemerným obsahom ílovitých častíc (častice < 0,01 mm) 49,6 %.

Sled pestovaných plodín v monitorovaných rokoch bol nasledovný: kukurica siata na zrno (2009) – jačmeň siaty jarný (2010) – sója fazuľová (2011) – pšenica letná forma ozimná (2012) – kukurica siata na zrno (2013) – jačmeň siaty jarný (2014) – sója fazuľová (2015) – pšenica letná forma ozimná (2016) – kukurica siata na zrno (2017) – jačmeň siaty jarný (2018) – sója fazuľová (2019) – pšenica letná forma ozimná (2020) – kukurica siata na zrno (2021) – jačmeň siaty jarný (2022). V pokusoch boli sledované tri rozdielne spôsoby obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba do neobrábanej pôdy. Pokusy boli založené v trojnásobnom opakovaní v prirodzených podmienkach bez závlahy a boli usporiadané blokovou metódou s náhodným usporiadaním variantov. Veľkosť každého variantu bola 276 m² (6 m x 46 m). Pestované plodiny na všetkých troch variantoch obrábania boli hnojené NPK hnojivami.

Každoročne po zbere plodín boli odoberané pôdne vzorky z hĺbky 0 – 0,3 m. V spracovaných vzorkách pôdy boli stanovené vybrané chemické parametre pôdy štandardne používanými metódami (Hraško et al., 1962; Hrivňáková, Makovníková et al., 2011). Vývoj vybraných parametrov pôdy v časovom rade bol posúdený trendovou analýzou. Použil sa lineárny trend, pri ktorom koeficienty boli odhadnuté lineárnou rovnicou $y = a \times x + b$ (Chajdiak, 2005), na základe ktorej sa dá predpokladať trend vývoja sledovaných parametrov pôdy (pôdny organický uhlík, celkový dusík, výmenná pôdna reakcia) v 14-ročnom časovom rade.

Získané výsledky boli spracované matematicko-štatistickými metódami (analýza variancie, LSD-test, korelácie). Testovanie sa vykonávalo programom Statgraphics V. Časové rady boli zobrazené spojnicovými grafmi.

Výsledky

V štrnásťročnom časovom období sa obsah pôdneho organického uhlíka vyskytoval v rozpätí 13,63 g.kg⁻¹ až 16,04 g.kg⁻¹ (tabuľka 1). Po prepočte organického uhlíka na humus bolo zistené, že monitorovaná ťažká fluvizem glejová bola stredne humózna.

Tabuľka 1 Zmeny vybraných parametrov pôdy pri rozdielnom obrábaní fluvizeme glejovej

Rok	Pôdny organický uhlík [g.kg ⁻¹]			Celkový dusík [mg.kg ⁻¹]			Výmenná pôdna reakcia pH/KCl		
	KA	RA	PS	KA	RA	PS	KA	RA	PS
2009	13,63	14,93	14,49	1410	1483	1447	6,19	6,09	6,00
2010	14,40	15,28	15,20	1340	1473	1523	6,08	6,04	5,94
2011	13,93	14,62	14,81	1337	1430	1463	6,05	5,95	5,90
2012	14,73	15,21	14,92	1557	1617	1527	6,13	6,00	6,01
2013	15,42	15,51	15,25	1480	1703	1737	6,28	5,80	5,51
2014	14,58	14,53	14,25	1480	1550	1440	6,30	6,16	6,11
2015	14,12	14,88	15,35	1603	1700	1577	6,05	5,89	5,85
2016	13,76	14,60	15,53	1511	1565	1500	6,13	5,97	5,80
2017	14,02	14,72	15,24	1554	1583	1555	6,12	6,09	5,85
2018	14,22	14,93	15,29	1601	1691	1644	5,82	5,60	5,50
2019	14,51	15,18	15,51	1620	1610	1630	5,80	5,69	5,73
2020	14,16	15,31	15,83	1560	1590	1610	5,83	5,75	5,81
2021	14,35	15,63	16,04	1580	1640	1580	5,81	5,79	5,77
2022	14,13	15,31	15,82	1525	1670	1660	5,89	5,75	5,67

kde: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba

Obsahy pôdneho organického uhlíka, ako hlavného indikátora hodnotenia kvality pôdy, boli štatisticky preukazne ovplyvnené obrábaním pôdy a ročníkom (tabuľka 2). V hodnotenom období v hĺbke do 0,3 m boli vyššie obsahy organického uhlíka zistené pri priamej sejbe (15,25 g.kg⁻¹) a redukovanej agrotechnike (15,05 g.kg⁻¹) v porovnaní s konvenčným obrábaním pôdy (14,28 g.kg⁻¹). Z hľadiska ročníka bol zistený nárast obsahov pôdneho organického uhlíka v porovnaní s východiskovým rokom 2009.

Hodnotený štrnásťročný sled plodín je z 5/7 tvorený plodinami (pšenica, jačmeň, sója) s indiferentným vplyvom na ročné straty uhlíka z pôdy (pre stredne produkčné fluvizeme glejové 4,27 t.ha⁻¹ C) a 2/7 tvorí kukurica s ročnými stratami uhlíka 4,70 t.ha⁻¹.

Jediným zdrojom uhlíka sú pestované plodiny a ich vedľajšie úrody, vrátane koreňov. V daných pôdno-klimatických podmienkach platí, že jačmeň a sója nedokážu vyprodukovať dostatočné množstvo organického materiálu na pokrytie ročných strát uhlíka z pôdy. Zabezpečenie vyrovnanej bilancie uhlíka pri pšenici je v daných pôdno-klimatických podmienkach tiež skôr ojedinelé, pretože je limitované úrodou zrna 5,8 t.ha⁻¹. V sledovanom období takéto úrody boli dosiahnuté len v roku 2016 (tabuľka 3). Kladnú bilanciu uhlíka v našich podmienkach zabezpečuje len kukurica pri úrode 7,8 t.ha⁻¹.

Trend vývoja obsahov pôdneho organického uhlíka (Obr. 1) bol pre konvenčnú agrotechniku vyjadrený lineárnou rovnicou $y = -0,0034x + 14,309$, pre redukovanú agrotechniku $y = 0,0268x + 14,845$ a pre priamu sejbu $y = 0,0949x + 14,54$. V danom štrnásťročnom slede plodín obsah pôdneho organického uhlíka pri konvenčnej agrotechnike nevykazoval zmeny. Z vývoja obsahov pôdneho organického uhlíka v rokoch 2009 až 2022 vyplýva trend jeho zvýšenia pri pôdoochrannom obrábaní pôdy. Pri redukovanej agrotechnike bolo zistené ročné zvýšenie pôdneho organického uhlíka o 0,0268 g.kg⁻¹, čo v prepočte na obsah organického

uhlíka v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o 0,12 t.ha⁻¹ C. Rovnako pri priamej sejbe bolo zjavné ročné zvýšenie pôdneho organického uhlíka o 0,0949 g.kg⁻¹ (0,43 t.ha⁻¹ C).

Tabuľka 2 Štatistické vyhodnotenie obsahov pôdneho organického uhlíka, celkového dusíka a hodnôt výmennej pôdnej reakcie

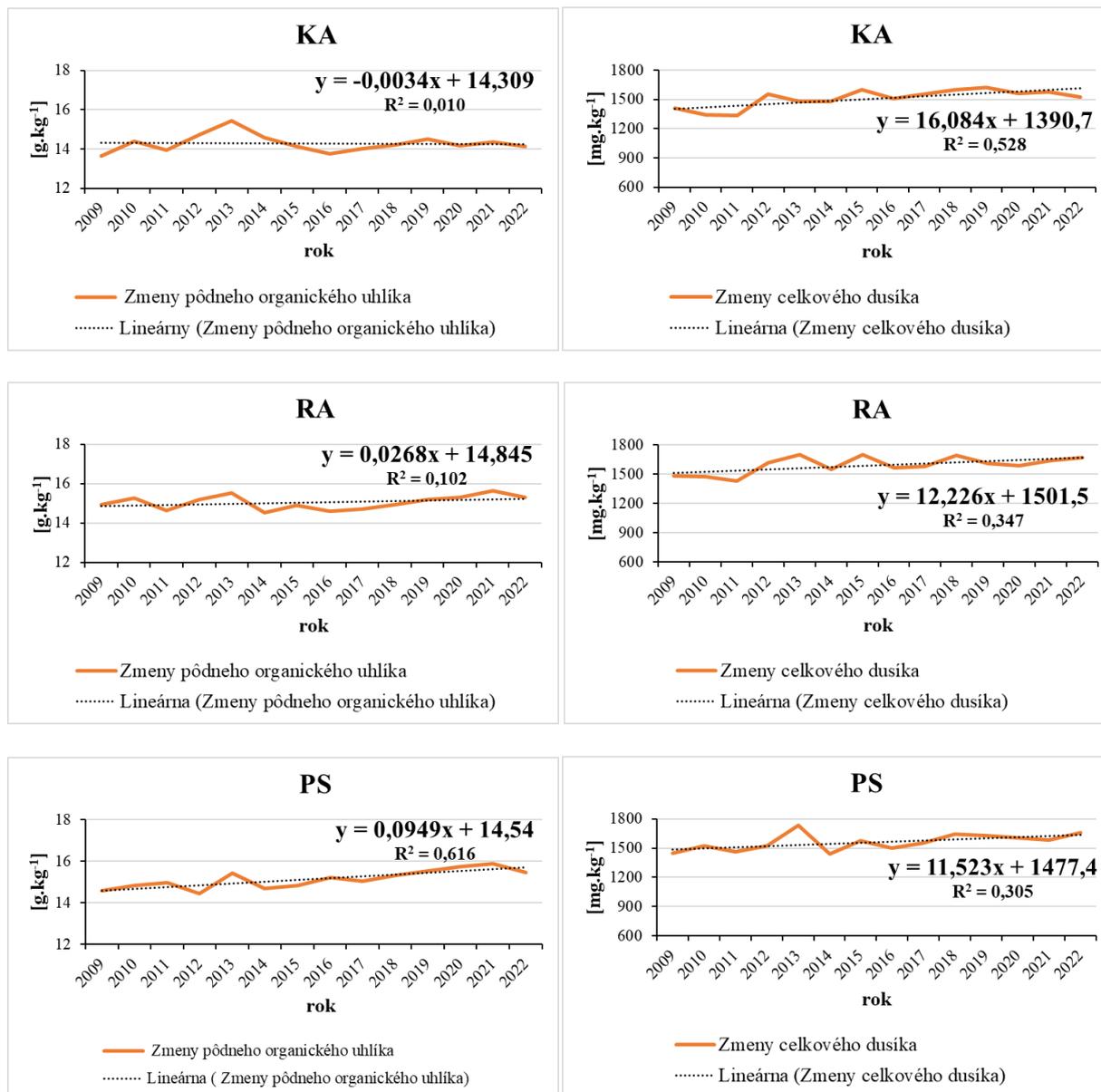
Zdroj variability	Faktor	Sledovaný parameter		
		C _{ox} [g.kg ⁻¹]	N _t [mg.kg ⁻¹]	pH/KCl
Obrábanie	KA	14,28 a	1511 a	6,03 c
	RA	15,05 b	1593 c	5,90 b
	PS	15,25 c	1564 b	5,82 a
Rok	2009	14,35 a	1447 ab	6,09 gh
	2010	14,96 cd	1445 a	6,02 efg
	2011	14,45 ab	1410 a	5,97 def
	2012	14,95 cd	1567 de	6,05 fg
	2013	15,39 e	1640 gh	5,86 cd
	2014	14,45 ab	1490 bc	6,19 h
	2015	14,78 bcd	1627 fgh	5,93 de
	2016	14,63 abc	1525 cd	5,97 def
	2017	14,66 abc	1564 de	6,02 efg
	2018	14,81 cd	1645 h	5,64 a
	2019	15,07 de	1620 fgh	5,74 ab
	2020	15,10 de	1587 ef	5,80 bc
	2021	15,34 e	1600 efg	5,79 bc
	2022	15,09 de	1618 fgh	5,77 bc

kde: C_{ox} – pôdny organický uhlík, N_t – celkový dusík, pH/KCl – výmenná pôdna reakcia, KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba, písmená (a, b, c, d, e, f, g, h) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely ($\alpha = 0,05$) – LSD test

Tabuľka 3 Úrody plodín [t.ha⁻¹] v sledovanom období pri rozdielnej agrotechnike

Rok	Plodina	KA	RA	PS
2009	kukurica siata na zrno	11,88	10,62	9,88
2010	jačmeň siaty jarný	pod vodou	pod vodou	pod vodou
2011	sója fazuľová	5,54	4,69	4,57
2012	pšenica letná forma ozimná	4,32	4,10	4,66
2013	kukurica siata na zrno	9,39	10,37	10,47
2014	jačmeň siaty jarný	4,54	4,68	4,43
2015	sója fazuľová	2,50	2,64	2,19
2016	pšenica letná forma ozimná	6,74	6,78	6,36
2017	kukurica siata na zrno	10,05	9,25	8,36
2018	jačmeň siaty jarný	1,63	1,29	1,41
2019	sója fazuľová	3,32	2,95	2,59
2020	pšenica letná forma ozimná	5,75	5,28	5,49
2021	kukurica siata na zrno	6,69	9,62	7,47
2022	jačmeň siaty jarný	3,90	3,03	2,81

kde: v roku 2010 nebol pokus zberaný pre záplavy

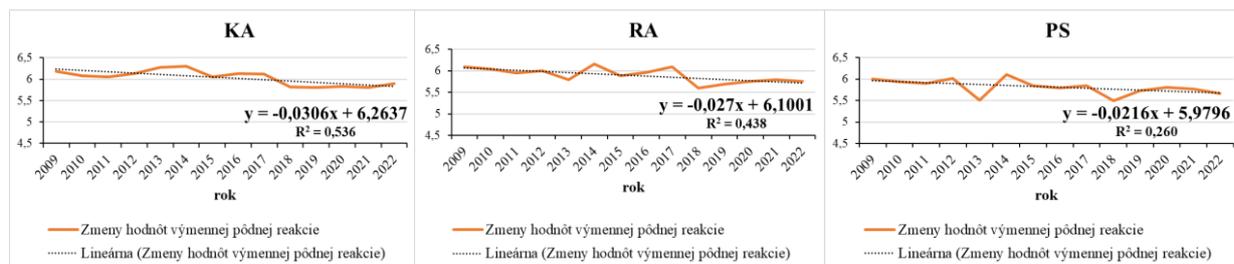


Obr. 1 Trend vývoja pôdneho organického a celkového dusíka pri rozdielnom obrábaní pôdy

Obsah celkového dusíka sa vyskytoval v rozmedzí 1337 – 1737 mg.kg⁻¹ (tabuľka 1) a bol štatisticky preukazne ovplyvnený obrábaním pôdy a ročníkom (tabuľka 2). Priemerne najnižšie obsahy celkového dusíka boli zaznamenané pri konvenčnej agrotechnike a vyššie pri pôdoochrannom obrábaní pôdy, analogicky ako pri pôdnom organickom uhlíku, pretože obsah celkového dusíka úzko súvisí s obsahom pôdneho organického uhlíka. Pri rozdielnej agrotechnike bola medzi týmito parametrami pôdy zistená kladná závislosť ($r = 0,48$; $n = 42$). Trend vývoja obsahov celkového dusíka (Obr. 1) bol pre konvenčnú agrotechniku vyjadrený lineárnou rovnicou $y = 16,084x + 1390,7$, pre redukovanú agrotechniku $y = 12,226x + 1501,5$ a pre priamu sejbu $y = 11,523x + 1477,4$. Trend vývoja celkového dusíka predpokladá pri využívaní konvenčnej agrotechniky ročné zvýšenie celkového dusíka o 16,084 mg.kg⁻¹ (0,072 t.ha⁻¹ N) v hĺbke pôdy do 0,3 m, pri redukovanej agrotechnike ročný nárast o 12,226 mg.kg⁻¹ (0,055 t.ha⁻¹ N) a pri priamej sejbe o 11,523 mg.kg⁻¹ (0,052 t.ha⁻¹ N). Dôležitým parametrom kvality pôdy je i pôdna reakcia. Pri diferencovanom obrábaní pôdy sa hodnoty výmennej pôdnej reakcie vyskytovali v rozmedzí 5,50 – 6,30 (tabuľka 1) a podľa

kritérií hodnotenia (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bola pôdna reakcia kyslá až slabo kyslá.

Hodnoty výmennej pôdnej reakcie boli štatisticky preukazne ovplyvnené obrábaním pôdy a ročníkom (tabuľka 2). Preukazne vyššie hodnoty výmennej pôdnej reakcie boli zistené pri konvenčnej agrotechnike v porovnaní s pôdoochranným obrábaním pôdy. Medzi rokmi 2009 a 2022 bol zaznamenaný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri všetkých troch spôsoboch obrábania. Z lineárnych rovníc vyjadrujúcich trend vývoja hodnôt výmennej pôdnej reakcie je vidieť pri konvenčnej agrotechnike priemerný ročný pokles hodnôt pôdnej reakcie (Obr. 2) o 0,031 ($y = -0,0306x + 6,2637$), pri redukovanej agrotechnike pokles o 0,027 ($y = -0,027x + 6,1001$) a pri priamej sejbe pokles o 0,022 ($y = -0,0216x + 5,9796$).



Obr. 2 Trend vývoja hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri rozdielnom obrábaní pôdy

Diskusia

Z výsledkov dlhodobého sledovania obsahov pôdneho organického uhlíka na fluvizemi glejovej bolo po prepočte zistené, že tieto hodnoty humusu podľa Fecenka a Ložeka (2000) sú charakteristické pre pôdy stredne humózne. Zistené obsahy humusu zodpovedajú danému pôdnemu typu (Sotáková, 1982).

Vyšší obsah organického uhlíka v pôde bol zistený pri pôdoochrannom obrábaní pôdy v porovnaní s konvenčnou agrotechnikou. Vyššie množstvo organickej hmoty pri priamej sejbe oproti konvenčnej agrotechnike zaznamenali aj Domínquez et al. (2009), Naorem, et al., 2023, Tobiášová et al., 2023 a iní.

Obsahy pôdneho organického uhlíka vykazovali zmeny aj v jednotlivých ročníkoch, čo potvrdili aj zistenia Pospíšilovej a Máchalovej (2006) a Bernera et al. (2008).

Klasická príprava pôdy spojená s orbou poskytuje určitú istotu hospodárenia. Orba však spôsobuje intenzívnejší rozklad pôdnej organickej hmoty v porovnaní s pôdoochrannými technológiami. Pre dlhodobé udržanie úrodnosti pôdy, pri jej klasickom obrábaní, je potrebné zabezpečiť vyššie vstupy organickej hmoty ako pri použití pôdoochranných technológií. Vyššie vstupy uhlíka pri klasickej orbe zaznamenali aj Bono et al. (2008).

Pri pôdoochrannom obrábaní pôdy bolo na základe trendovej analýzy zistené zvýšenie obsahov pôdneho organického uhlíka. Naznačený trend indikuje možnosť sekvestrácie uhlíka po konverzii z klasickej agrotechniky na pôdoochranné spracovanie pôdy (Álvaro-Fuentes a Paustian, 2011).

Medzi organickým uhlíkom a celkovým dusíkom v pôde je úzky vzťah, čo bolo potvrdené lineárnou koreláciou. Kladné závislosti medzi uvedenými parametrami pôdy s hodnotou korelačného koeficienta $r = 0,50$ zaznamenali Wang et al. (2009), $r = 0,94$ Růžek et al. (2009) a iní.

Optimálne hodnoty pôdnej reakcie, pod ktorými je výraznejšie obmedzený rast rastlín uvádzajú Masaryk a kol. (1980). Pre optimálny rast a vývoj väčšiny rastlín je potrebná neutrálna pôdna reakcia (6,5 – 7,2). Niektoré rastliny s väčšou či menšou toleranciou znášajú pôdnu reakciu presahujúcou tieto krajné hodnoty o 0,4, ale v našich pokusoch zistené hodnoty výmennej pôdnej reakcie sú výraznejšie nižšie pod uvedenými limitnými hodnotami, čo mohlo negatívne ovplyvniť rast plodín a následne úrody pestovaných plodín.

Záver

Trendová analýza poskytuje objektívnejší pohľad na hodnotenie vývoja parametrov pôdy. Po konverzii z konvenčnej agrotechniky na pôdoochranné obrábanie dochádza k sekvestracii uhlíka v pôde. Lineárny trend vývoja pôdneho organického uhlíka pri priamej sejbe poukázal na jeho ročné zvýšenie o $0,0949 \text{ g.kg}^{-1}$, čo v prepočte na obsah organického uhlíka v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o $0,43 \text{ t.ha}^{-1}$ a pri redukovanej agrotechnike bol ročný nárast $0,0268 \text{ g.kg}^{-1} \text{ C}$ (nárast o $0,12 \text{ t.ha}^{-1} \text{ C}$). Pri konvenčnej agrotechnike sa udržal pôvodný obsah organického uhlíka v pôde.

Z trendu vývoja celkového dusíka pri diferencovanom obrábaní pôdy bolo zistené ročné zvýšenie celkového dusíka v pôde pri využívaní konvenčnej agrotechniky o $0,072 \text{ t.ha}^{-1}$, pri redukovanej agrotechnike o $0,055 \text{ t.ha}^{-1}$ a pri priamej sejbe o $0,052 \text{ t.ha}^{-1}$.

V hodnotenom období bol zaznamenaný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri všetkých troch spôsoboch obrábania. Pri konvenčnej agrotechnike priemerný ročný pokles hodnôt pôdnej reakcie bol 0,031, pri redukovanej agrotechnike 0,027 a pri priamej sejbe 0,022.

Literatúra

- Álvaro-Fuentes, J. – Paustian, K. 2011. Potential soil carbon sequestration in a semiarid Mediterranean agroecosystem under climate change: quantifying management and climate effect. In: *Plant Soil Till. Res.*, 2011, no. 338, pp. 261-272.
- Berner, A. – Hildermann, I. – Fliessbach, A. – Pfiffner, L. – Niggli, U. – Mäder, P. 2008. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 101, 2008, pp. 89-96.
- Bielek, P. 2008. Poľnohospodárske pôdy Slovenska a perspektívy ich využitia. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2008. 140 s. ISBN 978-80-89128-41-9.
- Bono, A. – Alvarez, R. – Buschiazzo, D. – Cantet, R.J.C. 2008. Tillage Effects on Soil Carbon Balance in a Semiarid Agrosystem. In: *Soil Science Society of America Journal*, vol. 72, 2008, no. 4, pp. 1140-1149. [DOI.org/10.2136/sssaj2007.0250](https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0250)
- Domínquez, G.F. – Diovisalvi, N.V. – Studdert, G.A. – MONTERUBBIANESI, M.G. 2009. Soil organic C and N fractions under continuous cropping with contrasting tillage systems on mollisols of the southeastern Pampas. In: *Soil Till. Res.*, vol. 102, 2009, pp. 93-100.
- Don, A. – Schumacher, J. – Freibauer, A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. In: *Global Change Biology*, vol. 17, 2011, no. 4, pp. 1658-1670.
- Fecenko, J. – Ložek, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. 1. vyd. Nitra : SPU Nitra, 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5
- Hraško, J. et al. 1962. Rozbory pôd. 1. vyd. Bratislava: SVPL, 1962. 342 s.
- Hrivňáková, K. – Makovníková, J. et al. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- Hoyle, F.C. – D'antuono, M. – Overheu, T. – Murphy, D.V. 2013. Capacity for increasing soil organic carbon stocks in dryland agricultural systems. In: *Soil Research*, vol. 51, 2013, no. 8, pp. 657-667.
- Chajdiak, J. 2005. Štatistické úlohy a ich riešenie v Exceli. Bratislava: Statis, 2005. 268 s. ISBN 80-85659-39-5.
- Chebets, S. – Munkholm, L.J. – Jensen, J.L. 2023. Rapid increase in soil organic carbon and structural stability in a sandy loam soil following conversion from long-term arable to semi-natural grassland irrespective of initial soil conditions. In: *Geoderma*, vol. 438, 2023, 116646.
- Joris, H.A.W. – Caires, E.F. – Scharr, D.A. – Bini, A.R. – Haliski, A. 2016. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in Southern Brazil. In: *Soil Till. Res.*, vol. 162, 2016, pp. 68-77.

- Lugato, E. – Bampa, F. – Panagos, P. – Montanarella, L. – Jones, A. 2014. Potential carbon sequestration of European arable soil estimated by modelling a comprehensive set of management practices. In: *Global Change Biology*, vol. 20, 2014, no. 11, pp. 3557-3567.
- Masaryk, Š. a kol. 1980. Vápnění půd. 1. vyd. Bratislava : Příroda, 1980. In: Fecenko, J. – Ložek, O. 2000. Výživa a hnojení poľných plodín. 1. vyd. Nitra : SPU Nitra, 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5
- Naorem, A. – Jayaraman, S. – Sinha, N.K. – Mohanty, M. – Chaudhary, R.S. – Hati, K.M. – Mandal, A. – Thakur, J.K. – Patra, A.K. – Srinivasarao, C. – Chaudhari, S.K. – Dalal, R.C. – Lal, R. 2023. Eight-year impacts of conservation agriculture on soil quality, carbon storage, and carbon emission footprint. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 232, 2023, 105748.
- Pospíšilová, L. – Máchalová, E. 2006. Závislost dynamiky uhlíku v půdě na způsobu hospodaření v průběhu dlouhodobého experimentu. In: Aktuální poznatky v pěstování šlechtění a ochraně rostlin : Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí. Brno : Výzkumný ústav pícninářský s.r.o., Zemědělský výzkum s.r.o. Troubsko, 2006, CD-ROM, s. 345-347. ISBN 80-86908-03-8
- Růžek, L. – Růžková, M. – Voříšek, K. – Kubát, J. – Friedlová, M. – Mikanová, O. 2009. Chemical and microbiological characterization of Cambisols, Luvisols and Stagnosols. In: *Plant Soil Environ.*, vol. 55, 2009, no. 6, pp. 231-237.
- Sangotayo, A.O. – Chellappa, J. – Sekaran, U. – Bansal, S. – Angmo, P. – Jasa, P. – Kumar, S. – Iqbal, J. 2023. Long-term conservation and conventional tillage systems impact physical and biochemical soil health indicators in a corn–soybean rotation. In: *Soil Science Society of America Journal*, vol.87, 2023, no. 5, pp. 1056-1071.
- Sotáková, S. 1982. Organická hmota a úrodnost půdy. 1. vyd. Bratislava : Příroda, 1982. 234 s.
- Tian, S. – Ning, T. – Wang, Y. – Liu, Z. – Li, G. – Li, Z. – Lal, R. 2016. Crop yield and soil carbon responses to tillage method changes in North China. In: *Soil Till. Res.*, vol. 163, 2016, pp. 207-213.
- Tobiašová, E. – Lemanowicz, J. – Debska, B. – Kunkelová, M. – Sakáč, J. 2023. The Effect of Reduced and Conventional Tillage Systems on Soil Aggregates and Organic Carbon Parameters of Different Soil Types. In: *Agriculture*, vol. 13, 2023, no. 4, 818.
- Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.
- Wang, Z.M. – Song, K.S. – Zhang, B. – Liu, D.W. – Li, X.Y. – Ren, C.Y. – Zhang, S.M. – Luo, L. – Zhang, C.H. 2009. Spatial variability and affecting factors of soil nutrients in croplands of Northeast China: a case study in Dehui County. In: *Plant Soil Environ.*, vol. 55, 2009, no. 3, pp. 110-120.
- Wei, X. – Shao, M. – Gale, W. – Li, L. 2014. Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. In: *Scientific Reports*, vol. 4, 2014, article number 4062.

Pod'akovanie

Táto práca vznikla s podporou Ministerstva poľnohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky.

Kontakt:

Ing. Božena Šoltysová, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby – Ústav agroekológie Michalovce

Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovenská republika

telefón: +421 64 43 888, e-mail: bozena.soltysova@nppc.sk

Ex-situ preverenie imobilizačného efektu diferencovane aktivovaných humínových kyselín na vybrané kongenéry PCB

Ex-situ verification of the immobilization effect of differentially activated humic acids on selected PCB congeners

**Tóth Štefan¹, Szanyi Gejza², Gubová Mariana¹,
Porvaz Pavol¹, Dupľák Štefan¹, Šmajdová Judita²**

¹NPPC-VÚA Michalovce, SR

²HUMAC Košice, SR

³VPÚ Košice, SR

Abstrakt

Cieľom ex-situ krátkodobého vegetačného screeningu bolo preveriť imobilizačný efekt diferencovane aktivovaných humínových kyselín, pôdných preparátov domáceho pôvodu rady HUMAC / Agro – Enviro – Sorbent, na vybrané kongenéry PCB, a nastoliť uzávery pre polo-prevádzkové pokusy in-situ. Sumárny obsah PCB látok (kongenéry 28, 52, 101, 138, 153, 180) v bulve reďkvičky siatej (cv. Vitara F1, výsev 10 august – odbery vzoriek 9. 16. 19. a 29. septembra 2020) sa vplyvom melioratívnych dávok testovaných preparátov znížil o 29,40 až 73,20%, v porovnaní s kontrolným ošetrením, kým v listoch reďkovky bolo toto zníženie v rozmedzí 23,02 – 61,71%. Súčasne sa znížil obsah PCB uvoľnených z pôdy do pôdneho výluhu o 32,24 – 49,36% (kontaminácia pôdy 3. augusta, odber pôdy 30. septembra). Pre in-situ pokusy vyplýva potreba vyvážiť vzájomne opačne pôsobiace efekty samotných diferencovane aktivovaných humínových kyselín, ako aj znížiť vplyv väčšieho počtu odlišne pôsobiacich agro-ekologických a technologických faktorov, a tiež preveriť trvácnosť environmentálne favorizovateľného efektu.

Kľúčová slova: pôdne humínové preparáty, PCB láky, environmentálna záťaž, hygienická kvalita, Zemplín

Abstract

The main aim of the ex-situ short-term vegetation screening was to verify the immobilization effect of differentially activated humic acids, series of soil-applied preparations of domestic origin HUMAC / Agro – Enviro – Sorbent, on selected congeners of PCB's, and to line out closures for further semi-operational experiments in-situ. The total content of PCB's (congeners 28, 52, 101, 138, 153, 180) in the radish tubers (cv. Vitara F1, sowing in August 10 – sampling in September 9, 16, 19 and 29, 2020) due to the ameliorative doses tested preparations decreased by 29.40 to 73.20%, compared to the control treatment, while in radish leaves this reduction was in the range of 23.02-61.71%. At the same time the content of PCB's released from the soil into the soil leachate decreased by 32.24-49.36% (soil contamination on August 3, soil sampling on September 30). For in-situ experiments, there is a need to balance the mutually opposite effects of the differentially activated humic acids themselves, as well as to reduce the influence of a larger number and differently acting agro-ecological and technological factors, and to check the durability of that environmentally favorable effect.

Keywords: soil-applied humic preparations, PCB substances, environmental pollution, hygienic quality, Zemplin

Úvod

K prioritám rozvinutej spoločnosti (Slovensko/EÚ) patrí rozvoj tzv. multifunkčného poľnohospodárstva, z agroekologického hľadiska takého, ktoré nielen vyrába, ale podieľa sa aj na ochrane životného prostredia a udržiavaní prirodzeného charakteru krajiny (Terzaghi et al., 2021, 2020, 2019; Hecl et al., 2012; Košnář, 2010; Javorská et al., 2007, 2006, 2005). Aby sa takto rozsiahlo zadefinované ciele podarilo naplniť, je nevyhnutné riešenie aj problémov súvisiacich so starými ekologickými záťažami, ktoré znečisťujú životné prostredie a hlavne poľnohospodársku pôdu (Di Guardo et al., 2020, 2017; Waterfall et al., 2009; Turhan, 2007; Ritschel, 2006; Kays a Zhang, 2004). Jednou z takýchto lokalít je oblasť Zemplína, ktorá je považovaná za jednu z najzaťaženejších oblastí polychlórovanými bifenylnými (PCB) v celej Európe. Na Zemplíne sú PCB považované za všadeprítomné, čo obzvlášť platí pre okolie mesta Strážske (Danielovič et al., 2014, 2003; Pápajová a Juris, 2009; Pavlíková et al., 2007). Riešenie tejto závažnej problematiky, hlavne pre ľudí okresu Michalovce, Sobrance a z časti aj Trebišov, je vysoko aktuálne aj 4 desaťročia od ukončenia výroby výrobkov založených na báze PCB (1984). Priemerné hladiny PCB v obyvateľstve Slovenska patria medzi najvyššie v porovnaní s publikovanými údajmi z iných krajín, pričom priemerná hladina v telách obyvateľov okresu Michalovce bola ešte 4x vyššia oproti porovnávacej skupine z okresu Stropkov (Turčeková et al., 2008; Pilváňová, 2007). Aj táto skutočnosť poukazuje na stav, že životné prostredie okresu Michalovce je výrazne kontaminované. Keďže PCB do ľudského organizmu vstupujú hlavne cez potravinový reťazec, riešenie načrtnutého problému je orientované prevažne pre poľnohospodársku prvovýrobu (Tóth, 2022) s cieľom chrániť zdravie ľudskej populácie. Cieľom výskumu bolo preveriť imobilizačný efekt diferencovane aktivovaných humínových kyselín, účinnej zložky pôdnych preparátov domáceho pôvodu radu HUMAC / Agro – Enviro – Sorbent, na vybrané kongenéry PCB látok v podmienkach *ex-situ* vegetačného screeningu, a v prípade dosiahnutia agroekologicky favorizovateľných výsledkov nastoliť uzávery pre uplatnenie opcie na riešenia problematiky polo-prevádzkovými pilotnými imobilizačno/dekontaminačnými pokusmi v podmienkach *in-situ*.

Materiál a metódy

MM 1: Implementácia - pracovný plán/plnenie

- odber vzoriek pôdy z kontaminovanej a kontrolnej oblasti
- odber sedimentu - marec/júl 2020,
- odber pôdy z kontaminovanej a kontrolnej oblasti - apríl/júl 2020
- založenie nádobového pokusu – *ex-situ* vegetačného screeningu s modelovou plodinou krátkodobého typu (red'kvička siata *Raphanus sativus* L. var. *sativus*, hybrid Vinara F1)
- kontaminácia pôdy - 3. august 2020,
- aplikácia humínových kyselín do pôdy/substrátu - 3. august 2020,
- výsev modelovej plodiny - 10. august 2020,
- začiatok vzchádzania - 14. august 2020
- odber vzoriek rastlín - 4 termíny (9. 16. 19. a 29. september 2020)
- odber vzoriek pôdy - 30. september 2020
- analýza pôdneho a rastlinného materiálu
- sušenie, spracovanie a príprava rastlín - od odberu po 2. október 2020
- analýza rastlín - 14. až 22. októbra 2020
- vyhodnotenie získaných výsledkov
- zhrnutie údajov - koniec októbra/november 2020
- spracovanie výsledkov - november 2020

Tab. 1: Vybrané chemické parametre pôdy/substrátu a zaradenie k pôdnemu druhu

parameter	Nt, %	P, mg/kg	K, mg/kg	Ca, mg/kg	Mg, mg/kg	pH / KCl	C-ox, %	Humus, %	Obsah íl.častíc	Pôdny druh
Substrát 1	0,178	50,8	202,6	5982,7	478,1	6,61	1,629	2,808	38	Stredne ťažká p.
Substrát 2	0,191	68,5	297,8	3244,7	480,7	6,32	1,850	3,188	32	Stredne ťažká p.

