

**Mendelova univerzita v Brně
Zemědělský výzkum spol. s r.o.
Agrostis Trávníky s.r.o.**

**METODIKA MANAGEMENTU
DRUHOVĚ BOHATÝCH SMĚSÍ
EFEKTIVNĚ UTILIZUJÍCÍCH SELEN
A ZINEK**

Ing. Ivana Kolářková, Ing. Daria Baholet, Ing. Daniel Klofáč, prof. Ing. Jiří Skládanka,
Ph.D., Ing. Jakub Prudil, Ing. Jaroslav Lang, Ph.D., Ing. Marie Straková, Ph.D., Štěpán
Sychra, Michala Vašíčková

Brno, 2021

**Mendelova univerzita v Brně
Zemědělský výzkum spol. s r.o.
Agrostis Trávníky s.r.o.**

Uplatněná certifikovaná metodika

**Metodika managementu druhově bohatých směsí
efektivně využívajících selen a zinek**

Brno, 2021

**Realizační výstup výzkumného záměru TJ04000048 „Vliv foliární aplikace
selenu a zinku na kvalitativní a kvantitativní parametry píce a životního
prostředí organismů na ně vázaných“**

ABSTRAKT

Tato certifikovaná metodika pojednává o inovativních druhově bohatých směsích trav, jetelovin a bylin se specifickým způsobem ošetřování, které díky efektivní utilizaci foliární výživy selenem a zinkem podpoří ekosystém, ve kterém se nachází, a budou přínosné pro krmivovou základnu. Reaguje na aktuální problémy lučních porostů v ČR i okolí, zejména na změnu klimatu díky suchovzdornosti směsí a zvýšení retenci vody v krajině. Pomáhá se zmírněním problému malnutrice opylovatelů zvýšením biodiverzity rostlin v zemědělské krajině, fortifikací nektaru (a následně pylu) a podporou detoxikace opylovatelů. Primární kontaminace směsí toxickými metabolity patogenů byla zhodnocena, rovněž i její nutriční hodnota. Pěstováním směsí dochází ke zlepšení bonity půdy zvýšením druhové bohatosti a specifické výživy, která způsobuje zmožnění kořenové soustavy, zvýšení organické složky v půdě a atraktivitu pro edafon.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biodiverzita; pícniny; mikroprvky; opylovatelé; mimoprodukční funkce; trvalé travní porosty.

ABSTRACT

This certified methodology deals with innovative species-rich seed mixtures comprising grasses, legumes, and forbs with specific management practices able to efficiently utilize foliar nutrition with selenium and zinc. This results in stability of ecosystems in which it is located and in benefits to a farm feedbase. It deals with most severe problems of permanent grasslands in the Czech Republic and adjacent regions, notably with climate change due to the mixtures' resistance to drought and water retention within the landscape. Mixtures help to diminish pollinator malnutrition by increased plant diversity, fortified pollen and nectar, and detoxification boost. Primary contamination with toxic pathogen metabolites was evaluated, with addition of its overall nutritive values. In the process of growing aforementioned mixtures' is soil bonity improved by increasing the biodiversity and specific fertilization which induces thickening of a root system, rise in organic matter in soil and attractivity to edaphon.

KEY WORDS

Biodiversity; forage; micronutrients; pollinators; mycotoxins, non-productive functions, permanent grasslands.

OBSAH

ABSTRAKT	2
KLÍČOVÁ SLOVA.....	2
ABSTRACT	2
KEY WORDS.....	2
ÚVOD	4
CÍL METODIKY	5
POPIS METODIKY.....	5
SLOŽENÍ SMĚSÍ.....	5
ZALOŽENÍ POROSTU.....	7
APLIKACE SELENU A ZINKU.....	8
SKLIZEŇ POROSTŮ	9
SROVNÁNÍ „NOVOSTI“ POSTUPŮ SE STAROU METODIKOU	11
POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	11
EKONOMICKÉ ASPEKTY	12
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	13
SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	15
DEDIKACE	16
JMÉNA OPONENTŮ	16
KONTAKTY NA OSOBY PŘEDKLADATELE METODIKY	16
PROHLÁŠENÍ.....	16

ÚVOD

V souvislosti s nastupující změnou klimatu se na našem území zvyšuje riziko častějších výskytů období sucha (Konvalina et al. 2010). Dostupnost vody v půdě má vliv na příjem rostlinných živin jejich kořenovým systémem (Vaněk et al. 2016). Velmi důležitá je retenční schopnost vody v krajině. Ta je na orných půdách často omezena zejména v důsledku nevhodného způsobu hospodaření, které vede k utužení půd a snižování obsahu organické hmoty. Tyto faktory vedou mimo jiné ke zhoršení strukturního stavu půd a redukci edafonu, čímž je snižována potenciální půdní úrodnost.

Za environmentálně šetrné je často považováno pěstování víceletých píceň (Boehmel et al. 2008). Víceleté porosty půdu obohacují o organickou hmotu. Navíc vegetační pokryv chrání povrch půdy celoročně před vodní a větrnou erozí (Dumbrovský et al. 2014). Jejich výhodou jsou také nižší nároky na hnojení v porovnání s rostlinami jednoletými (Lewandowski et al. 2003). Nicméně, víceleté porosty jsou často v důsledku působení biotických i abiotických stresorů ve zvýšené míře napadány různými patogeny (Arora et al. 2002; Hyong Woo, a Byung Kook 2012), které se podílí na zvýšení syntézy toxinů. Tak dochází ke snižování nutriční hodnoty píceň, dále k jejich primární kontaminaci toxickými metabolity patogenů a k následnému ohrožení zdravotní nezávadnosti a bezpečnosti krmiv i potravin (Diaz 2005).

