

**Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko
Mendelova univerzita v Brně**

Uplatněná certifikovaná metodika

53/21

Pěstování kukuřice na zrno s využitím jetelovin



**Ing. Antonín Kintl, Ing. Martin Brtnický, Ing. Tereza Hammerschmiedt
Ing. Oldřich Látal, Ph.D., Ing. Igor Huňady**

Prosinec 2021

**Realizační výstup Technologické agentury České republiky číslo:
TH03030236 – Pěstování kukuřice na zrno v řízeném systému smíšené
kultury s využitím jetelovin**

**Metodika schválena Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem
zemědělským v Brně, osvědčení č. UKZUZ 228639/2021**

Metodiku zpracovali:

Ing. Antonín Kintl

Ing. Martin Brtnický

Ing. Tereza Hammerschmiedt

Ing. Oldřich Látal, Ph.D.

Ing. Igor Huňady

Vydavatel:

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

Zahradní 1; Troubsko; 664 41

© Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

ISBN: 978-80-88000-34-1 (Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko)

Obsah

Abstrakt/Abstract.....	4
Cíl metodiky	5
Vlastní popis metodiky.....	6
Úvod	6
Metodika.....	7
Zakládání experimentálních porostů	7
Hnojení.....	8
Herbicidní ochrana	9
Stanovení výnosu kukuřičného zrna	11
Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice, případně zdůvodnění, pokud se jedná o novou neznámou metodiku	17
Popis uplatnění metodiky	17
Ekonomické aspekty.....	17
Závěr.....	18
Seznam publikací, které předcházely metodice.....	22
Jména oponentů	22
Dedikace:	22
Smlouva o uplatnění metodiky:.....	22

Abstrakt/Abstract

Zařazení meziplodin do osevních postupů představuje významný pilíř při využívání půdo-ochranných technologií, které mají za cíl ochranu půdy před erozí, obohacení půdy organickou hmotou, zpřístupnění živin, zejména dusíku, a obnovu půdní úrodnosti vedoucí k udržitelnému zemědělství. Hlavním přínosem metodiky je popis pěstebního systému, který zahrnuje využití nevymrzajících jetelovin jako meziplodin v rámci osevního postupu s významným zastoupením ploch s kukuřicí setou (*Zea mays* L.). Zkušenosti z let dávno minulých se střídáním pěstovaných plodin vyústily v sestavení osevních postupů se základním kamenem v podobě rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Právě tyto rostliny jsou charakteristické svou schopností realizace biologické fixace dusíku, tedy zapojení vzdušného dusíku do biochemických procesů v rostlině a jeho využití při pěstování následných plodin. Získávání dusíku pro hnojení je jedním z nejvýznamnějších faktorů v rostlinné výrobě a množství dusíku z přirozené biologické fixace atmosférického N₂ (BFN) může snížit spotřebu průmyslových dusíkatých hnojiv. Agrotechnické postupy využívané při pěstování kukuřice poskytují prostor pro využívání nevymrzajících jetelovin jako meziplodin.

Klíčová slova: *jeteloviny, kukuřice setá, meziplodina, dusík, stabilita půdních agregátů*

The inclusion of intercrops in cropping practices is a key aspect in the use of soil protection technologies aimed to protect soil from erosion, enriching with organic matter, making nutrients available, especially nitrogen, and in restoring soil fertility leading to sustainable agriculture. The main benefit of the methodology is the description of the cultivation system, which includes the use of non-freezing clovers as intermediate crops in the sowing procedures, where a significant proportion of areas is sown with maize (*Zea mays* L.). Years of the experiencing with the rotation of cultivated crops resulted in the compilation of sowing procedures with the foundation stone in the form of plants of the legume family (*Fabaceae*). These plants are characterized by their ability to implement biological nitrogen fixation. They involve atmospheric nitrogen into plant biochemical processes and thus, nitrogen can be subsequently used in the cultivation of crops. Acquirement of nitrogen intended for fertilization is one of the most important factors in crop production and the amount of nitrogen from natural biological fixation of atmospheric N₂ (BFN) can reduce the consumption of industrial nitrogen fertilizers. The agro-techniques used to grow maize provide space for the use of non-freezing clovers as inter-crops.

Key words: *legumes; corn; inter-crops; nitrogen; stability of soil aggregates;*

Cíl metodiky

Cílem vypracované metodiky je zvýšit efektivnost výroby kukuřičného zrna (*Zea mays* L.) s využitím jetelovin jako jsou jetel nachový (*Trifolium incarnatum* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens* L.) a tollice dětelová (*Medicago lupulina* L.) k ochraně půdního fondu a jako zdroje obnovitelného dusíku a organické hmoty v pěstebních systémech s vysokým podílem ploch s kukuřicí setou na erozně ohrožených půdách.

Vlastní popis metodiky

Úvod

Dlouholeté zkušenosti se střídáním plodin vyústily v sestavení osevních postupů se základním kamenem v podobě rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Cílem osevních postupů je stabilizace výnosů polních plodin a zachování, případně zvyšování půdní úrodnosti. Osevní postupy v podmínkách dnešního tržního hospodářství bývají velice zjednodušené, následkem toho dochází k eliminaci výhod, které vyplývají z využívání širších osevních postupů.

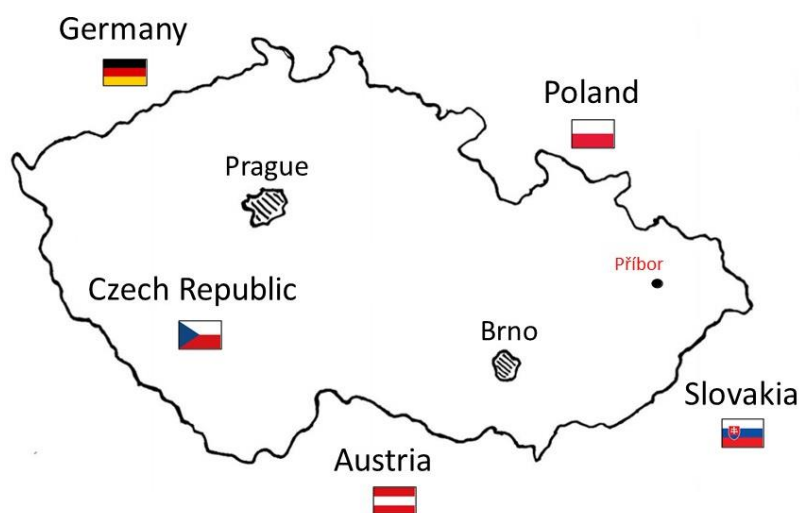
Získávání dusíku je jedním z nejdůležitějších faktorů pro rostlinnou výrobu a příspěvek N z biologické fixace N₂ může snížit spotřebu průmyslových dusíkatých hnojiv. Z hlediska bilance N v půdním prostředí je nezbytné zohlednit jeho vstupy a výstupy. Mezi nejvýznamnější výstupy N z půdního prostředí v rámci zemědělských půd patří: sklizeň rostlinné biomasy, vyplavování N látek z půdy a odnos N látek vodní erozí. Na druhou stranu mezi nejvýznamnější vstupy N látek do půdy v současném zemědělství patří aplikace minerálních, organických a organo-minerálních hnojiv. Avšak nevhodná použití minerálních hnojiv může mít negativní dopad na přirozené vlastnosti zemědělsky využívaných půd. Jednou z možností náhrady průmyslových hnojiv je využití biologické fixace dusíku (BFN) jako významného zdroje dusíku pro systém. Redukce atmosférického neboli elementárního dusíku „N₂“ představuje základní zdroj N, ať už pro přirozené ekosystémy, nebo syntetickou výrobu chemických látek (minerální hnojiva, amoniak, kyselina dusičná apod.). Protože N je nanejvýš důležitý prvek pro zemědělskou produktivitu, je využití BFN důležitým benefitem při pěstování jetelovin. V experimentu byly využívány jeteloviny, tedy rostliny z čeledi *Fabaceae*, které jsou charakteristické svou schopností symbiotického soužití s bakteriemi rodu *Rhizobium*, které dokáží poutat vzdušný dusík – N₂. Podle druhu luskoviny činí množství přijatelného dusíku z půdy pouze 15-30 % a zbytek představuje dusík fixovaný symbioticky. Podle autorů Carksson & Huss-Danell (2003) mohou jeteloviny fixovat až 373 kg N ha⁻¹ rok⁻¹, u jetele červeného (*Trifolium pratense* L.), 545 kg N ha⁻¹ rok⁻¹ u jetele bílého (*Trifolium repens* L.) a 350 kg N ha⁻¹ rok⁻¹ ve vojtěšce (*Medicago sativa* L.). Míra úspěšnosti BFN závisí na půdně-klimatických podmínkách, a to především na vodě a dostupných živinách (Weisany, et al. 2013). Právě BFN představuje významnou cestu ke zvýšení zásob dostupného dusíku v půdě.