Substrát 1 - poľnohospodárska pôda z nekontaminovanej/kontrolnej oblasti (pôda/substrát 1 - kontaminovaný pre pokus nami, resp. sedimentom). Substrát 2 - poľnohospodárska pôda z hranične/podlimitne kontaminovanej oblasti (pôda/substrát 2 - nekontaminovaný pre pokus nami, resp. sedimentom).

Tab. 2: Obsah kongenéro PCB v dnovom sedimente odpadového kanálu (vysoko kontaminovaný sediment), a poľnohospodárskej pôde s hranične/podlimitne kontaminovanej oblasti, v mg/kg

Kongenér PCB	28	52	101	138	153	180	Σ
Sediment	2,246	4,340	2,799	2,978	2,963	2,610	17,936
Substrát 2	0,008	0,012	0,021	0,043	0,041	0,037	0,162

MM 2: Kontaminácia

Substrát 1 bol kontaminovaný sedimentom (dnový sediment odpadového kanálu, vysoko kontaminovaný), základom Substrátu 1 bola pôda odobratá z nekontaminovanej/kontrolnej oblasti (30 km od Strážskeho vzdušnou čiarou). Pri kontaminácii bola použitá dávka 100 g sedimentu (pri obsahu sušiny 50 %) na 4 kg pôdy - kontaminovaný substrát bol uložený do nádoby ako horná vrstva (15 cm), pod ktorou bola uložená spodná nekontaminovaná vrstva (15 cm). Pred uložením do nádob, sedimentom kontaminovaný substrát bol podľa variantov ošetrený príslušným humínovým preparátom (HUMAC / Agro – Enviro – Sorbent), v prepočte na plochu nádoby jednotnou dávkou 3 t/ha. Zároveň sa vytvorili 2 kontrolné bezhumínové varianty (nekontaminovaný a kontaminovaný sedimentom). Počet opakovaní bol 2, číslovanie opakovaní/variantov bolo znáhodnené označením nádob.

MM 3: Diferencovaná dávka

Pôda pre Substrát 2 bola odobratá z kontaminovanej oblasti, dnový sediment pre kontamináciu tohoto substrátu použitý nebol. Na Substráte 2 sme založili:

- 2 varianty ošetrené preparátom HUMAC Enviro s diferencovanou dávkou
 - 3 t/ha,
 - 6 t/ha,
 - 1 kontrolný variant, bez ošetrenia humínovým preparátom, resp. HUMAC Enviro 0 t/ha.
- Postup ošetrenia humínovým preparátom a uloženie substrátu do nádob bolo podobné ako pri Substráte 1. Pôda pre účely analýzy na obsah PCB, finalny stav po ukončení pokusu, bola pôda odobratá 1 deň po ukončení termínov odberu rastlinného materiálu.

MM 4: Laboratórne analýzy

Obsah kongenéro PCB v pôdnych a rastlinných vzorkách bol stanovený GC/ECD, v národnom referenčnom laboratóriu pre PCB látky, v Štátnom Veterinárnom a Potravinovom Ústave v Košiciach. Sledované boli štandardné kongenéry PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180, a suma týchto kongenéro). Obsah kongenéro PCB v pôdnej matrici je vyjadrený v jednotke mg/kg, tj. 10^{-6} , kým ich obsah v rastlinných vzorkách v $\mu\text{g/kg}$, tj. 10^{-9} .

Výsledky a diskusia

Z dosiahnutých výsledkov (Tab.3) vyplýva, že aplikované humínové preparáty HUMAC Agro – Enviro – Sorbent, pri svojej melioratívnej dávke 3 t/ha dokázali znížiť obsah sledovaných kongenéro PCB v bul'vách aj v listoch modelovej plodiny.

Tab. 3: Obsah kongenéro PCB v rastlinnom materiáli modelovej plodiny (B - bul'vy, L - listy) podľa variantov založených na Substráte 1, v µg/kg

Kongenér PCB	B/L	28	52	101	138	153	180	Σ
HUMAC Agro	B	0,64	1,13	2,56	2,55	2,56	0,94	10,49
	L	0,97	2,96	2,26	2,93	2,96	1,53	13,61
HUMAC Enviro	B	0,72	1,45	1,93	2,11	2,27	0,96	9,44
	L	0,91	2,58	2,40	2,43	2,76	1,28	12,36
HUMAC Sorbent	B	0,71	1,68	2,37	2,54	2,67	1,03	11,00
	L	0,44	0,91	1,76	1,39	1,60	0,67	6,77
Kontrola KONTAMINOVANÁ	B	0,75	2,80	3,45	3,07	4,18	1,33	15,58
	L	0,99	2,05	3,05	3,23	3,60	1,72	17,68
Kontrola NEKONTAMINOVANÁ	B	0,45	<0,16	1,21	0,70	0,93	0,44	3,73
	L	0,81	1,38	0,87	1,24	1,64	0,74	6,68

Aplikovaný humínový preparát HUMAC Enviro pri svojej melioratívnej dávke (3 t/ha), ako aj násobnej dávke (6 t/ha), znížil obsah sledovaných kongenéro PCB v bul'vách aj v listoch modelovej plodiny (Tab. 4). Vyššia účinnosť nižšej dávky HUMAC Enviro, resp. nižšia účinnosť vyššej dávky HUMAC Enviro vysoko pravdepodobne súvisí so silnejším fytohormonálnym efektom humínových kyselín pri ich vyššej dávke (Olaetxea et al., 2018; Holátko et al., 2022; Tóth et al., 2023, 2015). Z toho vyplýva potreba vyvážiť vzájomne opačne pôsobiace efekty samotných diferencovane aktivovaných humínových kyselín, čo je možné v *in-situ* prevádzkových podmienkach, kde je tiež nevyhnutné eliminovať/znížiť aj vplyv väčšieho počtu a odlišne pôsobiacich agro-ekologických a technologických faktorov, čo znamená potrebu polyvariantného riešenia a primeranej časovej náročnosti.

Tab. 4: Obsah kongenéro PCB v rastlinnom materiáli modelovej plodiny (B - bul'vy, L - listy) podľa variantov založených na Substráte 2, v µg/kg

Kongenér PCB	B/L	28	52	101	138	153	180	Σ
HUMAC Enviro, 3 t/ha	B	<0,14	<0,16	<0,15	1,54	1,75	0,77	4,06
	L	0,70	<0,16	0,86	1,87	2,42	1,02	6,87
HUMAC Enviro, 6 t/ha	B	<0,14	<0,16	1,68	2,16	2,74	1,00	7,58
	L	<0,14	<0,16	1,57	1,71	2,62	1,05	6,95
HUMAC Enviro, 0 t/ha	B	<0,14	<0,16	6,45	3,00	4,56	1,14	15,15
	L	<0,14	<0,16	2,12	2,94	3,57	1,64	10,27

Aplikované humínové preparáty radu HUMAC / Agro – Enviro – Sorbent, pri svojej melioratívnej dávke 3 t/ha dokázali znížiť obsah sledovaných kongenéro PCB nielen v bul'vách a v listoch modelovej plodiny, ale znížili obsah sledovaných kongenéro PCB aj v samotnej pôde/extrakte (Tab. 5)

Tab. 5: Obsah kongenéro PCB v pôdnom materiáli podľa variantov založených na Substráte 1, v mg/kg

Kongenér PCB	28	52	101	138	153	180	Σ
HUMAC Agro	0,046	0,055	0,041	0,048	0,046	0,042	0,278
HUMAC Enviro	0,036	0,052	0,042	0,051	0,051	0,049	0,281
HUMAC Sorbent	0,051	0,073	0,057	0,066	0,066	0,059	0,372
Kontrola KONTAMINOVANÁ	0,070	0,097	0,086	0,105	0,101	0,090	0,549
Kontrola NEKONTAMINOVANÁ	0,000	0,000	0,001	0,007	0,007	0,007	0,022

V domácich, ako aj zahraničných prácach zameraných na environmentálny osud a vlastnosti PCB látok (Terzaghi et al., 2021, 2020, 2019; Di Guardo et al., 2020, 2017), zatiaľ absentujú rozsiahle štúdie zamerané na imobilizačno/dekontaminačný efekt diferencovane aktivovaných pôdnych preparátov na báze humínových kyselín. Podobne ciele štúdie zatiaľ absentujú aj z hľadiska prác, ktoré sú primárne zamerané na štúdium produkčného efektu a ďalších agroekologických využití pôdnych preparátov na báze humínových kyselín (Symanowicz a Toczko, 2023; Tóth et al., 2022, 2015; Olaetxea et al., 2018; Wilczewski et al., 2018).

Záver

Efekt diferencovane aktivovaných prípravkov domáceho pôvodu na báze humínových kyselín na imobilizáciu PCB látok v pôde v skrúingových podmienkach (na základe výsledkov ex-situ nádobového pokusu s modelovou plodinou typu krátkej vegetačnej doby) je preverený - a je potvrdený. Sumárny obsah sledovaných kongenéro PCB sa vplyvom diferencovane aktivovaných prípravkov na báze humínových kyselín znížil v buľve red'kvičky siatej o 29,40 až 73,20% v porovnaní s kontrolným variantom. V listoch red'kovky bolo toto zníženie v rozmedzí 23,02 – 61,71%. Súčasne sa znížil obsah kongenéro PCB uvoľnených z pôdy do pôdneho výluhu o 32,24 – 49,36%. Z environmentálne favorizovateľného charakteru čiastkových výstupov vyplýva potreba uplatniť opciu pre nastolenie následného projektovo podchyteného vedekotechnického riešenia problematiky v in-situ prevádzkových podmienkach na poľnohospodársky využívanej pôde lokalizovanej v blízkosti zdroja znečistenia pre obdobie 2021/24+ so syntetickým cieľom zafinovať fytotechnicky realizovateľný postup imobilizácie/dekontaminácie PCB látok. Pre dosiahnutie environmentálne vysoko favorizovateľného charakteru a čím dlhšej trvácnosti synteticky cieleného fytotechnického postupu imobilizácie PCB látok, ako aj z odlišne podmieneného charakteru čiastkových výstupov (krátkodobý ex-situ vegetačný screening), v ďalšom riešení je nevyhnutné sa zamerať na potrebu: (i) eliminovať/znížiť vplyv väčšieho počtu a odlišne pôsobiacich agro-ekologických a technologických faktorov v in-situ prevádzkových podmienkach, (ii) vyvážiť vzájomne opačne pôsobiace efekty samotných diferencovane aktivovaných humínových kyselín, a (iii) preveriť trvácnosť environmentálne favorizovateľného efektu.

Literatura

- Danielovič, I. – Hecl, J. – Danilovič, M. 2014. Soil contamination by PCB on a regional scale: the case of Stražske, Slovakia. In: *Pol.J. Environ. Stud.*, vol. 23, no.5, 2014, p.1547-1554
- Danielovič, I. – Tóth, Š. – Marcinčinová, A. – Šnábel, V. 2003. Content of PCB substances in carrot root and its relations to selected soil factors. In: *Plant soil environ.*, 49, 2003 (9): 387-393
- Di Guardo, A. – Raspa, G. – Terzaghi, E. – Vergani, L. – Mapelli, F. – Borin, S. – Zanardini, E. – Morosini, C. – Anelli, S. – Nastasio, P. – Sale, V.M., 2020. PCB vertical and horizontal movement in agricultural soils of a highly contaminated site: role of soil properties, cultivation history and PCB physico-chemical parameters. *Sci. Total Environ.* 747, 141477.
- Di Guardo, A. – Terzaghi, E. – Raspa, G. – Borin, S. – Mapelli, F. – Chouaia, B., et al. 2017. Differentiating current and past PCB and PCDD/F sources: the role of a large contaminated soil site in an industrialized city area. *Environ Pollut* 223: 367–375.
- Hecl, J. – Šoltysová, B. – Danilovič, M. 2012. Influence of the Organic Fertilizer Condition on the Content of Heavy Metals and Soil Chemical Properties. In: *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 77, 2012, No.3 (119-126)
- Holátko, J.; Hammerschmidt, T.; Latal, O.; Kintl, A.; Mustafa, A.; Baltazar, T.; Malicek, O.; Brtnický, M. Deciphering the Effectiveness of Humic Substances and Biochar Modified Digestates on Soil Quality and Plant Biomass Accumulation. *Agronomy* 2022, 12, 1587.
- Javorská, H. – Tlustoš, P. – Kaliszová, R. – Balík, J. 2006. Hromadění vybraných kongenerů PCB v rostlinách mrkve. In: Mendelnet 06.
<http://old.af.mendelu.cz/mendelnet2006/articles/enviro/javorska.pdf>
- Javorská, H. – Tlustoš, P. – Pavlíková, D. – Najmanová, J. 2005. Zjištění schopnosti vybraných druhů rostlin akumulovat polychlorované bifenyly. In *Konference posluchačů postgraduálního doktorského studia „MendelNet 05 Agro“*. MZLU Brno, ISBN: 80-7157-905-X, p. 64, 2005
- Javorská, H. – Tlustoš, P. – Kaliszová, R. – Balík, J. – Pavlíková, D. 2007. Ability of carrot *Daucus carota* L. to accumulate selected polychlorinated biphenyl congeners. In: *PSP - Parlar Scientific Publications Angerstr. 12 - 85354 Freising - Germany, 15.07.2007, Fresenius Environmental Bulletin* 16 (7), 792-797N
- Kays, S.J. – Zhang, D. 2004. Cultivated edible root, tuber, rhizome, bulb and corm crops of the world. Edited by the Root and Tuber Crops Section of the International Society for Horticultural Science, University of Georgia, Georgia, USA, p.63, 2004
- Košnář, Z. 2010. Degradation of polychlorinated biphenyls using plants. Thesis for: Bsc. ČZU Praha, 51 p.
- Olaetxea, M. – De Hita, D. – Garcia, C.A. – Fuentes, M. – Baigorri, R. – Mora, V. – Garnica, M. – Urrutia, O. – Erro, J. – Zamarreño, A.M. et al. 2018. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shoot- growth. *Appl. Soil Ecol.* 2018, 123, 521–537
- [Papajova, I. – Juris, P. 2009.](#) The effect of composting on the survival of parasitic germs. In: *Composting: Processing, materials and approaches, Book Series: Waste and Waste Management, 2009, p. 113-154*
- Pavlíková, D. – Macek, T. – Macková, M. – Pavlík, M. 2007. Monitoring Native Vegetation on a Dumpsite of PCB-Contaminated Soil. In: *International Journal of phytoremediation, Vol.9, Iss 1, 2007, p. 71 - 78*
- Pilváňová, A. 2007. Prehľad monitoringu PCB a jeho výsledky v regióne Zemplína pre účely projektu „Preukázanie vhodnosti a odstránenie bariér, ktoré bránia uplatneniu a efektívnej implementácii dostupných nespáľovacích technológií pre deštrukciu perzistentných organických látok (POPs) v Slovenskej republike“.
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/39/050/39050645.pdf

- Ritschel, J. 2006. Belastung der Böden des Landes Brandenburg mit PAK und PCB: Akkumulationsfähigkeit und Transfervermögen. Von der Fakultät für mweltwissenschaften und Verfahrenstechnik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte. Dissertation vorgelegt von Diplom-Ingenieur Jürgen Ritschel. 2006, 165 p.
- Symanowicz, B. – Toczko, R. 2023. Brown Coal Waste in Agriculture and Environmental Protection: A Review. *Sustainability* 2023, 15, 13371. <https://doi.org/10.3390/su151813371>
- Terzaghi, E. – Alberti, E. – Raspa, G. – Zanardini, E. – Morosini, C. – Anelli, S., et al. 2021. A new dataset of PCB half-lives in soil: effect of plant species and organic carbon addition on biodegradation rates in a weathered contaminated soil. *Sci Total Environ* 750: 141411.
- Terzaghi, E. – Vergani, L. – Mapelli, F. – Borin, S. – Raspa, G. – Zanardini, E., et al. 2019. Rhizoremediation of weathered PCBs in a heavily contaminated agricultural soil: results of a biostimulation trial in semi field conditions. *Sci Total Environ* 686: 484–496.
- Terzaghi, E. – Vergani, L. – Mapelli, F. – Borin, S. – Raspa, G. – Zanardini, E., et al. 2020. New data set of polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Dibenzofuran half-lives: natural attenuation and rhizoremediation using several common plant species in a weathered co
- Tóth, Š. 2022. Situačná správa o aktivitách, ktoré sa na NPPC-VÚA Michalovce uskutočnili v súvislosti s Uznesením č.70 Výboru NR SR pre poľnohospodárstvo a životné prostredie na 26 schôdzi Výboru zo dňa 10.decembra 2020, resp. o zadaniach MPRV SR. Situačná správa, NPPC-VÚA Michalovce, 2022, 24 s.
- Tóth, Š. – Duplák, Š. 2023. Effect of a Soil-Applied Humic Ameliorative Amendment on the Yield Potential of Switchgrass *Panicum virgatum* L. Cultivated under Central European Continental Climate Conditions. *Agronomy* 2023, 13(4), 1095. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041095>
- Tóth, Š. – Rysak, W. – Šoltysová, B. – Karahuta, J. 2016. Efekt pôdneho kondicionéra Humac Agro na pôdu a úrodu i cukornatosť buliev repy cukrovej (5). In: Poľnohospodársky rok. Michalovce, NPPC-VUA, XXIV, 2016, 1, s.5
- Turčeková, Ľ. – Hanzelová, V. - Oros, M. 2008: PCB látky u rýb z rieky Tisy. In: Ekológia a veterinárna medicína VII. Univerzita Veterinárneho Lekárstva, Košice, 2008, s. 120-23, ISBN 9788080770846
- Turhan, K. 2007. Chemical contents and some trace metals of honeys produced in the Middle Anatolia region of Turkey, [Fresenius Environmental Bulletin](https://doi.org/10.1080/10807010701431111), 2007, 16(5):459-464
- Waterfall, E. – White, H. – Earl, N. – Cowie, C. – Sweetman, A. – Martin, I. 2009. Supplementary information for the derivation of SGVs for dioxins, furans and dioxin-like PCBs. Better Regulation Science Programme. Environment Agency, Bristol, 2009, 57 p. ISBN 978-1-84911-109-6
- Wilczewski, E. – Szczepanek, M. – Wenda-Piesik, A. 2018. Response of sugar beet to humic substances and foliar fertilization with potassium Reakcja buraka cukrowego na substancje humusowe i dolistne nawożenie potasem. *Journal of Central European Agriculture*, 2018, 19(1), p.153-165

Poděkování

Práce je podporená sériou rezortných úloh MPRV SR, ÚOP (i) č.79/2020 „Preverenie imobilizačného efektu diferencovane aktivovaných humínových kyselín na hlavné kongenéry PCB látok *ex-situ* s opciou následného riešenia *in-situ*“; (ii) č. 77/2021 „Založenie *in-situ* poloprevádzkových pokusov pre skoncipovanie fytotechnického opatrenia na imobilizáciu/dekontamináciu PCB látok na poľnohospodársky využívanej pôde“; (iii) č. 61/2022 „Kontinuita *in-situ* poloprevádzkových pokusov pre skoncipovanie fytotechnického opatrenia na imobilizáciu/dekontamináciu PCB látok na poľnohospodársky využívanej pôde“; a (iv) č.61/2023 „Terminácia *in-situ* poloprevádzkových pokusov pre skoncipovanie fytotechnického opatrenia na imobilizáciu/dekontamináciu PCB látok na poľnohospodársky využívanej pôde“

Kontaktní adresa:

Ing. Štefan Tóth, PhD.
NPPC-VÚA Michalovce
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovensko
Tel.: +421 56 6443 888,
e-mail: stefan.toth@nppc.sk

Vliv aplikace bentonitu na vybrané půdní fyzikální vlastnosti

Effect of bentonite application on selected soil physical properties

Vašíňka M.¹, Badalíková B.²

¹Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

²Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko

Abstrakt

Bentonit lze v zemědělství využít zejména v případě lehkých a středních půd k doplnění jílové frakce a k dosažení optimálních fyzikálních půdních vlastností. Na pokusné ploše 100 x 52 m s hlinitopísčítým půdním typem kambizemě mesobazické proběhlo ověření tuzemských bentonitových typů – Rokle a Černý vrch s rozdílným chemickým složením. Pro každý typ bentonitu byly založeny 3 varianty s rozdílnou aplikační dávkou (26 kg, 52 kg, 78 kg) a 2 varianty kontrolní. Aplikace obou typů bentonitu se během experimentu projevila zejména snížením půdního utužení v hloubce 0–0,3 m. Nejvyšší snížení objemové hmotnosti redukované bylo zaznamenáno při aplikační dávce 78 kg bentonitu Černý vrch. U variant s aplikovanými bentonity byla také stanovena vyšší minimální vzdušná kapacita a vyšší celková kationtová výměnná kapacita v posledním roce experimentu ve srovnání s kontrolními variantami.

Klíčová slova: bentonit, zemědělství, fyzikální půdní vlastnosti

Abstract

Bentonite can be used in agriculture especially to supply the clay fraction in light and medium soils and to achieve optimal physical soil properties. Czech bentonite types – Rokle and Černý vrch with different chemical compositions were verified on an experimental area of 100 x 52 m with loamy-sandy Cambisol mesobasic. For each type of bentonite, 3 variants with different application doses (26 kg, 52 kg, 78 kg) and 2 control variants were established. The application of both bentonite types resulted in a reduction of soil compaction at depth of 0–0.3 m. The most decreased soil compaction was analyzed at maximum dose (78 kg) of Černý vrch bentonite type. In variants with applied bentonites, a higher minimum air capacity and total cation exchange capacity were also determined in the last year of the experiment compared to control variants.

Keywords: bentonite, agriculture, physical soil properties

Úvod

Bentonit je hornina tvořená směsí jílových minerálů, která svými sorpčními mechanismy umožňuje zadržet živiny a vodu. Dominantním jílovým minerálem bentonitu (montmorillonit, 65–80 hm. %) je vzhledem ke svému zpravidla záporně nabitému povrchu v půdním komplexu potenciální adsorbentem těchto živin a vody a následnou zásobárnou pro kořenové systémy pěstovaných plodin (Croker et al., 2004). V současné době klimatické změny je bentonit vhodným kandidátem ke zlepšení fyzikálního stavu půdy z pohledu půdní mikrostruktury (agregáty menší než 0,25 mm), zejména v případě vysoce propustných lehkých půd (max. 20 % jílovitých částic). Jeho vhodnou aplikací lze dosáhnout vyšší půdní vlhkosti a tím optimální vodní retenční kapacity půd (Hall et al., 2010, Mi et al., 2017). Jílové částice při vyhodnocení koeficientu strukturnosti řadíme mezi agronomicky méně hodnotné strukturní elementy (>10 a <0,25 mm). Avšak právě tyto elementy jsou v lehkých půdách velmi důležité, tvoří mikrostrukturu půd a zároveň pojivo mezi půdními agregáty.

Materiál a metody

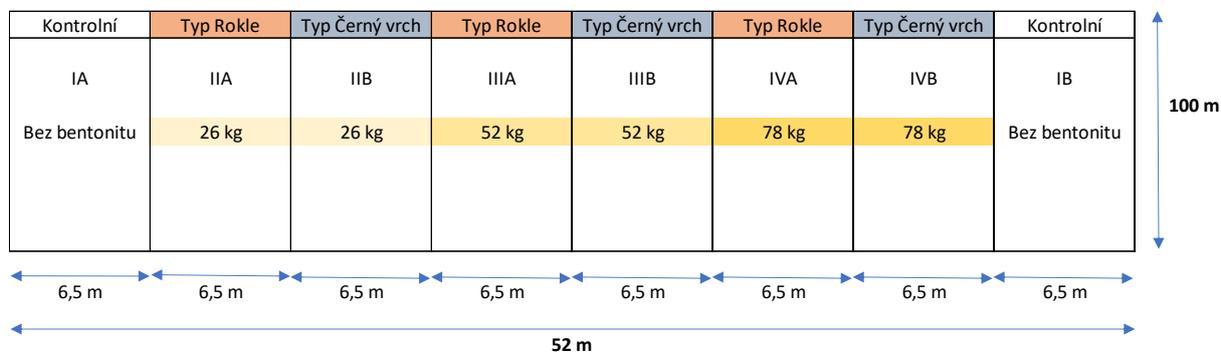
Složení bentonitových typů je popsáno v Tab. 1. Oba typy bentonitu byly poskytnuty firmou Keramost, a.s. Aplikace bentonitu probíhala vždy na začátku vegetačního období v letech 2019–2020 v bramborářské výrobní oblasti na pokusné ploše 100 x 52 m poblíž obce Hodov, obhospodařované ZD Budišov. K rozmetání bentonitu bylo použito rozmetadlo RMS 8 a bentonit byl následně zapraven do půdy podmiítačem Lemken. Aplikace byla provedena před setím kukuřice. Pokusná plocha byla rozdělena do následujících 8 variant s rozměrem 6,5 x 100 m (Obr. 1). Pěstovanou plodinou byla po dobu pokusu silážní kukuřice (*Zea mays* L.), odrůda Donremi.

Tab. 1: Chemické složení testovaných bentonitů

Obsah	Typ bentonitu	
	Rokle	Černý vrch
	hm. %	
SiO ₂	46,12	48,78
Al ₂ O ₃	15,75	15,96
Fe ₂ O ₃	14,98	11,24
TiO ₂	1,00	0,65
MgO	2,87	5,67
CaO	2,35	2,52
Na ₂ O	0,49	2,30
K ₂ O	0,70	1,77

Obr. 1: Rozmístění pokusu s variantami aplikačních dávek bentonitů Rokle a Černý vrch

Varianty pokusu:



IA, IB kontrola – bez přídavku bentonitu

IIA – aplikace 26 kg bentonitu, typ Rokle (400 kg.ha⁻¹)

IIB – aplikace 26 kg bentonitu, typ Černý vrch (400 kg.ha⁻¹)

IIIA – aplikace 52 kg bentonitu, typ Rokle (800 kg.ha⁻¹)

IIIB – aplikace 52 kg bentonitu, typ Černý vrch (800 kg.ha⁻¹)

IVA – aplikace 78 kg bentonitu, typ Rokle (1200 kg.ha⁻¹)

IVB – aplikace 78 kg bentonitu, typ Černý vrch (1200 kg.ha⁻¹)

Pro stanovení fyzikálních vlastností byly odebrány neporušené půdní vzorky do Kopeckého válečků z hloubek 0–0,10 m, 0,10–0,20 m, 0,20–0,30 m. Ze vzorků byla stanovena objemová hmotnost redukováná (O_{Hr}), maximální kapilární vodní kapacita (MKVK) a minimální vzdušná kapacita (MVK). Zastoupení jednotlivých pórů bylo stanoveno výpočtem pro naměřené hodnoty při odsávání vody ze vzorků. Kationtová výměnná kapacita (KVK) půdních

vzorků byla stanovena jako součet koncentrací bazických iontů (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) extrahovaných 1M roztokem NH_4Cl a koncentrace vodíkových iontů byla stanovena titrací 1M extraktem KCl (1:20) podle (Thomas, 1982).

Výsledky

Změny fyzikálních vlastností po aplikaci bentonitu se projevily až v 2. roce řešení, proto nejsou výsledky uvedeny za rok 2019. Fyzikální parametry za rok 2020 po dvouleté aplikaci bentonitu jsou uvedeny v Tab. 2. Data reprezentují průměrné hodnoty ze 3 hloubek 0–0,30 m. Varianta kontrolní označená jako I – kontrola je průměrem kontrolních variant IA a IB. Při nejvyšší aplikační dávce se zejména projevilo snížení objemové hmotnosti redukované (O_{Hr}). Průměrná hodnota O_{Hr} u všech variant se pohybovala v rozmezí 1,32–1,43 g.cm⁻³. Ve svrchních vrstvách půdy se tato hodnota standartně pohybuje v rozmezí 1,2–1,5 g.cm⁻³. Aplikovaná množství bentonitu vedla ke snížení zhutnění půdního prostředí svrchního orničního horizontu.

Maximální kapilární vodní kapacita byla v podobném rozmezí hodnot u všech variant (32,95–34,68 %). Průměrná hodnota provzdušněnosti se zvyšovala s rostoucí aplikační dávkou bentonitu. Mezi jednotlivými typy bentonitů nebyl významný rozdíl v analyzovaných hodnotách. U variant s aplikovanými typy bentonitu byla stanovena vyšší průměrná minimální vzdušná kapacita.

Hodnoty celkové kationtové výměnné kapacity během let 2019–2020 jsou uvedeny v Tab. 3. Aplikace bentonitu se zde projevila zejména ve druhém roce. Celkově nižší KVK v roce 2020 byla způsobena rozdílnými klimatickými poměry. U všech vzorků byla naměřena KVK <180 mmol ch. ekv. kg⁻¹. Nejvyšší hodnota byla stanovena u bentonitu typu Černý vrch a Rokle při aplikační dávce 52 kg do půdy. V porovnání mezi testovanými typy bentonitu byla hodnota KVK vyšší vždy v konkrétní aplikační dávce u bentonitového typu Rokle.

Tab. 2: Průměrné hodnoty fyzikálních půdních parametrů, rok 2020, Hodov, konec vegetace

Varianta	Hloubka půdy (m)	2020		
		Objemová hmotnost red. (g.cm ⁻³)	Max. kapilární vodní kapacita	Min. vzdušná kapacita
			% obj.	
I – kontrola	0 – 0,3	1,43	34,14	11,21
IIA	0 – 0,3	1,43	33,72	11,78
IIB	0 – 0,3	1,43	33,31	12,00
IIIA	0 – 0,3	1,41	32,95	13,39
IIIB	0 – 0,3	1,41	34,68	11,46
IVA	0 – 0,3	1,41	33,60	12,58
IVB	0 – 0,3	1,32	33,67	14,14

Tab. 3: Parametry kationtové výměnné kapacity v mmol ch. ekv. kg⁻¹ Hodov, 2019–2020

Varianta	2019	2020
	KVK (T)/sv	KVK (T)/sv
IA	244	132
IB	212	145
IIA	272	148
IIB	261	146
IIIA	330	154
IIIB	199	156
IVA	159	155
IVB	144	149

Diskuze

Rozdílná aplikační dávka ve vztahu k typu a složení půdy, klimatické poměry a druh pěstované plodiny/rostliny hraje klíčovou roli pro využití bentonitu v zemědělství. V současné době se hojně testuje mikro-bentonit a nano-bentonit v suspenzním stavu ve směsi s půdou. Nano-bentonit je oproti mikro-bentonitu účinnější přísadou pro zlepšení vlastností písčitých půd vzhledem ke svému kulovitému tvaru, hladkému a jemnému povrchu detekovaného pod SEM a vlivu na zlepšení půdní stability a optimální permeability. Avšak optimální dávkování bude ovlivněno půdními typy a procesy, které převládají, a proto vyžaduje další výzkum (Cheraghalikhani et al., 2023). Testování vyžaduje přiměřený přírůstek na základě zrnitostní charakteristiky výchozích rozborů půdních vzorků. V polních podmínkách proběhlo například testování bentonitu a nano-bentonitu na písčitých půdách v Egyptě. Přírůstek bentonitu (T1) 5 t.ha⁻¹, (T2) 10 t.ha⁻¹, nano-bentonitu (T3) 250 kg.ha⁻¹, (T4) 500 kg.ha⁻¹ způsobil nárůst dostupné vody a maximální vodní kapilární kapacity v povrchové vrstvě půdy (0–0,2 m). Nejvyšší nárůst těchto fyzikálních parametrů byl právě u nano-bentonitu při aplikační dávce 500 kg.ha⁻¹ (T4), naopak nejnižší u var. T1 (El-Nagar a Sary, 2021). Výše zmíněné výsledky ukazují na rozdílné potřeby dávkování bentonitu do půdního prostředí. Optimální je proto testovat zpočátku nižší dávkování a případně postupně aplikační dávku navyšovat. V našem krátkodobém experimentu byl prokázán pozitivní vliv přírůstku bentonitu zejména v případě nižší OHr půdy, podobně jako u jiných autorů (Abdelfattah et al., 2020, Mi et al. 2020, Zhou et al., 2019) a nárůstu celkové KVK. Samotná kationtová výměnná kapacita půdy je dobrým měřítkem schopnosti půdy k udržení a dodání živin plodinám a obecným ukazatelem úrodnosti půdy (Kutílek, 1978). Kationtová výměnná kapacita se při aplikaci bentonitu zvyšuje a zpravidla narůstá s obsahem jílové frakce a organické hmoty v půdě (Croker et al., 2004, Czaban a Siebielec, 2013, Satje a Nelson, 2009). Minimální vzdušná kapacita se na konci experimentu blížila průměrné hodnotě v půdě 10 % (Lhotský et al., 1984).

Závěr

U tuzemských bentonitů typu Rokle a Černý vrch testovaných v našem krátkodobém experimentu byl prokázán pozitivní vliv na sledované fyzikální půdní parametry zejména v případě nižší objemové hmotnosti redukované a vyšší celkové KVK v posledním roce experimentu ve srovnání s kontrolními variantami. Mezi testovanými bentonitovými typy (Rokle a Černý vrch) nebyl prokázán významný rozdíl ve výše zmíněných sledovaných fyzikálních parametrech. Využití bentonitu v zemědělství má potenciál zejména v případě zlepšení fyzikálních vlastností u lehkých a středních půd. Avšak významné zlepšení těchto vlastností vyžaduje dlouhodobější aplikaci a monitoring experimentálních lokalit.

Literatura

- Abdelfattah, M., Kocserha, I., Géber, R., Tihtih, M., Móricz, F. (2020): Evaluating the properties and mineral phases of the expanded clay aggregates with the bentonite additive material. *Journal of Physics Conference Series*. 1527, 12030. 10.1088/1742-6596/1527/1/012030.
- Crocker, J., Hartmann, C., Bhuthorndharaj, S. (2004): Effects of recycled bentonite addition on soil properties, plant growth and nutrient uptake in a tropical sandy soil. *Plant and Soil*. 267, 155–163.
- Czaban, J., Siebielec, G. (2013): Effects of Bentonite on Sandy Soil Chemistry in a Long-Term Plot Experiment (II); Effect on pH, CEC, and Macro- and Micronutrients. *Polish Journal of Environmental Studies*. 22.
- El-Nagar, D. A., Sary, D. H. (2021): Synthesis and characterization of nano bentonite and its effect on some properties of sandy soils. *Soil and Tillage Research*. 208, 104872. 10.1016/j.still.2020.104872.
- Hall, D., Jones, H., Crabtree, W., Daniels, T. (2010): Claying and deep ripping can increase crop yields and profits on water repellent sands with marginal fertility in southern Western Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 48(2), 178–187. 10.1071/SR09078.
- Cheraghalikhani, M., Niroumand, H., Balachowski, L. (2023): Micro- and nano- bentonite to improve the strength of clayey sand as a nano soil-improvement technique. *Scientific Reports*. 13. 10.1038/s41598-023-37936-x.
- Kutílek, M. (1978): *Vodohospodářská pedologie*. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 295 str.
- Lhotský, J. et al. (1984): *Soustava opatření k zúrodnování zhutněných půd*. Metodika ÚVTIZ, Praha, 39 p.
- Thomas, G. W. (1982): Exchangeable cations. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 2, 2nd edition., Agronomy Monograph No. 9. (Edited by Page, L. A. Miller, R. H. and Keeney, D. R.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp 595–624.
- Satje, A., Nelson, P. (2009): Bentonite treatments can improve the nutrient and water holding capacity of sugarcane soils in the wet tropics. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*. 31, 166.
- Zhou, L., Monreal, C., Xu, S., Mclaughlin, N., Zhang, H., Hao, G., Liu, J. (2019): Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. *Geoderma*. 338, 269–280. 10.1016/j.geoderma.2018.12.014.