Preventivním opatřením vůči uvedeným negativním vlivům je zvýšení zásobení rostlin selenem (Se) a zinkem (Zn), (Hanson et al. 2003), vedoucí k podpoře aktivity antioxidačního řetězce rostlin (Hyong Woo a Byung Kook 2012). Tak je současně možné zvýšit životaschopnost rostlin, oddálit senescenci (Hye Ryun et al. 2004) a podpořit regulaci vodního režimu rostlin v období sucha (Arora et al. 2002). Antioxidační řetězec je možné zefektivnit zvýšením zásobení rostlin Se, který se do antioxidačního řetězce zapojuje prostřednictvím glutathion peroxidázy (GSHPx), a dále Zn, jehož antioxidační účinky spočívají v zapojení do superoxiddismutáz (Cu/Zn-SOD). Cu/Zn-SOD se účastní přeměny superoxidů na H_2O_2 . Na aktivitu Cu/Zn-SOD navazuje GSHPx, tedy enzym, který katalyzuje reakci mezi redukovaným glutathionem (GSH) a H_2O_2 za vzniku oxidovaného glutathionu (GSSG) a H_2O . Vzhledem k tomu, že je Zn také integrální součástí metallothioneinů (pMTS), přispívá i touto cestou k odolnosti rostlin vůči suchu a jiným stresogenním faktorům (Arora et al. 2002).

Vliv výživy selenem a zinkem nebyl u většiny druhů rostlin dosud zkoumán, natož potom u celých společenstev. Výjimkou jsou některé zemědělské plodiny, např. kukuřice (*Zea mays* L.) a pšenice (*Triticum aestivum* L.), (Ducsay et al. 2016; Chilimba et al. 2012), které však mají jen minimální přínos pro opylovatele. Z plodin významných pro opylovatele byl vliv selenu testován na pohance obecné (*Fagopyrum esculentum* Moench), kde byl ovšem popsán pouze vliv na výnos (Jiang et al. 2015).

Selen a zinek je nezbytný zároveň pro živočichy (Cartes et al. 2005), na základě čehož se předpokládá pozitivní reakce opylovatelů díky zlepšení kvalitativních i kvantitativních parametrů potravních zdrojů včel v důsledku navýšení obsahu zinku a selenu v rostlinách. Zatímco u rostlin zinek podporuje tvorbu nektaru (Fazekas et al. 2019), u včel zvyšuje životaschopnost díky zvýšení antioxidační ochrany organismu jak u dospělých dělnic, tak u

včelího plodu (Zhang et al. 2015). Selen v rostlinách podporuje antioxidační řetězce (Hawrylak-Nowak et al. 2018), na základě čehož dochází ke snížení fyziologického stresu a lepšímu rozvoji a fungování generativních orgánů a následné obohacení nektaru selenem (Mark et al., 2001; Jansen 2017). Rostliny fortifikované mikroelementy jsou navíc včelami více navštěvovány (Fazekas et al. 2019).

Navýšení obsahu zinku a selenu ve výživě opylovatelů může být klíčovým faktorem pro zlepšení životaschopnosti jejich populací, které jsou bezprecedentně redukovány v důsledku nutričního stresu a kontaminace pesticidy (Biesmeijer et al. 2006; Brodschneider a Crailsheim 2010; Pasquale et al. 2013; Frazier et al. 2008; Mommaerts a Smagghe 2011).

CÍL METODIKY

Cílem této metodiky bylo zpřístupnění výsledků projektu široké odborné i laické veřejnosti. Metodika popisuje způsob výsevu, managementu a sklizně druhovo-bohatých směsí, čímž podporuje zejména farmáře ke zvyšování diverzity zemědělské krajiny. Metodika slouží k doplnění informací o pěstování vyvinutých směsí a aplikaci nových postupů ve foliární výživě nektarodárných porostů. Inovativní použití selenu a zinku pro podporu životaschopnosti rostlin a opylovatelů nebylo doposud komerčně využíváno, metodika umožňuje začlenění opatření do běžné praxe v budoucnosti.

POPIS METODIKY

SLOŽENÍ SMĚSÍ

Byly navrženy 3 varianty druhově bohatých směsí s odlišným složením rostlinných druhů a doporučeným způsobem využití. Poměr trav, jetelovin a bylin byl určen u těchto směsí následující:

Směs 1: 0 % trav + 40 % barevných jetelovin + 60 % bylin

Směs 2: 70 % trav + 10 % barevných jetelovin + 20 % bylin

Směs 3: 90 % trav + 3 % barevných jetelovin + 7 % bylin

Směs 1 obsahuje 13 rostlinných druhů (tabulka 1) běžně se vyskytujících v podmínkách České republiky. Jedná se o druhy typické pro mezofytní stanoviště (z pohledu teploty až xerothermní druhy). Doporučenou formou využití je pro podporu opylovatelů a biodiverzity.

Tabulka 1: Druhové složení a podíl komponent Směsi 1

Botanický druh latinsky	Botanický druh česky	Odrůda	Podíl komponentu ve směsi (%)
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Úročník bolhoj	Pamír	5,3
<i>Carum carvi</i> L.	Kmín kořený	Prochan	1,7
<i>Centaurea jacea</i> L.	Chrpa luční		1,7
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	Pohanka obecná	Zita	17,1
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	Chrastavec rolní		4,3
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Kopretina bílá		8,6

<i>Lotus corniculatus</i> L.	Štírovník růžkatý	Leo	26,7
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	Vičenec ligrus	Višňovský	6,7
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Svazenka vratičolistá	Větrovská	17,1
<i>Salvia pratensis</i> L.	Šalvěj luční		6
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	Krvavec menší		2,6
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Silenka nadmutá		0,9
<i>Trifolium pratense</i> L.	Jetel luční	Start	1,3

Směs 2 je složena z 27 rostlinných druhů (Tabulka 2). Svým složením, včetně zastoupení pícních trav, má nejbližší k lučnímu porostu, jehož primárním účelem je zvýšení biodiverzity a ekologické stability dané lokality. Oproti Směsi 3 je potřeba hnojení tohoto porostu snížena díky vyššímu podílu jetelovin (symbióza s hlízkovými bakteriemi rodu *Rhizobium*, které v symbióze s kořeny rostlin působí jako fixátoři vzdušného dusíku).

Druhové složení **Směsi 3** je shodné se Směsí 2. Rozdíl představuje procentuální zastoupení jednotlivých druhů. Dominantní podíl trav a vysoké zastoupení širokolistých druhů (např. lipnice luční, kostřava luční, jílek vytrvalý) předurčuje tuto směs ke zkrmování hospodářskými zvířaty. Zastoupené druhy bylin jsou ze zdravotního hlediska nezávadné a jejich minoritní podíl může krmivářskou hodnotu porostu naopak zvýšit.