Jedním z hlavních parametrů podílejících se na půdní úrodnosti je půdní struktura, protože půdní struktura má vliv na koloběh živin, uhlíku, infiltraci srážkové vody a celkový vodní režim půdy. Při využívání jetelovin je jejich pozitivní vliv na stabilitu půdních agregátů považován za další benefit. Z uvedených výsledků je zřejmé, že využití leguminóz jako meziplodin mezi pěstováním dvou obilovin - ovsa a kukuřice, vedlo k významnému nárůstu stability půdních agregátů, která přímo souvisí s půdní úrodností. Stabilita půdních agregátů je definována jako schopnost odolávat vlivu dezintegrační síly působící na agregáty. Nejčastějším dezintegračním činitelem je voda. Voda je univerzální rozpouštědlo a je nejdůležitějším prostředkem při aplikaci zemědělských pesticidů. Díky svému vysokému povrchovému napětí vykazuje však nízkou retenční kapacitu při aplikaci na cíle s voskovitými a hydrofobními povrchy, jako je např. kutikula rostlin. Proto se do postřikové jichy přidávají adjuvanty (smáčedla), která ovlivňují viskozitu postřikové kapaliny, snižují její povrchové napětí, zlepšují její smáčivost a zvyšují penetraci pesticidu. Při využívání adjuvantů však může docházet k negativnímu vlivu na stabilitu půdních agregátů a tím k ohrožení půdní úrodnosti, dále ke zvýšení náchylnosti daného pozemku na vznik eroze a ke snížení ekonomické efektivity pěstování zemědělských plodin. Otázkou zůstává, zda lze použít

jeteloviny při pěstování kukuřice (*Zea mays* L.) jako zdroj dusíku a jako prostředek ke zvýšení protierozní odolnosti pozemku s kukuřicí.

Metodika

Pokusná parcela se nachází v blízkosti města Příbor (49.6378764N, 18.1155317E) - (Obr. 1). Z hlediska agroekologického členění se pokusná plocha nachází v oblasti mírně teplé, v nadmořské výšce v rozmezí 260-282 m n. m., s průměrnou roční teplotou 8,5 °C a dlouhodobými ročními srážkami 650,4 mm (1981-2010). Geologický podklad území tvoří písčito-hlinité a hlinito-písčité sedimenty Českého masivu, půdním typem je fluvizem. Horniny jsou tvořeny jílem, vápenitým jílem, štěrkem a řasovým vápencem.



Obr. 1 Vyznačení pokusné lokality v rámci České republiky (Kintl, 2021).

Zakládání experimentálních porostů

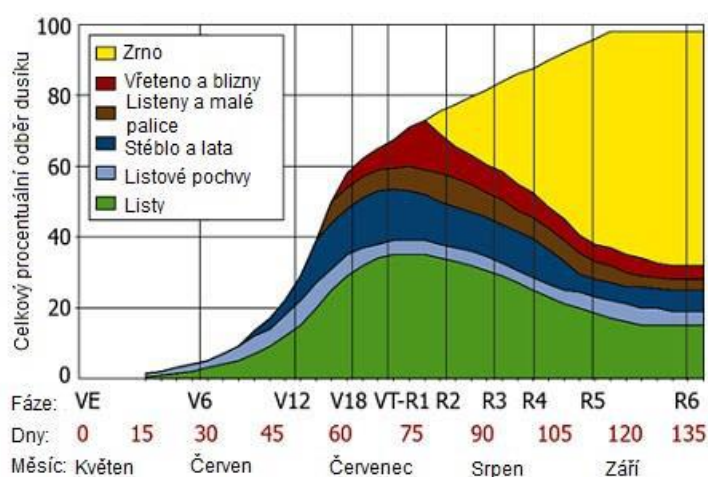
Předplodinou byla pšenice setá (*Triticum aestivum* L.). Po sklizni pšenice byla provedena podmítka do hloubky 8 cm, po vzejití výdrolu následovalo podryvání do hloubky 25 cm. Pomocí secí kombinace byly vysety jeteloviny (Tab. 1) do hloubky 1-2 cm. Meziplodiny byly pěstovány od srpna do dubna následujícího roku. Po zasetí následovalo válení pozemku. Růst jetelovin byl ukončen pomocí diskového podmítače při pracovní hloubce 8 cm. Po mechanické likvidaci porostu jetelovin byla na experimentální ploše vyseta kukuřice (*Zea mays* L.) pomocí podtlakového bezorebného secího stroje Kinze 3500. Pro pokusy byl využit hybrid KWS 2323, FAO Z/S 250/250, 95 000 semen/ha.

Tab. 1 Použité druhy jetelovin a jejich výsevky

Varianta	Druh jeteloviny	Latinský název	Výsevek (kg/ha)
1	jetel nachový	<i>Trifolium incarnatum</i> L.	27,37
2	jetel plazivý	<i>Trifolium repens</i> L.	5,99
3	tolice dětelová	<i>Medicago lupulina</i> L.	15,10

Hnojení

Výživa kukuřice musí být realizována především přes půdu, protože i přes neocenitelný význam foliární výživy se na ni nelze u kukuřice spolehnout. Vzhledem k náročnosti kukuřice na výživu by se měla aplikace dusíku u kukuřice rozdělit do více fází. První fáze aplikace představuje plošnou aplikaci před založením porostu. Dávky dusíku mohou být vzhledem k pomalému růstu kukuřice velice variabilní, protože v raných fázích vývoje kukuřice je i odběr živin nízký. Další fázi představuje hnojení pod patu, a to do hloubky 5-10 cm v blízkosti osiva. Pro tento způsob hnojení jsou podle Kusá et al. (2016) vhodná tzv. startovací hnojiva s nízkou koncentrací a vhodným poměrem živin na podporu počátečního růstu rostlin nebo dobře rozpustná, popř. kapalná hnojiva s vyšším obsahem živin, která však musí být dobře pohyblivá v půdním profilu. Další aplikace by se měla provádět až během vegetace. Balík et al. (2001), Vaněk et al. (2007) doporučují hnojit rostliny, jakmile dosáhnou výšky 20–40 cm. Přibližně 10-15 dnů před tím, než se objeví laty, přichází období charakteristické velmi intenzivním příjmem živin, tudíž je vhodné aplikovat část dusíku před tímto obdobím, aby se zamezilo jeho ztrátám a podpořila se jeho využitelnost. Účinnost každé aplikace závisí především na půdně-klimatických podmínkách. Celkový procentuální odběr dusíku pak uvádí Ritchie et al. (2005) na Obr. 2.