Poděkování

Tento výzkum byl finančně podpořen projektem TJ02000068 „Využití bentonitu v lehkých půdách postižených suchem za účelem zvýšení výnosů a zúrodnění půd“ v programu ZÉTA Technologické agentury ČR (TA ČR) a projektem Inter-Inform LTI17006: „Podpora české účasti výzkumných organizací agrárního sektoru v mezinárodním výzkumu“.



Foto 1: Zapravení bentonitu na pokusu
(autor foto: Vašinka)



Foto 2: Aplikovaný bentonit u varianty IV B
(autor foto: Vašinka)

Kontaktní adresa:

Mgr. Martin Vašinka, Ph.D.

Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice

+420 731 659 896, martin.vasinka@vuchs.cz

Principy udržitelného hospodaření se živinami a organickými látkami

The principles of sustainable management of nutrients and organic matter

Wollnerová J., Klír J.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha-Ruzyně

Abstrakt

Základním cílem udržitelného hospodaření se živinami a organickými látkami je zajistit optimální podmínky pro zemědělské plodiny. Vhodným prostředkem ke sledování správnosti zemědělského hospodaření se živinami a organickými látkami mohou být jejich bilance, resp. bilanční odhady. Bilance živin ukazují spojitost mezi živinami používanými v zemědělství a jejich ztrátami do ovzduší nebo do povrchových a podzemních vod. Dynamika rozkladu organických látek v půdě vypovídá o úrodnosti půdy. Bilancování organických látek může poskytnout užitečné informace pro udržitelné hospodaření na orné půdě a výsledky lze použít pro analýzy hospodaření i následná regulační opatření.

Klíčová slova: dusík, fosfor, bilance živin, bilance organických látek

Abstract

The fundamental objective of sustainable nutrient and organic matter management is to ensure optimal conditions for agricultural crops. Nutrient balances or their estimates can be a useful tool to monitor the sustainability of nutrient and organic matter management. Nutrient balances indicate the relationship between nutrients used in agriculture and their losses to the air or to surface and groundwater. The dynamics of organic matter degradation in the soil indicate the fertility of the soil. The organic matter balance can provide useful information for sustainable management of cultivated land and the results can be used for management analysis and subsequent regulatory measures.

Keywords: nitrogen, phosphorus, nutrient balance, organic matter balance

Úvod

Zemědělské postupy určují úroveň produkce potravin a do značné míry ovlivňují i stav životního prostředí. Jedním z hlavních principů dnešního zemědělství je využívání systémů pěstování plodin zahrnujících optimální agronomické postupy, které zajistí účinné využití všech vstupů pro produktivitu plodin a rentabilitu hospodaření při zachování kvality životního prostředí a udržitelnosti agroekosystému (Haruna & Nkongolo, 2020). Je tedy potřeba dosáhnout dvojího cíle, tj. úrovně kvalitních výnosů a zachování kvality a kvantity ekosystémových služeb poskytovaných půdou a vodními zdroji Země (Tilman et al., 2002).

Hnojení dusíkem bývá považováno za jeden z nejdůležitějších faktorů pro zvýšení výnosů, přičemž využitelnost dusíku rostlinami se v průběhu roku mění v závislosti na vlastnostech půdy, způsobu hospodaření i meteorologických faktorech (teplota, srážky). Aplikace dusíkatých hnojiv má pozitivní účinky na akumulaci půdní organické hmoty (POH), jejíž obsah a kvalita ovlivňuje výnos plodin prostřednictvím své role při kontrole mineralizace a imobilizace dusíku v půdě (Paustian et al., 1992; Sainju, 2017). Avšak nadměrná aplikace dusíkatých hnojiv vede k přebytkům dusíku v půdě, zvýšenému riziku ztrát dusíku do životního prostředí a následně k negativním dopadům na úrodnost půdy, kvalitu vody a ovzduší. Řada autorů potvrzuje, že často dochází k aplikaci mnohem většího množství dusíkatých hnojiv pro dosažení potenciálu výnosu, než je skutečně potřebné množství. Naopak nedostatečná náhrada živin odstraněných ve sklizených materiálech může být příčinou nižší úrodnosti půdy (Tilman et al., 2002). Vztah mezi vstupy a výstupy živin při zemědělském hospodaření je definován

jako bilance a na základě výpočtu této bilance lze odhadnout bilanční přebytek či nedostatek živin (Dalgaard et al., 2012; McLellan et al., 2018; Sainju, 2017).

Bilance živin je běžně používaným ukazatelem pro identifikaci oblastí ohrožených znečištěním. V 90. letech 20. století byly za účelem omezení znečištění životního prostředí ze zemědělské výroby v OECD vyvinuty agroenvironmentální ukazatele (AEI), které identifikují a kvantifikují rozsah dopadů zemědělského hospodaření na životní prostředí a sledují účinky politických opatření. OECD využívá tyto ukazatele k porovnání členských států a vyvozování závěrů o zátěži živinami ze zemědělství do životního prostředí. Jedním z těchto ukazatelů jsou také bilance dusíku a fosforu na národní úrovni, kdy se členské státy OECD zavázaly k výpočtu a poskytnutí roční bilance těchto živin na úrovni půdy (povrchová bilance) (Klages et al., 2020). Bilancování živin a nepřímé sledování jejich účinnosti je vhodným prostředkem pro rychlou diagnostiku situace v hospodaření se živinami na různých úrovních agroekosystému. I když zjištěné hodnoty nemohou dát odpovědi na otázky o aktuálním využití živin, ani o povaze probíhajících procesů (imobilizace dusíku nebo jeho uvolňování z organické hmoty), jsou solidním základem pro další sledování, doporučení změn pěstitelských technologií či rozhodování o vhodných postupech ochrany životního prostředí (Klír et al., 2021; Kremer, 2013). Při výpočtu bilancí živin je nutné zohlednit hranice vstupů a výstupů. Nejčastěji využívaný způsob výpočtu bilance využívá jako hodnotící hranici povrch půdy. Jsou sledovány toky dusíku a fosforu dovnitř a ven ze systému půda – rostlina. Na základě postupů výpočtu této povrchové bilance byla ve spolupráci OECD s Eurostatem vytvořena metodika, kde byl pro bilanci dusíku zaveden pojem „hrubá bilance dusíku“. Podle této metodiky je hrubá bilance dusíku rozdíl mezi celkovým množstvím vstupů živin vstupujících do zemědělského systému (zejména hnojiv) a množstvím výstupů živin ze systému (zejména příjem živin plodinami) (Kremer, 2013). Dále vznikl pojem „čistá bilance dusíku“. Rozdíl spočívá v tom, že hrubá bilance dusíku zahrnuje všechny emise environmentálně škodlivých sloučenin dusíku ze zemědělství do půdy, vody a ovzduší, zatímco čistá bilance nezahrnuje emise do ovzduší. V případě fosforu nedochází k emisím do ovzduší, takže hrubá bilance je shodná s bilancí čistou (Santiago GUERRERO and Iván Tzuntzín, 2019).

Z praktického hlediska je pro hodnocení hospodaření se živinami na úrovni ČR a zemědělského závodu používána zemědělská bilance (zjednodušená povrchová bilance). Hlavní rozdíl v porovnání s bilancí OECD/Eurostat je v tom, že se hodnotí pouze vstupy a výstupy živin, jež může zemědělec ovlivnit. Vstup dusíku ve statkových hnojivech v případě zemědělské bilance na regionální úrovni je vyjádřen ve formě exkrece N hospodářskými zvířaty po odpočtu odhadovaných ztrát ve stájích a při skladování statkových hnojiv, ale v případě zemědělské bilance na úrovni závodů již přímo v použitých statkových hnojivech. Výstupem je pak dusík ve sklizených rostlinných produktech, a to na regionální úrovni mimo slámy určené ke stlaní, ale na úrovni závodu již včetně této slámy. Při tomto postupu se na regionální úrovni sláma použitá ke stlaní nehodnotí na straně výstupů ani vstupů, neboť se, stejně jako sláma přímo zapravená na pozemku zase navrací zpět do půdy (Klír et al., 2021).

Cíle v oblasti bilancí živin podporují i další cíle udržitelnosti, zejména ty, které se týkají udržování zásob organického dusíku v půdě, což je kritický faktor dlouhodobé úrodnosti půdy (McLellan et al., 2018). Vhodné hospodaření s půdní organickou hmotou je velkou výzvou pro udržitelné zemědělství (Lal, 2020). Hospodaření s organickou hmotou v půdě je však složité, protože opatření, která zlepšují zásobování plodin živinami, mohou současně zvýšit ztráty živin, což má za následek nepříznivé účinky na životní prostředí. Z tohoto hlediska byly vyvinuty bilance organické hmoty v půdě jako praktické nástroje pro hodnocení dopadů na životní prostředí, péče o půdní úrodnost a podporu řízení v zemědělství (Brock et al., 2017). Dnes jsou již na internetu k dispozici různé nástroje a programy pro snadné bilancování organických látek na úrovni pozemků a osevních postupů (Tilman et al., 2002), zemědělských závodů nebo regionů (Klír, 2022).

Zemědělci, subjekty potravinového řetězce, ale i tvůrci politik potřebují jednoduché, ale spolehlivé ukazatele, které by prokázaly pokrok ve snižování zemědělského znečištění spojeného s výrobou potravin při zachování udržitelnosti systému zemědělství. Náš příspěvek upozorňuje na principy udržitelného hospodaření se živinami a organickými látkami a s tím spojené nástroje, které mohou plnit roli těchto ukazatelů.

Materiál a metody

Pro bilancování živin existují různé postupy. Pro mezinárodní výkaznictví a v zemědělské praxi jde však výlučně o bilanční odhady, s využitím statistických nebo podnikových údajů o pěstovaných plodinách, jejich výnosech a spotřebě hnojiv. Pro přepočítání jsou využívány průměrné koeficienty, zejména pro stanovení odběru živin v rostlinných produktech a dodání živin ve statkových hnojivech. V ČR se pracuje s koeficienty z vyhlášky č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv. Národní bilance dusíku za ČR byla vypočtena na základě metodiky OECD/Eurostat (Kremer, 2013) jako hrubá bilance dusíku, za kalendářní rok. Po odečtu ztrát emisemi dusíku byla získána čistá bilance dusíku. Pro fosfor, u kterého nedochází k emisím do ovzduší, je výpočet hrubé bilance totožný s výpočtem bilance čisté. Ve vybraných zemědělských závodech byla bilance N a P vypočtena za hospodářský rok 2020/2021 (z hlediska spotřeby hnojiv) a kalendářní rok 2021 (z hlediska sklizených produktů), podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. Pro praktické účely byl vytvořen model (dostupný na www.nitrat.cz), který současně počítá i orientační bilanci fosforu a draslíku. Výsledky bilanci jsou vyjádřeny v kilogramech bilančního přebytku/nedostatku živin na hektar zemědělského pozemku za rok.

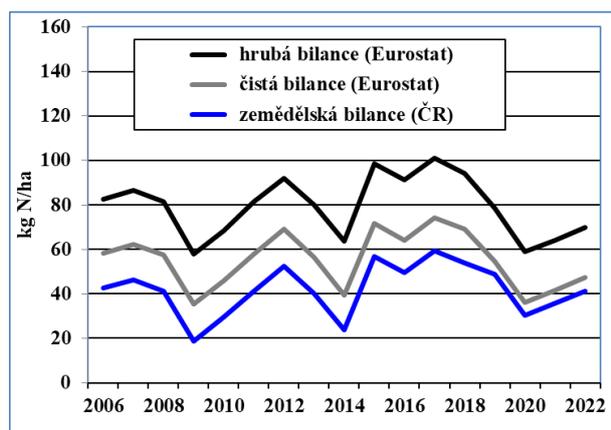
Na základě dostupných údajů byl proveden také modelový výpočet bilance organických látek na příkladu hospodaření na dlouhodobých pokusech Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. Pro výpočty byl použit bilanční „Model OH“ (Klír, 2022), obsahující hodnocení různých zdrojů organických látek s využitím koeficientů podle německé metodiky (Kolbe, 2010).

Výsledky

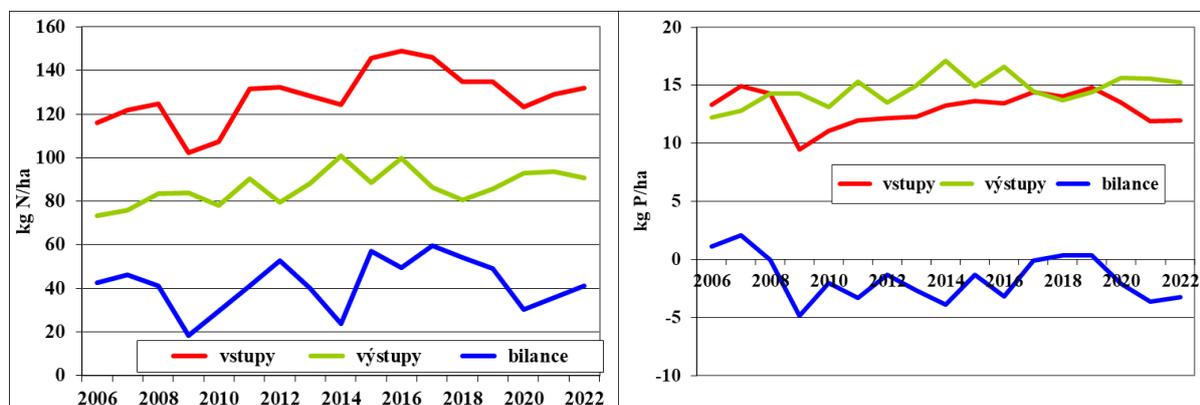
Bilance živin na celorepublikové úrovni

Výsledky výpočtu bilance živin v ČR dle zjednodušené zemědělské bilance ukazují v roce 2022 bilanční přebytek dusíku na úrovni 40 kg N/ha a bilanční nedostatek fosforu -3 kg P/ha využívané zemědělské půdy. Vysoký bilanční přebytek dusíku zjištěný v ČR v letech 2015–2018 již postupně poklesl. Přebytek byl způsoben vysokou spotřebou minerálních N-hnojiv, v kombinaci s nižšími výnosy plodin z důvodů sucha. Přetrvávající deficit fosforu však naznačuje potenciální riziko poklesu úrodnosti půdy. Spotřeba minerálních hnojiv je rovněž ovlivněna finanční situací v zemědělství a zejména cenou hnojiv. Např. vysoké ceny hnojiv způsobily v letech 2009 a 2010 pokles jejich spotřeby téměř ve všech státech EU. Podobně se nyní projevuje i razantní zvýšení cen minerálních hnojiv v posledních letech.

Graf 1: Časová řada bilance dusíku v ČR (porovnání hrubé a čisté bilance podle metodiky OECD/Eurostat a zemědělské bilance)



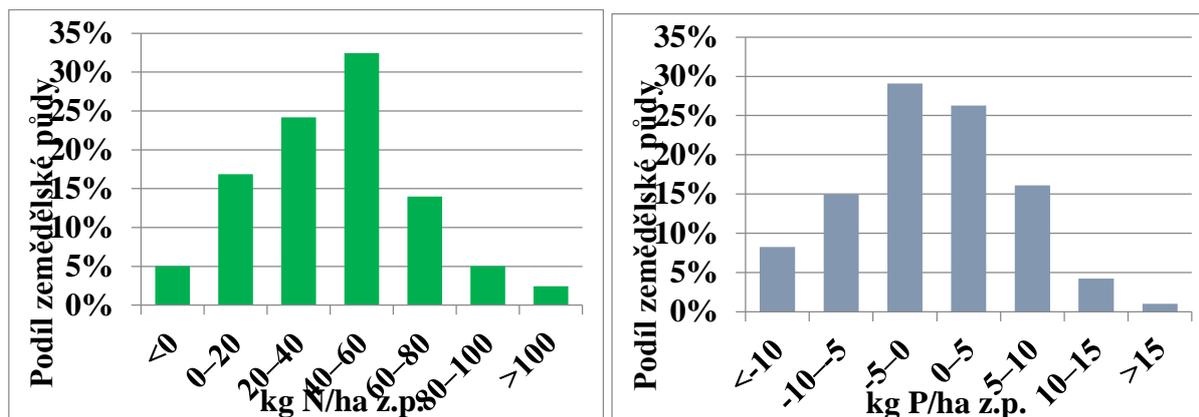
Graf 2, 3: Zemědělská bilance dusíku a fosforu (porovnání vstupů a výstupů použitých pro výpočet bilancí)



Bilance živin ve vybraných zemědělských závodech

Na základě šetření ve 177 zemědělských závodech, v rámci monitoringu akčního programu nitrátové směrnice byla vyhodnocena zemědělská bilance dusíku a fosforu za hospodářský rok 2020/2021, který byl prvním rokem pro povinné bilancování N. Do šetření byly zařazeny závody s vyšší intenzitou hospodaření, přičemž převažují subjekty s chovem hospodářských zvířat. Byl zjištěn průměrný bilanční přebytek dusíku 42 kg N/ha (vstupy 167 kg N/ha, výstupy 125 kg N/ha) a bilanční nedostatek fosforu -0,5 kg P/ha (vstupy 18,9 kg P/ha, výstupy 19,4 kg P/ha). Uvedená bilance fosforu je pouze orientační, neboť nezohledňuje obsah přístupného fosforu v půdě ani další půdní charakteristiky (pH půdy apod.) a tedy ani potřebnou úroveň navrácení odebraného fosforu zpět do půdy v jednotlivých závodech.

Graf 4, 5: Podíl půdy podle výsledků zemědělské bilance dusíku a fosforu za rok 2021 ve vybraných zemědělských závodech



Udržitelné hospodaření s organickou hmotou

Nový „Model OH“ zpřísňuje dosavadní požadavky na dodávání organické hmoty do půdy. Reaguje nejen na vývoj pěstitelských technologií, ale i na změny klimatu za posledních 30 let, kdy lze sledovat trend zvyšování průměrných ročních teplot vzduchu, a tedy i teploty v půdě. Významným zdrojem informací pro hodnocení změn obsahu půdní organické hmoty jsou dlouhodobé polní pokusy. První reakce na uvedené změny byla v Praze-Ruzyni pozorována u okopanin, konkrétně cukrové řepy. Organické a minerální hnojení podle původní metodiky pokusu založeného v Praze-Ruzyni v roce 1954 zajišťovalo na honu B nárůst obsahu organického uhlíku prakticky až do konce 20. století. Podle výpočtu nového modelu, který již nově počítá i se zapravením řepného chrástu by však pro zastavení úbytku půdní organické hmoty bylo teoreticky nutné ještě o 50 % zvýšit pravidelnou dodávku hnoje k okopanině.

Graf 6: Výsledek výpočtu Modelu OH pro podmínky dlouhodobého pokusu v Praze-Ruzyni (vlevo – hon B, jarní pšenice a cukrovka; vpravo – hon IV, osevní postup s vojtěškou)



Diskuse

Na základě výpočtu bilance živin (bilanční odhad) lze stanovit bilanční přebytek či nedostatek. Kladný výsledek bilance N, tedy bilanční přebytek většinou představuje ztráty. Z hlediska bilance dusíku se do ztrát zahrnují i tzv. nevyhnutelné ztráty dusíku do vod i ovzduší vznikající přírodními procesy koloběhu dusíku (denitrifikace, vyplavování, eroze atd.). Kladná bilance však může znamenat i cílenou akumulaci dusíku v půdě při zvyšování obsahu půdní organické hmoty. V zásadě by z hlediska správné interpretace výsledku výpočtu bilance měly být při bilancování dusíku zohledněny i změny stavu půdy (Klír et al., 2021). Někteří autoři (Sainju, 2017) uvádí, že bilance dusíku poskytuje kvantitativní rámec vstupů a výstupů dusíku a jeho zadržování v půdě. Vstupy dusíku zahrnují dusík z dusíkatých hnojiv, atmosférické depozice včetně mokrých a suchých depozic a biologickou fixaci dusíku. Výstupy dusíku

zahrnují odběr dusíku v zrně a další biomase plodin a ztráty N vyplavováním, denitrifikací, volatilizací, povrchovým odtokem, erozí a emisemi plynů (McLellan et al., 2018; Sainju, 2017). Například v Rakousku (Wick et al., 2012) použili celostátní regionální bilance k porovnání s koncentrací dusičnanů v podzemních vodách příslušných povodí, přičemž našli dobrou statistickou korelaci.

Výsledky bilance dusíku v agroekosystémech se liší v závislosti na půdních a klimatických podmínkách, druzích plodin a způsobech hospodaření. To je způsobeno rozdíly v míře hnojení N, odběru N plodinami, mineralizace a imobilizace N, atmosférické depozice N, biologické fixace N a ztrát N různými procesy mezi jednotlivými roky a lokalitami. Postupy obhospodařování půdy a plodin, jako je bezorebné zpracování půdy a střídání plodin, mohou vést k rozdílným dávkám hnojení N pro stejné nebo různé plodiny, retenci N v půdě a ztrátám N ve srovnání s konvenčním obděláváním půdy a pěstováním monokultur (Sainju, 2017).

Pro Švýcarsko byla vypočtena bilance dusíku i fosforu pro období 1975–2008. Intenzifikace švýcarského zemědělství po roce 1950 se vyznačovala zvýšením přísunu rostlinných živin do systému zemědělské výroby. Faremní bilance za rok 2008 vykázala přebytek 108 kg N/ha. Přebytky živin vzrostly mezi lety 1975 a 1980 a poté výrazně klesaly až do roku 2008, s vyšším procentem relativního snížení pro P (80 %) než pro N (27 %). Výrazného snížení přebytků živin bylo dosaženo zavedením přímých plateb na ekologické programy v roce 1993. Nižší přebytky způsobilo především snížení používání minerálních hnojiv (Spiess, 2011).

V mnoha zemích mohou být přebytky fosforu na hektar zemědělské půdy velmi variabilní, přičemž některé regiony řeší problém „nadměrného“ fosforu a jiné nikoli. Národní bilance jsou v tomto smyslu mnohem méně účinnými ukazateli než bilance na regionální úrovni (Santiago GUERRERO and Iván Tzuntzín, 2019).

Z pohledu farmáře, který se snaží snížit ztráty živin, je výzvou identifikovat, jaké změny lze provést v provozu, aby se tyto ztráty eliminovaly při zachování produktivity a ziskovosti (McLellan et al., 2018). Výpočet bilance živin (dusíku a fosforu) ukazuje na oběh živin v zemědělském závodě. Pokud má subjekt dobrou bilanci, znamená to, že finanční prostředky použité na nákup hnojiv byly využity racionálně (Popluga et al., 2016).

Cílem mezinárodního šetření (Dalgaard et al., 2012) bylo zhodnotit přebytky dusíku na farmách u šesti zemědělských oblastí v Polsku (PL), Nizozemí (NL), Francii (FR), Itálii (IT), Skotsku (UK) a Dánsku (DK). Ve všech oblastech byly zjištěny velké rozdíly v přebytku dusíku na farmách, a tím i velký potenciál pro snížení. Nejvyšší průměrné přebytky N byly zjištěny v zemích s největší intenzitou chovu skotu v IT, FR a NL; v průměru 202 ± 28 , 179 ± 63 a 178 ± 20 kg N/ha za rok. Průměrný přebytek dusíku na farmách ve Skotsku, kde dominovala extenzivní pastva ovcí a skotu, byl pouze 31 ± 10 kg N/ha za rok. Podobný přebytek dusíku ale byl i v PL a DK (122 ± 20 a 146 ± 55 kg N/ha za rok), při započtení chovu drůbeže bez půdy. Autoři dále zjistili, že údaje o bilančním přebytku dusíku na farmách jsou užitečným ukazatelem ztrát dusíku a potenciálem pro zlepšení hospodaření s dusíkem. Byly zjištěny významné korelace přebytku dusíku, a to jak s koncentracemi amoniaku v ovzduší, tak s koncentracemi dusičnanů v půdách a podzemních vodách, měřených v období sběru dat o hospodaření s dusíkem v jednotlivých oblastech v letech 2007–2009.

Půdní organická hmota se podílí na většině ekosystémových služeb poskytovaných půdou, jako je přenos živin a zásobování plodinami, regulace vody, odolnost vůči stresu nebo regulace škůdců (Fageria, 2012). Bilancování organické hmoty může poskytnout užitečné informace pro udržitelné hospodaření na orné půdě (Kolbe, 2010). Například (Brock et al., 2012) uvádí, že pokud jde o hodnocení hospodaření s POH v zemědělské praxi na poli, farmě nebo v regionálním měřítku, jsou potřeba nástroje, které vycházejí z běžně dostupných vstupních dat, jako je střídání plodin, výnosy, druh a množství aplikovaného hnojiva. Dále představil jednoduchý model pro hodnocení vlivu hospodaření v systémech orné půdy na obsah půdní organické hmoty (POH). Model je založen na zjednodušeném modelu zásobníků a toků uhlíku

a dusíku v systému půda-rostlina. Model se ukázal jako použitelný jednoduchý nástroj pro porovnání systémů hospodaření na orné půdě, s ohledem na dopad na obsah POH. Přestože absolutní kvantifikace změn obsahu POH není možná kvůli metodickému přístupu, který obchází potřebu jakýchkoli údajů o půdních parametrech, lze model použít k posouzení pozitivního nebo negativního dopadu systému hospodaření nebo období hospodaření ve srovnání s referenčním. Lze jej tedy použít k posouzení dopadu změn hospodaření nebo k analýze konkrétního dopadu pro různá období hospodaření na definovanou prostorovou jednotku.

Závěr

Bilance živin, tedy rozdíl mezi vstupy a výstupy živin v systému zemědělského hospodaření, jsou spolehlivým měřítkem ztrát dusíku. Jsou vhodným prostředkem ke sledování účinnosti živin, ověření správnosti zemědělského hospodaření a mohou poskytnout přehled o potenciálních environmentálních rizicích používání hnojiv. Nově jsou i nástrojem k dosažení cíle Společné zemědělské politiky EU omezit environmentální a klimatickou stopu potravinového systému a dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050 v rámci European Green Deal (Evropské zelené dohody), strategie Farm to Fork (Od zemědělce ke spotřebiteli). Tato strategie spočívá ve vyváženém hnojení a udržitelném hospodaření se živinami tak, aby bylo lépe nakládáno s dusíkem a fosforem po celou dobu jejich životního cyklu. Dalším klíčovým faktorem udržitelného zemědělství je půdní organická hmota – její bilancování může poskytnout užitečné informace pro hodnocení udržitelného hospodaření na půdě.

Metody bilancí živin a organických látek jsou vhodným nástrojem pro hodnocení vlivů hospodaření na životní prostředí a podporu rozhodování v zemědělství.

Literatura

- Brock, C., Oberholzer, H.-R., Schwarz, J., Fließbach, A., Hülsbergen, K.-J., Koch, W., Pallutt, B., Reinicke, F., Leithold, G., Brock, C., Leithold, G., Oberholzer, H.-R., Schwarz, J., Pallutt, B., Fließbach, A., Hülsbergen, K.-J., Koch, W., & Reinicke, F. (2012). Soil organic matter balances in organic versus conventional farming-modelling in field experiments and regional upscaling for cropland in Germany. *Org. Agr.*, 2, 185–195. <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0033-8>
- Brock, C., Oberholzer, H. R., & Franko, U. (2017). Soil organic matter balance as a practical tool for environmental impact assessment and management support in arable farming. In *European Journal of Soil Science* (Vol. 68, Issue 6, pp. 951–952). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1111/ejss.12495>
- Dalgaard, T., Bienkowski, J. F., Bleeker, A., Dragosits, U., Drouet, J. L., Durand, P., Frumau, A., Hutchings, N. J., Kedziora, A., Magliulo, V., Olesen, J. E., Theobald, M. R., Maury, O., Akkal, N., & Cellier, P. (2012). Farm nitrogen balances in six European landscapes as an indicator for nitrogen losses and basis for improved management. *Biogeosciences*, 9(12), 5303–5321. <https://doi.org/10.5194/BG-9-5303-2012>
- Fageria, N. K. (2012). Role of Soil Organic Matter in Maintaining Sustainability of Cropping Systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(16), 2063–2113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00103624.2012.697234>
- Haruna, S. I., & Nkongolo, N. V. (2020). Influence of cover crop, tillage, and crop rotation management on soil nutrients. *Agriculture (Switzerland)*, 10(6), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060225>
- Klages, S., Heidecke, C., Osterburg, B., Bailey, J., Calciu, I., Casey, C., Dalgaard, T., Frick, H., Glavan, M., D'Haene, K., Hofman, G., Leitão, I. A., Surdyk, N., Verloop, K., & Velthof, G. (2020). Nitrogen surplus-a unified indicator for water pollution in Europe? *Water (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/W12041197>

- Klír, J. (2022). Model OH pro ekoplatbu 2023 a 2024. <https://www.vurv.cz/2023/09/20/model-oh-pro-ekoplatbu/>
- Klír, J., Wollnerová, J., Dědina, M., & Beranová, J. (2021). Bilancování dusíku v zemědělství. In Certifikovaná metodika.
- Kolbe, H. (2010). Site-adjusted organic matter-balance method for use in arable farming systems. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(5), 678–691. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900175>
- Kremer, A. M. (2013). Methodology and Handbook Eurostat / OECD Nutrient Budgets, version 1.02. 1–112.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A. <https://doi.org/10.2489/JSWC.75.2.27A>
- McLellan, E. L., Cassman, K. G., Eagle, A. J., Woodbury, P. B., Sela, S., Tonitto, C., Marjerison, R. D., & Van Es, H. M. (2018). The Nitrogen Balancing Act: Tracking the Environmental Performance of Food Production. *BioScience*, 68(3), 194–203. <https://doi.org/10.1093/BIOSCI/BIX164>
- Paustian, K., Parton, W. J., & Persson, J. (1992). Modeling Soil Organic Matter in Organic-Amended and Nitrogen-Fertilized Long-Term Plots. *Soil Science Society of America Journal*, 56(2), 476–488. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ1992.03615995005600020023X>
- Popluga, D., Kreisř mane, D., Naglis-Liepa, K., Lenerts, A., & Rivř a, P. (2016). Fertilisation planning as effective tool for balanced economic and environmental benefits in crop farming. *Research for Rural Development*, 1, 23–29. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2016030806>
- Sainju, U. M. (2017). Determination of nitrogen balance in agroecosystems. *MethodsX*, 4, 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2017.06.001>
- Santiago GUERRERO and Iván Tzuntzín. (2019). Agri-Environmental Indicators: Nutrient balances. Organisation for Economic Co-Operation and Development, TRADE AND AGRICULTURE DIRECTORATE, ENVIRONMENT DIRECTORATE, 30.
- Spiess, E. (2011). Nitrogen, phosphorus and potassium balances and cycles of Swiss agriculture from 1975 to 2008. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 91(3), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10705-011-9466-9>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. In *Nature* (Vol. 418, Issue 6898, pp. 671–677). <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Wick, K., Heumesser, C., & Schmid, E. (2012). Groundwater nitrate contamination: Factors and indicators. *Journal of Environmental Management*, 111, 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.030>

Poděkování

Výsledek byl zpracován v rámci řešení projektu QK21020155 „Nástroj pro hospodaření se živinami a organickými látkami“ a za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0423.

Kontaktní adresa:

Ing. Jana Wollnerová, Ph.D.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6 – Ruzyně
Tel. 233 022 383, wollnerova@vurv.cz

Variabilita obsahu lignanů a kyanogenních glykosidů ve vybraných genotypch olejného lnu

Variability of lignans and cyanogenic glycosides content
in selected linseed genotypes

Bjelková M.

Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk

Abstrakt

Tato práce sledovala rozdíly v obsahu lignanu secoisolariciresinol diglukosid (SDG) karotenoidu lutein, a kyanogenních glykosidů (KG) u perspektivních genotypů olejných lnů. Výsledky prokázaly statisticky významné genotypové rozdíly jak v obsahu lignanu secoisolariciresinol, tak v obsahu kyanogenních glykosidů a stejně tak i v obsahu karotenoidu lutein.

Klíčová slova: olejný len, *Linum usitatissimum* L., lignan secoisolariciresinol diglukosid, lutein, kyanogenní glykosidy

Abstract

This work investigated the differences in the content of lignan secoisolariciresinol diglucoside (SDG), carotenoid lutein and cyanogenic glycosides (CG) in promising linseed genotypes. The results showed statistically significant genotypic differences both in the content of the lignan secoisolariciresinol and in the content of cyanogenic glycosides, as well as in the content of the carotenoid lutein.

Keywords: linseed, *Linum usitatissimum* L.; lignan secoisolariciresinol diglucoside lutein, cyanogenic glycosides

Úvod

Olejný len (*Linum usitatissimum* L.), rostlina náležící do čeledi *Linaceae*, je excelentním příkladem tzv. funkční potraviny, především pro obsah využitelné nutriční složky (Shim a kol., 2022; Sirotkin, 2023). Olejný len je také je hospodářsky významnou plodinou pro obsah oleje, vlákniny, nenasycených mastných kyselin, lignanů a také bílkovin v jeho semenech. Tyto významné složky jsou důvodem pro využití v mnoha produktech v oblasti potravinářství, krmivářství i medicíny. Biologicky aktivní látky mohou vykazovat pozitivní ale i negativní biologické účinky. Jejich obsah závisí na druhu rostliny, na podmínkách pěstování, skladování a technologickém zpracování. Lignany, jakožto bioaktivní sloučeniny, jsou v současnosti široce studovány z pohledu jejich protektivních účinků. Nejedná se jenom o metabolity vyšších cévnatých rostlin, ale jsou zároveň i součástí gastrointestinálních tekutin lidí a zvířat ve formě savčích lignanů (enterolakton a enterodiol), ale zde se jedná o produkty katabolismu rostlinných lignanů u savců. Prekurzorem těchto savčích lignanů je secoisolariciresinol diglukosid (SDG) a z pohledu obsahu v semenech lnu se jedná o nejvýznamnější estrogenní sloučeninu nacházející se v rostlinách, vznikající hydrolýzou glykosidu. Provedené studie potvrzují antioxidační účinek proti volným radikálům poškozujících tkáň a podporující rozvoj aterosklerózy, nádorových onemocnění a Alzheimerovy choroby. Byl prokázán i pozitivní účinek lignanu SDG na oddálení nástupu diabetu (Fardet et al.; 2018; Rodríguez-García et al. 2019; Kyselka et al. 2017).

Karotenoidy jsou významnými a nejrozšířenějšími lipofilními barvivy s výskytem ve všech fotosyntetizujících rostlinných pletivech, kde jsou přítomny jako fotochemicky aktivní složky chromoplastů. Jedním z karotenoidů je lutein, který je uváděn jako hlavní karotenoid ve lněném oleji. Lutein je považován za ochrannou živinu proti věkem podmíněné makulární degeneraci

u lidí. Byl například studován experiment dlouhodobého účinku podávání lněných semen na užitečnost nosnic, parametry vajec a ukládání luteinu ve vejcích a tkáních. U slepic krmených 10 % lněným semenem bylo zjištěno prokazatelně nižší množství jejich jaterního tuku ($P < 0,05$), a také bylo pozorováno snížení jejich jaterního krvácení (Lesson et al., 2007).