Tabulka 2: Druhové složení a podíl komponent Směsi 2 a Směsi 3

Botanický druh latinsky	Botanický druh česky	Odrůda	Podíl komponentu ve směsi (%)	
			Směs 2	Směs 3
<i>Agrostis capillaris</i> L.	Psineček obecný		2,3	3,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Tomka vonná		3,1	4,0
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Úročník bolhoj	Pamir	1,3	0,4
<i>Arrhenantherum elatius</i> (L.) J. Presl et C. Presl	Ovsík vyvýšený		2,3	3,0
<i>Bromus erectus</i> Huds.	Sveřep vzpřímený		7,8	10,0
<i>Carum carvi</i> L.	Kmín kořený	Prochan	0,6	0,2
<i>Centaurea jacea</i> L.	Chrupa luční		0,6	0,2
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	Pohánka hřebenitá	Rožnovská	6,2	5,0
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	Pohanka obecná	Zita	5,7	2,0
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Kostřava luční	Otava	6,2	8,0
<i>Festuca rubra commutata</i>	Kostřava červená trsnatá	Zulu	5,4	5,0
<i>Festuca rubra rubra</i>	Kostřava červená pravá	Tagera	11,7	15,0
<i>Festuca rubra trichophylla</i>	Kostřava červená	Viktorka	3,9	7,0
<i>Festuca trachyphylla</i> (Hack.) R. P. Murray	Kostřava drsnolistá	Dorotka	7,8	18,0
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	Chrastavec rolní		1,4	0,5
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Kopretina bílá		2,8	1,0
<i>Lolium perenne</i> L.	Jílek vytrvalý	Jozífek	1,6	2,0
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Štírovník růžkatý	Leo	6,7	2,0
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	Vičenec ligrus	Višňovský	1,7	0,5
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Svazenka vratičolistá	Větrovská	5,7	2,0
<i>Phleum pratense</i> L.	Bojínek luční	Sobol	1,6	2,0
<i>Poa pratensis</i> L.	Lipnice luční	Balin	7,8	10,0
<i>Salvia pratensis</i> L.	Šalvěj luční		2	0,7
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	Krvavec menší		0,9	0,3
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Silenka nadmutá		0,3	0,1
<i>Trifolium pratense</i> L.	Jetel luční	Start	0,3	0,1
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	Trojštět žlutavý	Horál	2,3	3,0

Výběr druhů byl podmíněn jejich vhodností pro opylovatele, pro zkrmování hospodářským zvířatům a dále rychlostí vývoje rostlin vzhledem k riziku zaplevelení s důrazem na rychlost zapojení porostu. Při výběru druhů byla dále respektována předpokládaná klimatická změna, takže ve směsích jsou zastoupeny rostlinné druhy převážně do sušších podmínek. Jako představitelé nektarodárných jednoročních druhů byla začleněna svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) a pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench). Svazenka vratičolistá je nenáročná bylina původem ze Severní Ameriky (Kalifornie). Preferuje osluněná stanoviště s dostatečnou zásobou živin. Zpravidla bývá pěstována jako zelené hnojení, jejím začleněním je zvyšován podíl organické hmoty v půdě. Pohanka obecná má nízké nároky na půdní a klimatické podmínky. Stejně jako svazenka vratičolistá upřednostňuje osluněná a živinami bohatší stanoviště. Víceleté jeteloviny, zejména úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria* L.), štirovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.) a vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia* Scop.), působí ve směsích jako nektarodárné druhy, nejenom v prvním užitkovém roce, ale také v následujících letech. Tyto druhy zvyšují nutriční hodnotu získané píče a obohacují půdu o dusík symbiózou s hlízkovými bakteriemi. Začlenění bylin do směsí, zejména šalvěje luční (*Salvia pratensis* L.) nebo kmínu kořeného (*Carum carvi* L.), zaručuje zvýšení biodiverzity zemědělské krajiny a zvýšení nutriční hodnoty produkovaného krmiva z uvedených směsí, kde tyto druhy obohacují píči o přírodní bioaktivní a antimikrobiální látky. Do portfolia druhového složení byli začleněni i zástupce čeledí *Asteraceae* a *Lamiaceae*, které jsou schopné hyperakumulovat mikroprvky lépe, než druhy z jiných čeledí, které jsou běžně zahrnuty v komerčně dostupných druhově bohatých směsích. Tato schopnost hyperakumulace je základním předpokladem pro úspěšnou fortifikaci nektaru mikroprvky (White, 2016).

ZALOŽENÍ POROSTU

Pozemek bylo nutné mít prostý vytrvalých plevelů, dne 18.5. byl proto aplikován totální herbicid na báze glyfosátu v dávce 3 l/ha. Pozemek byl připraven orbou, smykáním a válením. Příprava půdy byla obdobná jako při zakládání porostů jiných pícních druhů. Na základě maloparcelkových a poloprovozních pokusů byl s ohledem na zastoupení bylin a trav ve směsi stanoven následující výsev: **Směs 1** výsev 2 g/m², **Směs 2** výsev 4 g/m² a **Směs 3** výsev 6 g/m². Během vegetace nebyla prováděna žádná odplevelovací opatření z důvodu možného poškození vysetých klíčících druhů. Hloubka výsevu nepřesáhla 2 cm a po vysetí byl pozemek uválen válem. Setí bylo provedeno bez secích botek šterbinovým výsevním ústrojím. Setí do řádku není vhodné, jelikož dochází k nerovnoměrnému zapojení porostu a vyšší mezerovitosti.

Výsev směsí byl na lokalitě v Troubsku nacházející se na jižní Moravě v řepařské výrobní oblasti dne 17.6.2020. Výsev směsí na lokalitě ve Vatíně nacházející se na Vysočině v bramborářské oblasti byl dne 8.7.2020. Obecně je možné konstatovat, že v sušších oblastech s nedostatkem srážek a vyšším rizikem výskytu sucha je optimálním termínem výsevu přelom března a dubna. Jarní měsíce jsou optimálním termínem pro výsev i ve vyšších oblastech s dostatkem srážek. Nicméně pro vlhčí oblasti a oblasti s předpokladem výskytu dostatku srážek v průběhu vegetačního období jsou vhodné i pozdní letní měsíce (přelom srpna a září). Pozdější podzimní termíny výsevu jsou možné v případě, že se dá předpokládat vzejití jednoročních druhů (např. svazenka vratičolistá a pohanka obecná) až na jaře následujícího roku, v opačném

případě bude porost prostý těchto druhů v prvním užitém roku. Podzimní výsev také představuje riziko pro jeteloviny, které mají pomalejší vývoj a pozdější výsev nedává dostatečný časový prostor pro rozvoj kořenového systému před nadcházejícím zimním obdobím.