Obr. 2 Odběr dusíku během růstu kukuřice (Ritchie et al. 2005)

Dále jsou v textu uvedeny možnosti rozdělení aplikace hnojiv v průběhu celé technologie pěstování kukuřice s využitím jetelovin:

- I. Před založením porostu jetelovin je ideální plošně aplikovat hnojiva obsahující deficitní živiny zjištěné na základě půdního rozboru (Mehlich III), zejména fosfor, draslík a hořčík (Weisany et al., 2013). Je známo, že leguminózy mají schopnost osvojovat si fosfor i z hůře přístupných forem.
- II. O startovací dávce dusíku k jetelovinám by se dala vést dlouhá diskuze. Bude spíše záležet na místních podmínkách a obsahu dusíku v půdě po předplodině. K překonání tzv. „hladového období“, které trvá v průměru 6-8 týdnů, se doporučuje nepřekračovat startovací dávku dusíku 30 kg N/ha.
- III. V jarním období, jakmile to půdní podmínky dovolí, je možné k jetelovinám opět plošně aplikovat hnojiva obsahující fosfor a v případě horšího prezimování i nízkou dávku dusíku (cca 30 kg N/ha).

- IV. Další část dodávaných živin je aplikována při setí kukuřice, a to dnes běžně používanou technologií pod patu, kdy je hnojivo aplikováno asi 4–5 cm pod osivo a se stejnou vzdáleností do strany. Kukuřice ocení dostatek fosforu v počátečních fázích růstu, než vytvoří kořenový systém. Z již realizovaných experimentů vyplývá, že by dávka minerálního hnojiva (v tomto případě Amofos) neměla překračovat 70 kg/ha.
- V. V průběhu vegetace je dodávání živin složitější, ale v současné době jsou již na trhu zařízení na meziřádkovou kultivaci (plečkování) s možností přihnojení kapalnými hnojivy (Obr. 3). Plečkováním se navíc zlepší půdní struktura, podpoří mineralizace primární půdní organické hmoty a může se uvolnit až 30 kg N/ha. Meziřádková kultivace také redukuje proces odparu vláh z půdy (evaporace) v období, kdy porost není zcela zapojen a dále má protierozní účinek do určité míry úhrnu srážek. V případě velkého množství organických zbytků na povrchu půdy v meziřadí kukuřice může být k doplnění potřebných živin (zejména dusíku) využita upravená plečka, kde jsou plečí nástroje nahrazeny koltry s přihnojením (Obr. 3).



Obr. 3 Koltry s přihnojením na plečce PPL 8 (Ing. Antonín Kintl)

- VI. Další možností aplikace minerálních hnojiv v průběhu vegetace (do výšky porostu 40 cm) je využití rozmetadel, která svou konstrukcí zmírní nebezpečí zapadnutí granulí hnojiva do paždí listů a tím poškození porostu.
- VII. Hadicové aplikátory nám umožní využít tekutá statková či organická hnojiva (kejda, digestát, fugát) s dělenou aplikací za vegetace do řádků bez nutnosti zapravení. Pro omezení ztrát dusíku je možno k nim přidat inhibitory nitrifikace.

Herbicidní ochrana

Požadovaný výnos je významně ovlivněn výskytem plevelů, a to zejména v počáteční fázi růstu porostu kukuřice. Plevelná společenstva mají nepříznivý vliv na rozvoj plodin a při vyšší intenzitě zaplevelení významně ovlivňují dosažené výnosy. O výskytu jednotlivých druhů plevelů v porostech rozhoduje především její zařazení v rámci osevního postupu, tedy vliv předplodiny, způsob ošetřování předplodiny, míra jejího zaplevelení a také používané přípravky. Do systému ochrany porostu před zaplevelením patří agrotechnická opatření (podmítka, orba, předseťová příprava půdy). Tento postup se využívá při tradičním

konvenčním způsobu zakládání porostu kukuřice, kdy vlivem časového odstupu mezi jednotlivými pracovními operacemi došlo ke zničení velké části vzcházejících rostlin plevelů.

Kukuřice má poměrně nízkou konkurenceschopnost a je značně náchylná na zaplevelení. Seje se do širokých řádků (70 cm a více), její počáteční vývoj je poměrně pomalý a zapojování porostu trvá dlouho. Ve fázi 10. až 12. listu se zapojení kukuřice pohybuje okolo 60 až 70 % a dosahuje výšky v rozmezí od 90 do 130 cm. V této fázi má již poměrně vysokou konkurenceschopnost, i když k plnému zapojení porostu dochází až později (na začátku kvetení). Fáze 10. až 12. listu, kdy se u kukuřice značně zvyšuje konkurenceschopnost, dosahuje až cca po 40 až 50 dnech, což dává velký prostor pro rozvoj plevelů.

Přípravky na ochranu rostlin (POR)

1) Preemergentní aplikace

Pro herbicidní ošetření kukuřice lze využít preemergentní přípravek STOMP AQUA s účinnou látkou pendimethalin 455 g, výrobce BASF spol. s r. o. v dávce 3,5 l/ha.

Působení přípravku: Přípravek Stomp Aqua je přijímán kořeny, klíčky a listy plevelů. Účinná látka inhibuje buněčné dělení a procesy buněčného růstu, čímž brání počátečnímu růstu vzcházejících plevelů a zasažené rostliny hynou krátce po vyklíčení nebo vzejití. Účinek přetrvává po několik týdnů, takže jsou zasaženy i později klíčící plevele. Přípravek hubí široké spektrum jednoletých plevelů, nepůsobí na vytrvalé plevele.

Plevele citlivé: bažanka roční, bery, blín černý, drchnička rolní, heřmánky, hluchavky, hořčice rolní, huseníček polní, chundelka metlice, ježatka kuří noha, kakosty, kokoška pastuší tobolka, koleneček rolní, konopice polní, laskavce, lebedy, lilek černý, lipnice roční, mák vlčí, merlíky, opletka obecná, penízek rolní, pilát lékařský, pomněnka rolní, prlina rolní, prosa, ptačince, psárka polní, rdesna, rosička krvavá, rmen rolní, rozrazil, svízel přitula, truskavec ptačí, úhorník mnohohlávkový, violky.

2) Postemergentní aplikace

Pro postemergentní ošetření kukuřice lze využít přípravek LAUDIS s účinnou látkou tembotrion 44 g/l a isoxadifen-ethyl – 22 g, výrobce Bayer AG, v dávce 2,25 l/ha.

Působení přípravku: Přípravek Laudis je přijímán hlavně listy, přičemž většina přípravku je přijata do 6 hodin po aplikaci, jen malá část je přijímána kořeny přes půdu. Přípravek je v rostlinách transportován xylémem i floémem a dostává se tak i k vysoce citlivým buňkám v rostlinných vrcholech. Přípravek účinkuje jako inhibitor enzymu 4-hydroxyphenylpyruvat dioxygenasa (HPPD, HRAC kód F2). Inhibice tohoto enzymu způsobuje blokádu biosyntézy prenylchinonů, která následně vede k blokáde biosyntézy karotenoidů a rychlému poklesu obsahu tokoferolu v buňkách. Dochází k zastavení růstu, blednutí listů, vzniku nekrotických a uhynutí rostlin.