Opakem organických, nutričně pozitivních látek jsou i antinutriční složky s možným negativním vlivem pro organismus savců, ale současně mající obrannou funkci pro rostlinu samotnou. Takovými antinutričními sloučeninami jsou i kyanogenní glykosidy (KG) linamarin, linustatin, neolinustatin a lotaustralin (Mueed et al. al., 2022 a, b) a tyto svým způsobem mohou být i škodlivé, nicméně samy o sobě toxické nejsou. Toxický je volný kyanovodík, který se uvolňuje enzymatickou hydrolýzou. Kyanogenní glykosidy (KG) se skládají z glykonové a aglykonové části a jsou rozpustné ve vodě, kdy při hydrolýze uvolňují kyanid (CN) nebo kyselinu kyanovodíkovou (HCN), přítomnou v aglykonové části (Mueed et al., 2022 a, b). Molekuly KG jsou hydrolyzovány gastrointestinálními β -glykosidázami nebo kyselým prostředím trávicího traktu uvolňujícím HCN. Hydrolýza linustatinu uvolňuje linamarin a β -glukózu. Produkty hydrolýzy linamarinu jsou glukóza, propan a HCN (Mueed et al., 2022).

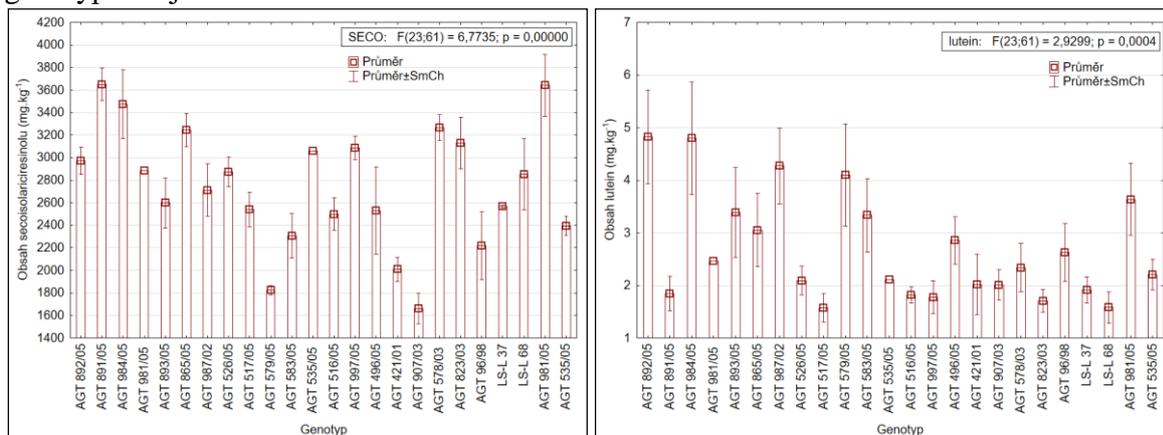
Materiál a metody

Experiment s perspektivními genotypy olejného lnu (*Linum usitatissimum* L.) zařazenými v kolekci genetických zdrojů rostlin ve společnosti AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby s.r.o. byl založen systémem polního testování. Komplexní pěstitelská technologie byla vedena dle platné metodické příručky pro pěstování olejného lnu (zdroj Agritec). Experimenty byly založeny na pozemcích společnosti Agritec o velikosti parcel 10 m² a v trojnásobném opakování, kdy po sklizni byly odebrány vzorky semen a byly provedeny analýzy na obsah karotenoidu lutein, lignanu SDG a kyanogenních glykosidů. Stanovení obsahu sekoisolariciresinolu diglukosidu bylo provedeno z homogenizovaných semen olejného lnu po předchozí extrakci tuku v Soxhletově extraktoru. Metoda byla založena na kyselé hydrolýze glykosidů sekoisolariciresinolu (sekoisolariciresinol diglukosidu i oligomerní formy vázaného lignanu), extrakci aglykonů organickými rozpouštědly a následném stanovení derivatizovaného SDG metodou plynové chromatografie s plamenově-ionizační detekcí po přidavku vnitřního standardu (kyselina nordihydroguajaretová). Byly stanoveny odezvové faktory vnitřního standardu vůči sekoisolariciresinolu a dehydratačnímu produktu anhydrosekoisolariciresinolu. Karotenoid lutein byl analyzován metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie ve spojení s detektorem diodového pole (HPLC-DAD) při vlnové délce 444 a 450 nm. Pro stanovení obsahu karotenoidů byla použita kolona C18, pro separaci luteinu pak kolona C30. Stanovení obsahu kyanogenních glykosidů (linamarinu, linustatinu a neolinustatinu) v semenech lnu bylo provedeno z homogenizovaných semen olejného lnu po předchozí extrakci tuku v Soxhletově extraktoru. Metoda byla založena na extrakci glykosidů methanolem a následným stanovením metodou kapalinové chromatografie se spektrofotometrickou detekcí. Kvantitativní vyhodnocení využilo metodu vnějšího standardu. Výsledky byly zpracovány metodou ANOVA pomocí softwaru Statistica (StatSoft).

Výsledky

24 nových genotypů olejného lnu vykazovalo signifikantně variabilní obsahy lignanu SDG v rozmezí od 1663,81 mg.kg⁻¹ u genotypu AGT 907/03 do 3650,86 mg.kg⁻¹ u genotypu AGT 891/05 (graf 1). Perspektivními se z pohledu vysokého obsahu SDG jeví také genotypy AGT 981/05, AGT 578/03, AGT 823/03, AGT 984/05 a AGT 865/05. Vyšší obsah luteinu byl zjištěn u šesti genotypů (graf 1). Analýzou vzájemných poměrů obsahových sloučenin bylo zjištěno, že snížení obsahu SDG mělo vliv na zvýšení obsahu luteinu, a naopak zvýšení obsahu SDG vede ke snížení obsahu sloučenin luteinu.

Graf 1: Obsah lignanu sekoisolariciresinol diglykosid a obsah karotenoidu lutein v semenech genotypů olejného lnu.



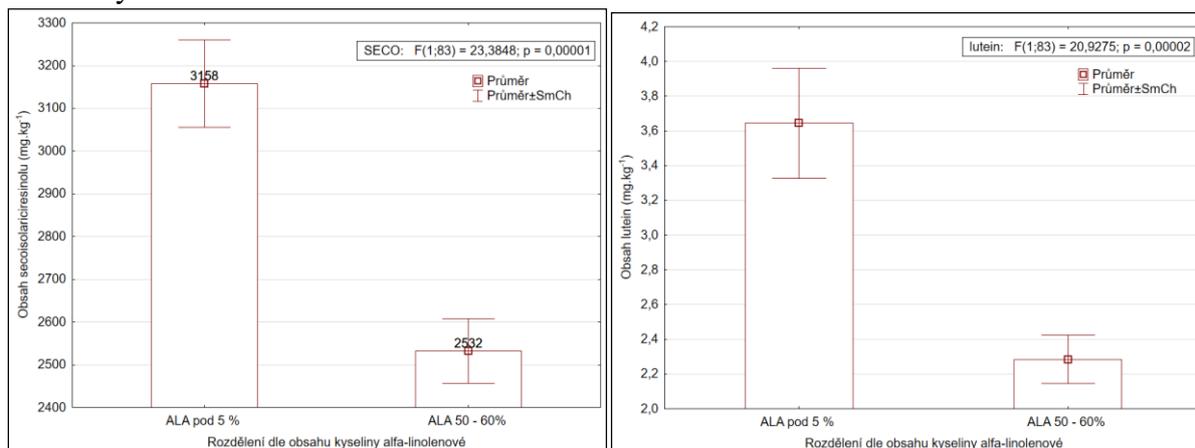
Majoritními kyanogenními glykosidy, které se nachází v semeni olejného lnu, byly linustatin a neolinustatin, minoritním zástupcem pak byl linamarin, jehož hladiny byly mnohonásobně nižší než hladiny linustatinu. Celkový obsah kyanogenních glykosidů se pak pohyboval v rozmezí 2081,23 mg.kg⁻¹ – 5137,97 mg.kg⁻¹ (graf 2).

Graf 2: Obsah kyanogenních glykosidů u genotypů olejných lnů



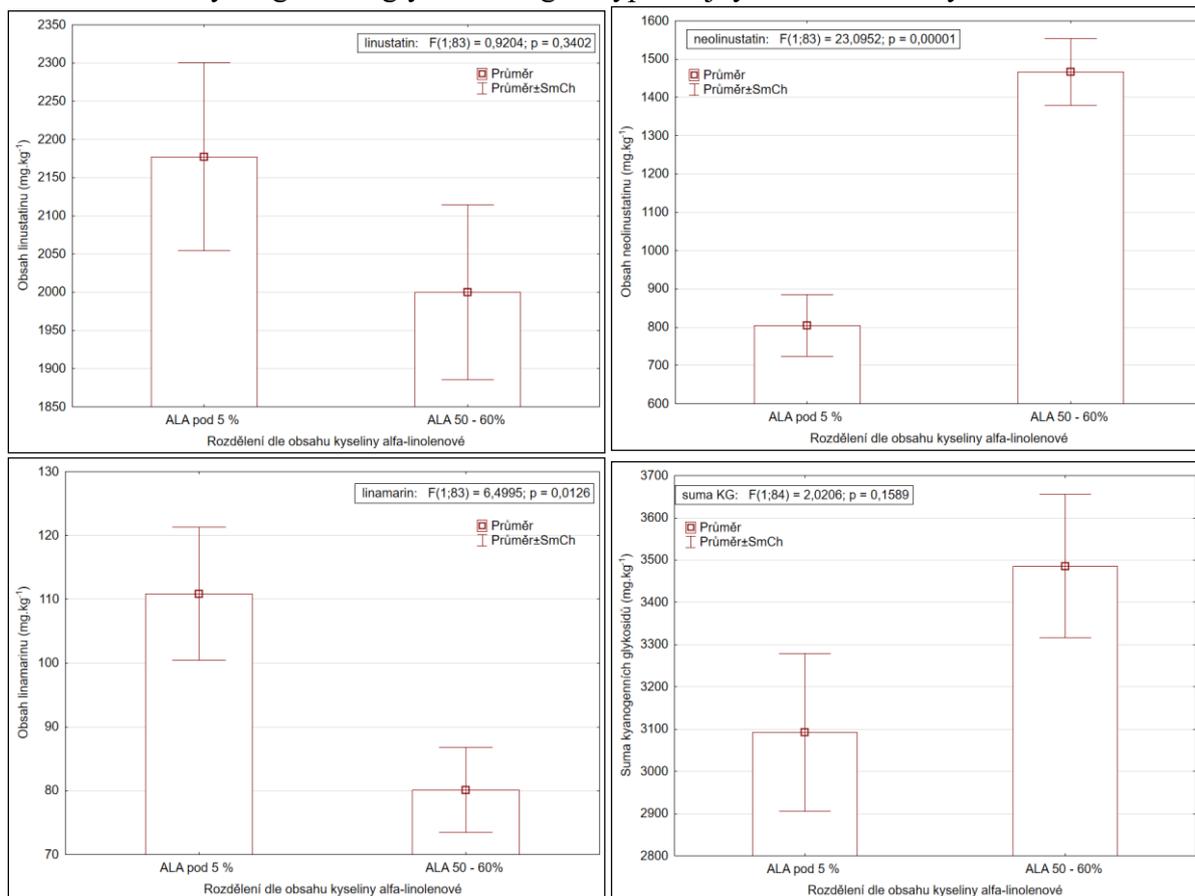
Hodnocením souboru genotypů při členění podle obsahu kyseliny alfa-linolenové (ALA), byly zjištěny vyšší obsahy lignanu SDG a luteinu u genotypů olejných lnů s nízkým obsahem ALA (do 5 %), oproti standardním genotypům s obsahem ALA v rozmezí 50–60 %, viz graf 3.

Graf 3: Obsah lignanu sekoisolariciresinolu a obsah karotenoidu lutein v semenech olejného lnů rozdělených dle obsahu ALA.



Statisticky neprůkazně vyšší obsah KG linustatinu a průkazný obsah linamarinu byl zjištěn u genotypů s nízkým obsahem ALA oproti standardním genotypům, a naopak neolinustatin vykazoval opačný trend (graf 4.). Při komplexním zhodnocení celkového obsahu kyanogenních glykosidů byl jejich vyšší obsah zjištěn u standardních genotypů (obsah ALA 50–60 %).

Graf 4: Obsah kyanogenních glykosidů u genotypů olejných lnů rozdělených dle obsahu ALA.



Diskuze

Len je rostlina značného hospodárskeho významu. Ničmene, kyanogenní glykosidy, vyskytující se ve lněných semenech, jsou hlavní toxické sloučeniny, které mohou snižovat jeho využití. Významná variabilita mezi sledovanými genotypy olejného lnu by mohla být využita ve šlechtitelských programech, zaměřených na snížení obsah linustatinu a neolinustatinu ve lněném semeni. Podobné výsledky zjistili u odrůd lnu setého autoři Russo a Reggiani (2014), kdy jimi zkoumaná odrůda Ventimiglia vykazovala zanedbatelnou hladinu neolinustatinu, zatímco odrůda Festival, vykazující nízkou hladinu celkového kyanogenního glykosidu, měla také nejnižší obsah linustatinu. Místo toho obsahy linustatinu a neolinustatinu vykazovaly významné rozdíly mezi jednotlivými skupinami.

Zhang et al. (2022) předpokládají, že obsah lignanu sekoisolariciresinol diglukosidu je ovlivněn genotypem, prostředím a interakcí genotypu a prostředí. Jeho studie byla provedena za účelem zkoumání vlivu genotypu a prostředí na obsah lignanu sekoisolariciresinol diglukosid u šesti zkoumaných genotypů lnu. Autoři dospěli k podobným výsledkům, jaké byly zjištěny v této studii.

Závěr

Výběr vhodných genotypů pro tvorbu nových odrůd olejních lnů je důležitým aspektem šlechtitelské práce. Současné tendence a požadavky trhu cílí na odrůdy s vysokým zdravotním benefitem. Z tohoto důvodu je studium obsahu nutričních a antinutričních látek v semenech olejného lnu jedním ze základních parametrů. Prezentovaný příspěvek ukazuje variabilitu výše uvedených parametrů. Teoreticky je možné kombinovat minimální hodnoty obsahu antinutričních látek s maximálním obsahem lignanů v semeni a vyvinout odrůdu lnu vynikajících vlastností k použití v lidské výživě.

Literatura

- Fardet, A. (2010) New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 23, 65–134. DOI:10.1017/S0954422410000041.
- Kyselka, J., Rabiej, D., Dragoun, M., Kreps, F., Barčová, Z., Němečková, I., Smolková, J., Bjelková, M., Szydłowska-Czerniak, A., Schmidt, Š., Šarman, L., and Filip, V. (2017). Antioxidant and antimicrobial activity of linseed lignans and phenolic acids. *European Food Research and Technology*, 243, 1633–1644. DOI:10.1007/s00217-017-2871-9.
- Leeson, S., Caston, L., Namkung, H. (2007) *La revue veterinaire canadienne*. The Canadian veterinary Journal. 87(3):365-372. DOI: 10.4141/A06-043.
- Mueed A, Ibrahim M, Shibli S, Madjirebaye P, Deng Z, Jahangir M. (2022 a) The fate of flaxseed-lignans after oral administration: A comprehensive review on its bioavailability, pharmacokinetics, and food design strategies for optimal application. *Crit Rev Food Sci Nutr*. DOI: 10.1080/10408398.2022.2140643.
- Mueed A, Shibli S, Jahangir M, Jabbar S, Deng Z. (2022 b) A comprehensive review of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): health-affecting compounds, mechanism of toxicity, detoxification, anticancer and potential risk. *Crit Rev Food Sci Nutr* DOI: 10.1080/10408398.2022.2092718.
- Rodríguez-García, C., Sánchez-Quesada, C., Toledo, E., Delgado-Rodríguez, M., and Gaforio, J.J. (2019). Naturally lignan-rich foods: A dietary tool for health promotion? *Molecules*, 24(5), 917. DOI:10.3390/molecules24050917.
- Shim YY, Kim JH, Cho JY, Reaney MJT (2022). Health benefits of flaxseed and its peptides (linusorbs). *Crit Rev Food Sci Nutr*. DOI: 10.1080/10408398.2022.21.
- Sirotkin AV. Influence of flaxseed (*Linum usitatissimum*) on female reproduction. *Planta Med*. 2023; 89:608-15. DOI 10.1055/a-2013-2966. <https://doi.org/10.1055/a-2013-2966>.
- Šmirous, P., Bjelková, P., Souček, J. (2015) Metodická příručka pro pěstování olejného lnu. Agritec Plant Research s.r.o. 54 s. <https://docplayer.cz/45577912-Metodicka-prirucka-pro-pestovani-olejneho-lnu.html>
- Russo, R., Reggiani, R. (2014) Variation in the Content of Cyanogenic Glycosides in Flaxseed Meal from Twenty-One Varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1456-1462 <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.515159>.
- Zhang, J; Y. Xie, C. Miao, L. Wang, W. Zhao, W. Li, Y. Qi, Z. Dang (2022) Secoisolariciresinol diglycoside (SDG) lignan content of oil flax: genotypic and environmental variations and association with other traits. *Oil Crop Sci.*, 7 pp. 1-8, 10.1016/j.ocsci.2022.02.004.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu MZe RO1023 a MZe NAZV QK21010151, QJ1910302.

Kontakt:

Ing. Marie Bjelková, Ph.D.,
Agritec Plant Research s.r.o.,
Zemědělská 2520/16, Šumperk;
+420728270748
bjelkova@agritec.cz

***Borago officinalis*, *Perilla frutescens*, perspektívne plodiny pre produkciu prírodných aróm**

Borago officinalis, *Perilla frutescens*, perspective crops to produce natural aromas

Čičová I.¹, Dočolomanský P.², Sitkey V.²

¹NPPC, Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, SR

²Axxence Slovakia s.r.o., Bratislava, SR

Abstrakt

V posledných rokoch sa zvyšuje záujem o prírodné látky, ktoré majú širokú škálu využitia, napríklad ako zložky prírodných aróm v potravinách, v kozmetike a vo farmaceutickom priemysle. Cieľom práce bolo zistiť a izolovať prírodné arómy v dvoch sledovaných druhoch. Koncentrácia získaného NDAL-u z biomasy boráka sa pohybovala v intervale 8,24 – 10,97 mg/kg NDAL pre kvet, resp. 3,83 – 8,55 mg/kg NDAL pre listy v závislosti od fenofázy. Dominantnou prchavou zložkou v sledovaných varietach perily bol perilaldehyd, ktorý sa vyskytoval v najvyššej koncentrácii v silici, pohyboval sa v intervale 42,8 - 52,6 %. Oba sledované druhy borák i perila sa ukazujú ako sľubné zdroje prírodných aróm perilaldehydu a nonadienálu s uplatnením v potravinárstve, kozmetike a farmaceutickom priemysle.

Kľúčová slova: prírodné arómy, borák, perila, perilaldehyd, 2,6-nonadienál

Abstract

In recent years, there has been an increasing interest in natural substances that have a wide range of uses, for example as components of natural aromas in food, in cosmetics and in the pharmaceutical industry. The aim of the work was to detect and isolate natural aromas in the two studied species. The amount of NDAL obtained from borage biomass ranged from 8.24 to 10.97 mg/kg NDAL for the flower, respectively 3.83 – 8.55 mg/kg NDAL for leaves, depending on the phenophase. The dominant volatile component in the observed perilla varieties was perillaldehyde, which occurred in the highest concentration in the essential oil, ranging from 42.8 to 52.6 %. Both studied species of borage and perilla are proving to be promising sources of natural aromas of perillaldehyde and nonadienal with applications in the food industry, cosmetics, and the pharmaceutical industry.

Keywords: natural aromas, borage, perilla, perillaldehyde, 2,6-nondienal

Úvod

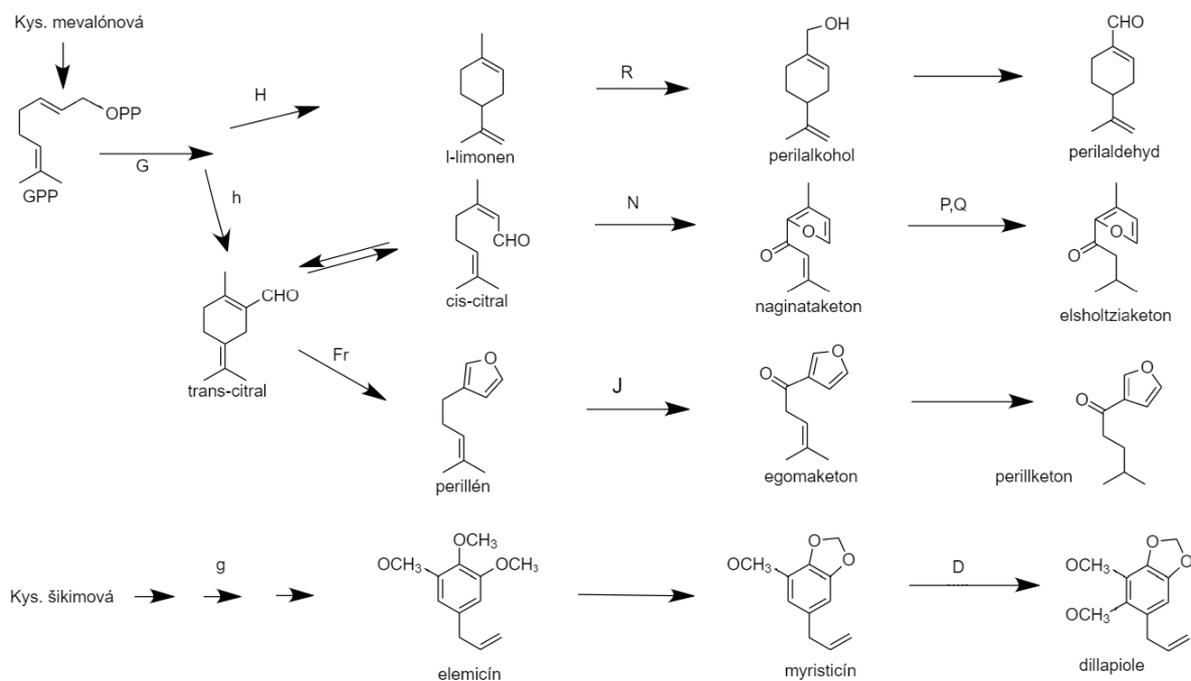
V poslednom desaťročí dochádza v EÚ k výraznej podpore výroby špeciálnych chemických látok na báze využívania obnoviteľných poľnohospodárskych surovín. Súčasná legislatíva vychádza v ústrety zvyšujúcim sa požiadavkám spotrebiteľov na produkciu zdravých potravín a nápojov obsahujúcich arómy prírodného pôvodu. V priemyselnej praxi to znamená, že zložky aróm musia byť izolované z prírodných zdrojov, alebo získané z prírodných surovín pomocou riadených biotechnologických procesov. Využívajú sa biotransformácie katalyzované enzýmami, mikrobiálnymi bunkami, alebo sa produkty získavajú fyzikálnymi operáciami, vrátane tradičných potravinárskych postupov.

Je známe, že mnohé aromatické a liečivé rastliny sú nielen zdrojom aromatických látok, ale aj mimoriadne bohatým zdrojom enzýmov, ktoré môžu byť použité na biokatalytickú premenu substrátov na chemické vonné látky. Ako príklad možno uviesť fialku voňavú (*Viola odorata* L.) - potenciálny zdroj veľmi cenenej uhorkovej arómy (trans-2-cis-6-nonadienálu) (Mittal P. et al., 2015, Akhbari, M., et al., 2011), muškát voňavý (*Pelargonium graveolens* L.) -

potenciálny zdroj ružového oxidu (Bergman, M.E. et al., 2020) a borák lekársky (*Borago officinalis* L.) - jednoročnú rastlinu s veľmi výraznou chuťou uhorky. Olej získaný zo semien je významným zdrojom omega-3-nenasýtených kyselín. Je potenciálnym zdrojom deväťuhlíkatých (C9) a desaťuhlíkatých (C10) vonných látok, ako sú tzv. uhorkový aldehyd (E,Z)-2,6-nondienál a nonanol, ďalej aldehyd (E,E)-2,4-dekadienál a ďalšie zaujímavé aromatické látky (Kula, Sadowska, 1993). Komerčne zaujímavou zložkou perily krovitej (*Perilla frutescens* L.) je perilaldehyd (Aochen C., et al., 2023).

NDAL (2,6-nonadienál) sa nazýva medzi odborníkmi na arómy aj ako aldehyd fialkových listov alebo uhorkový, prípadne melónový aldehyd. Má nízku prahovú hodnotu vône (treshold, 40 ng/l) a preto je cítiť už pri nízkych koncentráciách. Cho et al. (2004) zistili, že NDAL ako bioaktívna látka účinkuje na hmyz ako repelent a zistila sa aj jeho antimikrobiálna aktivita. Táto vlastnosť a aróma NDAL sa už komerčne využíva v potravinárskych výrobkoch, ďalej v kozmetike, parfumoch a detergentoch. Známa je aj jeho syntetická forma výroby, a to z dôvodu nedostatku prírodného, ekonomicky výhodného zdroja (Kula, Sadowska, 1993). Napríklad v čerstvej uhorky ako v hlavnom zdroji, s priemerom 36 mm sa obvykle vyprodukuje 8 – 12 mg/kg NDAL (Buescher, Buescher, 2006).

Výsledky genetických experimentov jasne ukázali, že chemické zloženie esenciálnych olejov sú riadené niekoľkými nezávislými génmi a že chemotypy sú určené genotypmi vzhľadom na tieto gény (Koezuka et al., 1986, Nishizawa et al. 1989, Nishizawa et al. 1990). Obrázok 1 ilustruje úlohy týchto génov vo vzťahu k biosyntetickým dráham vedúcim k rôznym konečným produktom. Najdôležitejšiu úlohu hrá G, dominantný gén, ktorý je nevyhnutný pre iniciáciu biosyntézy všetkých monoterpenoidov z mevalonátovej dráhy v rastlinách perily. V neprítomnosti kľúčového dominantného génu G, konkrétne v žiadnej rastline homozygotnej pre recesívnu alelu g, nevznikajú žiadne monoterpenoidy, ale nezvyčajné fenylypropanoidy (myristicín, dillapiole alebo elemicin). Okrem toho sa v prítomnosti dvoch dominantných génov, G a H, hromadí prchavý olej obsahujúci prevažne perilaldehyd.



Obrázok 1: Navrhované biosyntetické cesty zložiek esenciálnych olejov *Perilla frutescens* (modifikované podľa Koezuka et al., 1986 a-c; Nishizawa et al., 1989; Nishizawa et al., 1990).

V rámci projektu APVV sme sa zamerali na pestovanie, morfológické hodnotenie a následnú extrakciu vonných látok z dvoch rastlín a to perily krovitej a boráka lekárskeho s obsahmi aróm NDAL (2,6-nonadienál) a DDAL (2,4-dekadienál) u boráku lekárskeho a perilaldehyd, ktorý produkuje perila krovitá.

Materiál a metódy

Materiál

Borák lekársky

V rámci riešenia projektu sme použili v roku 2019 päť genotypov boráka s nasledovným označením: 4/17, 5/17, 6/17, 7/17, 8/17. V nasledujúcich rokoch 2020 a 2021 sme pracovali už iba s jedným genotypom od firmy Bohemiaseed s.r.o., ktorá bola vybraná na základe výsledkov chemických analýz ako aj dostupnosti osiva pre veľkoplošné experimenty. Borák bol pestovaný na dvoch lokalitách: NPPC-VÚRV Piešťany a v obci Plavnica, okres Stará Ľubovňa.

Perila krovitá

Hodnoteným materiálom boli tri variety perily krovitej s nasledovným označením: P1 (*Perilla frutescens* var. *crispa*), P2 (*Perilla frutescens* var. *purple*) a P3 (*Perilla frutescens* var. *frutescens*). Osivo na poľné pokusy bolo objednané z Japonska. Biologický materiál bol pestovaný na dvoch lokalitách: NPPC-VÚRV Piešťany a v obci Plavnica.

Metódy

Borák lekársky

Prírodné vonné látky boli stanovené analýzou extrahovaného homogenátu (rastlina a voda), pričom pomer organického extrakčného činidla (etylacetátu) a homogenátu bol 1:1. Extrakcia rastlinného homogenátu sa uskutočnila dvojstupňovo. Do centrifugačnej skúmavky (15 ml plast) sa nasypal 1 g NaCl, pridali sa 2 ml etylacetátu, a následne sa do nich napipetovali 4 ml rastlinného homogenátu. Táto zmes sa 2 minúty miešala na vortexe a následne centrifugovala (5 000 ot/min, 5 min, 15 °C). Oddelená organická fáza sa odpipetovala do ďalšej označenej centrifugačnej skúmavky obsahujúcej 1 g NaCl. Proces extrakcie sa zopakoval s ďalším prídavkom 2 ml etylacetátu. Po odstredení bola získaná organická zmes obsahujúca aromatické látky po biotransformácii, analyzovaná pomocou plynovej chromatografie. Analýza prebiehala na plynovom chromatografe Agilent 7890N s plameňovým ionizačným detektorom (FID). Použitá bola DBWAX kapilárna kolóna (metyl dodekanoát PEG film: 30 m dĺžka × 0,250 mm priemer kolóny × 0,15 mm hrúbka filmu, Agilent Technologies, CA, USA). Použitý nosný plyn bol vodík s prietokom 1,5 ml/min a nástreky boli 1 ml v split móde 20:1. Bol použitý nasledovný teplotný program: teplota pece 90 °C počas 6 minút (prvá izoterma), nasledoval gradient 10 °C/min až do 120 °C, s následným gradientom 20 °C/min až do 230 °C, ktorý bol udržiavaný počas 17 minút (druhá izoterma). Počas prvej izotermy sa detegovali C5 – C8 prchavé vonné látky, pričom sa štartovacia teplota upravila na 70 °C, ak sa píky prekrývali. V nasledovných gradientoch sa detegovali menej prchavé vonné látky C9 – C10. V druhej izoterme boli detegované estery a kyseliny, dokonca aj substrátové kyseliny (C16 až C18). Teplota injektora bola 270 °C a teplota detektora 300 °C. Na stanovenie substrátových zložiek (nenасыtené mastné kyseliny) sme použili aj kapilárnu kolónu FFAP Optima (nitroterephthalic acid PEG film: 30 m dĺžka × 0,250 mm priemer kolóny × 0,25 mm hrúbka).

Homogenizácia rastlín s vodou a so substrátom (biotransformácia) prebiehali v mixéri Concept SM3410 (P.R.C.) s 2 litrovou sklenenou nádobou. Následná extrakcia a pretrepanie etylacetátu s homogenátom prebiehali na Vortexe IKA MS3B (USA). Centrifugácia na oddelenie organickej fázy s aromatickými produktami sa uskutočnila v centrifúge Hettich Universal 320R (SRN). Analýza extrahovaných zmesí prebiehala na plynovom chromatografe Agilent 7890N (GC, Agilent technologies, Palo Alto, CA, USA) vybavenom plameňovým ionizačným

detektorom (FID). Potvrdenie štruktúr bolo uskutočnené na plynovom chromatografe Agilent 5977B GC/MSD vybavenom hmotnostným spektrofotometrom a s autosamplerom Agilent 7693A (GC, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA).

Perila krovitá

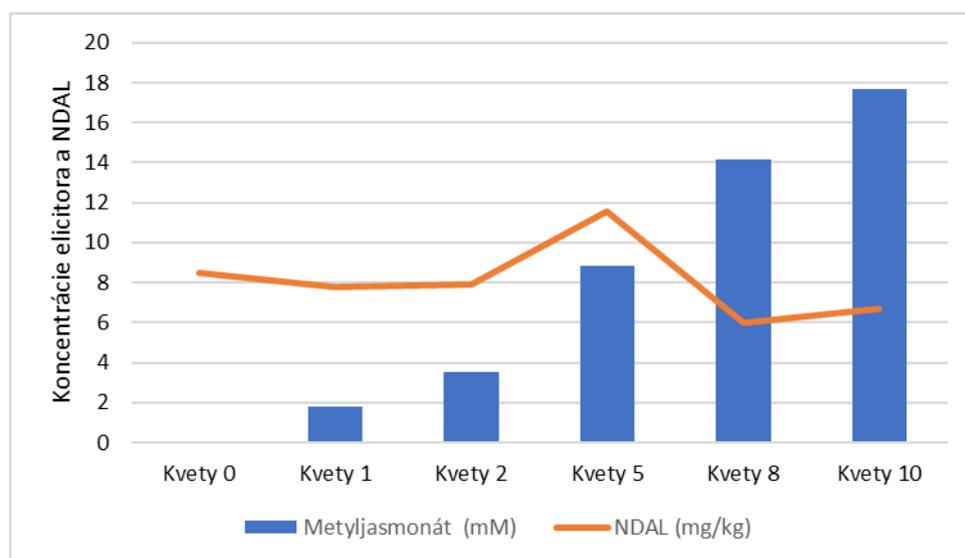
Silice z nadzemných častí troch variet perily: *Perilla frutescens* var. *crispa* (P1), *Perilla frutescens* var. *purple* (P2) a *Perilla frutescens* var. *frutescens* (P3) boli získané hydrodestiláciou v Clevengerovej aparátúre.

Pomocou plynovej chromatografie (GC) bolo určené relatívne percentuálne zastúpenie zložiek v esenciálnom oleji. Esenciálny olej bol analyzovaný plynovou chromatografiou s plameňovým detektorom (GC-FID, Agilent 7890N) s kolónou FFAP0,25 optima (dĺžka 30 m, hrúbka 0,15 µm, priemer 0,25 mm) a pomocou plynovej chromatografie s hmotnostným spektrometrom (GC-MS, Agilent 5977B) na rovnakom stĺpci typu FFAP 0,25 optima porovnaním ich hmotnostných spektier s databázou spektier NIST (Národný inštitút pre štandardy a technológie, Gaithersburg, USA). S GC-FID sa pracovalo nasledovne: vodík bol použitý ako nosný plyn (1 mL/min.); 10 mL injekčného objemu; program teploty: 95 °C udržiavanie 6 min., 10 °C/min. až 120 °C, 20 °C/min. až 230 °C, 230 °C udržiavanie 17 min.; teplota injektora 50 °C; teplota detektora 300 °C. Pri GC-MS boli pracovné podmienky nasledujúce: ako nosný plyn sa použilo hélium (1 mL/min.); 10 mL injekčného objemu; teplotný program: 40 °C udržiavanie 5 min., 10 °C/min. až 220 °C, 220 °C udržiavanie 5 min.; teplota vstrekovača 250 °C; teplota detektora 270 °C. Hmotnostné spektrá sa získali v režime skenovania v rozsahu m/z 35 – 330.