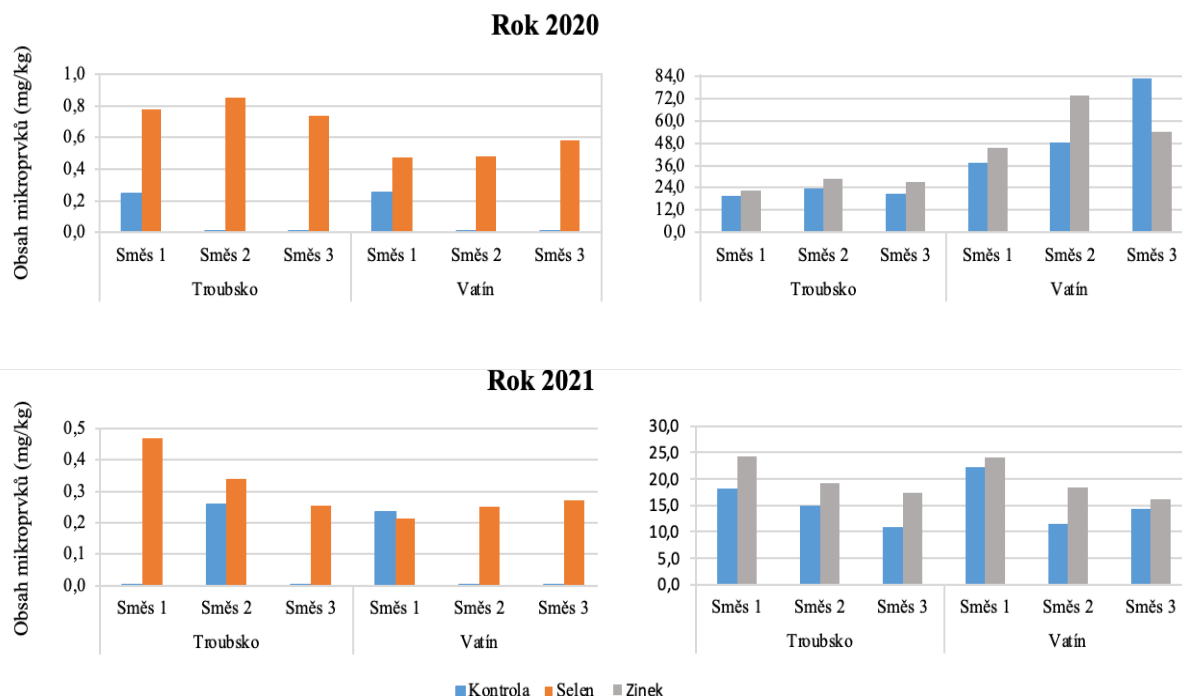
U všech navržených směsí byla možnost jarního dosevu jednoletých druhů (např. svazenky vratičolisté a pohanky obecné). Dosev jednoletých druhů může mít význam nejenom pro lepší zapojení porostu, ale také pro vyšší produkci primární biomasy, zejména při využití biomasy jako paliva pro bioplynové stanice, nebo využití pro účely produkce píce pro krmení hospodářských zvířat v prvních dvou užitkových letech.

APLIKACE SELENU A ZINKU

Výživa porostů mikroprvky byla prováděna foliárně, a to použitím seleničitanu sodného v dávce 20 g/ha Se a síranu zinečnatého v dávce 500 g/ha Zn. Foliární aplikace snížila potenciální riziko kontaminace půdy a zlepšila přístupnost mikroprvků rostlině. Foliární aplikace ve srovnání s půdní aplikací snížila riziko vyplavování mikroprvků. Foliární výživa Zn nebo kombinací Se a Zn byla na malých plochách aplikována akumulátorovým zádovým postřikovačem, u větších výměř poloprovozních experimentů postřikovačem neseným traktorem. Použito bylo smáčedlo Silwet v dávce doporučené výrobcem (0,1 l/ha). Aplikace mikroprvků zabezpečí vyšší koncentraci Se a Zn v biomase i nektaru a podporu délky kvetení, čímž je možné předpokládat podporu výživy opylovatelů.

Termín aplikace byl ve fázi butonizace dominantního dvouděložného hmyzosubného druhu, kterým byla v roce výsevu svazenka vratičolistá. V případě využití směsí bez dosevu jednoletých druhů se nosným stává první druh byliny, který dosáhl začátku fáze butonizace. Termín je zvolen s ohledem na maximalizaci průniku mikroprvků do celé části rostliny, včetně květů. Příjem mikroprvků vyšetřmi druhy byl potvrzen několikanásobným zvýšením množství Se a Zn v biomase po foliární aplikaci použitých postřiků (Graf 1). Tím byla zajištěna fortifikace nektaru a podpora výživy opylovatelů. Začátek kvetení nektarodárných druhů jarního charakteru je možné očekávat do dvou měsíců od vzejití v roce výsevu, v dalších letech na jaře po dosažení požadované sumy teplot pro kvetení nejranějšího druhu.

Graf 1: Obsah selenu a zinku v biomase po aplikaci foliární výživy v roce výsevu (2020) a v prvním užitkovém roce (2021)