Přípravek obsahuje specifický safener (herbicidní safenery jsou chemické sloučeniny používané v kombinaci s herbicidy, aby byly „bezpečnější“ - to znamená ke snížení účinku herbicidu na plodiny a ke zlepšení selektivity mezi plodinami a druhy plevelů, na které se herbicid zaměřuje) pro kukuřici, který urychluje metabolismus účinné látky v kukuřici, a tak ji chrání, na rozdíl od plevelů, ve kterých je neaktivní, od poškození účinnou látkou.

Citlivé plevele: ježatka kuří noha, merlík bílý, laskavec ohnutý, svízel přitula, ptačinec žabinec, penízek rolní, hluchavka nachová, kokoška pastuší tobolka.

Méně citlivé plevele: heřmánkovec přímořský, pohanka opletka, rozrazil perský, violka rolní.

Stanovení výnosu kukuřičného zrna

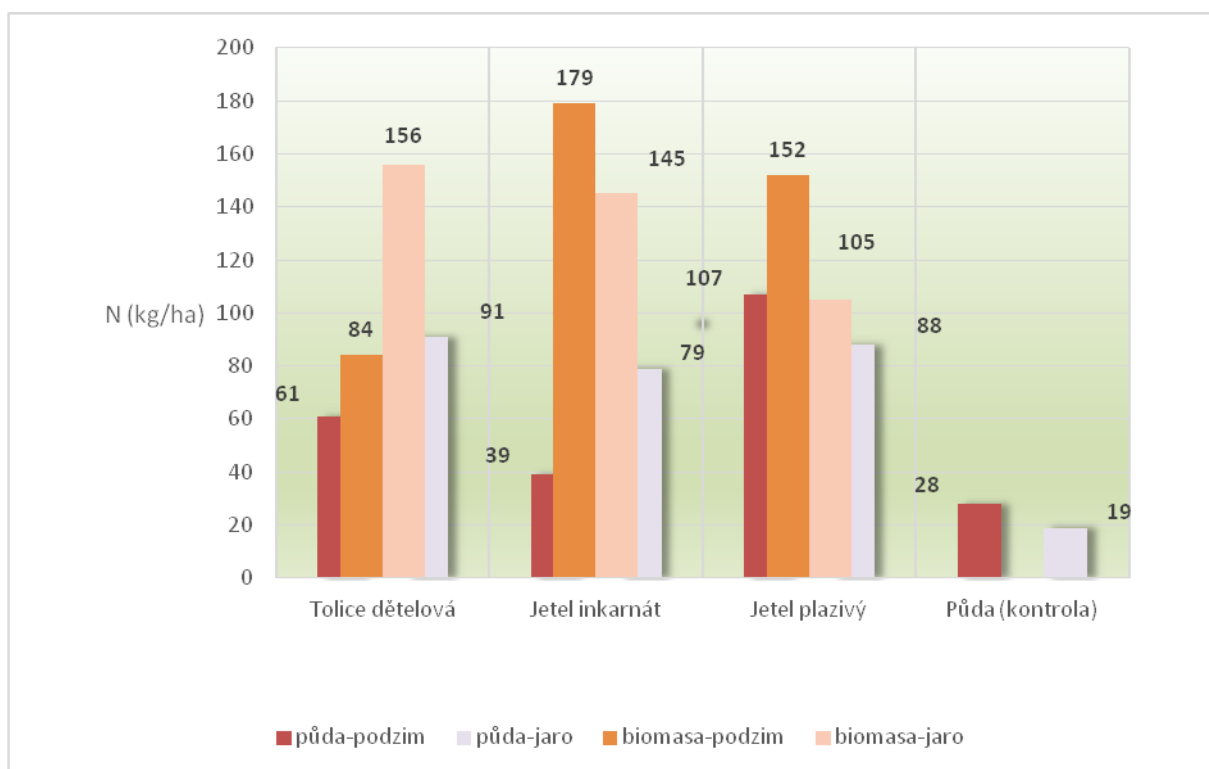
Pokusné plochy byly před sklizní obsečeny tak, aby pro jednotlivá opakování zůstala plocha 6 x 100 m. Po sklizni každé parcely bylo zrno zváženo, odebrán vzorek na stanovení sušiny a odeslán do laboratoře pro stanovení kvalitativních parametrů. Po stanovení sušiny byly výnosy zrna přepočteny na 14 % vlhkost.

Výsledky pokusů

Vliv jetelovin na obsah půdního N

2020

Na podzim došlo ve srovnání s kontrolou ke zvýšení obsahu N_{\min} v půdě u jetele plazivého v průměru o 79 kg N/ha, u tollice dětelové o 33 kg N/ha a u jetele inkarnátu o 11 kg N/ha (Obr. 4). Na jaře se u variant s jetelovinami ve srovnání s kontrolou obsah N v půdě oproti rozboru na podzim zvýšil u tollice dětelové o 30 kg, u jetele inkarnátu o 40 kg, zatímco u jetele plazivého poklesl o 19 kg N/ha na 88 kg N/ha, resp. u kontroly o 9 kg N/ha na 19 kg N/ha. Významným pozitivním přínosem bylo zadržení N v rostlinné biomase. Množství N v biomase se na podzim pohybovalo od 84 kg N/ha u tollice dětelové po 179 kg N/ha u jetele inkarnátu. Na jaře se množství N v biomase ve srovnání s podzimními rozborů zvýšilo u tollice dětelové o 72 kg N/ha na 156 kg N/ha, zatímco u zbývajících dvou druhů se obsah N v biomase snížil o 34 kg na 145 kg N/ha u jetele inkarnátu a o 47 kg na 105 kg N/ha u jetele plazivého.