Výsledky

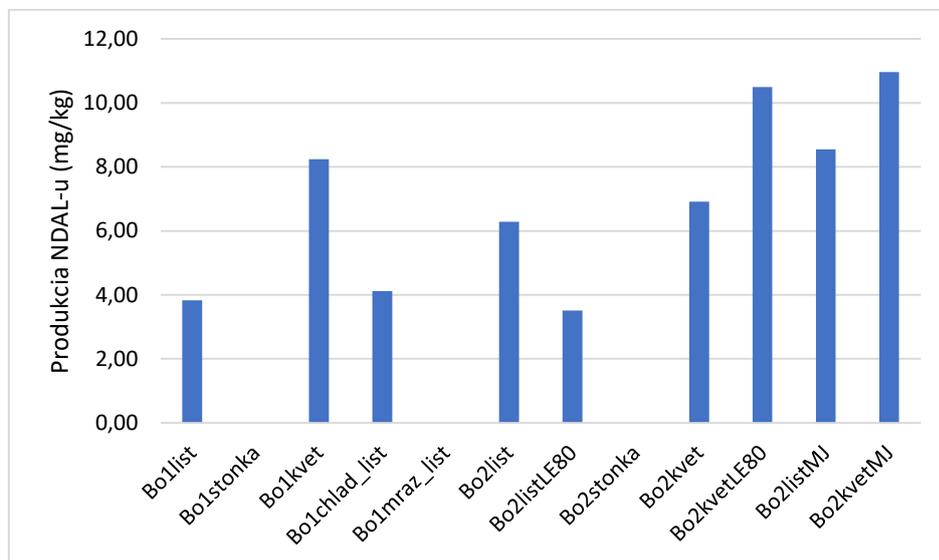
Borák lekársky

Na porast boráka bol ako elicitor použitý metyljasmonát v nízkych koncentráciách (1,77 mM až 17,66 mM), aplikovaný bol v tmavej fáze rastu (po západe slnka). Zber biomasy sa uskutočnil na druhý deň (po 12 hodinách) a následne bola biomasa analyzovaná na tvorbu NDAL-u. Obrázok 2 ilustruje pozitívny účinok použitia 8,83 mM koncentrácie elicitora (Kvety 5) na maximálnu produkciu 11,536 mg NDAL-u/kg boráka, v porovnaní s rastlinou bez použitia elicitora (Kvety 0) len s produkciou 8,512 mg NDAL-u/kg boráka.



Obrázok 2 Vplyv elicitora metyljasmonátu na produkciu NDAL-u z boráka vo fáze plného kvitnutia.

Ďalšie výsledky potvrdili, že použitie substrátu spoločne s elicitorom už ďalej nezvyšuje produkciu NDALu v porovnaní s použitím samotného elicitora. Skutočnosť, že v mrazenom boráku a v čerstvých stonkách boráku sa NDAL nenachádza (hodnoty 0,00), dokumentuje Obrázok 3.



Obrázok 3 Porovnanie produkcie NDAL-u z jednotlivých zberaných častí rastliny boráku (kvet, list, stonka) pri súčasnom použití elicitora (MJ-metyljasmónátu) a substrátu (Oleon LE80)

Perila krovitá

Chemické zloženie prírodnej arómy z listov perily vykazovalo premenlivý výsledok medzi všetkými študovanými varietami perily. Podarilo sa identifikovať a kvantifikovať 8 prchavých zlúčenín v 3 varietach perily presné zloženie v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Chemické zloženie silice jednotlivých genetických zdrojov perily.

Názov	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)
limonén	21,89	17,55	0,36
1-okten-3-ol	4,96	0,37	1,03
benzaldehyd	0,36	0,44	0,18
linalool	0,73	1,19	1,02
caryophylen	8,22	7,95	4,42
perilaldehyd	42,84	52,56	43,43
shisool	6,54	8,42	37,87
perilyl alkohol	0,40	0,58	0,19

Dominantnou prchavou zložkou v silici každej variety perily bola prírodná aróma perilaldehyd, pričom najvyššie percentuálne zastúpenie sa nachádzalo vo variete perily P2, a to až 52,56 %.

Diskusia

Borák lekársky

Medzi vonné prchavé látky, ako cenné produkty metabolickej dráhy oxylipínov patrí 2,4-dekadienal a 2,6-nonadienal, ktoré boli predmetom tejto práce. Vysoký obsah vonných prchavých aldehydov detegovali výskumníci z Tuniska (Mhamdi et al., 2010), kde sa boráku venuje vysoká pozornosť. Aidi Wannas et al. (2017) zistili a popísali kvantitatívny obsah DDAL (2,4-dekadienal) v závislosti od rastovej fázy boráka. Obsahy DDALu získané z rastlín dopestovaných v našich klimatických podmienkach sa pohybovali 4× až 10× menšom množstve ako NDALu (teda 1 – 2 mg/kg čerstvých listov). Vo vysokých koncentráciách v olejoch, môže mať nepriaznivé účinky na zdravie, rovnako nepriaznivo môže ovplyvňovať senzorické vlastnosti. V ľudskom tele tento nadbytok detoxikujú antioxidanty, nachádzajúce sa v boráku (Timm-Heinrich et al., 2003. Salem et al. (2014) a Aidi Wannas et al. (2017) publikovali spôsob získavania DDAL-u z kvetov a stoniek boráka, ktorá sa robí pomocou extrakcie hydrodestiláciou a DDAL sa stanovil pomocou plynovej chromatografie s hmotnostným spektrofotometrom.

Perila krovitá

Pokiaľ ide o zloženie silice, identifikovali rovnakou metódou prchavé monoterpenové zlúčeniny Dat et al., (2021) ktorý uvádza, že získaná silica mala špecifickú arómu, ktorá spĺňa kvalitatívne kritériá pre použitie v potravinách. Pomocou GC-MS boli identifikované niektoré hlavné zložky s vysokými liečivými vlastnosťami vrátane perilaldehydu (62,13 %), ďalšie identifikované zložky boli limonén (4,99 %), linalool (1,41 %) a perilalkohol (0,8 %). Vysoký obsah perilaldehydu naznačuje, že získaný perilový listový olej má vysokú kvalitu a obchodnú hodnotu (Dat et al., 2021). Roupheal et al. (2019) zaznamenali obsah perilaldehydu (41,6 %) čo sa približuje k nášmu zisteniu u variety *P. frutescens* var. *crispa* (P1). Radácsi et al., (2017) uvádzajú, že celkové percento perilaldehydu sa pohybovalo medzi 62,17 % - 78,24 %. Okrem perilaldehydu mali iba 3 zložky vyšší obsah ako 5 %. Limonén, ako prekurzor perilaldehydu, bol druhou najvyššou zložkou s obsahom 5,11 – 15,11 %, β -karyofylén bol prítomný v silici v obsahu 5,29–9,84 %. Hlavné zložky silice sa počas dvoch rokov menili len mierne. Jediný rozdiel predstavuje trans-shisool, ktorý bol detekovateľný až v roku 2015.

Na základe literatúry sa naše zistenia približujú výsledkom, ktoré uvádza odborná literatúra, pričom príčiny odchýlky od výsledkov iných autorov súvisia s nasledovnými faktormi: iné podnebné pásmo, klimatické podmienky, spôsob zberu. Cieľom bolo zistiť, ktorý genetický zdroj perily má väčší potenciál obsahovať zaujímavé organické látky ako perilylaldehyd a ďalšie látky, ktoré reálne sa môžu využívať do potravinárstva, farmaceutického priemyslu a kozmetiky.

Záver

Borák lekársky

Koncentrácia získaného NDAL-u z biomasy boráka sa pohybovala v intervale 8,24 – 10,97 mg/kg NDAL pre kvet, resp. 3,83 – 8,55 mg/kg NDAL pre listy v závislosti od fenofázy. Priemerné výťažky NDAL-u pri spracovaní biomasy celej rastliny dosahovali hodnotu 3,53 mg/kg NDAL biomasy. V poloprevádzkovom pokuse v lokalite Plavnica sa celkovo pozberalo 158 t biomasy boráka, z ktorej sa získalo 557,62 g NDAL-u. Ročníkové odchýlky obsahu NDAL-u v produkcii biomasy neboli významné, z čoho vyplýva, že úroveň fluktuácie klimatických faktorov počas sledovaných ročníkov 2019 – 2021 nebola významným faktorom pre kvantifikáciu obsahu silíc.

Na základe viacročných experimentov možno konštatovať, že najvýznamnejšími faktormi vplyvajúcimi na výťažnosť silice z boráka predstavuje predovšetkým rastová fáza a zberaná časť rastliny z ktorej sa NDAL izoluje. Borák dosahuje najvyššiu enzymatickú aktivitu (pre produkciu nonadienálu) vo fenofáze pred kvitnutím, t.j. 30 až 60 dní po sejbe v závislosti od klimatických faktorov. Z uvedeného dôvodu je potrebné zosúladiť termíny výsevu s výrobným procesom (so spracovaním suroviny).

Perila krovitá

Cieľom tejto práce bolo zistiť chemické zloženie prírodnej arómy perily krovitej *Perilla frutescens* (L) Britt, konkrétne 3 variet perily: *Perilla frutescens* var. *crispa* (P1), *Perilla frutescens* var. *purple* (P2) a *Perilla frutescens* var. *frutescens* (P3). Chemické zloženie prírodnej arómy v silici sme stanovili celkový obsah silice v %, obsah perilaldehydu v silici (%) a množstvo perilaldehydu v mg/kg rastlinného materiálu. Variety P2 a P3 vykazovali vyššie hodnoty sledovaných látok ako varieta P1. Z pohľadu zloženia silice bola najviac zastúpená monoterpenoidná organická zlúčenina perilaldehyd, s najvyšším obsahom u variety P2. Ďalšie hlavné vonné prchavé látky s vysokým obsahom v silici boli limonén, shisool a linalool.

Oba sledované druhy borák i perila sa ukazujú ako sľubné zdroje prírodných aróm perilaldehydu a nonadienálu s uplatnením v potravinárstve, kozmetike a farmaceutickom priemysle. Hoci tieto druhy vyvolávajú čoraz väčší záujem, stále je nedostatok skúseností s ich pestovaním v Európe.

Literatúra

- Aidi Wannes, W. – Mhamdi, B. – Tounsi, M.S. – Marzouk, B. Lipid and volatile composition of borage (*Borago officinalis* L.) leaf. Trends in Phytochemical Research, 1(3), 2017, 143 – 148.
- Akhbari, M., et al. Composition of essential oil and biological activity of extracts of *Viola odorata* L. from central Iran. Nat Prod Res 26,2011,802–809
- Aochen C, et al. *Perilla frutescens* L.: a dynamic food crop worthy of future challenges. Front. Nutr. 10:1130927. doi: 10.3389/fnut,2023,1130927
- Bergman, M.E. et al. Distinct metabolic pathways drive monoterpenoid biosynthesis in a natural population of *Pelargonium graveolens*, Journal of Experimental Botany, 71(1) 2020, Pages 258–271, <https://doi.org/10.1093/jxb/erz397>.
- Buescher, R.H. – Buescher, R.W. Production and Stability of (E,Z)-2,6-Nonadienal, the Major Flavor Volatile of Cucumbers. Journal of Food Science, 66(2), 2006, 357 – 361.
- Cho, M.J. – Buescher, R.W. – Johnson, M. – Janes, M. Inactivation of pathogenic bacteria by cucumber volatiles (E,Z)-2,6-Nonadienal and (E)-2-Nonenal. Journal of Food Protection, 67(5), 2004, 1014 – 1016.
- Dat, U. T. et al., Volatile composition of *Perilla frutescens* (L.) essential oil in Thai Binh Province, Vietnam extracted by microwave-assisted distillation method. In Materials Science and Engineering. ISSN 0921-5093, 2021, s. 1092.
- Koezuka et al., Genetic control of the chemical composition of volatile oils in *Perilla frutescens*. In Phytochemistry. ISSN 0031-9422, 1986, roč. 25, s. 859-863.
- Kula, J. – Sadowska, H. Unsaturated aliphatic C9-aldehydes as natural flavorants:(E,Z) 2,6-nonadienal. Parfumer & Flavorist, 18(5), 1993, 23 – 25.
- Mhamdi et al., 2010 . Fatty acids and essential oil composition of borage (*Borago officinalis* L.) stalk leaves during their development. Riv. Ital. Sostanze Grasse 87(3), 196-200.
- Mittal P. et al., Phytochemical and Pharmacological Potential of *Viola Odorata*. Int J Pharmacognosy 2015; 2(5): 215-20.:doi link: [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2\(5\).215-20](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2(5).215-20).

- Nishizawa, A. et al., Determination of final steps in biosynthesis of essential oil components in *Perilla frutescens*. In *Planta Medica*. ISSN 0032-0943, 1989, roč. 55, s. 251-253,
- Nishizawa, A. et al., Genetic control of perillene accumulation in *Perilla frutescens*. In *Phytochemistry*. ISSN 0031-9422, 1990, roč. 29, s. 2873-2875.
- Radácsi et al., 2017. Comparison of the production and chemical constituents of five *Perilla frutescens* (L.) Britt. accessions. *Acta Biologica Hungarica*. Volume 68: Issue 4, 2017, 453-465 <https://doi.org/10.1556/018.68.2017.4.10...>
- Rouphel, Y. et al., 2019. Chemical eustress elicits tailored responses and enhances the functional quality of novel food *Perilla frutescens*. In *Molecules*. ISSN 1420-3049, 2019, roč. 24, s. 185.
- Salem, N. – Msaada, K. – Hammami, M. – Liman, F. – Vasapollo, G. – Marzouk, B. Variations in anthocyanin and essential oil composition and their antioxidant potentialities during flower development of Borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 148(3), 2014, 444 – 459.
- Timm-Heinrich, M. – Xu, X. – Nielsen, N.S. – Jacobsen, C. Oxidative stability of structured lipids produced from sunflower oil and caprylic acid. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105(8), 2003, 436 – 448.

Pod'akovanie

„Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0281“.

Kontakt

Ing. Iveta Čičová, Ph.D.
NPPC VÚRV Piešťany,
Bratislavská cesta 122
921 68 Piešťany
Slovenská republika
E mail: iveta.cicova@nppc.sk

Rozdíly ve stanovení živin vojtěšky chemicky a přenosným spektrometrem NIR (blízká infračervená oblast)

Differences in alfalfa nutrient determination by chemical and portable spectrometer NIR (near-infrared region)

Loučka R.¹, Jambor V.², Synková H.², Nedělník J.³, Lang J.³, Jančík F.¹, Homolka P.¹

¹Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves; ²NutriVet s.r.o. Pohořelice;

³Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko

Abstrakt

Cílem výzkumu bylo pro čerstvou a zavadlou vojtěšku odrůd Morava a Holyna získat podklady pro kalibraci přenosných přístrojů NIR (v blízké infračervené oblasti). Pokus proběhl v pěti po sobě jdoucích letech (2018–2022). Do statistického hodnocení bylo zahrnuto celkem 108 vzorků vojtěšky z chemické analýzy a 1080 vzorků z přenosného spektroskopu AgriNIR. Chemickou analýzou byly oproti stanovení spektroskopem NIR stanoveny vyšší obsahy sušiny (o 9 g/kg suš.), acido detergentní vlákniny (ADF) (o 10,2 g/kg suš.) a popelovin (2,2 g/kg suš.) a nižší N-látky (o 11,2 g/kg suš.). U čerstvé vojtěšky byly při chemické analýze nižší N-látky a vyšší ADF než spektroskopii NIR. U zavadlé vojtěšky byly po chemické analýze nižší N-látky a vyšší neutrálně detergentní vláknina a popeloviny než spektroskopii NIR. Rozdíl mezi odrůdami byl pouze v obsahu popelovin u odrůdy Morava, byl vyšší u analýzy chemickou cestou než metodou NIRS.

Klíčová slova: kalibrace; spektroskopie; blízká infračervená oblast; sušina; výživné hodnoty

Abstract

The goal of the research was to obtain data for the calibration of portable NIR devices (in the near-infrared region) for fresh and wilted alfalfa Morava and Holyna varieties. The trial took place in two locations in five consecutive years (2018–2022). A total of 108 alfalfa samples from chemical analysis and 1080 samples from the portable AgriNIR spectroscope were included in the statistical evaluation. Chemical analysis showed higher contents of dry matter (by 9 g/kg dry matter), acid detergent fiber (ADF) (by 10.2 g/kg dry matter) and ash (2.2 g/kg dry matter) and lower proteins (by 11.2 g/kg dry matter). In fresh alfalfa, chemical analysis showed lower proteins and higher ADF than NIR spectroscopy. In wilted alfalfa, chemical analysis showed lower proteins and higher neutral detergent fiber and ash content than NIR spectroscopy. The difference between the varieties was only in the ash content of the Morava variety, it was higher in the chemical analysis than the NIRS method.

Keywords: calibration; spectroscopy; near infrared region; dry matter; nutritional values

Úvod

Krmné strategie vyžadují rychlé a přesné stanovení nutriční hodnoty krmiv. Tradičně „mokrě“ chemické analýzy jsou časově náročné, nákladné a v některých případech se jedná o použití nebezpečných chemikálií. Spektrometrie s použitím stolního spektroskopického přístroje NIR (pracujícího v blízké infračervené oblasti) v laboratoři (tzv. suchá spektroskopie NIRS) se stala široce uznávanou metodou, která je cenným nástrojem pro přesné stanovení chemického složení široké škály píce, nejen vojtěšky. Pomocí suché NIRS lze získat hodnoty srovnatelné s mokrou chemickou analýzou. V poslední době nabývá na důležitosti a oblibě využívání NIRS pomocí přenosných přístrojů, pracujících s píce v původní sušině a přímo na místě odběru vzorků.

Výsledky výzkumu v této oblasti prezentuje např. Evangelista a kol. (2021). Podle autorů je ve státech použití přenosného spektrometru NIR prostřednictvím vhodných kalibrací rychlou a

přesnou analytickou technikou s vysokým potenciálním přínosem. Přehledová studie (Evangelista a kol., 2021) zdůrazňuje užitečnost technologie NIRS na mléčné farmě se zvláštním důrazem na přenosné přístrojové vybavení použitelné přímo na farmě. Podle nich byla první studie, uvádějící použití přenosného přístroje NIR k predikci živin vojtěšky, použita v roce 1990 (Mitchell a kol., 1990). Od té doby doznalo použití přenosného přístroje NIR velkého zpřesnění hodnot ve srovnání s mokrou chemií. Přesto se stále objevují v literatuře studie, které hodnoty, získané přenosnými NIR spektrometry, zpochybňují, např. Sheaffer a kol. (2021). Nicméně alespoň vyhodnotili, že přenosný přístroj NIR může přinést nutriční hodnoty vojtěšky v reálném čase, ale není vhodný pro rutinní předpovědi reálných nutričních složek vojtěšky v čerstvém, ani v zavadlém stavu.

Přesnost vytvořených rovnic NIRS závisí na reprezentativním výběru kalibračních vzorků s širokou variabilitou hodnocených parametrů kvality píce. Kalibrační vzorky přiměřeně reprezentují zdroje variability, např. odrůdy, rok pěstování, pěstební podmínky, doby sklizně, systému sušení atd. (Shenk a Westerhaus, 1985). To také potvrdili např. Brogna a kol. (2009).

Cílem studie bylo porovnat rozdíly ve stanovení živin přenosným spektrometrem AgriNIR a chemicky.

Metodika

Pokus proběhl ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech (2018–2022). Pro pokusy byly zvoleny odrůdy vojtěška Holyna a Morava. Odrůda Holyna byla v provozních podmínkách pěstována v katastru obce Troubsko a odrůda Morava v katastru obce Hrušovany nad Jevišovkou. Vzorky vojtěšky byly na obou stanovištích odebrány jednak bezprostředně před sečí a následně po zavadnutí od sklízecího stroje. Vzorky, odebírané bezprostředně před sečí byly ručně nařezány na velikost částic přibližně 2 cm, vzorky po zavadnutí byly nařezány sklízecím strojem zhruba na stejnou délku. Každým rokem byly na obou stanovištích sklizeny 3 seče, v některých letech i čtyři seče (v roce 2019 v Troubsku a v roce 2021 na obou lokalitách). Čtvrtá seč, vzhledem ke statistickému modelu, nebyla vyhodnocována.

V každé z obou lokalit v každé seči byly odebrány 3 pytle (cca 10 kg) v čerstvém stavu a po zavadnutí na poli 3 pytle zavadlé vojtěšky (cca 10 kg). Pytle s vojtěškou byly ihned po odběru na poli odvezeny do agrolaboratoře NutriVet s.r.o. v Pohořelicích. Z každého pytle byly odebrány 3 vzorky, ty byly rozděleny na 3 části a z nich byly provedeny 3 chemické analýzy a 30 měření přenosným spektroskopem AgriNIR (Dinamica Generale® product). Z každých 10 měření NIRS byl udělán průměr. Takto bylo každý rok pro statistické vyhodnocení připraveno z každé lokality celkem 54 vzorků z chemických analýz a 540 vzorků z NIRS.

Vzorky vojtěšky byly chemicky analyzovány v laboratoři NutriVet s.r.o. v Pohořelicích běžnými metodami podle Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005) pro sušinu, N-látky, ADF, NDF a popeloviny. U stejných veličin bylo provedeno měření NIRS. Sušina je uváděna v g/kg hmoty, ostatní látky v g/kg sušiny.

Pro hodnocení výsledků byl použit program Statistica 10 (StatSoft, Tulsa, OK, USA), vícefaktorové analýzy ANOVA s použitím Tukey testu HSD na hladině významnosti $P < 0,05$.

Výsledky a diskuze

Použití přenosných spektrometrů NIR umožňuje stanovení sušiny a živin s minimální přípravou vzorku. Je to metoda rychlá a levná. Pro kalibraci přenosných přístrojů NIR je rozhodující rozdíl mezi chemickým rozbohem a metodou NIRS.

Kromě NDF byly rozdíly mezi chemickou a NIRS analýzou statisticky významné (tab. 1). Chemickou analýzou byla oproti metodě NIRS stanovena vyšší sušina o 9 g/kg hmoty, ADF o 10,2 g/kg sušiny, popelovin o 2,2 g/kg sušiny, resp. nižší N-látky o 11,2 g/kg sušiny.

Důležitým cílem bylo zjistit, zda je v měření čerstvé vs. zavadlé hmoty u NIRS rozdíl. Výsledky jsou uvedeny v tab. 2. U čerstvé vojtěšky byly po chemické analýze nižší N-látky a vyšší ADF.

U zavadlé vojtěšky byly po chemické analýze nižší N-látky a vyšší NDF a popeloviny. Variační koeficienty byly u čerstvé i zavadlé hmoty pro chemické i NIRS analýzy srovnatelné. V tab. 3 jsou uvedeny rozdíly mezi chemickou a NIRS analýzou podle lokality, resp. podle pěstované odrůdy vojtěšky. Významné rozdíly mezi chemickou a NIRS analýzou byly pouze u popelovin v Hrušovanech nad Jevišovkou u odrůdy Morava, kde byl obsah popelovin vyšší u analýzy chemickou cestou než metodou NIRS.

Tab. 1: Celkové rozdíly mezi chemickou (CHEM) a NIRS analýzou vojtěšky

n=1080	CHEM	NIRS	SEM	P-hodnoty
Sušina	287,1 ^b	278,2 ^a	2,89	0,028
sd	95,3	91,3		
sk	33,2	32,8		
N-látky	220,3 ^a	231,5 ^b	1,13	0,000
sd	21,9	30,6		
sk	10,0	13,2		
ADF	302,3 ^b	292,1 ^a	2,31	0,002
sd	52,6	55,4		
sk	17,4	19,0		
NDF	397,3 ^a	394,6 ^a	3,00	0,521
sd	56,1	81,6		
sk	14,1	20,7		
Popel	107,5 ^b	105,2 ^a	0,55	0,004
sd	12,9	14,3		
sk	12,0	13,6		

^{a, b} Průměrné hodnoty v řádce s různými písmeny se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; vk = variační koeficient

Tab. 2: Rozdíly mezi chemickou (CHEM) a NIRS analýzou u čerstvé a zavadlé vojtěšky

n=270	Čerstvá		Zavadlá		SEM	P-hodnoty
	CHEM	NIRS	CHEM	NIRS		
Sušina	223,0 ^a	217,4 ^a	351,2 ^b	338,9 ^b	4,08	0,408
sd	55,7	54,1	82,8	79,8		
vk	25,0	24,9	23,6	23,6		
N-látky	222,3 ^a	235,5 ^b	218,4 ^a	227,4 ^b	1,59	0,188
sd	23,2	32,5	20,4	28,0		
vk	10,5	13,8	9,3	12,3		
ADF	300,1 ^b	282,8 ^a	304,5 ^b	301,3 ^b	3,26	0,030
sd	54,4	58,7	50,8	50,3		
vk	18,1	20,8	16,7	16,7		
NDF	392,5 ^{ab}	400,0 ^{ab}	402,1 ^b	389,2 ^a	4,25	0,017
sd	59,8	69,3	51,9	92,0		
vk	15,2	17,3	12,9	23,6		
Popel	105,4 ^a	106,5 ^a	109,5 ^b	104,0 ^a	0,78	0,001
sd	12,2	14,0	13,3	14,4		
vk	11,6	13,2	12,1	13,9		

^{a, b} Průměrné hodnoty v řádce s různými písmeny se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; vk = variační koeficient

Tab. 3: Rozdíly mezi chemickou (CHEM) a NIRS analýzou podle odrůdy vojtěšky

n=270	Morava		Holýna		SEM	P-hodnoty
	CHEM	NIRS	CHEM	NIRS		
Sušina	272,2	258,5	302,1	297,8	4,08	0,252
sd	84,6	76,1	103,0	100,7		
vk	31,1	29,4	34,1	33,8		
N-látky	224,4	234,3	216,2	228,7	1,59	0,430
sd	22,3	35,5	20,8	24,5		
vk	9,9	15,1	9,6	10,7		
ADF	299,6	291,5	305,0	292,7	3,26	0,525
sd	58,1	53,1	46,5	57,7		
vk	19,4	18,2	15,2	19,7		
NDF	393,1	389,1	401,6	400,0	4,25	0,779
sd	57,6	75,2	54,4	87,3		
vk	14,7	19,3	13,5	21,8		
Popel	112,3 ^c	107,4 ^b	102,7 ^a	103,0 ^a	0,78	0,001
sd	12,1	15,6	11,9	12,4		
vk	10,7	14,6	11,6	12,0		

^{a, b, c} Průměrné hodnoty v řádce s různými písmeny se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$); SEM = střední chyba průměru; sd = směrodatná odchylka; vk = variační koeficient

Závěr

Cílem výzkumu bylo pro čerstvou a zavadlou vojtěšku získat podklady pro kalibraci přenosných přístrojů NIR (v blízké infračervené oblasti). Pokus proběhl u dvou odrůd vojtěšky (Holýna a Morava) ve dvou lokalitách v pěti po sobě jdoucích letech (2018–2022). Pro srovnání s analýzami mokré chemie byl použit přenosný spektroskop AgriNIR (Dinamica Generale® product). Mezi chemickou a NIRS analýzou byly u některých parametrů zjištěny statisticky významné rozdíly. U těchto parametrů je nutné AgriNIR spektrometr podle získaných hodnot kalibrovat. Směrodatné odchylky i variační koeficienty byly u čerstvé i zavadlé hmoty pro chemické i NIR spektroskopické analýzy srovnatelné.

Literatura

- AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis. 18th ed. Washington, DC: AOAC International; 2005.
- BROGNA N., PACCHIOLO M.T., IMMOVILLI A., RUOZZI F., WARD R., FORMIGONI A. (2009) The use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) in the prediction of chemical composition and in vitro neutral detergent fiber (NDF) digestibility of Italian alfalfa hay, Italian Journal of Animal Science, 8:sup2, 271-273.
- EVANGELISTA C., BASIRICÒ L., BERNABUCCI U. (2021) An Overview on the Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) on Farms for the Management of Dairy Cows. Agriculture, 11, 296–317.
- MITCHELL, A.R.; PINTER, P., Jr.; GUERRERO, J.N.; HERNANDEZ, C.B.; MARBLE, V.L. (1990) Spectral Reflectance Measurements of Alfalfa under Sheep Grazing. Agron. J., 82, 1098–1103.
- SHEAFFER C., MARTINSON K., PRIGGE J. (2021) Validating Real-Time Assessment of Alfalfa Nutritive Value Using a Portable NIR Unit.
- SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. (1985) Accuracy of NIRS instruments to analyse forage and grain. Crop Sci. 25, 1120–1122.

Poděkování: Výsledek vznikl za podpory MZe na řešení projektů QK1810137 a MZE-RO0723

Kontakt:

Ing. Radko Loučka, CSc.
 Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
 Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves
 Telefon 731650836, e-mail: loucka.radko@vuzv.cz

Pěstování pšenice jarní ve směsi s leguminózami v ekologickém a konvenčním režimu

Growing of spring wheat in mixture with legumes under organic and conventional systems

Mühlbachová G., Janovská D., Káš M., Vavera R., Hlásná Čepková P.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Ve tříletém pokusu byly v systému intercropping na ekologickém a konvenčním pozemku pěstovány různé odrůdy pšenice jarní a jejich kombinace společně s hrachem nebo bobem. Kombinace odrůd pšenice jarní s hrachem nebo bobem daly mírně nižší výnos. V letech 2020 a 2022 byly dosaženy celkově vyšší výnosy, v roce 2022 na ekologickém pozemku pravděpodobně i díky zlepšující předplodině (hrách). Lépe se projevila kombinace odrůd typu E a B spolu s hrachem. V roce 2021 bylo chladné jaro s vysokými srážkami v květnu, což zpozdilo růst a vývoj rostlin. Průměrný výnos pšenice jarní při konvenčním pěstování byl u samostatně pěstovaných odrůd pšenice 7,37 t/ha (EKO-5,07 t/ha), u kombinací s leguminózami 6,81 t/ha (EKO-4,67 t/ha), výnos při pěstování v řádcích byl nižší než při pěstování ve směsi - v průměru KON-5,92 t/ha, EKO-3,43 t/ha.

Klíčová slova: obilniny; luskoviny; intercropping; výnos

Abstract

In a three-year trial, different spring wheat varieties and their combinations were grown together with peas or beans in an intercropping system in organic and conventional fields. In combination with peas and beans, slightly lower spring wheat yields were obtained in both cropping systems. Higher yields were obtained in 2020 and 2022, in 2022 in the organic trials, which is probably also due to the better pre-crop (peas). Taking into account the intercropping of wheat with legumes, better yields were obtained when combining type E and B of spring wheat varieties with peas. In 2021, there was a cold spring with high rainfall in May, which delayed plant growth and development. The average yield of spring wheat in conventional cultivation was 7.37 t/ha (ORG-5.07 t/ha) in single grown wheat varieties, 6.81 t/ha (ORG-4.67 t/ha) for combinations with legumes, the yield in rows was lower than in mixed cultivation - on average CON-5.92 t/ha, ORG-3.43 t/ha.

Keywords: cereals; legumes; intercropping; yield

Úvod

Intercropping představuje způsob pěstování, kdy se společně pěstují dvě nebo více plodin na jednom pozemku v jednom čase. V tomto systému je využíváno více způsobů setí – ve směsi, v oddělených řádcích, případně dvouřádcích nebo pásech (Glaze-Corcoran et al. 2020). Jedním z typů intercroppingu je společné pěstování pšenice a leguminóz (Šarunaite et al. 2010; Tortorella et al. 2013; Chapagain 2014; Zang et al. 2015; Tsialtas et al. 2018; Jensen et al. 2020), kdy je popisováno zlepšení kvalitativních parametrů a i výnosu, protože rostliny mohou oproti monokultuře až o 30 % lépe využít dostupný dusík v půdě (Malézieux et al. 2008). Zejména v ekologickém zemědělství může potenciální interakce mezi těmito druhy zlepšit a stabilizovat výnosy obilnin. Výnosy pšenice v ekologickém zemědělství vykazují velkou variabilitu především kvůli omezené dostupnosti dusíku, nepoužívání syntetických minerálních dusíkatých hnojiv a konkurenci plevelů (Doltra et al. 2011; Vrignon-Brenas et al. 2018; Poudel et al. 2002). Leguminózy využívají biologickou fixaci dusíku z atmosféry, což mohou následně využít i jiné společně pěstované plodiny.

Cílem pokusu bylo vyhodnotit vliv pěstování pšenice jarní v konvenčním a ekologickém režimu pěstování v systému intercropping s hrachem nebo bobem na výnos zrna pšenice jarní a na vybrané kvalitativní charakteristiky.