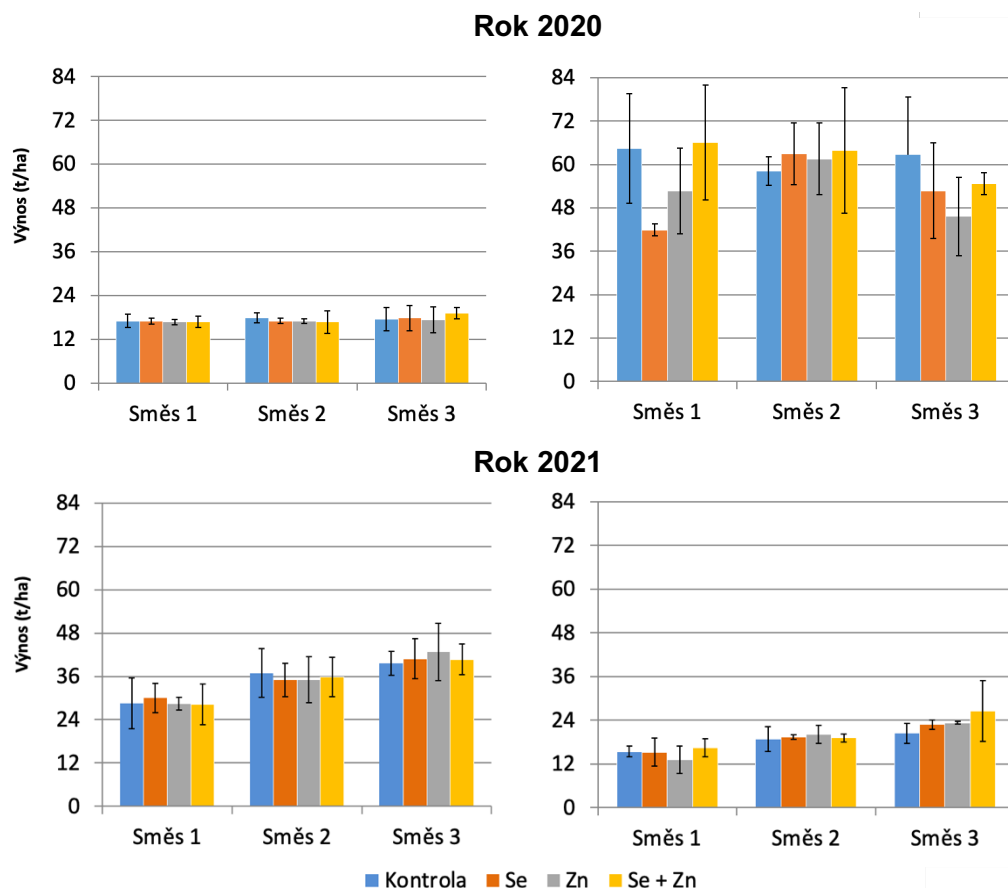


U založených maloparcelkových pokusů nebyla zaznamenána průkazná míra napadení chorobami žádné z hodnocených plodin (štírovníku růžkatého, svazenky vratičolisté a kopretiny bílé). Koncentrace sledovaných hub (vyjádřeny v CFU/g), které zahrnují i zástupce mykotoxigenních druhů snižujících kvalitu píce v kompromisní **Směsi 2** byla průkazně nižší ($P < 0,01$) u variant ošetřených treatmenty na obou testovaných lokalitách. Nejnižší koncentraci hub ve fylospéře směsi byla zaznamenána u **Směsi 3** pěstované v Troubsku, nicméně ve Vatíně nebyly nalezeny žádné statisticky průkazné rozdíly mezi směsmi. Hodnocena byla přítomnost mykotoxinů jakožto sekundárních metabolitů hub negativně ovlivňujících zdraví zvířat v případě jejich požití. Obsah deoxynivalenolu (DON) nalezen v biomase směsi v roce 2020 ve Vatíně byl 1,93-5,29 $\mu\text{g/kg}$ sušiny, obsah zearalenonu (ZEN) byl 0,68-2,56 $\mu\text{g/kg}$ a obsah aflatoxinu B1 (AFB1) byl 0,01-0,06 $\mu\text{g/kg}$. Nejnižší průměrná kontaminace mykotoxiny byla zaznamenána u Směsi 3, střední kontaminace u Směsi 2 a nejvyšší u Směsi 1. Tyto výsledky poukazují na vysokou odolnost diverzních pícních kultur vůči patogenům a potvrzují bezpečné uplatnění směsí 2 a 3 jako krmiva v praxi.

SKLIZEŇ POROSTŮ

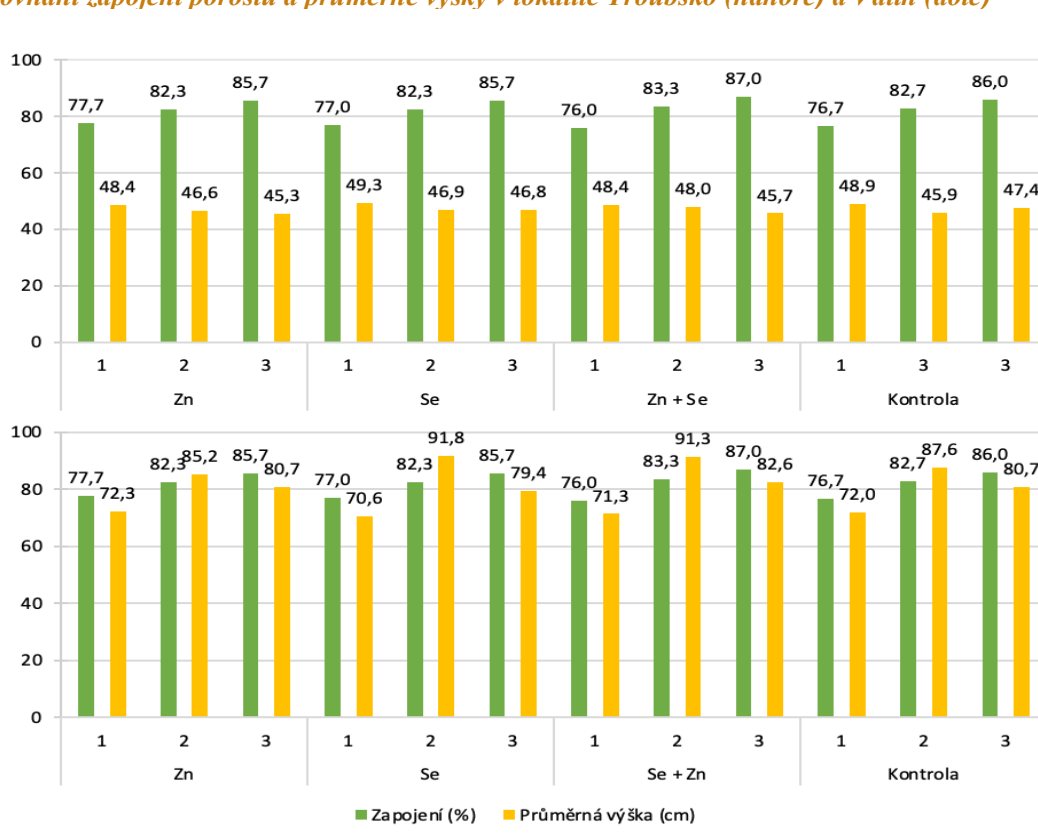
Porosty byly v roce výsevu jednosečné u jarních i letních výsevů, v dalších letech byly využívány dvousečně. Seče byly provedeny na přelomu září (Troubsko) a října (Vatín) v roce výsevu, v prvním užitkovém roce byla 1. seč provedena v první polovině července a 2. seč v říjnu na obou lokalitách. Průměrný výnos je uveden v Grafu 1. Termín sklizně je optimální po odkvetení dominantního druhu, přibližně 3-4 týdny po aplikaci mikroprvků pro dosažení maximální podpory opylovačů a získání dostatečného výnosu biomasy u **Směsi 2 a 3**. U **Směsi 1** je možné sklízet porost až 12 týdnů po aplikaci mikroprvků pro delší kvetení a podporu výživy opylovatelů, nicméně množství sklizené biomasy v druhé seči bude výrazně nižší.