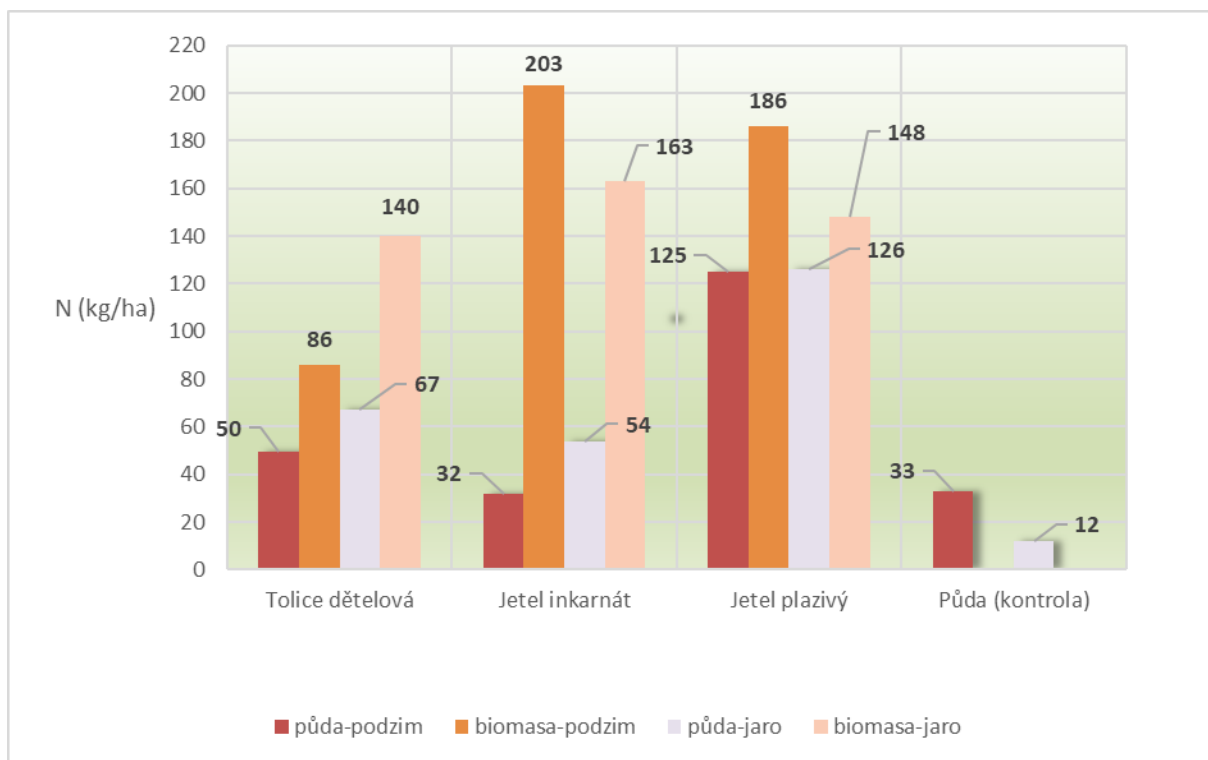


Obr. 4 N_{\min} obsažený ve vysušené půdě a obsah N-látek v sušině podzemní a nadzemní biomasy tří druhů jetelovin v roce 2020

2021

Na podzim došlo ve srovnání s kontrolou ke zvýšení obsahu N_{\min} v půdě u jetele plazivého v průměru o 92 kg N/ha a u tollice dětelové o 17 kg N/ha (Obr. 5). U jetele inkarnátu došlo k mírnému poklesu o 1 kg N/ha. Rozbor půdy na jaře pak ukázal, že u variant s jetelovinami se ve srovnání s kontrolou obsah N v půdě oproti podzimnímu rozboru zvýšil, zatímco u kontroly poklesl o více než polovinu. Množství N v biomase se na podzim pohybovalo od 86 kg N/ha u tollice dětelové po 203 kg N/ha u jetele inkarnátu. Na jaře se množství N v biomase ve srovnání s podzimními hodnotami zvýšilo u tollice dětelové

o 54 kg N/ha na 140 kg N/ha, zatímco u zbývajících dvou druhů se obsah N v biomase snížil o 40 kg na 163 kg N/ha u jetele inkarnátu a o 38 kg na 148 kg N/ha u jetele plazivého.



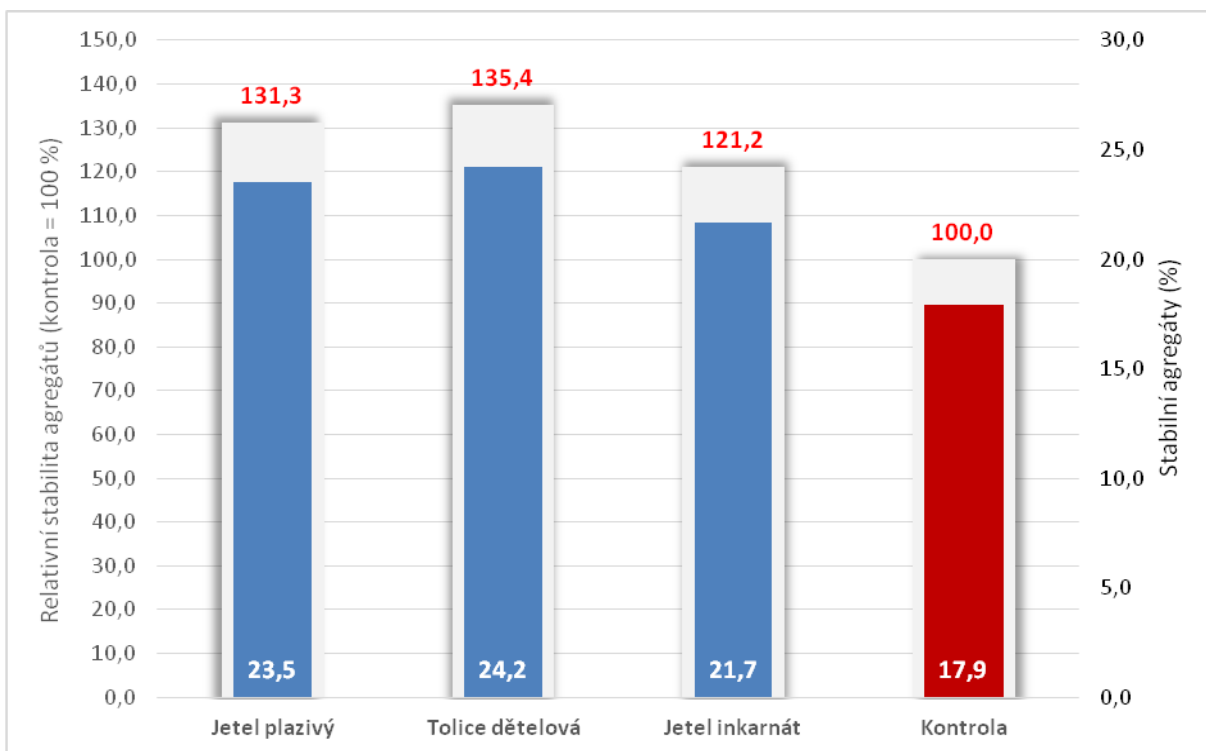
Obr. 5 N_{\min} obsažený ve vysušené půdě a obsah N-látek v sušině podzemní a nadzemní biomasy tří druhů jetelovin v roce 2021

N z biomasy je postupně uvolňován během procesu mineralizace. Pěstování nevymrzajících meziplodin může tedy být vhodnou metodou ke zvyšování kapacity půdy pro udržení reaktivního N.

Vliv jetelovin na stabilitu půdních agregátů

2020

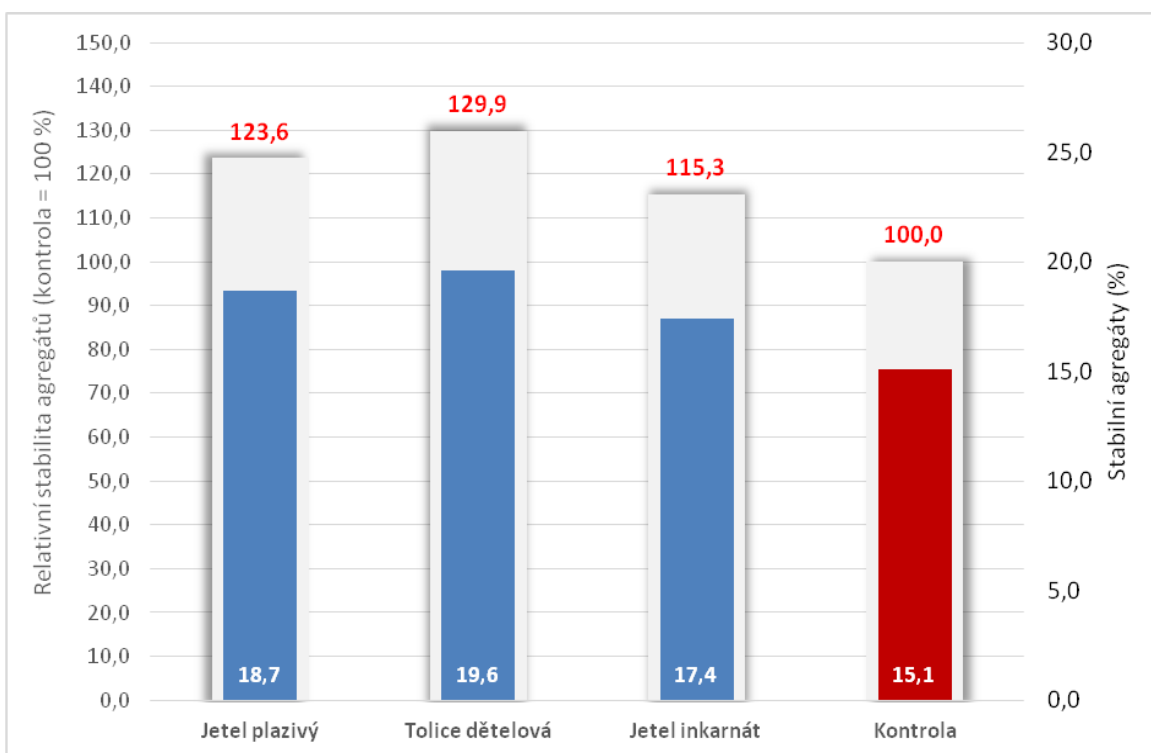
U kontroly (bez jetelovin) dosáhl podíl stabilních agregátů hodnoty 17,9 %. U variant s jetelovinami došlo ve srovnání s kontrolou ke zvýšení podílu SAS v rozmezí od 21,7 (jetel inkarnát) do 24,2 % (tolice dětelová), což je zvýšení o 21,2 až 35,4 % oproti kontrole (Obr. 6).