Materiály a metody

Pšenice jarní spolu s leguminózami byla pěstována na stanovišti v Praze – Ruzyni v letech 2020-2022 na ekologickém a konvenčním pozemku. Na obou pozemcích proběhla běžná předseťová příprava (podzimní orba do 20 cm, na jaře kombinátor). Byly vybrány tři odrůdy pšenice jarní z různými kvalitativními vlastnostmi: Alicia (typ E), Toccata (typ B) a SG-S1544-15 (typ C), které byly pěstovány samostatně a ve vzájemných kombinacích a spolu s hrachem (odrůda Eso) nebo bobem (odrůda Merkur). Samostatně pěstované odrůdy pšenice sloužily jako kontroly. Pokus byl proveden celkem ve čtyřech opakováních v náhodném uspořádání. Předplodinou pro roky 2020 a 2021 byla na ekologické ploše pšenice dvouzrnka, na konvenčním pohanka, pro rok 2022 na ekologickém pozemku hrách a na konvenčním pšenice ozimá. Ekologický pozemek nebyl hnojen minerálními hnojivy. Pšenice pěstovaná konvenčním způsobem byla hnojena před setím dávkou 100 kg N/ha hnojivem Urea^{stabil}. V pokusu byly použity dva způsoby setí – pšenice a leguminózy ve směsi, kdy pšenice a bob nebo hrách byly smíchány před setím nebo zasety samostatně v oddělených řádcích. V pokusu byly sledovány charakteristiky počasí (teploty, srážky), výnos pšenice jarní a vybrané kvalitativní parametry. Kombinace odrůd pšenice jarní a leguminóz byly následující (Tabulka 1):

Tabulka 1: Odrůdy jarní pšenice a jejich kombinace s leguminózami

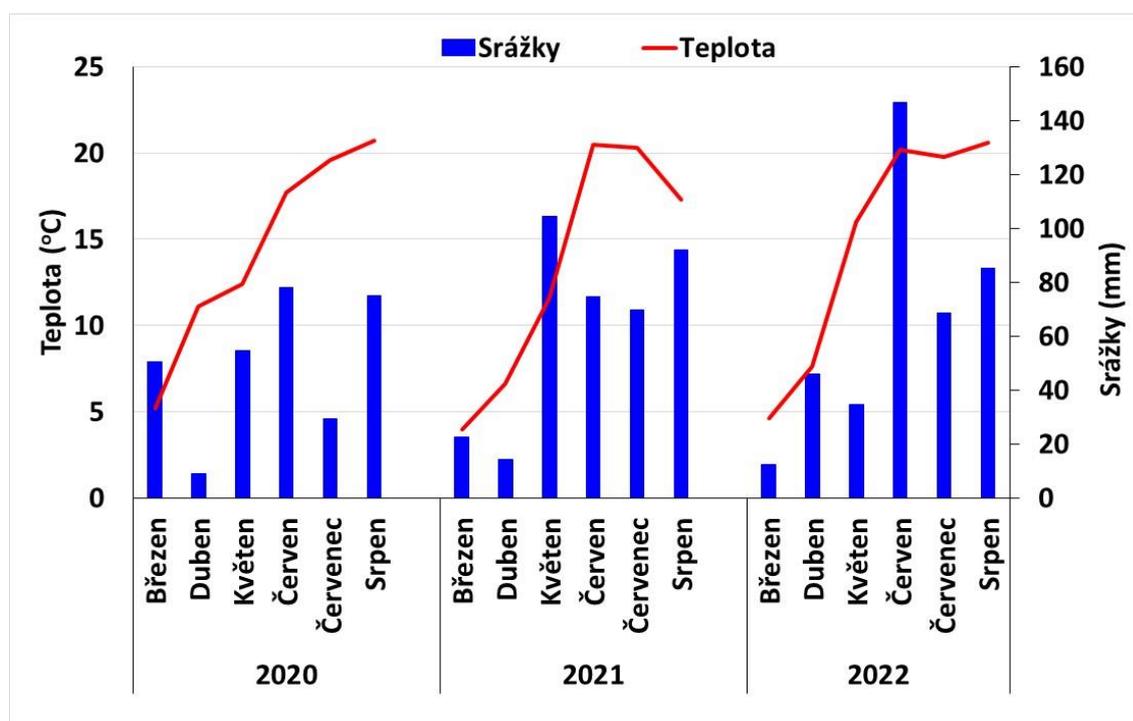
	Odrůda pšenice	Leguminóza
	Alicia	
	Toccata	
	SG-S1544-15	
Směs	Alicia +Toccata	Hrách
	Alicia + SG-S1544-15	Hrách
	Alicia + Toccata	Bob
	Alicia + SG-S1544-15	Bob
	Toccata + SG-S1544-15	Hrách
	Toccata + SG-S1544-15	Bob
	Alicia	Hrách
	Toccata	Hrách
	SG-S1544-15	Hrách
	Alicia	Bob
	Toccata	Bob
	SG-S1544-15	Bob
Řádky	Alicia	Hrách
	Toccata	Hrách
	SG-S1544-15	Hrách
	Alicia	Bob
	Toccata	Bob
	SG-S1544-15	Bob

Výsledky a diskuze

Teploty a srážky

Meteorologická data jsou uvedena v Grafu 1. Průběh počasí se v každém z ročníků 2020-2022 lišil. Zatímco rok 2020 byl, s výjimkou srážkově velmi podprůměrného dubna, spíše průměrný, rok 2021 byl velmi atypický. Rok 2021 byl charakteristický chladným jarem, kdy oproti dlouholetému průměru byly v dubnu a květnu průměrné teploty nižší o 2-4 °C a v srpnu o 2 °C. Současně pokračovala určitá nevyrovnanost v množství srážek, kdy bylo v dubnu naměřeno podprůměrné množství srážek, zatímco v květnu 2021 byly naměřeny srážky 104 mm. Chladné jaro a pomalejší prohřívání půdy zapříčinilo pozvolnější vzcházení pšenice a zvláště leguminóz a i jejich následný růst. V důsledku chladného jarního počasí rostliny pšenice částečně potlačily růst leguminóz. Celkově byl růst a dozrávání pšenice v porovnání s předchozími lety opožděn. Rok 2022 byl charakteristický chladným jarem a mírně vyššími srážkami v dubnu oproti letům 2020 a 2021. V roce 2022 byly porosty zachráněny před větším poškozením suchem studeným a deštivým měsícem dubnem. Květen 2022 byl mírně teplotně nadprůměrný (o 1,6 °C), s nízkými srážkami, zvláště v porovnání s květnem 2021. Sucho v květnu a prvních třech týdnech června ovlivnilo růst pšenice. Vyšší srážky přišly až v posledním týdnu v červnu, kdy během týdne napršelo 108 mm a snížilo se tak riziko zasychání špiček listů a redukce klasů.

Obr 1: Průměrná měsíční teplota a srážky v průběhu vegetačního období 2020-2022



Výnos pšenice jarní

Výnos pšenice jarní byl ovlivněn průběhem počasí, kdy roky 2020 a 2022 byly pro růst pšenice vhodnější než v atypickém roce 2021. Zvláště v květnu 2021 byly pozorovány vyšší srážky, což v kombinaci s chladnějšími teplotami vedlo k pomalejšímu růstu rostlin.

Při hodnocení tříletých výsledků pokusu s jarní pšenicí s hrachem a bobem (konvenční a ekologická plocha) byl u obou způsobů pěstování v průměru vyšší výnos zjištěn u pšenice pěstované samostatně. Varianty pěstování různých kombinací odrůd pšenice jarní s hrachem nebo bobem daly mírně nižší výnos (Obr. 2).

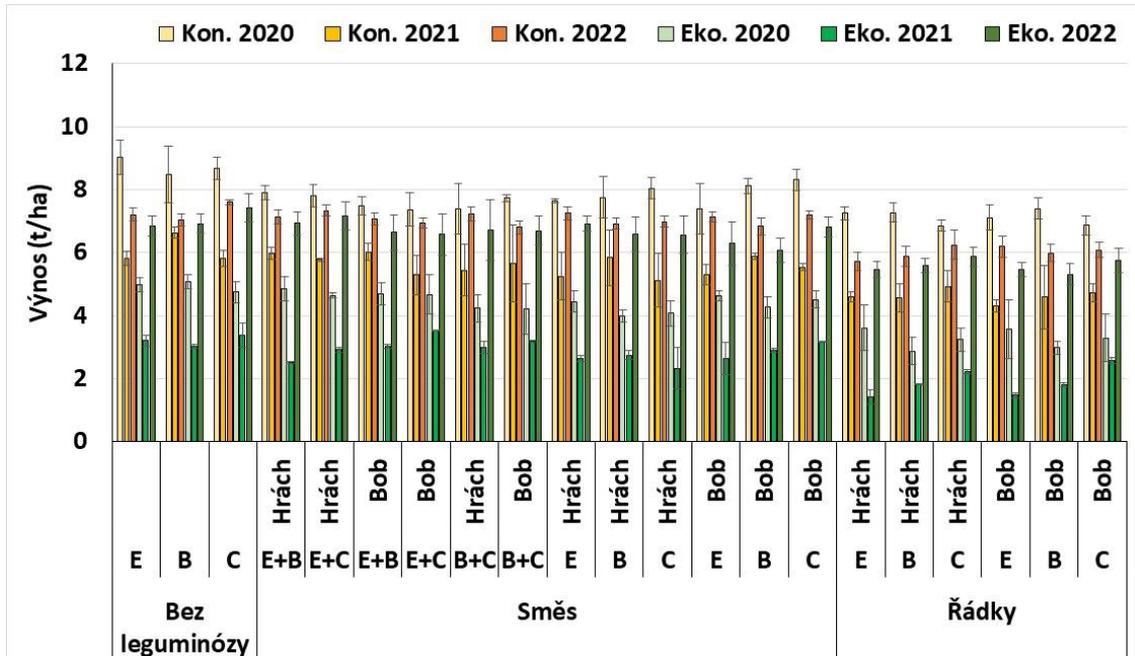
Nejvyšší celkový výnos zrna pšenice byl na ekologickém pozemku zjištěn v roce 2022, kdy bylo příznivé počasí, a předplodinou byl hrách, po kterém na jaře v půdě zůstalo více dusíku (až 80 kg N/ha oproti 21-25 kg N/ha po ostatních předplodinách). Průměrný výnos pšenice jarní při konvenčním pěstování byl u samostatně pěstovaných odrůd pšenice 7,37 t/ha (EKO-5,07 t/ha), u kombinací s leguminózami 6,81 t/ha (EKO-4,67 t/ha), výnos při pěstování v řádcích byl v průměru 5,92 t/ha (EKO-3,43 t/ha) (Obr. 3).

Z kombinací odrůd pšenice jarní s leguminózami se v příznivějších letech 2020 a 2022 lépe projevila kombinace odrůd typu E a B spolu s hrachem. Výnos v jednotlivých letech byl ovlivněn počasím, kdy zvláště v roce 2021 bylo chladné jaro s vysokými srážkami v květnu, což zpozdilo růst a vývoj rostlin. V těchto podmínkách se více osvědčila kombinace odrůd pšenic s bobem, která při ekologickém hospodaření dala v průměru srovnatelný výnos (3,25 t/ha) jako samostatně pěstované odrůdy pšenic (3,20 t/ha). Kombinace s hrachem snížila výnos zrna v průměru o 0,4-0,6 t/ha. Celkově při porovnání výnosu pšenice jarní byly v ekologickém režimu pěstování průměrné výnosy o 2,14-2,34 t/ha nižší než u konvenčního. V průměru tří let byl tak vliv hrachu nebo bobu na výnos pšenice jarní vyrovnaný (Obr. 4).

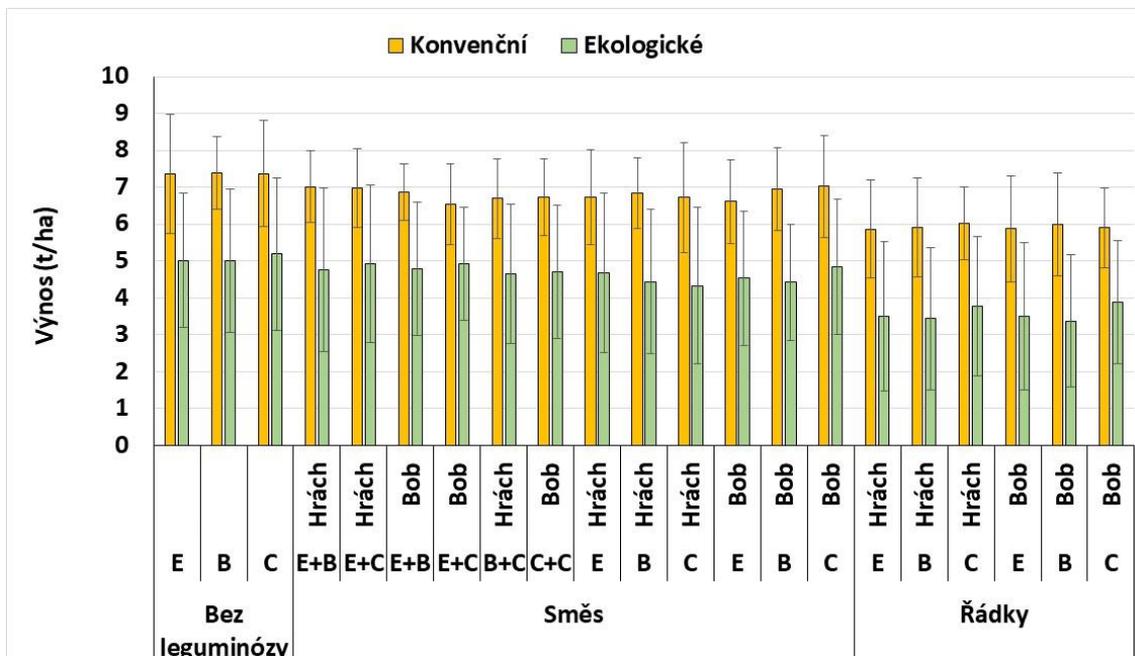
Vzhledem k určité variabilitě výsledků lze ale konstatovat, že směsi s hrachem nebo bobem snižovaly výnos pšenice zhruba o 0,4-0,8 t/ha v porovnání s pěstováním pšenice bez leguminóz. Výsledky ukazují, že pěstování v řádcích dává jak u ekologického, tak i u konvenčního způsobu hospodaření v průměru nižší výnos v porovnání s pěstováním ve směsi. Na druhou stranu je při společném pěstování pšenice a leguminóz možné počítat s vedlejším výnosem hrachu nebo bobu v řádu několika set kilogramů. Výnos zrna při pěstování v oddělených řádcích pšenice jarní a leguminóz u obou způsobů pěstování pšenice vedl k dalšímu celkovému snížení výnosů.

Vyprodukovaná pšenice byla hodnocena také podle požadavků na pekařské účely. Podle těchto požadavků má objemová hmotnost zrna činit alespoň 76 kg/hl, obsah N-látek minimálně 12 %, obsah mokrého lepku min. 25 %, Zeleného testu min. 30 mm, číslo poklesu min. 200 s (ČSN 461100-2). Z výsledků vyplývá, že požadavkům na objemovou hmotnost vyhověla pšenice pěstovaná konvenčně ve všech kombinacích - jak bez leguminóz, tak i s hrachem a bobem. Objemová hmotnost zrna byla mírně nižší u ekologicky pěstované pšenice v porovnání s konvenčně pěstovanou. Požadavkům na pekařskou kvalitu nevyhověla pšenice pěstovaná v řádcích. Pokud jde o obsah N-látek, všechny způsoby pěstování pšenice dosáhly minimálně 13,1 % N-látek a více. Pěstování pšenice jarní ve směsi s hrachem nebo bobem mírně zvyšovalo obsah N-látek v porovnání se samostatně pěstovanou pšenicí. Pšenice pěstovaná v řádcích pravděpodobně i z důvodu nižších dosažených výnosů dosáhla vyššího procenta N-látek v porovnání s pěstováním ve směsi (konvenční: 14,2-14,5 %, ekologická 13,4-13,6 %). Požadavkům na obsah mokrého lepku vyhověly všechny pěstební kombinace pšenice. Mírně vyšší hodnoty byly v průměru dosaženy u konvenčně pěstované pšenice. Podobně pšenice pěstovaná jakýmkoli způsobem vyhověla u Zeleného testu a čísla poklesu, kdy dosažené hodnoty byly vždy vyšší než je požadované minimum. Pěstování pšenice jarní i u těchto sledovaných charakteristik vykazovalo vyšší hodnoty při pěstování společně s hrachem nebo bobem než u samostatně pěstované pšenice.

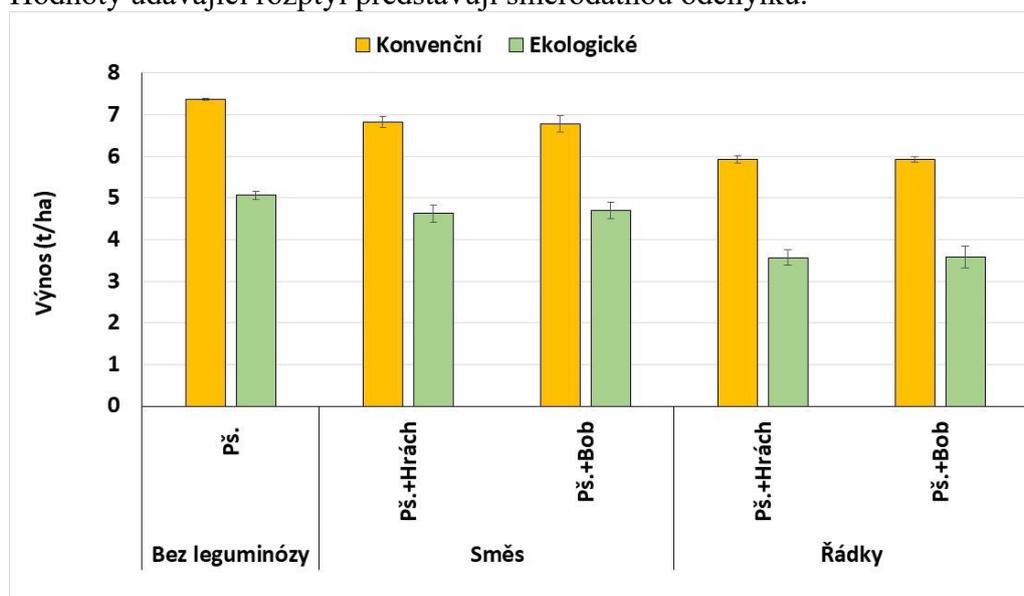
Obr. 2: Výnos různých odrůd pšenice jarní a jejich kombinací ve směsi s leguminózami při konvenčním a ekologickém pěstování v letech 2020-2022. Hodnoty udávající rozptyl představují směrodatnou odchylku.



Obr. 3: Průměrný výnos odrůd pšenice jarní a jejich kombinací při pěstování v konvenčním a ekologickém režimu (2020-2022). Hodnoty udávající rozptyl představují směrodatnou odchylku.



Obr. 4: Průměrný výnos pšenice jarní při pěstování v kombinaci s hrachem nebo bobem. Hodnoty udávající rozptyl představují směrodatnou odchylku.



Tabulka 2: Průměrné kvalitativní charakteristiky zrna pšenice jarní v letech 2020-2022. Hodnoty udávající rozptyl představují směrodatnou odchylku.

2020-2022	Pěstební systém	HTS	Objemová hmotnost zrna		Obsah N-látek (%)	Obsah mokrého lepku (%)	Zelených o test (mm)	Číslo poklesu (s)
			(g)	(kg/hl)				
Konvenční	Bez leguminózy	42,7±1,4	77,1±0,2	13,1±0,2	28,9±0,2	58,3±2,2	317±9	
	Směs	43,7±1,2	77,2±0,3	13,3±0,2	29,8±0,2	59,8±3,1	329±8	
	Bob	43,2±1,1	77,3±0,3	13,3±0,2	30,0±0,2	57,7±2,7	324±10	
	Řádky	40,7±1,4	77,0±0,2	14,2±0,2	31,6±0,3	65,7±3,4	337±14	
	Hrách	41,2±1,3	77,6±1,1	14,5±0,5	31,6±0,9	65,7±2,7	333±15	
	Bob	41,5±1,9	76,2±0,3	13,2±0,1	27,8±0,1	54,8±2,4	307±12	
	Směs	40,8±2,2	75,9±0,1	13,4±0,1	28,4±0,3	55,1±2,4	305±11	
	Hrách	41,5±1,6	76,2±0,1	13,3±0,1	28,4±0,2	57,1±2,0	305±9	
	Bob	40,5±1,7	75,1±0,5	13,6±0,1	29,1±0,1	57,0±1,6	329±9	
	Hrách	38,9±2,8	74,2±0,2	13,4±0,2	29,0±0,1	56,6±4,9	313±7	
Ekologické	Bob	38,9±2,8	74,2±0,2	13,4±0,2	29,0±0,1	56,6±4,9	313±7	

Závěr

Tříleté výsledky pěstování pšenice jarní v systému intercropping s leguminózami (hrách a bob) v ekologickém a konvenčním režimu ukázaly, že kombinace pšenice s leguminózami daly v průměru mírně nižší výnos. V letech 2020 a 2022 byly dosaženy celkově vyšší výnosy, v roce 2022 na ekologickém pozemku pravděpodobně i díky zlepšující předplodině (hrách). Lépe se projevila kombinace odrůd typu E a B spolu s hrachem. V roce 2021 bylo chladné jaro s vysokými srážkami v květnu, což zpozdilo růst a vývoj rostlin, což vedlo k celkově nižším výnosům. Průměrný výnos pšenice jarní při konvenčním pěstování byl u samostatně pěstovaných odrůd pšenice 7,37 t/ha (EKO-5,07 t/ha), u kombinací s leguminózami 6,81 t/ha (EKO-4,67 t/ha), výnos při pěstování v řádcích byl nižší než při pěstování ve směsi - v průměru (KON-5,92 t/ha, EKO-3,43 t/ha). U ekologického způsobu pěstování byl průměrný výnos pšenice jarní u samostatně pěstovaných odrůd pšenice 5,07 t/ha, u kombinací s leguminózami 4,67 t/ha, výnos při pěstování v řádcích byl nižší než při pěstování ve směsi - v průměru 3,43 t/ha. Pokud jde o kvalitativní charakteristiky, mírně vyšší hodnoty byly zjištěny při konvenčním pěstování pšenice jarní a dále u různých kombinací s leguminózami.

Literatura

- ČSN 461100-2. Obilí potravinářské. Část 2: Pšenice potravinářská
- Doltra J., Lægdsmand M., Olesen J.E. Cereal yield and quality as affected by nitrogen availability in organic and conventional arable crop rotations: a combined modelling and experimental approach. *Eur. J. Agron.*, 34 (2) (2011), pp. 83-95, DOI: [10.1016/j.eja.2010.11.002](https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.002)
- Glaze-Corcoran, S., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Afshar, R. K., Liu, X., *et al.* (2020). Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. *Advanced in Agronomy* 162, 199–256, DOI: [10.1016/bs.agron.2020.02.004](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004)
- Chapagain, T., Riseman, A. (2014). Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops, Research*, 166, 18-25, DOI: [10.1016/j.fcr.2014.06.014](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.014)
- Jensen, E.S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. 2020. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development* 40: 5, DOI: [10.1007/s13593-020-0607-x](https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x)
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel B., Tourdonnet, S., Valantin-Morison, M. (2008). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29 (1), 43-62, DOI: [10.1051/agro:2007057](https://doi.org/10.1051/agro:2007057)
- Poudel, D.D., Horwath, W.R., Lanini, W.T., Temple, S.R., van Bruggen, A.H.C. (2002). Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90 (2), 125-137, DOI: [10.1016/S0167-8809\(01\)00196-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00196-7).
- Šarūnaite, L., Deveikyte, I., Kadžiuliene, Ž. (2010). Intercropping spring wheat with grain legume in an organic crop rotation. *Žemdirbystė Agriculture*, 97 (3), 51–58.
- Tortorella, D., Scalise, A., Pristeri, A., Petrovičová, B., Monti, M., Gelsomino, A. (2013). Chemical and biological responses in a Mediterranean sandy clay loam soil under grain legume-barley intercropping. *Agrochimica* 57 (LVII - N. 1), 1-21.
- Tsialtas, I.T., Baxevanos, D., Vlachostergios, D.N., Dordas, C., Lithourgidis, A. (2018). Cultivar complementarity for symbiotic nitrogen fixation and water use efficiency in pea-oat intercrops and its effect on forage yield and quality. *Field Crops Research*, 226, 28-37, DOI: [10.1016/j.fcr.2018.07.005](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.07.005)

- Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Piquet-Pissaloux, A., Corre-Hellou, G., David, C. (2018). Intercropping of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research*, 224, 160-169, DOI: 10.1016/j.fcr.2018.05.009
- Zang, H., Yang, X., Feng, X., Qian, X., Hu, Y., Ren, C., Zeng, Z. (2015). Rhizodeposition of nitrogen and carbon by mungbean (*Vigna radiata* L.) and its contribution to intercropped oats (*Avena nuda* L.). *PLoS ONE*, 10, Article e0121132, DOI: 10.1371/journal.pone.0121132

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu NAZV ČR QK1910046.

Kontaktní adresa:

Ing. Gabriela Mühlbachová, Ph.D.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507/73
16106 Praha 6 - Ruzyně
Tel: +420 702 087 748
E-mail: muehlbachova@vurv.cz

Produkcia bioplynu z fytomasy ciroku cukrového *Sorghum bicolor* L. metódami fermentačného procesu

Production of biogas from phytomass of Sugar Sorghum *Sorghum bicolor* L. by methods of the fermentation process

Porvaz P.¹, Gaduš J.², Tóth Š.¹, Dupľak Š.¹

¹NPPC – VÚRV- ÚA Michalovce, SR

²SPU – ÚEM, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja SPU v Nitre, SR

Abstrakt

V rámci experimentu s cirokom cukrovým, odrodou Sole, sme testovali metódou suchej fermentácie výťažnosť fytomasy na produkciu bioplynu a biometánu. Fytomasa pre siláž bola získaná z porastu plodiny pestovanej s medziriadkovou vzdialenosťou 45cm, s dĺžkou vegetačnej doby 95 dní. Fermentovaním siláže z ciroku cukrového, bola dosiahnutá veľmi krátka doba nábehu fermentačného procesu, kde už na štvrtý deň bol obsah metánu nad 53,46%. Počnúc šiestym dňom bola hodnota obsahu metánu vyššia ako 60%, a hodnoty blízke 60% boli dosahované až do konca experimentu. Najvyšší obsah metánu, viac ako 62,02% bol dosiahnutý už na 6 deň cyklu. Počas celého cyklu, ktorý trval 18 dní, bolo vyprodukovaných 571,4 litrov bioplynu. Celkovo, cirok cukrový odroda Sole, bola dosiahnutá výťažnosť 290 litrov bioplynu z 1 kg suchej hmoty siláže. Testovaný substrát vykazoval počas fermentácie nízku hodnotu produkcie sírovodíka, v priemere 12,65 ppm. Takýto bioplyn nie je nutné pred aplikáciou ako paliva v plynovom motore upravovať. Na základe získaných výsledkov možno vysloviť záver, že testovaná biomasa, pozostávajúca na báze siláže fytomasy ciroku cv. Sole, je použiteľná na produkciu bioplynu technológiou anaeróbnej suchej fermentácie.

Kľúčová slova: suchá fermentácia, bioplyn, biometán, výťažnosť na bioplyn, cirok cukrový

Abstract

Within the experiment with sorghum bicolor, we tested cv. Sole for the production of biogas and biomethane using the dry fermentation method. The experiment with silage was established with phytomass obtained from a stand cultivated with 45 cm inter row distance, and with vegetation period of 95 days. By fermenting silage from sugar sorghum, a very short start-up time of the fermentation process was achieved, where already on the fourth day the methane content was over 53.46%. Starting from the sixth day, the methane value was higher than 60%, and values close to 60% were reached until the end of the experiment. The highest methane content of more than 62.02% was already achieved on the 6th day of the experiment. During the entire cycle lasting 18 days, 571.4 litre of biogas was produced. In total, the cv. Sole achieved a yield of approx. 290 litre of biogas from 1 kg of silage dry matter. The tested substrate showed a low hydrogen sulfide production value of 12.65 ppm on average during the fermentation. Such biogas does not need to be modified before being used as fuel in a gas engine. On the basis of the obtained results, it can be concluded that the tested biomass, based on silage of cv. Sole, is usable for the production of biogas by anaerobic dry fermentation technology.

Keywords: dry fermentation, biogas, biomethane, biogas yield, sorghum bicolor

Úvod

Anaeróbnou fermentáciu vlhkých organických materiálov so zachytávaním bioplynu je možné zaradiť medzi tzv. nízko-potenciálne energetické zdroje. Tieto technológie pritom prispievajú k zníženiu plynných emisií z organických odpadov všetkého druhu pri ich súčasnom

energetickom využívaní. Technológie „suchej fermentácie“ je možné využívať pri energetickom zhodnocovaní biomasy s obsahom suchej hmoty 20 až 60%. V poľnohospodárstve sa zatiaľ využíva iba výnimočne, ale je veľmi perspektívnou technológiou pri takých druhoch biomasy, ktoré nie je možné „klasickou“ mokrou cestou jednoducho spracovávať (sú energeticky a prevádzkovo veľmi nákladne). Optimálny obsah suchej hmoty sa väčšinou pohybuje v závislosti na spracovávanej biomase v rozmedzí 30 až 35%. Technológia suchej fermentácie umožňuje metanizáciu sypkej biomasy z poľnohospodárstva a komunálnych bioodpadov bez nutnosti zmeny ich konzistencie do kvapalného stavu. Namiesto toho sa substrát vo fermentačnej komore udržuje vo vlhkom stave kropením fermentačným roztokom (perkolátom) cirkulujúcim v uzavretom okruhu (Jandačka J., Malcho M., 2007). Ciroky cukrové vďaka vysokému potenciálu výnosu biomasy, ich prispôsobivosti širokému spektru systémov pestovania plodín (vyhradené, dvojité pestovanie) zaraďujeme medzi perspektívne silážne plodiny na produkciu bioplynu. Táto plodina v porovnaní s kukuricou na siláž je relevantnou kandidátskou plodinou na anaeróbnú digestiu. Navyše veľká genotypová variabilita jej biochemického zloženia ponúka príležitosti na pestovanie špecifických odrôd, ktoré zodpovedajú očakávaniam rôznych koncových užívateľov. Laurence, H. et al. 2017.

Materiál a metódy

Metóda suchej fermentácie sa vyznačuje väčšinou aj diskontinuálnym (dávkovým) spôsobom dávkovania substrátu - to znamená že počas fermentácie sa do fermentora nepridáva čerstvý substrát, ani sa z neho neodoberá, ako je to nutné pri kvázi kontinuálnom, mokrom spôsobe. V tom spočíva výrazná prednosť suchej fermentácie – umožňuje v jednotlivých fermentačných komorách súčasnú fermentáciu rôznych substrátov (napr. 1. komora čerstvá tráva, 2. komora komunálny bioodpad, atď.)

Počas fermentácie sa z organickej hmoty uvoľňuje bioplyn. Na základe praktických skúseností je možné očakávať dennú produkciu bioplynu cca 2 až 5 krát väčšiu ako je objem základnej fermentovanej hmoty v m³. Vznikajúci bioplyn obsahuje najmä metán (52– 75%) a oxid uhličitý (48 – 25 %), ďalej vodu, v malom zastúpení sa vyskytuje aj dusík, vodík a v závislosti na zložení vstupujúcej biomasy aj sírovodík a ďalšie plyny. Pomer metánu k oxidu uhličitému sa teda mení v závislosti od zloženia vstupnej biomasy, ale aj od procesnej teploty.

Na zisťovanie vhodnosti využívania biomasy na produkciu bioplynu metódou suchej fermentácie, ako aj na stanovovanie výťažnosti rôznych zmesí materiálov, bolo na SPU v Nitre vyvinuté experimentálne zariadenie umožňujúce poloprevádzkové pokusy, ktoré je nainštalované na bioplynovej stanici v areály VPP SPU s.r.o. Koliňany.

Základnou časťou zariadenia je dvojlášťový biorektor valcového tvaru s objemom 80 litrov. V plášti nádoby je zabudované výhrevné teleso, ktoré je napojené na riadiacu jednotku regulátora teploty a umožňuje kontrolu a digitálne nastavovanie rozpätia teplôt vo fermentore. Nádoba je uzatvorená plynotesným vekom, na ktorom sa nachádza teplomer zobrazujúci aktuálnu teplotu vo fermentore. Spodná časť nádoby má kónický tvar s ústím do zbernej nádoby, odkiaľ je perkolát čerpadlom recyklovaný cez trysku späť do fermentačnej nádoby. Na analýzu bioplynu slúži zariadenie MADUR GA 21. Analyzátorom sa stanovuje v pravidelných intervaloch základné chemické zloženie bioplynu (CH₄, CO₂, H₂S, O₂). Okrem toho je pravidelne merané aj množstvo produkovaného bioplynu. Pred nadávkovaním substrátu a po ukončení fermentácie sú realizované aj chemické analýzy biomasy. Celkové usporiadanie experimentálneho zariadenia je vidieť na obr. 2, kde sú znázornené hlavné časti a tok perkolátu a bioplynu. Prečerpávanie perkolátu je riadené automaticky v pravidelných časových intervaloch. Teplota vo fermentore je udržiavaná elektrickým odporovým ohrevom, kontrolovaná snímačom teploty a automatickým regulátorom nastaveným na teplotu 40±1°C.

Chemickými analýzami biomasy pred a po fermentácii bolo stanovované:

- chemická spotreba kyslíka CHSK (mg.l^{-1}) – fotometricky
- obsah síranov SO_4^{2-} (mg.l^{-1}) – fotometricky
- obsah celkového dusíka N_{celk} (mg.l^{-1}) – fotometricky
- obsah suchej hmoty % SH (%) – pomocou sušínových váh

Merané zložky bioplynu pomocou analyzátoru plynu MADUR:

- metán CH_4 (% vol.) – infračerveným dvojlúčovým snímačom
- oxid uhličitý CO_2 (% vol.) - infračerveným dvojlúčovým snímačom
- kyslík O_2 (% vol.) - elektrochemicky
- sírovodík H_2S (ppm vol.) - elektrochemicky

Pred naplnením do fermentora bola zmes pozostávajúca zo siláže ciroku bicolor, odroda Sole v množstve 6 kg dokonale premiešaná s 13 kg fermentátu (maštalný slamnatý hnoj z predchádzajúceho fermentačného cyklu). Perkolát pre vlhčenie biomasy bol odobratý z fermentora bioplynovej stanice v množstve 10 litrov s nasledovnými parametrami: obsah suchej hmoty 6,2 %, pH 7,4, teplota 39,5° C.

Pokus bol realizovaný v trvaní 18 dní. Počas celého cyklu boli denne vyhodnocované najmä produkcia bioplynu vo vyjadrení v l.d^{-1} , zloženie bioplynu a pH perkolátu. Zloženie bioplynu bolo analyzované prístrojom MADUR.

Výsledky

Fermentovaním siláže z ciroku bola dosiahnutá veľmi krátka doba nábehu fermentačného procesu ako to vidieť na grafe (Obr.1), kde už na štvrtý deň bol obsah metánu nad 53,46 %. Počnúc šiestym dňom bola hodnota metánu vyššia ako 60 % a hodnoty blízke 60% boli dosahované až do konca experimentu. Najvyšší obsah metánu viac ako 62,02% bol dosiahnutý už 6 deň pokusu. Počas celého cyklu v trvaní 18 dní bolo vyprodukovaných 571,4 l bioplynu. Zloženie bioplynu bolo analyzované prístrojom MADUR a priebeh hodnôt jednotlivých komponentov bioplynu je vidieť na Obr. 1 a Obr. 2. Ako je vidieť z Obr. 2 testovaný substrát vykazoval počas fermentácie nízku hodnotu produkcie sírovodíka v priemere 12,65 ppm. Takýto bioplyn nie je nutné pred aplikáciou ako paliva v plynovom motore upravovať.

Teplota vo fermentore bola udržiavaná na veľmi stabilnej hodnote v priemere 39,16° C a hodnota pH bola v priemere 7,13. Pred nadávkovaním do fermentora bol obsah suchej hmoty v substráte v priemere 25,62% a organická rozložiteľnosť materiálu vykazovala hodnotu 87,74%, samotná siláž z ciroku vykazovala sušinu 32,6 %.

Priemerne hodnoty sledovaných parametrov sú uvedené v tabuľkách Tab.1 a Tab. 2.

Tab. 1: Priemerné hodnoty sledovaných parametrov a chemického zloženia substrátov

Parameter	Jednotka	Vzorky substrátov
		vstup
pH	-	8,174
teplota	°C	12,1
TS	%	19,39
VSS	%	16,9
OTS	%TS	87,74
COD	mg/l	332 500
VFA	mg/l	4 400
Ekv.kys.octovej	mg/l	2 200
N_{tot}	mg/l	16 975
SO_4	mg/l	2 385

Počas celého testovacieho obdobia bolo analyzátorom plynu sledované aj zloženie bioplynu. Prehľad dosahovaných priemerných hodnôt podľa percentuálneho zastúpenia sú uvedené v tabuľke Tab. 2.