Graf 2: Výnosy čerstvé hmoty (t/ha) jednotlivých směsí v Troubsku (vlevo) a Vatíně (vpravo) v roce výsevu (2020) a prvním užítkovém roce (2021)



Začlenění jednoletých druhů zvyšuje zapojení porostu v roce výsevu, v dalších letech se pak na dobrém zapojení porostu podílejí zejména trávy a jeteloviny. Výška porostu závisela na vláhových poměrech hodnocené lokality (Graf 3). Směsi mohou plnit řadu dalších mimoprodukčních funkcí. Podpora mimoprodukčních funkcí porostu byla viditelná již několik týdnů po výsevu. Na základě pozorování a počítání jedinců *ex situ* bylo viditelné poskytnutí pastvy pro opylovatele. Nejvíce opylovatelů v Troubsku přilákala Směs 1, nebyly zaznamenány rozdíly mezi Směsí 2 a 3. Nejvíce opylovatelů ve Vatíně přilákala Směs 2, mezi Směsí 1 a 3 nebyly zaznamenány rozdíly. Experimentální plochy byly nejčastěji navštěvovány zástupci řádu *Diptera* a včelou medonosnou.

Graf 3: Porovnání zapojení porostu a průměrné výšky v lokalitě Troubsko (nahore) a Vatín (dole)



SROVNÁNÍ „NOVOSTI“ POSTUPŮ SE STAROU METODIKOU

Z vědeckého hlediska jsou poznatky týkající se námi řešeného problému jen velice omezené, a to v ČR i ve světě. Dosud nebyl proveden žádný komplexní výzkum v oblasti luk a pastvin zaměřený na foliární výživu a druhově bohaté směsi zahrnující trávy, jeteloviny a byliny. Jedná se zejména o biodiverzitu luk ve vztahu k využití živin. Kombinace postupů této metodiky je originální a nelze ji jako celek porovnávat s žádnou jinou metodikou, protože podobná metodika u nás doposud nebyla vydána. Krom velkého množství sledovaných parametrů bylo využito i zkoušení na různých stanovištích tak, aby byl poskytnut co nejkomplexnější pohled na problematiku. Na trhu se sice vyskytují směsi zaměřené na opylovatele nebo produkční směsi, ale z komerčního hlediska tkví inovativnost této metodiky v doposud neobvyklém propojení jednoduchých způsobů podpory biodiverzity, zvýšení životaschopnosti a výživného stavu opylovatele, zvýšení retence vody v krajině s produkcí bezpečných krmiv. Dalším prvkem novosti je způsob výživy opylovatele přes fortifikaci nektaru.

POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tato certifikovaná metodika prakticky doplňuje užitný vzor osevní směsi se specifickým způsobem ošetřování, která tvoří podklad jednoduchého návodného materiálu pro koncového uživatele směsi. Díky našemu řešení získá zemědělec dvojitou výhodu - zásobením opylovatele i hospodářských zvířat, zároveň je mu umožněna diverzifikace podnikání zapojením chovu včel

do jeho produkce. Koncovými uživateli jsou dále obce a soukromí vlastníci půdy, kteří budou využívat zejména mimoprodukční funkce směsí popsanych v této metodice. Inovativní je také zařazení některých druhů jako "startérů" do vytrvalých směsí (svazenka, pohanka), čímž bude zajištěna počáteční atraktivita pro opylovatele a odplevelovací funkce. Právě díky velikosti tohoto projektu bude umožněn zcela nový a objektivní pohled na problém, který otevře další možnosti produkce funkčních krmiv a potravin stejně jako vývoje intravilánových osevních směsí. Vývoj směsí flexibilně reaguje na vypisované dotační tituly (např. intravilánové nektarodárné porosty).

V praxi bude metodika využívána širokou škálou stakeholderů, pro které budou inovativním přínosem a umožní jim nejen získávání kvalitního krmiva pro hospodářská zvířata, ale také zvýšení biodiverzity a metodu zadržování vody v krajině pomocí druhově bohatých TTP.

EKONOMICKÉ ASPEKTY

Cena výsledného produktu je značně ovlivněna množstvím a druhovým zastoupením bylin ve směsi. Jelikož je osiva bylinných druhů na trhu nedostatek, je cena mnohonásobně vyšší než u trav nebo jetelovin. Náklady jsou proto u **Směsi 1** několikanásobně vyšší, než u **Směsi 2** a **3**. Pro použití na nektarodárné účely, zejména pro osetí menších ploch využívaných včelaři nebo na podporu biodiverzity je nejvhodnější **Směs 1**. Na použití na větších plochách, zejména v intravilánech a na ozelenění ploch v blízkosti cest je nejvhodnější **Směs 2**. Pro kombinaci nektarodárnosti v termínu do první seče a pícninařského využití druhé seče je nejvhodnější **Směs 3**, která se vyznačuje nejnižšími náklady, tedy pravděpodobně i nejnižší ceny pro konečného spotřebitele. Náklady na míchání směsí jsou uvedeny v tabulce 1, konečný uživatel tak může odhadnout tržní cenu finálních produktů dle produkovaného množství. I přes vyšší náklady na pořízení směsí přináší použití ve spojení s fortifikací selenem a/nebo zinkem koncovému uživateli výnosy vyplývající z podpory opylovatelů a zajištění zdravotně bezpečné píce pro výživu hospodářských zvířat nemajících vysoké nároky na obsah živin. Návrh vložené investice je možné očekávat ve druhém užitkovém roce. Porosty jsou přitom zakládány na dobu více než 7 let a výnosy jsou tak několikanásobně vyšší než náklady na založení. K tomu je třeba připočítat i socioekonomický význam postupů zahrnutých v této certifikované metodice.