Obr. 6 Průměrné zastoupení stabilních agregátů (%) v půdě v roce 2020

2021

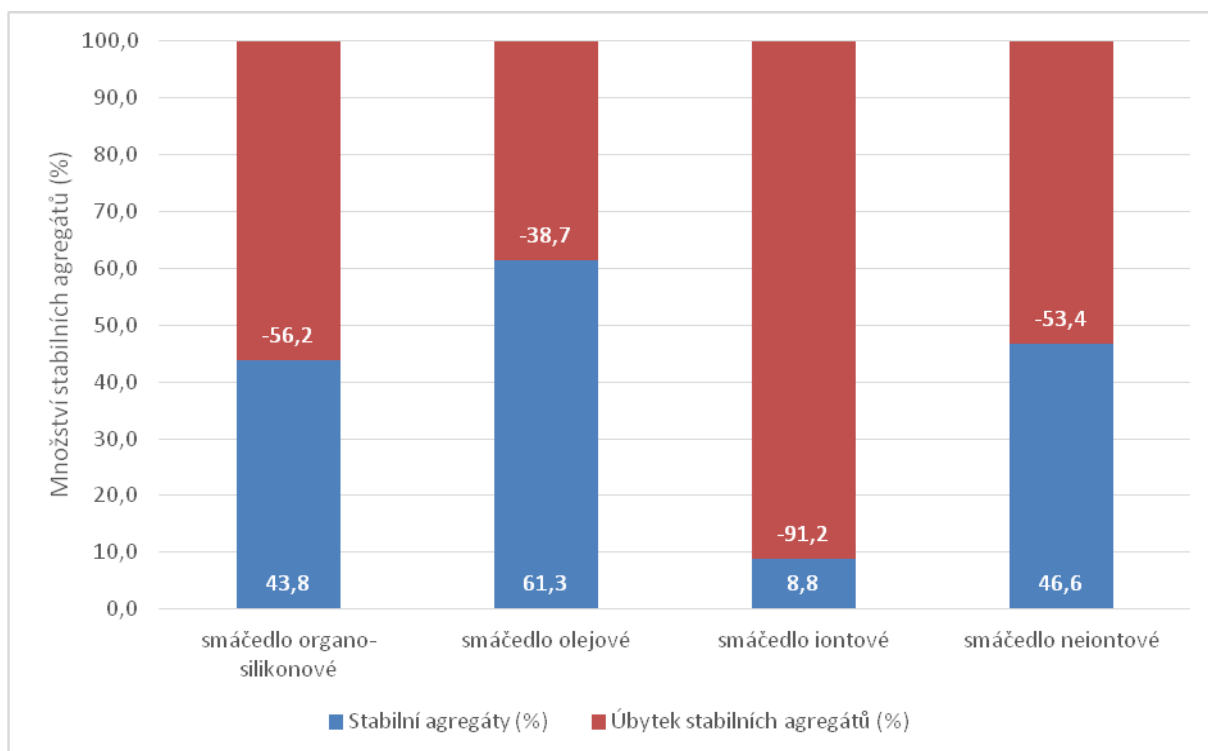
Ve srovnání s kontrolou, kde podíl SAS činil 15,1 %, došlo ve variantách s jetelovinami ke zvýšení tohoto podílu v rozmezí od 17,4 u jetele inkarnátu po 19,6 % u tolíce dětelové, což je zvýšení o 15,3 až 29,9 % oproti kontrole (Obr. 7).



Obr. 7 Průměrné zastoupení stabilních agregátů (%) v půdě v roce 2021

Stabilita půdních agregátů menší než 18,0 % se hodnotí jako velmi nízká, v rozmezí 18,1 až 34,0 % jako nízká. Lze tedy konstatovat, že zkoušené tři druhy jetelovin v obou ročníchích přispěly k mírnému zvýšení velmi nízké SAS.

V experimentu byl také zjišťován vliv různých druhů smáčedel na SAS. Všechna smáčedla snížila množství SAS v půdě (Obr. 8). Nejvyšší pokles SAS byl zaznamenán při použití iontového smáčedla: -91,2 %. Při použití smáčedel neiontového a organo-silikonového činil pokles více než 50 %. Nejmenší úbytek SAS byl zjištěn při aplikaci olejového smáčedla: -38,7 %.



Obr. 8 Vliv použití různých druhů smáčedel na stabilitu půdních agregátů

Výnos a kvalita kukuřičného zrna

V roce 2020 se výnosy zrna (Tab. 2) pohybovaly v rozmezí od 12,35 (varianta s jetelem plazivým) do 14,58 t/ha (varianta s tolicí dětelovou). U hodnocených parametrů nebyl zaznamenán pozitivní ani negativní vliv jetelovin na kvalitu a výnos kukuřičného zrna.

Tab. 2 Výnosy a kvalita kukuřičného zrna, lokalita Příbor, 2020

Varianta	Škrob dtto	Tuk dtto	Vláknina dtto	NL dtto	HTZ	Výnos zrna t/ha 14 % vl.
	%	%	%	%	g	
jetel plazivý	60,88	3,78	2,03	7,88	294,15	12,35
jetel inkarnát	58,25	4,02	1,68	9,19	305,20	13,04
tolice dětelová	59,00	3,57	2,08	8,62	287,06	14,58
kontrola	57,50	3,01	1,81	7,92	300,15	13,98

V roce 2021 se výnosy zrna (Tab. 3) pohybovaly v rozmezí od 13,99 do 14,92 t/ha. U hodnocených parametrů nebyl zaznamenán pozitivní ani negativní vliv jetelovin na kvalitu a výnos kukuřičného zrna.

Tab. 3 Výnosy a kvalita kukuřičného zrna, lokalita Příbor, 2021

Varianta	Škrob dtto	Tuk dtto	Vláknina dtto	NL dtto	HTZ	Výnos zrna t/ha 14 % vl.
	%	%	%	%	g	
jetel plazivý	62,38	3,54	2,11	8,66	254,85	14,51
jetel inkarnát	61,26	3,55	2,04	8,58	281,20	13,99
tolice dětelová	61,63	3,51	2,23	8,71	256,30	14,92
kontrola	62,76	3,50	2,08	8,40	265,85	14,31

V obou letech nebyly mezi jednotlivými variantami v hodnocených parametrech zjištěny podstatné rozdíly. Ve srovnání s kontrolou nedošlo u variant s jetelovinami k významnému zvýšení či snížení hodnot sledovaných kvalitativních i kvantitativních ukazatelů.

Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice, případně zdůvodnění, pokud se jedná o novou neznámou metodiku

Postupy uvedené v metodice jsou originální ve využívání nevymrzajících jetelovin jako mezíplodin v systému pěstování kukuřice na orné půdě, kdy dochází k pozitivním vlivům na protierozní opatření již půl roku před založením porostu erozně náchylné kukuřice seté. Výhodou nevymrzajících jetelovin je obnovení vegetace v jarním období, kdy půdně klimatické podmínky neumožňují jakýkoli agrotechnický zásah. Brzký jarní rozvoj umožní využití živin uvolněných během zimního období, produkci nadzemní a podzemní biomasy, biologickou fixaci dusíku a podpoří půdně biologické procesy, které se odrazí na stabilitě půdních agregátů daného pozemku před založením porostu samotné kukuřice seté. Jelikož je kukuřičné zrno důležitou komoditou pro průmysl, potravinářství, krmivářství a v neposlední řadě i fytoenergetiku, představuje tato technologie zajímavou možnost, jak snížit negativní dopady současných pěstitelských technologií na životní prostředí a posunout celý obor zemědělství k udržitelným postupům.

Popis uplatnění metodiky

Metodika je určena zemědělskému managementu všeobecně, zejména však podnikům zabývajícím se produkcí kukuřičného zrna pro potřeby průmyslu, potravinářství a krmivářství. Metodika může být využita akreditovanými poradci v oblasti zemědělské výroby a ekonomiky, pracovníky decizní sféry v působnosti Ministerstva zemědělství, včetně Oddělení regionálních odborů a Státního zemědělského intervenčního fondu, profesními organizacemi (Agrární komora ČR, Zemědělský svaz ČR aj.), pracovníky zemědělského výzkumu, studenty středních a vysokých škol, orientovaných na zemědělskou problematiku, pedologii a ochranu životního prostředí.

Ekonomické aspekty

Výpočet ekonomických aspektů významných pro praxi

Během experimentu realizovaného v letech 2020 a 2021 při využití nevymrzajících jetelovin - jetele nachového (*Trifolium incarnatum* L.), jetele plazivého (*Trifolium repens* L.) a tolíce dětelové (*Medicago lupulina* L.) - bylo před založením porostu kukuřice seté v půdě naměřeno průměrné množství dusíku 88 kg N ha⁻¹. Při průměrné ceně 20,31 Kč/kg čistých živin - dusíku (podle ČSÚ) v hnojivech (ledek amonný s vápencem; síran amonný; močovina) za roky 2019, 2020 a 2021 to představuje finanční úsporu 1787 Kč na pořízení minerálního hnojiva s obsahem dusíku na jeden hektar. Při výpočtu není zohledněn dusík obsažený v nadzemní a podzemní biomase testovaných jetelovin, protože využití takto imobilizovaného dusíku porostem kukuřice je závislé na průběhu vegetace a meziřádkové kultivaci. Zásadní vliv na využitelnost dusíku z biomasy jetelovin má plánované přihnojení v průběhu vegetace, což vede k tzv. "priming effectu", kdy přihnojení dusíkem aktivizuje mineralizační procesy v půdě a vede ke zvýšenému odběru půdního dusíku rostlinami.

Ekonomicko – environmentální aspekty

Při snaze o zavedení systémů udržitelného zemědělství se využití nové technologie pěstování kukuřice s využitím jetelovin jeví jako jedna z možných cest. Ekonomicko-environmentální aspekty vyjadřují nejen ekonomický pohled na problematiku, ale i různé

úrovně hodnocení studované technologie, jako je samotná přítomnost leguminóz v osevním postupu a s tím spojený jejich pozitivní vliv na půdní prostředí a v neposlední řadě využití biologické fixace dusíku, čímž jsou právě leguminózy, rostliny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*), charakteristické. Takto symbioticky fixovaný vzdušný dusík může být využit porostem kukuřice, popřípadě se může podílet na snížení spotřeby minerálních dusíkatých hnojiv aplikovaných do porostu kukuřice, část takto získaného dusíku může být započítána do množství aplikovaného hnojení pro následnou plodinu. Díky pěstování jetelovin dochází ke zvýšení stability půdních agregátů, což se společně s rostlinnou biomasou projevuje na celkové protierozní odolnosti daného pozemku s porostem kukuřice.

Závěr

Hlavním cílem metodiky bylo poskytnout zemědělcům a pěstitelům návod, jak pěstovat kukuřici setou (*Zea mays* L.) s využitím nevymrzajících jetelovin – jako jsou jetel nachový (*Trifolium incarnatum* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens* L.) a tollice dětelová (*Medicago lupulina* L.). Při konkrétním hodnocení ekonomického přínosu lze dosáhnout významného vlivu na snížení potřeby minerálních dusíkatých hnojiv, které se při současných cenách může pohybovat v rozpětí 1 500 - 2 000 Kč/ha. K celkovému hodnocení popsané technologie lze přičíst i fakt, že takto získaný dusík je oproštěn od environmentální zátěže vznikající při výrobě minerálních hnojiv. Díky pěstování jetelovin dochází ke zvýšení stability půdních agregátů, což se společně s rostlinou biomasou projevuje na celkové protierozní odolnosti daného pozemku s porostem kukuřice. Při příslušném posouzení obnovitelných zdrojů je rovněž nutné zohlednit externalitu vstupu do systému získávání surovin, zejména vlivu na půdu. Agrotechnický proces pěstování kukuřice s využitím jetelovin může vést ke zvýšení udržitelnosti zemědělské produkce nejen v pěstebních podmínkách ČR, ale i v mnoha státech EU.

Seznam použité související literatury

- [1] Bartlová J., Badalíková B., Pospíšilová L., Pokorný E., Šarapatka B., Water Stability of Soil Aggregates in Different Systems of Tillage, *Soil & Water Research, Czech Republic*, vol. 10(3), pp 147-154, 2015.
- [2] Brtnický M., Elbl J., Dvorackova H., Kynický J., Hladký J., Changes in Soil Aggregate Stability Induced by Mineral Nitrogen Fertilizer Application, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Czech Republic*, vol. 65, pp 1477-1482, 2017.
- [3] Martin J.P., Martin W.P., Page J.B., Raney W.A., De Ment J.D., Soil Aggregation, *Advances in Agronomy, United States*, vol. 7, pp 1-37, 1955.
- [4] Papadopoulos A., Soil Aggregates, Structure, and Stability, *Encyclopedia of Agrophysics, Netherlands*, 2011.
- [5] Couëdel A., Kirkegaard J., Alletto L., Justes E., Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm, *Advances in Agronomy, United States*, vol 157, pp 55-139, 2019.
- [6] Kervroëdan L., Armand R., Saunier M., Ouvry J-F., Faucon M-P., Plant functional trait effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control, *Ecological Engineering, Netherlands*, vol. 118, pp 143-151, 2018.
- [7] Rahayu R., Syamsiyah J., Sa'diyah L., Aggregate stability of Alfisols root zone upon turfgrass treatment, *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology, Indonesia*, vol. 17, 2020.
- [8] Kintl A., Elbl J., Lošák T., Vaverková M.D., Nedělník J., Mixed Intercropping of Wheat and White Clover to Enhance the Sustainability of the Conventional Cropping System: Effects on Biomass Production and Leaching of Mineral Nitrogen, *Sustainability, Switzerland*, vol. 10, 2018.
- [9] Kandeler E., *Aggregate Stability, Methods in Soil Biology, Germany*, 1996, p 426.
- [10] Kintl A., Elbl J., Vítěz T., Brtnický M., Skládanka J., Hammerschmiedt T., Vítězová M., Possibilities of using white sweetclover grown in mixture with maize for biomethane production, *Agronomy, Switzerland*, vol. 10, 2020.
- [11] Golchin A., Oades J.M., Skjemstad J.O., Clarke P., Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ¹³C P/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy, *Australian Journal of Soil Research, Australia*, vol. 32, pp 285–309, 1994.
- [12] Six J., Bossuyt H., Degryze S., Deneff K., A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research, Netherlands*, vol. 79, pp 7–31, 2004.
- [13] Sainju U.M., Whitehead W.F., Singh B.P., Cover crops and nitrogen fertilization effects on soil aggregation and carbon and nitrogen pools, *Canadian Journal of Soil Science, Canada*, vol. 83, pp1 55-165, 2003.