Tab. 2: Priemerné hodnoty sledovaných parametrov (od 4. do 18. dňa)

Materiál	CH ₄	H ₂ S	CO ₂	Prod. BP
	obj. %	ppm	obj. %	l/deň
Substrát (fermentát + cirok)	60,12	10,26	25,944	29,986

Vysvetlivky k Tab. 1 a Tab.2:

TS – obsah sušiny; OTS – organická suchá hmota; VSS – strata žíhaním; COD – chemická spotreba kyslíka; N_{tot} – celkový dusík; SO₄²⁻ - síranové anióny

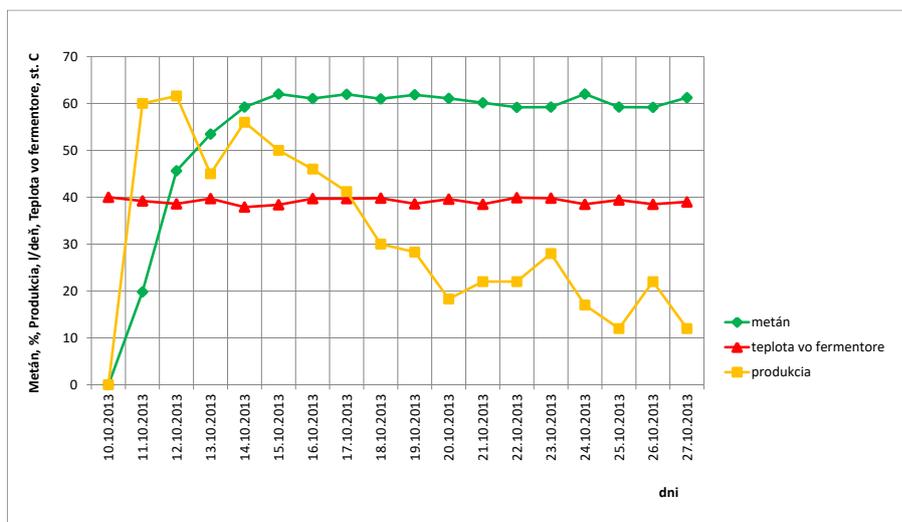
Diskusia

Výťažnosť energetických rastlín konkrétne na produkciu bioplynu ovplyvňuje zásadným spôsobom agrotechnika pestovania cirokov cukrových. Zistil sa štatisticky významný vplyv na produkciu metánu a bioplynu agrotechnickými opatreniami, ktoré významne ovplyvnili faktory, šírka riadku a výber kultivaru. Pokusy s cirokom cukrovým sme zakladali so sejačkou s medziriadkami 45 cm. V experimentálnych pokusoch s cirokom cukrovým, odroda Sole, sme dosiahli výťažnosť produkcie bioplynu cca 290 litrov z 1 kg suchej hmoty siláže. V porovnaní so zisteniami autora Pazderů K., et al. (2014) odroda Bovital 358,58 z 1 kg suchej hmoty siláže, sme dosiahli pomerne dobrú výťažnosť produkcie bioplynu odrody Sole (290 litrov bioplynu). Výťažnosť cirokov sa pohybuje v rozmedzí 200-390 litrov bioplynu z 1 kg suchej hmoty siláže.

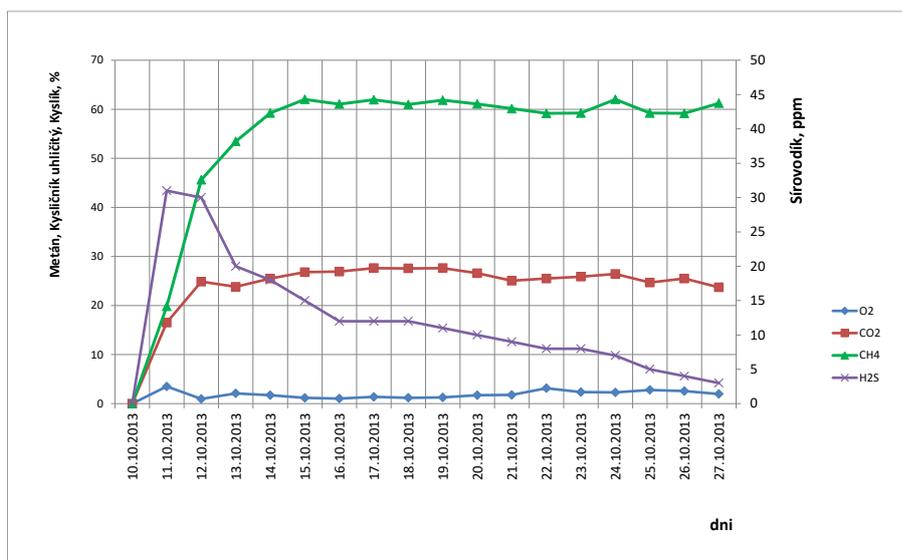
Vplyv šírky riadku a kultivaru na čerstvú a suchú biomasu a tým aj produkciu metánu a bioplynu na plochu bol zistený pri rozostupe riadkov 25 cm to znamená úzkych riadkov. Kultivary sú jedným z hlavných faktorov zvýšenia produkcie bioplynu z plochy, konkrétne odrody Goliath. Pazderů K., et al. (2014).

Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúci výťažnosť metánu je doba zberu, určenie fenofázy zberu podľa obsahu sušiny, čím výrazne ovplyvňujú kvalitu a výnos metánu. Hassan et al. 2018, uvádza maximálnu výšku rastlín a úrodu sušiny zaznamenali pri dĺžke vegetačného obdobia 105 dní, pričom najnižšie hodnoty týchto parametrov bolo zaznamenaných 60 dňoch. Podobne maximálna koncentrácia bielkovín a cukru bola zistená po 60 dňoch výsevu, potom sa zistilo podstatné zníženie koncentrácie bielkovín a cukrov postupujúcou zrelosťou. Okrem toho bola zistená najvyššia kyslosť a neutrálna detergentná vlákna, lignín, celulóza a hemicelulóza pri 120 dňoch, zatiaľ čo; minimálne kyslé detergentné vlákno, neutrálne detergentné vlákno, lignín, celulóza a hemicelulóza boli pozorované 60 dňoch od výsevu. Podobne bol maximálny špecifický výťažok metánu zaznamenaný 60 dňoch, pričom minimálny špecifický výťažok metánu bol zaznamenaný 120 dňoch. Maximálna výťažnosť metánu na ha⁻¹ bola zaznamenaná po 105 dňoch z dôvodu vyššej výťažnosti sušiny ha⁻¹. Zaujímavé je, že my tiež zistili silnú pozitívnu koreláciu medzi výťažkom sušiny a výťažkom metánu a negatívnu vzťah medzi koncentraciami lignínu a špecifickým výťažkom metánu. Dĺžka vegetačného obdobia v našich experimentoch u odrody Sole trvala 98 dní, pri obsahu sušiny 32,6 %. V porovnaní s tvrdeniami autorov bol výnos biometánu nižší z dôvodu dlhšej vegetačnej doby, zároveň výnos hmoty na 1 ha sa pohyboval na úrovni 38 t.ha⁻¹ pri obsahu sušiny 32,6 %. Na záver, cirok cukrový môže zberať po 105 dňoch vegetačnej doby, vzhľadom na vysoký výnos sušiny z plochy, z dôvodu maximalizácie jeho potenciálu pre výťažnosť biometánu (Hassan et al. 2018).

Obr. 1: Priebeh produkcie bioplynu a obsahu metánu pri fermentácii siláže z ciroku cukrového – odroda Sole



Obr. 2: Priebeh obsahu metánu, kysličníka uhličitého, kyslíka a sírovodíka v bioplyne



Záver

Výtťažnosť energetických rastlín konkrétne na produkciu bioplynu ovplyvňuje zásadným spôsobom agrotechnika pestovania cirokov cukrových. Zistil sa štatisticky významný vplyv na produkciu metánu a bioplynu agrotechnickými opatreniami, ktoré významne ovplyvnili faktory, šírka riadku, výber kultivaru a obsah sušiny zberovej hmoty. Pokusy s cirokom cukrovým sme zakladali so sejačkou s medziriadkami 45 cm. V experimentálnych pokusoch s cirokom cukrovým, odroda Sole, sme dosiahli výtťažnosť produkcie bioplynu cca 290 litrov z 1 kg suchej hmoty siláže. V porovnaní so zisteniami autorov s inými odrodami, produkcia bioplynu 358,58 z 1 kg suchej hmoty siláže, sme dosiahli pomerne dobrú výtťažnosť produkcie bioplynu odrody Sole (290 litrov bioplynu). Výtťažnosť cirokov na produkciu bioplynu sa pohybuje v rozmedzí 200-390 litrov z 1 kg suchej hmoty siláže. Na základe získaných výsledkov možno vysloviť záver, že testovaná biomasa – pozostávajúca na báze ciroku sú použiteľné na produkciu bioplynu technológiou anaeróbnej suchej fermentácie.

Literatura

- Jandačka, J.; Malcho, M. 2007. Biomasa ako zdroj energie. Žilina: 2007, ISBN 978-80-969161-4-6
- Hassan, M. U.; Chattha, M. U.; Chattha, M. U.;; Mahmood, A. Sahi, S.T. 2018. Impact of harvesting times on chemical composition and methane productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* Moench. L.) APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH 16(3):2267-2276. <http://www.aloki.hu> ISSN 1589 1623 (Print) ISSN 1785 0037 (Online) DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1603_22672276 © 2018, ALÖKI Kft., Budapest, Hungary.
- Gaduš, J.; Cíváňová, L.; Fodora, M.; Pohuba, S. 2013. Stanovenie výťažnosti bioplynu z energetických plodín technológiou suchej fermentácie. Správa, SPU v Nitre, FEŠRR, 14 s.
- Pazderů K., Hodoval J., Urban J., Pulkrábek J., Pačuta V., Adamčík J. (2014): Vplyv úpravy porastu ciroku sladkého na produkciu biomasy a bioplynu. *Plant Soil Environ.*, 60: 433-438. <https://doi.org/10.17221/562/2014-PSE>
- Hélène Laurence Thomas, David Pot, Eric Latrille, Gilles Trouche, Laurent Bonnal, Denis Bastianelli & Hélène Carrère. 2019. Sorghum Biomethane Potential Varies with the Genotype and the Cultivation Site. *Waste and Biomass Valorization* volume 10, pages 783–788 (2019)

Poděkování

Táto práca bola financovaná z prostriedkov Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR pri riešení úlohy odbornej pomoci s názvom: ÚOP č. 38 podľa kontraktu č. 342/2021/MPRVSR–220. Pestovanie a využitie perspektívnych energetických rastlín na výrobu biopalív a iných produktov biohospodárstva ako alternatíva diverzifikácie poľnohospodárskej výroby.

Kontaktná adresa:

Ing. Pavol Porvaz, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum Lužianky – CVRV

Ústav agroekológie Michalovce

Špitálska 1273

071 01 Michalovce, Slovensko

e-mail: pavol.porvaz@nppc.sk

Tel: (056) 6443 888, Fax : (056) 6420 205

Mouka z béru italského (*Setaria italica*) a její využití do pečiva

Foxtail millet (*Setaria italica*) flour and its application into bakery products

Rysová J.¹, Šulc M¹., Laknerová I.¹, Hermuth J.²

1 Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.

2 Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha

Abstrakt

Byla testována nutriční hodnota a aplikace celozrnné mouky ze 2 kultivarů béru italského (*Setaria italica*) získané vysokorychlostním mletím do standardního i bezlepkového pečiva. Celozrnná mouka z bérů Rucereus a Ruberit obsahovala 11 % a 10,3 % bílkovin, 4,1 % a 4,6 % tuku, 2,7 % a 2,2 % minerálních látek a 14,8 % a 17,5 % vlákniny potravy. Ve spektru aminokyselin bylo obsaženo nejvíce kyseliny glutamové, leucinu a alaninu a nejméně lysinu a sirných aminokyselin. Přídavek 7-15 % béru k pšeničné mouce zvyšoval významně amylografické maximum a teplotu želatinace škrobu. Optimální přídavek bérové mouky do chleba a pšeničného pečiva byl 12 %, vztaženo na mouku. Do bezlepkového pečiva, moučníků a slaného pečiva bylo přidáváno 5- 15 % bérové mouky. Vyšší přídavky celozrnné mouky z béru snižovaly objem pečiva a zanechávaly nahořklou pachutí.

Klíčová slova: bér italský, nutriční hodnota, využití, pečivo, bezlepková dieta

Abstract

The nutritional value and the application of whole-grain flour from 2 cultivars of foxtail millet (*Setaria italica*) obtained by high-speed milling into standard and gluten-free bakery products were tested. Whole grain flours from cultivars Rucereus and Ruberit contained 11% and 10.3% protein, 4.1% and 4.6% fat, 2.7% and 2.2% minerals and 14.8% and 17.5% fiber. The spectrum of amino acids contained the most glutamic acid, leucine and alanine and the least lysine and sulfur amino acids. The addition of 7-15% of foxtail millet flour to wheat flour significantly increased the amylographic maximum and starch gelatinization temperature. The optimal addition of foxtail millet flour to bread and to wheat buns was 12% based on flour. 5-15% of whole-grain foxtail flour were added into gluten-free bakery products, desserts, salty sticks and savory pastries. The higher amount of whole grain foxtail millet flour reduced the volume of bakery products and caused a bitter off flavor.

Keywords: foxtail millet, nutritional value, use, bakery products, gluten-free diet

Úvod

Bér italský (*Setaria italica* (L.) Beauv., také bér vlašský) pochází z Číny, Indie a Malé Asie, kde byl domestikován asi v 6. tisíciletí před n. l. Ve střední Evropě je bér polozapomenutá plodina, která byla pěstována jako „čumíza“ (*Setaria italica* subsp. *italica*, bér italský pravý) nebo „mohár“ (*Setaria italica* subsp. *Moharia*, bér italský mohárový). Bér je řazen mezi drobnozrnná prosa a využívá se pro lidskou výživu i pro krmení hospodářských zvířat. V současné době se bér pěstuje nejen ve východní a jihovýchodní Asii, Africe, ale i na jihu Evropy. Bér je plodina původem ze subtropického a mírného pásu. V Česku se předpokládá jeho pěstování v nižších nadmořských výškách, tedy v kukuřičné oblasti a na středně těžkých půdách řepařské oblasti. Jedná se o plodinu s tzv. C₄ cyklem, který jí umožňuje využívat při fotosyntéze nižšího množství CO₂ ve vzduchu při omezeném množství vody. Bér se vyznačuje krátkou vegetační dobou, dobře vyvinutým kořenovým systémem a schopností vegetace i v oblastech s nižším množstvím srážek. Právě teplotnost a tolerance k suchu činí z béru perspektivní plodinu v podmínkách očekávané změny klimatu (Hermuth a kol. 2023,

Martin a kol. 2021). V Česku se zabývá pěstováním a šlechtěním béru Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., kde vznikly nové odrůdy Rucereus a Ruberit testované v této práci.

V zemích, kde je bér tradičně pěstován, se mele na mouku a používá se do kaší, placek a na pečení. Obilky béru je možné loupat, nakličovat, pražit, použít na přípravu sladu, piva a jiných alkoholických nápojů. Vedle těchto tradičních postupů jsou hledány způsoby průmyslového zpracování formou hydrotermické úpravy, výroby vloček, extruze, enzymatické hydrolyzy nebo fermentace (Belval a Sajahta 2021, Akhil 2021, Fadly 2021, Putri 2021, Yang a kol. 2022). Při těchto technologických úpravách se mění nutriční parametry rostlinné suroviny, zejména rozpustnost a využitelnost škrobu a bílkovin. Současně se odstraňují nebo inaktivují antinutriční látky (Nazni a Devi 2016). Nově nachází bér jako přirozeně bezlepková plodina uplatnění v potravinách pro bezlepkovou dietu.

Obilky béru jsou s velikostí 1-1,5 mm velmi drobné, jejich barva je od žluté a krémové až po hnědou a červenou, HTS se pohybuje od 2 g do 4 g. Slupka obilek je velmi pevná a houževnatá, pro potravinářské účely se provádí loupání nebo obrušování, výtěžnost takového procesu je kolem 63-77 %. Zrno béru obsahuje 12,3 % bílkovin, 4,3 % tuku, 8 % vlákniny a 3,3 % minerálních látek (Sanyal a kol. 2021). Uvádí se obsah 15-30 mg/100 g vápníku, 3,4 mg sodíku, 94 mg draslíku, 2,3-2,8 mg/100 g fosforu, 1,7 mg zinku a 100-290 mg železa. Z vitaminů je ve 100 g béru přítomen zejména vitamin B₁ v množství až 0,6 mg/100g, dále 0,11 mg vitaminu B₂, 3,2 mg niacinu a 0,8 mg kyseliny panthotenové (Rodriguez a kol. 2020, Sanyal a kol. 2021).

Slupka obilek béru je tuhá, pevně spojená s endospermem a obtížně se odstraňuje mechanicky nebo hydrotermickým postupem. Například podle Akhila a kol. (2021) proces zahrnuje několikahodinové namáčení, napařování, sušení a loupání. Tento pracný a energeticky náročný proces je možné nahradit zpracováním metodou tzv. vysokorychlostního mletí. Vysokoenergetické/vysokorychlostní/ superjemné mletí/ mikronizace je jedním ze směrů zpracování potravin, který se v posledním období intenzivně rozvíjí. Jedná se o technologii, ve které je předáváno velké množství energie na jednotku mleté hmoty a ve které probíhají procesy neobvyklé u běžného mletí. V současné době se nejvíce používá pro zpracování cereálií a luštěnin. Může být zpracováno celé zrno a pak se jedná o bezodpadovou technologii. Mletý materiál je charakterizovaný velikostním profilem částic. Na velikosti částic závisí plocha povrchu částic, která je mnohonásobně větší proti původnímu stavu. Při mletí dojde k rozrušení vrstevnatých a vláknitých struktur zrna, štěpení zasahuje i do makromolekulárních struktur bílkovin a polysacharidů. Novým způsobem mleté materiály získávají unikátní vlastnosti naznačující nové možnosti použití do potravin (Gao a kol. 2020, Galanakis a kol. 2022, Jin a kol. 2020, Tiwari a Pojic 2021). Cílem této práce bylo ověřit použitelnost takto zpracovaného béru do klasických a bezlepkových pekařských výrobků.

Materiál

Béry italské Rucereus a Ruberit z udržovacího šlechtění VÚRV, sklizeň 2020, ostatní suroviny z maloobchodní sítě. Obě odrůdy béru byly umlety metodou vysokorychlostního mletí, při kterém do mouky přecházejí homogenizované celé obilky včetně obalových částí. Výhodou tohoto postupu je využití celého zrna a vysoká výtěžnost mlecího procesu. Vysokorychlostní mletí vzorků béru bylo provedeno v rámci služeb ve firmě FF Servis s využitím zařízení založeném na principu dvou protiběžných rotorů s využitím střížných sil pro homogenizaci materiálu až na velikost částic 7-40 μm (FF servis). Z vysokorychlostního mletí byly od každého kultivaru béru získány dvě frakce celozrnné mouky (dále CMB) o různé velikosti částic. Hrubší frakce měla ovšem stále ještě příliš pískovitá, jemnější frakce (5712 a 5709) byly použity na pečení chleba a dalšího pečiva. Ostatní suroviny byly zakoupeny v maloobchodní síti.

Metody

Sušina-sušení do konstantního úbytku hmotnosti, *bílkoviny* podle Kjeldahla (Nx6,25), *tuk* gravimetricky po kyselé hydrolýze a extrakci chloroformem, *popel* žiháním při 545 °C, *vláknina potravy* (TDF) AOAC enzymaticko-gravimetrickou metodou s využitím kitu firmy Merck (Sigma TDF-100A). Obsah *kyseliny fytové* byl stanoven na základě obsahu volného a vázaného fosforu enzymatickým kitem Megazyme K-PHYT 05/17, obsah *celkových fenolických látek* (CPL) spektrofotometricky po reakci s Folinovým činidlem. Obsah *aminokyselin* byl stanoven metodou RP HPLC po kyselé hydrolýze, předkolonové derivatizaci OPA a Fmoc a detekci v UV oblasti. Výsledky analýz jsou průměrem 2 paralelních stanovení. *Amylografické vlastnosti* směsi pšeničné mouky a bérů (podíl bérů 7-15 %) byly testovány na přístroji Amylograph E firmy Brabender. Na pečení chleba byla využita domácí pekárna ETA Duplica Vital.

Výsledky a diskuse

Nutriční charakteristika celozrnné mouky z bérů.

Složení obou kultivarů bérů (Tab. 1) je podobné, obsah tuku, bílkovin a minerálních látek odpovídá hodnotám udávaným Sharmou a kol. (2019) nebo Sanyal a kol. (2019). Obsah vlákniny potravy je výrazně vyšší, což odpovídá zpracování celého zrna. Nutriční parametry se budou nicméně měnit v závislosti na lokalitě a klimatických podmínkách pěstování. Kyseliny fytové a fenolické látky jsou významné svou antioxidační aktivitou (Sharma 2022), i když kyselina fytová je (spolu s taninem a saponiny) současně považována za antinutriční faktor.

Tab. 1 Složení celozrnné mouky z bérů Rucereus a Ruberit

Vzorek bérů (CMB)	Sušina	Bílkoviny	Tuk	Popel	TDF	Kyselina fytová	CPL
	(g/100 g bérů)						(mg/g)
Rucereus - žlutý, jemná frakce 5712	91,6	11,0	4,1	2,7	14,8	0,91	2,98
Ruberit - červený, jemná frakce 5709	91,4	10,3	4,6	2,2	17,5	0,77	3,92

CPL=celkový obsah fenolických látek TDF= vláknina potravy

Jak je patrné z tabulky složení aminokyselin (Tab. 2), vysoký je obsah kyseliny glutamové, což je typické pro rostlinné materiály, dále pak leucinu a alaninu. Nízký je naopak obsah sirných aminokyselin a lysinu. Tyto hodnoty jsou ve shodě s obsahem aminokyselin podle Rodrígueza a kol. (2020) a Hou a kol. (2023), kteří rozlišují ještě obsah tzv. hořkých aminokyselin, který je u bérů poměrně vysoký.

Tab. 2 Obsah aminokyselin (AA) v bílkovinách béru (mg AA/g bílkovin)

AA	Rucereus	Ruberit
Asp	73,9	84,0
Glu	159,1	186,2
Ser	44,0	50,2
His	23,6	25,6
Gly	31,1	35,4
Thr	46,3	51,2
Arg	31,4	35,5
Ala	90,1	103,4
Tyr	19,3	22,3
	Rucereus	Ruberit
Cys	1,9	2,0
Val	47,1	53,6
Met	13,2	13,3
Phe	54,0	62,8
Ile	45,2	52,2
Leu	127,0	149,1
Lys	18,9	21,2
Pro	85,5	101,3

Použití CMB ve vzorcích pečiva

Tab. 3 Výsledky amylografického měření kompozitních směsí pšeničné mouky hladké a CMB

	Název	Bér	Viskozity (AU)	Temperature (°C)
A - T530	BEAS 126H č.1	x	556	77,9
B - T530	BEAS 126H č.2	x	547	77,9
A - T530	BEAS 126H č.1	7%	775	82,9
B - T530	BEAS 126H č.2	7%	754	82,9
A - T530	BEAS 126H č.1	10%	751	83,0
B - T530	BEAS 126H č.2	10%	762	83,0
A - T530	BEAS 9H č.1	x	584	80,9
B - T530	BEAS 9H č.2	x	584	81,3
A - T530	BEAS 9H č.1	15%	877	85,8
B - T530	BEAS 9H č.2	15%	892	86,0

Tabulka 3 uvádí výsledky měření sacharido-amyázového komplexu v pšeničných a dvousložkových kompozitních moukách. Přístroj zaznamenává změny viskozity škrobových suspenzí, které při zahřívání mazovají a pak jsou vlivem amylytických enzymů hydrolyzovány za současného poklesu viskozity. Amylografické maximum udává stav, kdy už veškerý škrob vytvořil gel. Přidávky 7-15 % celozrnné bérové mouky přispěly k výraznému zvýšení amylografického maxima v závislosti na přídávku béru a také ke zvýšení teploty mazovatení. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v případě 15% náhrady pšeničné mouky CMB. Přidávky CMB byly nejdříve testovány v modelových recepturách na pšeničnožitný chléb s 30% podílem žita, kde bér částečně nahrazoval žito. Následovalo běžné pečivo, pak jsme se soustředili hlavně na bezlepkové pečivo, kde by měl bér najít především uplatnění. V případě modelového pečiva byl současně upečen i kontrolní vzorek bez přídávky CMB a pro porovnání bylo stanoveno základní nutriční složení. Podíl CMB je vztažen na obsah mouky v receptuře. CMB je významným zdrojem vlákniny, která dobře váže vodu. S touto skutečností je třeba počítat při přípravě těsta.

Výsledky nutričního složení u pšeničnožitných chlebů a běžného pečiva s CMB a u vzorků kontrolních se příliš neodlišují (Tab. 4). U vzorků s CMB je možné sledovat trend velmi mírného nárůstu obsahu bílkovin a tuku. V případě pšeničného pečiva a kváskového chleba došlo k poklesu objemu chleba, střídkka těchto vzorků byla méně pórovitá. Pouze u chleba kypřeného výhradně droždím byl objem vzorku s bérém poněkud vyšší. Chuť chlebů s bérém byla poměrně dobrá, i když speciálně u vzorků modelujících běžné pečivo vystupovala výrazněji hořká pachůť béru. Hořká chuť může být způsobena vyšším obsahem fenolických látek z obalů zrn nebo spíše působením oxidace, jak upozorňují i Barron a kol. (2021). Přídavek 12 % mouky z béru nerušil významně vnímání jemnosti střídky.

Tab. 4 Pšeničnožitný chléb a pšeničné pečivo s přidavkem béru (výsledky v g/100 g vzorku)

Pečivo	Čerstvý vzorek					Přepočet na sušinu			
	Sušina	Bílkoviny	Tuk	Popel	TD F	Bílkoviny	Tuk	Popel	TD F
chléb pš/ž drožd'ový kontrolní*	62,6	7,1	1,8	1,6	5,4	11,3	2,8	2,6	8,6
chléb pš/ž drožd'ový s bérém 12 %	61,6	7,6	2,1	1,7	4,2	12,3	3,4	2,8	6,7
chléb pš/ž kváskový s droždím kontrolní*	61,0	6,4	1,4	1,6	4,5	10,4	2,2	2,6	7,3
chléb pš/ž kváskový s droždím, bér 12,2 %	62,2	7,1	1,8	1,7	5,0	11,4	2,9	2,8	8,1
pšeničné pečivo modelové kontrolní*	64,7	8,3	1,6	1,5	4,9	12,8	2,5	2,3	7,6
pšeničné pečivo modelové 12 % béru	65,7	8,7	2,0	1,5	6,0	13,3	3,0	2,3	9,1

*Bez přidavku CMB

Hlavní oblast využití béru lze předpokládat v potravinách pro osoby s intolerancí lepku, tedy pro bezlepkovou dietu (Tab. 5) Podle Kamary a kol. (2009) je mezi bílkovinnými frakcemi béru obsaženo nejvíce prolaminů (25,8-38,8 %), následují gluteliny 16-47,2 %, albuminy (1,5 - 2,6 %) a globuliny (1,4-2,5 %). Nicméně prolaminu a gluteliny béru neobsahují epitopy (sekvence) aminokyselin toxické pro osoby s celiakií. Tyto epitopy jsou typické pro všechny druhy pšenice a pro žito i ječmen. Funkční vlastnosti bílkovin béru jsou zcela odlišné od bílkovin pšenice. Bílkoviny béru nejsou schopny tvořit v těstě prostorovou síť zachycující bubliny plynu při kynutí těst, kypření nebo při našlehání. V bezlepkovém těstě je třeba zajistit soudržnost pečiva a pružnost střídky jiným způsobem. Nejjednodušší je přidavek vajec nebo vaječného bílku, mohou se použít i různé rostlinné hydrokoloidy typu guarové gummy, xanthanu nebo psyllia, případně bobtnavé škroby. V uvedeném pečivu byla v bezlepkových recepturách s přidavkem CMB kromě vajec použita především guarová guma.

Tab. 5 Pečivo s přidavkem CMB – obsah bílkovin a tuku (v g/100 g vzorku)

Výsledky	Sušina	Bílkoviny	Tuk
Dýňové řezy s bérém (pohanková mouka, bér 50 %)	48,9	6,1	5,9
Sýrový chléb bezlepkový I. (tapioka, bér 16,7 %)	74,0	10,2	18,6
Sýrový chléb bezlepkový II. (tapioka, poh. mouka, bér 14,9 %)	79,7	11,2	20,0
Sýrové tyčinky (rýžová mouka, bér 36 %)	91,7	16,5	36,9
Perník (pš. mouka, oves. vločky, bér 25 %)	60,4	7,4	11,3
Křehké těsto sladké s oříšky (bér 10 %)	81,4	10,8	26,2
Křehké těsto bezlepkové slané (bér 10 %)	58,4	9,3	17,1
Korpus/muffin bezlepkový s mandlemi (bér 10,7 %)	91,1	13,3	27,6
Korpus/muffin bezlepkový s arašídami (bér 10,7 %)	88,1	12,7	27,5
Makovec (7-10 % béru)	69,6	11,2	4,3
Jemné kokosové pečivo (bér 5,7-10,3)	93,9	12,6	22,7

Byly vyzkoušeny i další možnosti využití CMB do bezlepkového pečiva, u některých vzorků v kombinaci cereálních surovin s tvarohem, s luštěninovými moukami nebo lupínky z luštěnin (Tab. 6). U vzorků slaného pečiva a korpusu na koláč byl sledován obsah bílkovin, které mohou být v recepturách na bezlepkové pečivo vzhledem k častému používání škrobů deficitní. Dávka CMB do bezlepkového chleba byla nižší, protože celozrnná mouka snižuje objem pečiva a v bezlepkovém pečivu je obtížnější optimálního objemu docílit.

Tab. 6 Další bezlepkové produkty s CMB

Bezlepkový chléb - modelová receptura (škroby, pohanková a jahelná mouka, bér 7,5 %)
Syrníky bezlepkové (tvaroh, bér 36,6 %)
Palačinky bezlepkové (pohanka, bér 13 %)
Slané bezlepkové škvarkové pečivo (bér 9,1-11,1 %) – bílkoviny 10,8-15,4 %
Bezlepkový korpus na koláč bez vajec a mléka (bér 5,6-11,1 %) – bílkoviny 4,8-8,7 %

Z obecnějšího pohledu se jeví jako nejlepší využití CMB do nekynutého pečiva, nejlépe s obsahem ořechů, máku nebo jiných semínek. Tyto suroviny spolu s cukrem maskují nahořklou příchuť CMB a případnou pískovitou texturu produktů. Optimální podíl CMB, vztaženo na mouku v receptuře, se pohybuje v rozmezí 5-15 %. V případě použití mouky z oloupaných obilok bér by mohl být tento podíl vyšší, ovšem za cenu menší výtěžnosti mouky při mletí a ztráty vlákniny a dalších nutričních látek vázaných na obalové vrstvy zrna.

Závěr

Byly hodnoceny celozrnné mouky získané vysokorychlostním mletím kultivarů bér italského Rucereus a Ruberit. Oba kultivary se příliš neliší v základním nutričním složení. V amylografickém hodnocení přidavek celozrnné bérové mouky zvyšoval teplotu mazovatení škrobu a amylografické maximum. Optimální přidavek CMB do pšeničnožitného chleba a běžného pečiva činí cca 12 %. Do bezlepkového pečiva se jako optimální jeví přidavek 5–15 % CMB (vztaženo na mouku v receptuře), při vyšším přidavku se může projevit jistá pískovitost pečiva a případně hořká chuť.

V bezlepkovém těstě je třeba zajistit soudržnost pečiva a pružnost střídky využitím vajec nebo vaječného bílku, rostlinných hydrokoloidů a jiných surovin zvyšujících vaznost a viskozitu těsta. V bezlepkových recepturách je vhodná například kombinace bérové mouky s pohankovou moukou, s lněnou moukou, chia nebo lněnými semínky. V souladu s literárními údaji je třeba používat CMB čerstvou a skladovat ji v chladu.

Literatura

- Akhil, K.G., Rao, M.V., Suni, C.K., Rawson, A., Mohan, R.J.: Effect of parboiling treatment on de-husking of foxtail millet (*Setaria italica* L.) Int. J. Chem. Studies, 2021; 9(1): 2352-2356.
- Barron, C., Micard, V., Lullien-Pellerin, V.: Whole grain Fractions and Their Utilization in Foods. In Landberg, R., Scheers, N.: Whole Grains and Health. John Wiley & Sons Ltd. 2021
- Belval, E, Sujahta, M.: Development of foxtail millet incorporated breakfast recipes and their comparison with traditional recipes made of cereals Int. J. Home Sci., 2021; 7(3): 147-151
- Fadly, D., Sutarno, W.U., Muttalib, S.Y., Muhajir, M., Mujahidah, F.F.: Plant-based milk developed from Soy (*Glycine max*) and foxtail millet (*Setaria italica*). IC-FSSAT 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 807 (2021) 022063 IOP Publishing.
- Galanakis, C.M. Sustainable Applications for the Valorization of Cereal Processing By-Products. Foods 11, 2022, 241.
- Gao, W., Chen, F., Wang, X., Meng, Q.: Recent advances in processing food powders by using superfine grinding techniques: A review Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 19 (4), 2020, 1–34.
- FF servis firemní informace, <https://www.ffservis.cz/> Přístup leden 2023
- Hermut, J. a kol.: Pěstební technologie a praktické využití českých vyšlechtěných odrůd bėru italského. Ověřená technologie. VÚRV, Praha 2023.
- Hou, S.; Men, Y.; Wei, M.; Zhang, Y.; Li, H.; Sun, Z.; Han, Y. Total Protein Content, Amino Acid Composition and Eating-Quality Evaluation of Foxtail Millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv). Foods, 2023, 12, 31.
- Jin, X., Lin, S., Gao, J., Wang, Y., Ying, J., Dong, Z., Zhou, W.: How manipulation of wheat bran by superfine-grinding affects a wide spectrum of dough rheological properties J. Cereal Sci., 96, 2020, 103081.
- Kamara, M.T, Ming, Z.H , Kexue, Z.: Extraction, characterization and nutritional properties of two varieties of defatted foxtail millet flour (*Setaria italica* L.) grown in China. Asian J Biochem., 4, 2009, 88–98.
- Martin, L., Messenger, E., Bedianashvili, G. et al. The place of millet in food globalization during Late Prehistory as evidenced by new bioarchaeological data from the Caucasus. *Sci Rep* 11, 2021, 13124.
- Nazni, P., Devi, S.R.: (2016) Effect of Processing on the Characteristics Changes in Barnyard and Foxtail Millet. J Food Process Technol, 7, 2016, 566.
- Putri, R.A. N., Rahmi, A., Nugroho, D.A.: Cereal flakes from *Ipomoea batatas* and *Setaria italica* as emergency food: chemical, microbiological, and sensory properties during storage, J. Pangan Agroindustri, 9(4), 2021, 227-233.
- Rodríguez JP, Rahman H, Thushar S, Singh RK (2020) Healthy and Resilient Cereals and Pseudo-Cereals for Marginal Agriculture: Molecular Advances for Improving Nutrient Bioavailability. *Front. Genet.* 11:49.
- Sanyal, R., Jawed, D., Kumar, N., Kumar, S.: Small Millets (Nutri cereals): Food for the Future. *Biotica Research Today*, 3(9), 2021, 793-796.
- Sharma, R., Sharma, S.: Anti-nutrient & bioactive profile, *in vitro* nutrient digestibility, techno-functionality, molecular and structural interactions of foxtail millet (*Setaria italica* L.) as influenced by biological processing techniques. *Food Chem.*, 368 (1), 2022, 130815.
- Sharma, B. Gujral, H.S.: Influence of nutritional and antinutritional components on dough rheology and *in vitro* protein & starch digestibility of minor millets. *Food Chem.*, 299, 2019, 125115.

Tiwari, U., Pojic, M.: Introduction to Cereal Processing: Innovative Processing Techniques. In Innovative Processing Technologies for Healthy Grains, First Edition. John Wiley & Sons Ltd., 2021

Yang, T., Ma, S., Liu, J., Sun, B., Wang, X.: Influences of four processing methods on main nutritional components of foxtail millet: A review. Grain Oil Sci Technol., 5, 2022, 156-165.

Dedikace:

Práce byla provedena v rámci projektu výzkumné infrastruktury METROFOOD-CZ, grant MŠMT: LM2023064 a za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0323.