Tabulka 3: Náklady na míchání a doporučené výsevky jednotlivých směsí

	Směs 1	Směs 2	Směs 3
Výsevek (g/m ²)	2,0	4,0	6,0
Osetá experimentální plocha (m ²)	498,75	20 499	598,5
Množství osiva míchané na výzkumné účely (kg)	0,997	81,996	3,591
Náklady na míchané množství (cena za 1 kg bez DPH)	5 461,33 Kč	1 107,35 Kč	2 021,93 Kč
Náklady na míchání 200 kg pro praxi (cena za 1 kg bez DPH)	2 511,33 Kč	1 086,97 Kč	623,49 Kč

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ARORA, Ajay, R. K. SAIRAM a G. C. SRIVASTAVA, 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*. **82**(10), 1227–1238. ISSN 0011-3891.

BIESMEIJER, J. C., S. P. M. ROBERTS, M. REEMER, R. OHLEMÜLLER, M. EDWARDS, T. PEETERS, A. P. SCHAFFERS, S. G. POTTS, R. KLEUKERS, C. D. THOMAS, J. SETTELE a W. E. KUNIN, 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* [online]. **313**(5785), 351–354. ISSN 0036-8075, 1095-9203. Dostupné z: doi:10.1126/science.1127863

BOEHMEL, Constanze, Iris LEWANDOWSKI a Wilhelm CLAUPEIN, 2008. Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. *Agricultural Systems* [online]. **96**, 224–236. Dostupné z: doi:10.1016/j.agsy.2007.08.004

BRODSCHNEIDER, Robert a Karl CRAILSHEIM, 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* [online]. **41**(3), 278–294. ISSN 0044-8435, 1297-9678. Dostupné z: doi:10.1051/apido/2010012

CARTES, P., L. GIANFREDA a M.L. MORA, 2005. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. *Plant and Soil* [online]. **276**(1), 359–367. ISSN 1573-5036. Dostupné z: doi:10.1007/s11104-005-5691-9

CLAUDIANOS, C, H RANSON, R M JOHNSON, S BISWAS, M A SCHULER, M R BERENBAUM, R FEYEREISEN a J G OAKESHOTT, 2006. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect Molecular Biology* [online]. **15**(5), 615–636. ISSN 0962-1075. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2583.2006.00672.x

DIKILITAS, Murat, Sema KARAKAS, Abeer HASHEM, E.F. ALLAH a Parvaiz AHMAD, 2016. Oxidative stress and plant responses to pathogens under drought conditions [online]. s. 102–123. ISBN 978-1-119-05436-8. Dostupné z: doi:10.1002/9781119054450.ch8

DUCSAY, L., O. LOŽEK, M. MARČEK, M. VARÉNYIOVÁ, P. HOZLÁR a T. LOŠÁK, 2016. Possibility of selenium biofortification of winter wheat grain. *Plant, Soil and Environment* [online]. **62** (2016)(No. 8), 379–383. ISSN 18059368. Dostupné z: doi:10.17221/324/2016-PSE

DUMBROVSKÝ, Miroslav, Veronika SOBOTKOVÁ, Bořivoj ŠARAPATKA, Libor CHLUBNA a Radka VÁCHALOVÁ, 2014. Cost-effectiveness evaluation of model design variants of broad-base terrace in soil erosion control. *Ecological Engineering* [online]. **68**, 260–269. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoleng.2014.03.082

FAZEKAS, Csaba, Attila PÉNTEK a Viktor József VOJNICH, 2019. Effect of foliar fertilizers applications on the nectar production of sunflower (*Helianthus annuus* L.) And on the foraging behaviour of honeybees (*Apis mellifera* L.). *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*. **12**(2), 153–160. ISSN 20673809.

FRAZIER, Maryann, Chris MULLIN, Jim FRAZIER a Sara ASHCRAFT, 2008. What have pesticides got to do with it? *American Bee Journal*. **148**.

GARDENER, Mark C. a Michael P. GILLMAN, 2001. The effects of soil fertilizer on amino acids in the floral nectar of corncockle, *Agrostemma githago* (*Caryophyllaceae*). *Oikos* [online]. **92**(1), 101–106. ISSN 1600-0706. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.920112.x>

HANSON, Brady, Gulnara F. GARIFULLINA, Stormy Dawn LINDBLOM, Ami WANGELINE, Ashley ACKLEY, Karen KRAMER, Andrew P. NORTON, Christopher B. LAWRENCE a Elizabeth A. H. PILON-SMITS, 2003. Selenium accumulation protects *Brassica juncea* from invertebrate herbivory and fungal infection. *New Phytologist* [online]. **159**(2), 461–469. ISSN 1469-8137. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00786.x>

HAWRYLAK-NOWAK, Barbara, Mirza HASANUZZAMAN a Matraszek RENATA, 2018. Mechanisms of selenium-induced enhancement of abiotic stress tolerance in plants. In: *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance* [online]. s. 269–295. ISBN 978-981-10-9043-1. Dostupné z: doi:[10.1007/978-981-10-9044-8_12](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_12)

CHILIMBA, Allan D. C., Scott D. YOUNG, Colin R. BLACK, Mark C. MEACHAM, Joachim LAMMEL a Martin R. BROADLEY, 2012. Agronomic biofortification of maize with selenium (Se) in Malawi. *Field Crops Research* [online]. **125**, 118–128. ISSN 0378-4290. Dostupné z: doi:[10.1016/j.fcr.2011.08.014](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.08.014)

CHOI, Hyong Woo a Byung Kook HWANG, 2012. The pepper extracellular peroxidase CaPO2 is required for salt, drought and oxidative stress tolerance as well as resistance to fungal pathogens. *Planta* [online]. **235**(6), 1369–1382. ISSN 1432-2048. Dostupné z: doi:[10.1007/s00425-011-1580-z](https://doi.org/10.1007/s00425-011-1580-z)