[14] McVay K.A., Radcliffe D.E., Hargrove W.L., Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Science Society of America Journal*, United States, vol. 53, pp 1856–1862, 1989.

[15] Mendes I.C., Bandick A.K., Dick R.P., Bottomley P.J., Microbial biomass and activities in soil aggregates affected by winter cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, United States, vol. 63, pp 873–881, 1999.

[16] Carlsson G., Huss-Danell K., Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field, *Plant and Soil*, Netherlands, vol. 253, pp 353-72, 2003.

[17] Sutton M. et al., *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives*, Cambridge University Press, United States, 2011.

[18] Galloway J., Aber J., Erisman J.W., Seitzinger S., Howarth R., Cowling E., Cosby Jr B., *The Nitrogen Cascade*. *Bioscience*, United Kingdom, vol. 53, pp 341-356, 2003.

[19] Möllerová J., Symbiotic Fixation of Nitrogen. *Rhizobium s. I. and Frankia*, Živa, Czech Republic, vol. 1/2006, pp 9-12, 2006.

[20] Teng Y., Wang X., Li L., Li Z., Luo Y., Rhizobia and their bio-partners as novel drivers for functional, *Frontiers in Plant Science*, Switzerland, vol. 6, 2015.

[21] Zbíral J., *Analýza půdy I – jednotné pracovní postupy*. ÚKZUZ, Czech Republic, 2002, p 197.

[22] Kint A., Nawrath A., Elbl J., Tuma I., Muchova M., Brtnicky M., Kynicky J., Nitrogen and phosphorus availability effect on activity of cellulolytic microorganisms in meadows, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Czech Republic, vol. 64, pp 1173-1179, 2016.

[23] Bolger, T. P., Pate J.S., Unkovich M.J., Turner N.C., Estimates of seasonal nitrogen fixation of annual subterranean clover-based pastures using the 15 N natural abundance technique. *Plant and Soil*. 175. 57-66. 10.1007/BF02413010, 1995

[24] Dear B. S., Peoples M. B., Cocks P. S., Swan A. D., Smith A. B., Nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) growing in pure culture and in mixtures with varying densities of lucerne (*Medicago sativa* L.) or phalaris (*Phalaris aquatica* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 1047-1058, 1999

[25] Elbl J., Slama P., Vaverkova M.D., Plosek L., Adamcova D., Skarpa P., Kynicky J., Havlicek Z., Dvorackova H., Brtnicky M., Kabourkova E., *Jatropha* seed cake and organic waste compost: The potential for improvement of soil fertility, *Ecological Chemistry and Engineering S*, Germany, vol. 23, pp. 131-141, 2016.

[26] Shah S., Hookway S., Pullen H., Clarke T., Wilkinson S., Reeve V., Fletcher M., The role of cover crops in reducing nitrate leaching and increasing soil organic matter. *Crop Production in Southern Britain*, United States, vol. 134, pp 243-251, 2017.

[27] McKenna P., Cannon N., Conway J., Dooley J., The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A Review, *Field Crops Research*, Netherlands, vol. 221, pp 38-49, 2018.

[28] Dahlin A.S., Stenberg M., Transfer of N from red clover to perennial ryegrass in mixed stands under different cutting strategies. *European Journal of Agronomy*, Netherlands, vol. 33, pp 149–156, 2010.

[29] Eriksen J., Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grasslands, *Journal of Agricultural Science*, United Kingdom, vol. 136, pp 271–281, 2001.

[30] Urbatzka P., Grass R., Haase T., Schuler C., Hess J., Fate of legume-derived nitrogen in monocultures and mixtures with cereals, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Netherlands, vol.132, pp 116–125, 2009.

[31] Kintl A., Elbl J., Lošák T., Vaverková M.D., Nedělník J., Mixed intercropping of wheat and white clover to enhance the sustainability of the conventional cropping system: Effects on biomass production and leaching of mineral nitrogen, *Sustainability*, Switzerland, vol. 10, pp 3367, 2018.

Seznam publikací, které předcházely metodice

Kintl, A., Huňady, I., Vymyslický, T., Ondrisková, V., Hammerschmiedt, T., Brtnický, M., Elbl, J. Effect of Seed Coating and PEG-Induced Drought on the Germination Capacity of Five Clover Crops (2021). *Plants* 10(4), 724. <https://doi.org/10.3390/plants10040724>

Kintl, A., Potential effect of wetting agents added to agricultural sprays on the stability of soil aggregates. V recenzním řízení 8.12.2021 odeslaná oprava na připomínky recenzentů.

Kintl, A., Influence of boron and drought simulation on germinability and hardseededness of Black Medic seeds (*Medicago lupulina* L.). V recenzním řízení. 30.10.2021 odeslaná oprava na připomínky recenzentů.

Brtnický, M.; Kintl, A.; Hammerschmiedt, T.; Mustafa, A.; Elbl, J.; Kucerik, J.; Vyhnánek, T.; Skladanka, J.; Hunady, I.; Holatko, J. Clover Species Specific Influence on Microbial Abundance and Associated Enzyme Activities in Rhizosphere and Non-Rhizosphere Soils. *Agronomy* 2021, 11, 2214. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112214>

Kintl, A.; Brtnický, M.; Koukalova, V.; Hunady, I.; Vitez, T. Response of clover to fertilization with nitrogen and phosphorus effect on content of plant available nutrient in soil and biomass yield (2020). *Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*, Vol. 20 (3.1.), 533-540. DOI: 10.5593/sgem2020/3.1/s13.069

Jména oponentů

1) **Ing. Pavel Nerušil, Ph.D.**

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

2) **Ing. Marek Povolný**

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Dedikace: Výsledek vznikl za podpory projektu Technologické agentury České republiky číslo: TH03030236 – Pěstování kukuřice na zrno v řízeném systému smíšené kultury s využitím jetelovin.

Smlouva o uplatnění metodiky:

Zemědělský výzkum, spol. s r.o.

se sídlem: Zahradní 400/1, 66441 Troubsko

zastoupený ředitelem, RNDr. Janem Nedělníkem, Ph.D.

Soukromě hospodařící rolník Martin Čech

se sídlem: Nová Ves 97, 664 91

zastoupený: Martinem Čechem

Vydal:

Vydavatel:

© Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko
Zahradní 1; Troubsko; 664 41

© Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

ISBN: 978-80-88000-34-1 (Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko)

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.