Kontaktní adresa:

Ing. Jana Rysová
Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.
Radiová 7, Praha 10,102 00, Hostivař
Tel. 296 792 389; j.rysova@vupp.cz

Vplyv biologicky účinných preparátov na obsah fenolových zlučenín vo vybraných strukovinách

The influence of biologically effective preparations on the phenolic content compounds in selected legumes

Zetochová E.¹, Vollmannová A.²

¹NPPC, Piešťany, SR

²SPU Nitra – Katedra chémie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Nitra, SR

Abstrakt

Štúdia bola zameraná na vplyv inokulantu a rastového stimulantu v zmesi s rastovým stimulantom v semenách vybraných strukovín na obsah bioaktívnych látok. Z biologicky účinných preparátov bol použitý inokulant Rizobín a rastový regulátor Lexin. Najvyššie hodnoty obsahu kyseliny kávovej boli vyhodnotené u odrody Solnecnyj variant A, Primorskij variant B, Alban variant C. Vyhodnotením celkového obsahu polyfenolov bol v odrodách Nelly a Alban potvrdený štatistický rozdiel variant A/variant C, variant B/variant C. Štatistické rozdiely boli preukazné v obsahu celkových polyfenolov odrodách cícera baranieho Krajova z Kralovej variant A/variant B, variant A/variant C, variant B/variant C a Maskovsky Bagovec variant A/variant C, variant B/variant C. Hodnoty antioxidačnej aktivity semien hrachora siateho vykazovali štatisticky významný rozdiel v odrodách Arida variant A/variant C, variant B/variant C a Cachticky cicer variant B/variant C.

Kľúčová slova: lupina, cícer, hrachor, inokulant, rastový regulátor

Abstract

The study was focused on the influence of inoculant and growth stimulant in a mixture with a growth stimulant in the seeds of selected legumes on the content of bioactive substances. Among the biologically effective preparations, the inoculant Rizobin and the growth regulator Lexin were used. The highest values of the content of caffeic acid were evaluated in the variety Solnecnyj variant A, Primorskij variant B, Alban variant C. By evaluating the total content of polyphenols, a statistical difference variant A/variant C, variant B/variant C was confirmed in the Nelly and Alban varieties. The statistical differences were evident in the content of total polyphenols in the chickpea varieties Krajova z Kralovej variant A/variant B, variant A/variant C, variant B/variant C and Maskovsky Bagovec variant A/variant C, variant B/variant C. The antioxidant activity values of the seeds of the grasspea showed statistically significant difference in varieties Arida variant A/variant C, variant B/variant C and Cachticky cicer variant B/variant C.

Keywords: lupine, chickpea, grasspea, inoculant, growth regulator

Úvod

Strukoviny sú významné a doteraz stále dostatočne nedocenené plodiny. Radíme ich medzi jedny z prvých plodín pestovaných ľudstvom a zostali základným jedlom pre mnohé kultúry po celom svete. Tieto semená sú celosvetovo oceňované ako lacná mäsová alternatíva a sú považované za druhý najdôležitejší zdroj potravy po obilninách. (Maphosa et al., 2016). Z ekonomického hľadiska predstavuje *Fabaceae* druhú najvýznamnejšiu rodinu pestovaných rastlín, ktorá tvorí približne 27% svetovej produkcie plodín (Nascimento et al., 2018). Strukoviny sú dobrým zdrojom bielkovín, škrobu, vlákniny, vitamínov a minerálnych prvkov a tiež obsahujú významné množstvá fenolových zlučenín, ako sú fenolové kyseliny a flavonoidy, ktoré majú významné antioxidačné vlastnosti prospešné pre ľudské zdravie (Mudryj et al., 2014, Corana et al., 2016). Strukoviny sú bohaté na fenolové zlučenie a zahŕňajú rôzne podkategórie, ako sú triesloviny, flavonoidy, izoflavóny, fenolové kyseliny

(napríklad kyselina kávová, ferulová, sinapová a *p*-kumarová) a antokyány. Tieto zlúčeniny sú primárne koncentrované v obaloch semien strukovín (Gan et al., 2016) a sú zodpovedné za farbu a chuť semien. Všeobecne platí, že najtmavšie odrody strukovín majú tendenciu mať vyššie množstvo fenolových zlúčenín ako svetlé semená (Singh et al., 2020). Flavonoidy obsiahnuté v semenách strukovín pôsobia ako antioxidanty a zabraňujú mnohým chorobám, ako je rakovina, artérioskleróza, autoimunitné choroby, zápaly a starnutie (Shweta and Rana, 2017). Rastliny rodu *Lupinus* sú neškrobové strukoviny so semenami, ktoré sú bohatým zdrojom bielkovín (Villarino, et al., 2016). Biologická aktivita a atribúty kvality sú spojené s obsahom fenolových látok v lupine. Tiež antibakteriálna aktivita závisí od obsahu celkových fenolových zlúčenín (Lampart-Szezapa et al., 2003). Cícer patrí medzi hlavné pestovateľské komodity medzi poľnými plodinami (Kumar, 2019). Má dôležitú úlohu z hľadiska udržiavania úrodnosti pôdy prostredníctvom biologickej fixácie dusíka (Cherinet and Tazebachew, 2016). Okrem toho cícer obsahuje fytochemikálie, ako sú fenolové zlúčeniny, ktorých obsah predstavuje 0,72 až 1,81 mg / g semena (Rachwat et al., 2015). Hrachor siaty sa vyznačuje nenáročným pestovaním (Vaz Patto et al. 2006). Je tolerantný k abiotickému stresu, ako je sucho alebo vlhké pôdy (Zhou et al. 2016). Strukoviny patria k najlepším predplodinám, najmä pre pšenicu, pri ktorej zvyšujú úrody o 0,6 - 1 t.ha⁻¹ (Pospíšil and Candráková, 2004). Asi 80% biologicky fixovaného dusíka pochádza zo symbiôzy strukovín z čeľade *Rhizobiaceae* (Makkar and Jangra, 2017). Prítomnosť rhizobií zvyšuje produktivitu rastlín bez poškodenie ľudského zdravia a životného prostredia (Hamza and Alebejo, 2017). V podmienkach, kde sa nepredpokladá výskyt voľných rhizobií v pôde, sa pristupuje k inokulácii (bakterizácii) osiva. Inokulácia je proces aplikácie baktérií na osivo, aby bolo zaistené dostatočné množstvo najúčinnějších kmeňov. Tie sú dodávané v živej forme za účelom vytvorenia aktívnych hrčiek na koreňoch plodiny. Práškové alebo granulované preparáty obsahujú aktívne baktérie, ktoré sú schopné na koreňovom systéme rastlín a v pôde viazať zo vzduchu na ploche 1 hektára až 150 kg čistého dusíka (Šariková, 2014). Lexin je koncentrovaný roztok humínových kyselín, fulvokyselín a auxínov, ktoré podporujú delenie a predlžovanie rastlinných buniek. Pozitívny vplyv auxínu na delenie a rast rastlinných buniek potvrdil Procházka et al., (2015a). Proces ošetrovania semien môže byť kombinovaný s očkovaním strukovín. Môžeme tak konštatovať, že zlepšenie osiva je jedným z veľmi lacných a vysoko účinných metód ochrana rastlín a stimulácia rastu (Procházka et al., 2016). Lexin priaznivo ovplyvňuje priepustnosť bunkových membrán, vďaka čomu stimuluje rast rastlín, ich regeneráciu, tvorbu koreňov, príjem a využitie rastlinných živín.

Materiál a metódy

Cieľom tejto štúdie bolo porovnanie vplyvu inokulantu a inokulantu v zmesi s rastovým stimulátorom v semenách lupiny bielej, cícera baranieho a hrachora siateho na obsah bioaktívnych látok. Vybraný rastlinný materiál tvorilo 11 genotypov lupiny bielej zahraničného pôvodu: Alban (FRA), Astra (CHL), R-933 (POL), Satmarean (ROM), Nelly (HUN), POP I. (POL), Los Palacios (ESP), Primorskij (RUS), Sonecnyj (SUN), Weibit (DEU), WTD (POL), 6 genotypov cícera baranieho Krajova z Kralovej, Maskovsky Bagovec, Businsky, Slovak, Beta a Alfa a tri genotypy hrachora siateho Arida, Krajova z Kralovej a Cachticky cícer, slovenského pôvodu. Vybrané genotypy boli dopestované v rokoch 2020-2021 na pokusných parcelkách Výskumného ústavu rastlinnej výroby v Piešťanoch v troch opakovaníach, kontrolný variant A, variant s pridaním inokulantu B a variant C s pridaním inokulantu v kombinácii s rastovým stimulátorom. Výsevok bol prepočítaný na veľkosť parcelky 5,1m² v závislosti od HTS vybraných odrôd zvolených druhov strukovín. Plodiny boli vysiate v riadnom agrotechnickom termíne začiatkom apríla. Z dôvodu nepravidelného dozrievania bol zvolený ručný zber. Termín zberu bol pre cícer 3.8-20.8.2020, hrachor – 23.8.2020 a lupinu 27.7.2020. V roku 2021 bol termín zberu pre všetky sledované plodiny v čase od 21.7-28.7.2021. Z agrochemických

prípravkov bol aplikovaný v obidvoch rokoch posejbový herbicíd a z dôvodu silného výskytu hubových chorôb bol počas vegetácie aplikovaný v troch dávkach fungicídny prípravok. Insekticíd sme aplikovali v jednej dávke. Z biologicky účinných preparátov bol použitý inokulant Rizobín, vhodný na inokuláciu osiva bôbových rastlín. Má vysoký obsah živých baktérií - až 5×10^9 . Účinnou zložkou je *Brandyrhizobium japonicum*. Ako spojivo je v preparáte použitý organický polymér. Inokulant Rizobín bol aplikovaný ručným premiešaním osiva na základe prepočtu dávky $350 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ďalším biologicky účinným preparátom bol regulátor rastu a pôdny kondicionér Lexin, ktorý predstavuje zmes humínových kyselín, fulvokyselín a ich solí. Lexin vyrába Lexicon plus s.r.o. Rastový legulátor Lexin sme aplikovali spolu s morením osiva v dávke $0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, následne v 2 fázach v období 1.-3. pravého listu a 2-3 týždne po prvej aplikácii.

Na prípravu extraktov podľa Twiselmana sme použili vysušené a zhomogenizované semená lupiny bielej (*Lupinus albus* L.), cícera baranieho (*Cicer arietinum* L.) a hrachora siateho (*Lathyrus sativus* L.) získaných z kolekcie strukovín dopestovaných na pokusných parcelkách Výskumného ústavu rastlinnej výroby v Piešťanoch. Celkový obsah polyfenolov sme stanovili štandardnou, všeobecne používanou spektrofotometrickou metódou, pomocou spektrofotometra Shimadzu UV-1800 s použitím Folin-Ciocalteuovho skúmadla podľa **Lachmana et al. (2003)**. Výsledky boli prepočítané a vyjadrené ako mg ekvivalentov kyseliny galovej na kg rastlinného materiálu. Obsah vybraných fenolových zlúčenín kyseliny kávovej, kyseliny trans-ferulovej sme hodnotili HPLC metódou podľa (**Gabriele et al.**). Sledované látky boli stanovené s použitím vysokoúčinného kvapalinového chromatografu Agilent 1260. Získané dáta boli spracované pomocou softvéru Agilent OpenLab ChemStation pre LC 3D systémy. Antioxidačnú aktivitu sme stanovili všeobecne akceptovanou metódou, ktorá je založená na základe použitia zlúčeniny DPPH (2,2 – difenyl-1-pikrylhydrazyl) podľa **Brand-Williamsa (1995)**. Získané výsledky boli spracované štatistickým programom STATGRAPHICS Centurion XVI, 2009 od StatPoint Technologies, Inc www.STATGRAPHICS.com. Každý parameter bol testovaný v štyroch opakovaníach.

Výsledky

Všetky bioaktívne zlúčeniny prítomné v semenách lupiny a fenolové zlúčeniny sú primárne zodpovedné za antioxidačnú kapacitu lupinových semien (Khan et al., 2015). Z fenolových kyselín sme sa zamerali u lupiny bielej na obsah kyseliny kávovej a kyseliny trans-ferulovej. Celkový priemerný obsah fenolových kyselín vo vybraných odrodách lupiny bielej vo variantoch A, B a C za roky 2020-2021 uvádza tabuľka 1.

Tabuľka 1. Priemerný obsah fenolových kyselín v semenách lupiny bielej vo variante A, B, C za obdobie 2020-2021 v (mg. kg⁻¹ SH)

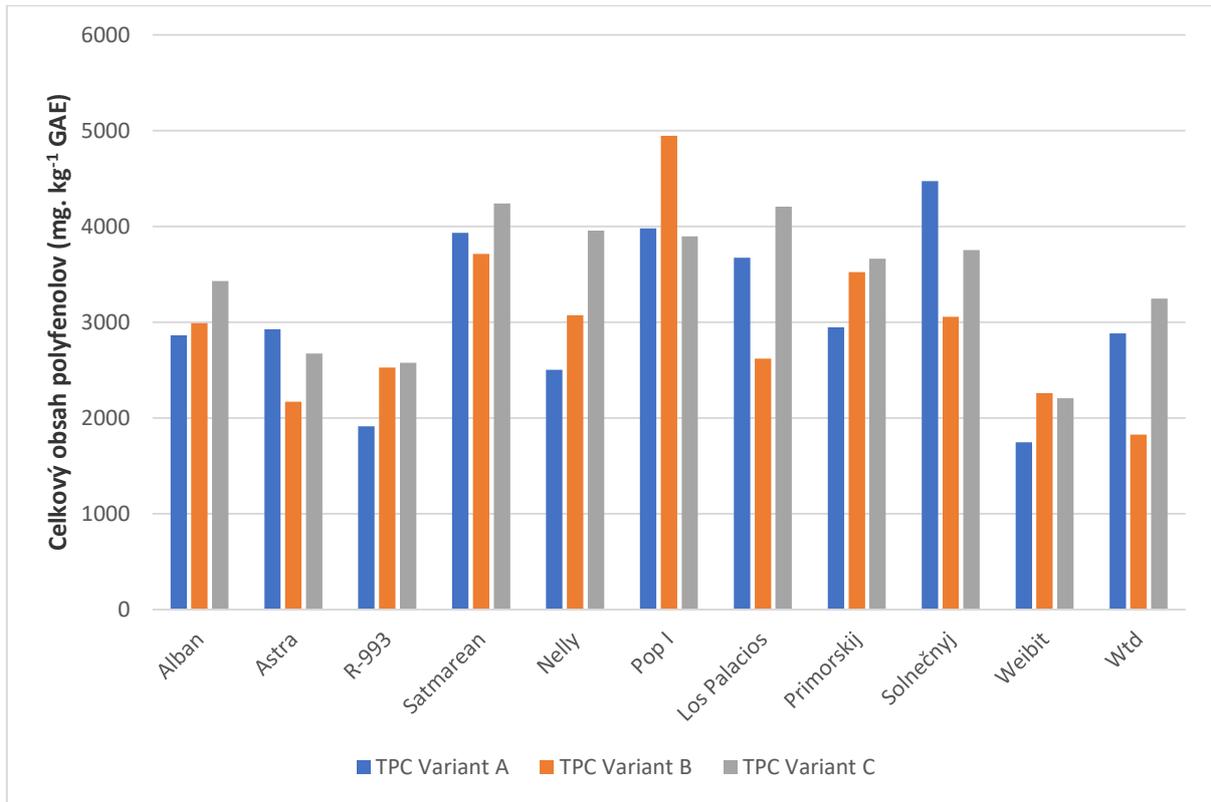
Plodina/Odroda	Priemerný obsah fenolových kyselín v semenách lupiny bielej					
	Kyselina kávová			Kyselina trans-ferulová		
Lupina biela	Variant A	Variant B	Variant C	Variant A	Variant B	Variant C
Alban	85,39 ^a	85,76 ^a	111,17 ^b	3,17 ^a	3,05 ^a	3,29 ^a
Astra	75,32 ^a	64,90 ^a	70,62 ^a	3,70 ^b	2,64 ^a	5,80 ^c
R-933	29,07 ^a	82,20 ^b	70,25 ^b	ND	ND	ND
Satmarean	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nelly	67,36 ^{ab}	49,26 ^a	88,91 ^b	ND	ND	ND
Pop I	86,36 ^a	92,43 ^a	73,04 ^a	ND	ND	ND
Los Palacios	57,17 ^a	29,18 ^a	64,63 ^a	ND	ND	ND
Primorskij	56,35 ^a	115,41 ^b	62,57 ^b	ND	ND	ND
Solnečnýj	116,69 ^b	83,20 ^a	89,87 ^{ab}	ND	ND	ND
Weibit	24,81 ^a	44,73 ^a	74,69 ^b	ND	ND	ND
WTD	59,96 ^a	40,52 ^a	84,51 ^b	ND	ND	ND

Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4, Rozdielne písmená (a,b,c) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p <0,05) medzi jednotlivými variantami, Kruskal -Wallisov Test.

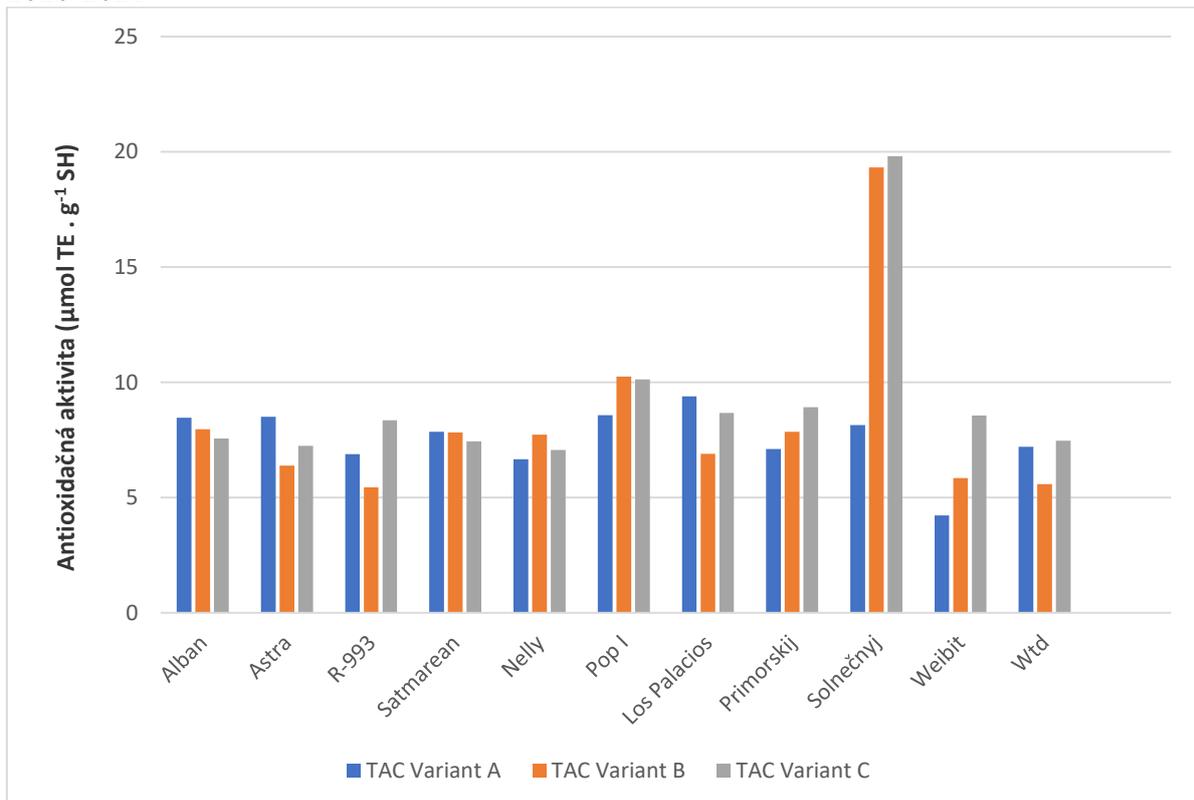
Najvyššie hodnoty obsahu kyseliny kávovej boli vyhodnotené u odrody Solnečnýj (116,69 mg. kg⁻¹SH) vo variante A, odrody Primorskij (115,41 mg.kg⁻¹SH) vo variante B a variant C obsahoval (111,17 mg.kg⁻¹SH) u odrody Alban. Štatistickým porovnaním obsahu kyseliny kávovej v jednotlivých variantoch boli zistené preukazné rozdiely v odrode Alban variant A/variant C, variant B/variant C. Obsah kyseliny trans-ferulovej bol detekovaný len v odrodách Alban, a Astra vo všetkých variantoch. Štatisticky významný rozdiel bol preukazný v odrode Astra variant A/variant B, variant A/variant C, Variant B/variant C.

Vo všetkých hodnotených odrodách lupiny bielej sme vyhodnotili celkový obsah polyfenolov a antioxidačnú aktivitu vo variantoch A,B, C (Graf 1, 2). Vyhodnotením celkového obsahu polyfenolov nebol zaznamenaný preukazný štatistický rozdiel medzi variantmi A, B a C v odrodách R-933, Satmarean a Weibit. V odrodách Nelly a Alban bol potvrdený štatistický rozdiel variant A/variant C, variant B/variant C. Hodnoty antioxidačnej aktivity sa pohybovali od 4,23 μmol TE.g⁻¹SH (Weibit) do 9,39 μmol TE.g⁻¹SH (Los Palacios) vo variante A. Pridaním inokulantu sa obsah menil od 5,44 μmol TE. g⁻¹SH (R-933) do 19,32 μmol TE. g⁻¹SH (Solnečnýj). Po aplikácii kombinácie inokulantu s rastovým stimulátorom vo variante C boli hodnoty antioxidačnej aktivity v rozmedzí od 7,07 μmol TE.g⁻¹SH (Nelly) do 19,81 μmol TE.g⁻¹SH (Solnečnýj). Štatistické rozdiely v rámci jednotlivých variantov A, B a C boli zaznamenané vo všetkých odrodách okrem odrody WTD. Kolektív autorov Skwarylo-Bednarz et al. 2019 uvádza, že celková antioxidačná aktivita sa mení v závislosti od odrody, čo sa potvrdilo aj v našich analýzach. Obsah antioxidačnej aktivity a celkový obsah polyfenolov sa v našej štúdií menil aj v závislosti od jednotlivých hodnotených variantov A, B a C.

Graf 1. Celkový priemerný obsah polyfenolov v semenách lupiny bielej vo variante A, B, C v rokoch 2020-2021



Graf 2. Priemerná antioxidačná aktivita v semenách lupiny bielej vo variante A, B, C v rokoch 2020-2021



Celkový priemerný obsah polyfenolov a priemernú antioxidantnú aktivitu v semenách cícera baranieho a hrachora siateho vo variante A, B, C vyjadruje tabuľka 2.

Celkový priemerný obsah polyfenolov v semenách cícera baranieho sme najvyšší zaznamenali u odrody Maskovsky Bagovec (643,09 mg.kg⁻¹GAE) vo variante A. Vo variante s pridaním inokulantu B mala najvyšší obsah TPC odroda Krajova z Kralovej (690,91 mg.kg⁻¹GAE). Zároveň sa u tejto odrody vyhodnotil najvyšší obsah TPC vo variante C po aplikácii zmesi inokulantu s rastovým stimulátorom (853,98 mg.kg⁻¹GAE). Štatistické rozdiely boli preukazné v odrodách Krajova z Kralovej variant A/variant B, variant A/variant C, variant B/variant C a Maskovsky Bagovec variant A/variant C, variant B/variant C. V odrodách Businsky a Alfa boli potvrdené štatisticky významné rozdiely variant A/variant B, variant B/variant C. U odrody Beta sme nezaznamenali preukazný štatistický rozdiel v rámci variantov A, B a C.

Najvyššia priemerná antioxidantná aktivita cícera baranieho bola vyhodnotená vo variante A u odrody Slovak (5,53 μmol TE.g⁻¹SH), vo variante B u odrody Krajova z Kralovej (7,34 μmol TE.g⁻¹SH). Odroda Slovak dosiahla tiež najvyššiu antioxidantnú aktivitu tiež vo variante C (6,59 μmol TE.g⁻¹SH). V skúmaných semenách hrachora siateho sme vo všetkých troch variantoch zaznamenali najnižšie priemerné hodnoty celkového obsahu polyfenolov v porovnaní s hodnotami nameranými v semenách lupiny bielej a cícera baranieho. Vo variante A obsah TPC klesal v nasledovnom poradí Arida > Cachticky cicer > Krajova z Kralovej, vo variante B Cachticky cicer > Krajova z Kralovej > Arida a vo variante C Arida > Cachticky cicer > Krajova z Kralovej. V priemerných hodnotách antioxidantnej aktivity semien hrachora siateho bol preukazný štatisticky významný rozdiel v odrodách Arida variant A/variant C, variant B/variant C a Cachticky cicer variant B/variant C.

Tabuľka 2. Celkový priemerný obsah polyfenolov a priemerná antioxidantná aktivita v semenách cícera baranieho a hrachora siateho vo variante A, B, C za obdobie 2020-2021

Plodina/Odroda	Celkový obsah polyfenolov TPC (mg. kg ⁻¹ GAE)			Antioxidantná aktivita (μmol TE . g ⁻¹ SH)		
	Variant A	Variant B	Variant C	Variant A	Variant B	Variant C
Cícer baraní						
Krajova z Kralovej	436,98 ^a	690,91 ^b	853,98 ^c	4,59 ^a	7,34 ^c	5,97 ^b
Maskovsky Bagovec	643,09 ^b	610,89 ^b	320,49 ^a	4,90 ^a	5,03 ^a	5,66 ^a
Businsky	322,33 ^a	555,45 ^b	199,18 ^a	4,36 ^a	5,80 ^b	3,35 ^a
Slovak	363,38 ^a	400,17 ^{ab}	635,66 ^b	5,53 ^a	6,50 ^{ab}	6,59 ^b
Beta	440,31 ^a	381,02 ^a	456,04 ^a	5,45 ^a	5,09 ^a	5,05 ^a
Alfa	340,13 ^a	496,24 ^b	367,31 ^a	4,42 ^a	5,59 ^b	5,35 ^b
Hrachor siaty						
Arida	245,95 ^{ab}	142,35 ^a	314,72 ^b	4,89 ^a	4,81 ^a	7,55 ^b
Krajova z Kralovej	183,35 ^b	159,55 ^b	101,08 ^a	5,14 ^a	5,76 ^a	4,98 ^a
Cachticky cicer	216,44 ^a	235,93 ^a	194,63 ^a	6,35 ^{ab}	6,91 ^b	5,49 ^a

Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4), Rozdielne písmená (a,b,c) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p <0,05) medzi jednotlivými variantami, Kruskal -Wallisov Test.

Diskuze

Aplikácia inokulantu a zmesi inokulantu s rastovým stimulátorom nemala jednoznačný vplyv na zmeny obsahu fenolových látok a antioxidantnú aktivitu semien skúmaných odrôd v rámci jednotlivých druhov strukovín. Účinok sa prejavil rozdielmi tak v odrodách, ako aj v druhoch strukovín. Môžeme konštatovať, že na základe našich výsledkov sa kyselina kávoová javí ako

dominantná z hodnotených fenolových kyselín v semenách lupiny bielej. Podľa štúdie autorov Siger et al. 2012 koncentrácia kyseliny kávovej v semenách lupiny bielej predstavovala iba 0,58 mg.kg⁻¹SH, čo nekorešponduje s našimi nameranými hodnotami, ktoré boli vo všetkých skúmaných odrodách lupiny bielej a tiež sledovaných variantoch vyššie. Obsah kyseliny kávovej bol po aplikácii zmesi s rastovým stimulátorom vyšší v 5 odrodách lupiny bielej. Variant C sa vyznačoval zvýšením obsahu trans-ferulovej v dvoch odrodách lupiny bielej. Podobne v 7 odrodách lupiny bielej boli vyššie aj hodnoty TPC vo variante C a len u 2 odrôd sme zaznamenali zvýšenie antioxidačnej aktivity vo variante s pridaním inokulantu. V odrodách cícera baranieho a hrachora siateho sa účinok zmesi inokulantu s rastovým stimulátorom prejavil nejednoznačne. Je známe, že obsah fenolových zlúčenín a antioxidačná kapacita rastlín sa líšia v závislosti od druhu a kultivaru. Napriek tomu boli pri niektorých jedlých rastlinách pozorované výrazné rozdiely medzi divými a pestovanými odrodami (Karamac et al., 2018).

Záver

Naše výsledky naznačujú, že aplikácia inokulantu a zmes inokulantu s rastovým stimulátorom diferencovane pôsobila na obsah rôznych fenolových substancií, pričom úlohu zohrávala nielen odroda, ale aj druh strukoviny.

Literatura

- Brand-Williams, Wendy; Cuvelier, Marie-Elisabeth; Berset, C. L. W. T. Use Of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. *Lwt-Food Science And Technology*, 1995, 28.1: 25-30.
- Cornara, L. – Xiao, J. – Burlando, B. 2016. Therapeutic Potential Of Temperate Forage Legumes: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56: S149–S161.
- Gabriele, M. – Pucci, L. – Árvay, J. – Longo, V.: Anti-Inflammatory And Antioxidant Effect Of Fermented Whole Wheat On Tnf α -Stimulated Ht-29 And Nf-Kb Signaling Pathway Activation. *Journal Of Functional Foods*, 45, 2018, Pp. 392–400.
- Gan, R. Y. – Shah, N.P. – Wang, M.F. – Lui, W.Y. – Corke, H. 2016. Fermentation Alters Antioxidant Capacity And Polyphenol Distribution In Selected Edible Legumes. *International Journal Of Food Science & Technology*, 2016, 51.4:875-884.
- Karamac, M. – Orak, H. H. – Amarowicz, R. – Orak, A., & Piekoszewski, W. 2018. Phenolic Contents And Antioxidant Capacities Of Wild And Cultivated White Lupin (*Lupinus Albus L.*) Seeds. *Food Chemistry*, 258, 1-7.
- Hamza, T. A. – Alebejo, A. L. 2017. Isolation And Characterization Of Rhizobia From Rhizosphere And Root Nodule Of Cowpea, Elephant And Lab Lab Plants. *Int. J. Nov. Res. Interdiscip. Stud*, 4: 1-7.
- Khan, M. K. – Karnpanit, W. – Nasar-Abbas, S. M. – Zill-E-Huma Jayasena, V. 2015. Phytochemical Composition And Bioactivities Of Lupin: A Review. *Int. J. Food Sci. Technol*, 50: 2004-2012.
- Kumar, A. 2019. Plant Growth Promoting Rhizobacteria For Agricultural Sustainability: *Berlin: Springer, Doi*, 10: 978-981.
- Lachman, J. – Proněk, D. – Hejtmánková, A. – Dudjak, J. – Pivec, K. – Faitová, K.: Total Polyphenol And Main Flavonoid Antioxidants In Different Onion (*Allium Cepa L.*) Varieties. *Horticultural Science*, 30, 2003, Pp. 142–147.
- Lampart-Szczapa, E. – Korczak, J. – Nogala-Kalucka, M. – Zawirska-Wojtasiak, R. 2003. Antioxidant Properties Of Lupin Seed Products. *Food Chem* 83: 279–285.
- Makkar, K. & Jangra, S. 2017. Isolation And Characterization Of Rhizobium From Chickpea (*Cicer Arietinum*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6.11: 2880- 2893.
- Maphosa, Y. – Jideani, V. A. 2017. The Role Of Legumes In Human Nutrition. *Functional Food-Improve Health Through Adequate Food*, 1: 13.

- Mudryj, A. N. – Yu, N. – Aukema, H. M. 2014. Nutritional And Health Benefits Of Pulses. *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism*, 39.11: 1197- 1204.
- Nascimento, F. X. – Tavares, M. J. – Rossi, M. J. – Glick, B. R. 2018. The Modulation Of Leguminous Plant Ethylene Levels By Symbiotic Rhizobia Played A Role In The Evolution Of The Nodulation Process. In *Heliyon*, Vol. 4, No. 12, Pp. E01068.
- Procházka, P. – Štranc, P. – Pazderů, K. – Štranc, J. – Jedličková, M. 2015a. The Possibilities Of Increasing The Production Abilities Of Soya Vegetation By Seed Treatment With Biologically Active Compounds. *Plant, Soil And Environment*, 61: 279–284.
- Procházka, P. – Štranc, P. – Pazderů, K. – Štranc, J.: The Influence Of Pre-Sowing Seed Treatment By Biologically Active Compounds On Soybean Seed Quality And Yield. *Plant, Soil And Environment*, 62, 2016, Pp. 497–501.
- Rachwat, R.D – Nebesny, E. – Budryn, G. 2015 Chickpeas Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application To Bread And Snacks: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55:1137–1145.
- Siger, A. – Czubinski, J. – Kachlicki, P. – Dwiecki, K. – Lampartszczapa, E. – Nogala-Kalucka, M. 2012. Antioxidant Activity And Phenolic Content In Three Lupin Species. In *Journal Of Food Composition And Analysis*, Vol. 25, No. 2, Pp. 190-197.
- Singh, B. – Singh, J. – Singh, J. P. – Kaur, A. – Singh, N. 2020. Phenolic Compounds In Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Peel And Their Health-Promoting Activities. *International Journal Of Food Science & Technology*, 55.6: 2273-2281.
- Shweta, K.M. – Rana, A. 2017. Bioactive Components Of Vigna Species: Current Prospective. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 2017, 6.8: 01-13.
- Skwaryło-Bednarz, B. – Krzepilko, A. – Jamilkowska, A. – Kopacki, M. – Patkowska, E. 2019. Total Antioxidant Activity Of Varying Quality Soils. In *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*. Vol. 28, No. 6, Pp. 4523- 4528.
- Vaz Patto, M. C. – Skiba, B. – Pang, E. C. K. – Ochatt, S.J. – Lambein, F. – Rubiales, D. 2006. Lathyrus Improvement For Resistance Against Biotic And Abiotic Stresses: From Classical Breeding To Marker Assisted Selection. *Euphytica*, 2006, 147.1: 133-147.
- Villarino, C. B. J. – Jayasena, V. – Coorey, R. Chakrabatti- Bell, S. & Johnson, S. K. 2016. Nutritional, Health, And Technological Functionality Of Lupin Flour Addition To Bread And Other Baked Products: Benefits And Challenges. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 56.5: 835-857.
- Zhou, L. – Cheng, W. – Hou, H. – Peng, R. – Hai, N. – Bian, Z. - Jiao, C. – Wang, C. 2016. Antioxidative Responses And Morpho-Anatomical Alterations For Coping With Flood-Induced Hypoxic Stress In Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) In Comparison With Pea (*Pisum Sativum*). *Journal Of Plant Growth Regulation*, 35.3: 690-700.

Poděkování

Táto publikácia bola podporená grantom VEGA 1/0113/21 financovaným Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky.

Kontakt:

Ing. Erika Zetochová, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby

Bratislavská cesta 122, 921 01 Piešťany

+421 33 947 303, erika.zetochova@nppc.sk

Název publikace: **Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin
a zpracování produktů**

Druh publikace: **Vědecká příloha časopisu Úroda 12/2023**

Autoři publikace: **Kolektiv autorů dle obsahu**

Editoři: **Ing. Jakub Prudil
Mgr. Helena HutYROVÁ**

Náklad: **5. 500 výtisků**

Forma: **QR kod**

Vydal: **Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko
a Úroda 12/2023**

ISSN 0139-6013