JIANG, Y., Z. H. ZENG, Y. BU, C. Z. REN, J. Z. LI, J. J. HAN, C. TAO, K. ZHANG, X. X. WANG, G. X. LU, Y. J. LI a Y. G. HU, 2015. Effects of selenium fertilizer on grain yield, Se uptake and distribution in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant, Soil and Environment* [online]. **61** (**2015**)(No. 8), 371–377. ISSN 18059368. Dostupné z: doi:[10.17221/284/2015-PSE](https://doi.org/10.17221/284/2015-PSE)

KONVALINA, P., J. MOUDRÝ, Ladislav DOTLACIL a Zdenek STEHNO, 2010. Drought tolerance of land races of emmer wheat in comparison to soft wheat. *Cereal Research Communications* [online]. **38**, 429–439. Dostupné z: doi:[10.1556/CRC.38.2010.3.13](https://doi.org/10.1556/CRC.38.2010.3.13)

LEWANDOWSKI, Iris, Jonathan M. O. SCURLOCK, Eva LINDVALL a Myrsini CHRISTOU, 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy* [online]. **25**(4), 335–361. ISSN 0961-9534. Dostupné z: doi:[10.1016/S0961-9534\(03\)00030-8](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00030-8)

MOMMAERTS, Veerle a Guy SMAGGHE, 2011. Side-effects of pesticides on the pollinator *Bombus*: An Overview. *Pesticides in the Modern World - Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment* [online]. [vid. 2021-02-04]. Dostupné z: doi:10.5772/25254

PASQUALE, Garance Di, Marion SALIGNON, Yves Le CONTE, Luc P. BELZUNCES, Axel DECOURTYE, André KRETZSCHMAR, Séverine SUCHAIL, Jean-Luc BRUNET a Cédric ALAUX, 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLOS ONE* [online]. **8**(8), e72016. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0072016

SHABALA, Sergey, 2017. *Plant Stress Physiology, 2nd Edition*. B.m.: CABI. ISBN 978-1-78064-729-6.

VANĚK, Václav, Jiří BALÍK, Milan PAVLÍK, Daniela PAVLÍKOVÁ a Pavel TLUSTOŠ, 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. B.m.: Profi Press s.r.o. ISBN 978-80-86726-79-3.

WHITE, Philip J., 2016. Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany* [online]. **117**(2), 217–235. ISSN 0305-7364. Dostupné z: doi:10.1093/aob/mcv180

WOO, Hye Ryun, Jin Hee KIM, Hong Gil NAM a Pyung Ok LIM, 2004. The delayed leaf senescence mutants of *Arabidopsis*, ore1, ore3, and ore9 are tolerant to oxidative stress. *Plant & Cell Physiology* [online]. **45**(7), 923–932. ISSN 0032-0781. Dostupné z: doi:10.1093/pcp/pch110

ZHANG, Ge, Weixing ZHANG, Xuepei CUI a Baohua XU, 2015. Zinc nutrition increases the antioxidant defenses of honey bees. *Entomologia Experimentalis et Applicata* [online]. **156**(3), 201–210. ISSN 1570-7458. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/eea.12342>

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

ČÁSLAVOVÁ, I., P. KNOT, P. HORKÝ, V. DOHNAL, P. FUKSA a J. SKLÁDANKA, 2019. Effect of foliar selenium application on the infestation of the perennial ryegrass *Lolium perenne* L. and tall fescue *Festuca arundinacea* Schreb. by fungal pathogen *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. *Journal of Animal & Plant Sciences* [online]. **42.1**. Dostupné z: doi:10.35759/JAnmPlSci.v42-1.2

ČÁSLAVOVÁ, I., J. SKLÁDANKA, P. KNOT, P. HORKÝ a P. ŠKARPA, 2017. Comparison of different doses and forms of selenium on its content in aboveground mass of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grassland resources for extensive farming systems in marginal lands: major drivers and future scenarios. Proceedings of the 19th Symposium of the European Grassland Federation, Alghero, Italy, 7-10 May 2017*. 305–307.

KLUSOŇOVÁ, I., P. HORKÝ, J. SKLÁDANKA, M. KOMINKOVÁ, David HYNEK, O. ZÍTKA, P. ŠKARPA, R. KIZEK a V. ADAM, 2015. An effect of various selenium forms and doses on antioxidant pathways at clover (*Trifolium pratense* L.). *International Journal of Electrochemical Science*. **10**(12), 9975–9987. ISSN 1452-3981.

STRAKOVÁ, M. a I. JONGEPIEROVÁ (eds.), 2018. SPPK C02 007:2018. Standardy péče o přírodu a krajinu: Krajinné trávnicky. Agentura ochrany přírody a krajiny, 2018

STRAKOVÁ, M, J. STRAKA, J. JANÁL a L. KŘESADLOVÁ, 2015. Certifikovaná metodika Trávnicky a květnaté louky v památkách zahradního umění. Certifikovaná metodika, Praha: Národní památkový ústav, ISBN 978-80-7480-031. Dostupné z: <https://www.npu.cz/publikace/met60-nczk-travniky.pdf>

SALAŠ, P. et al., 2021. Opatření vedoucí k zamezení biologické degradace půd a zvýšení biodiverzity v suchých oblastech ČR. Uplatněná certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 104 s. ISBN 978-80-7375-585-0.

DEDIKACE

Výzkumný záměr TJ04000048 „Vliv foliární aplikace selenu a zinku na kvalitativní a kvantitativní parametry pícnin a životního prostředí organismů na ně vázaných“ 4. veřejné soutěže Programu aplikovaného výzkumu ZÉTA Technologické agentury ČR.

JMÉNA OPONENTŮ

Posudek odborníka v daném oboru byl proveden: Mgr. Marie Mrázková, Ph.D., Agrovýzkum Rapotín s.r.o., Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice.

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy byl proveden: Ing. Pavel Říha (pracovník pověřen pro tuto činnost), Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Hroznová 2, 656 06 Brno.

KONTAKTY NA OSOBY PŘEDKLADATELE METODIKY

Předkladatelem metodiky je Ing. Jaroslav Lang, Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko, Zahradní 1, 66441 Troubsko, e-mail: lang@vupt.cz.

PROHLÁŠENÍ

Předkladatel metodiky prohlašuje, že zpracovaná metodika nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví. Předkladatel souhlasí s uveřejněním jeho práce na webových stránkách MPO.