



CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO PRAXI

Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami

VLADIMÍR SMUTNÝ, PAVEL NERUŠIL, DAVID KINCL,
ANTONÍN KINTL, ANTONÍN ŠEDEK A KOL.



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



Hanácká zemědělská společnost Jevíčko, a.s.

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami

CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO PRAXI

VLADIMÍR SMUTNÝ, PAVEL NERUŠIL, DAVID KINCL,
ANTONÍN KINTL, ANTONÍN ŠEDEK A KOL.

Brno, 2023

Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami

Autorský kolektiv (v abecedním pořadí):

Ing. Martin Brtnický¹
Petr Daněk⁵
Ing. Tamara Dryšlová¹, Ph.D.¹
Ing. Soňa Dušková, Ph.D.¹
Ing. Petr Elzner, Ph.D.¹
doc. Ing. Stanislav Hejduk, Ph.D.¹
Ing. Lukáš Hlisnikovský, Ph.D.²
Mgr. Jiří Holátko, Ph.D.¹
Ing. Igor Huňady⁴
Ing. Miroslav Jurka⁶
Ing. David Kincl, Ph.D.³
Ing. Antonín Kintl⁴
Ing. Eva Kunzová, CSc.²
Ing. Oldřich Látal, Ph.D.¹
Ing. Ondřej Malíček¹
Ing. Ladislav Menšík, Ph.D.²
Ing. Pavel Nerušil, Ph.D.²
Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.¹
Ing. Lenka Porčová, Ph.D.¹
Ing. Michal Rábek¹
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.¹
Ing. Jan Srbek³
Ing. Antonín Šedek⁵
Ing. Jiří Záruba³

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

² Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Výzkumná stanice Jevíčko, K. H. Borovského 461, 569 43 Jevíčko

³ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 00 Praha 5 – Zbraslav

⁴ Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Zahradní 400/1, 664 41 Troubsko

⁵ P & L, spol. s r.o., Biskupice 206, 763 41 Biskupice u Luhačovic

⁶ Hanácká zemědělská společnost Jevíčko, a.s., Třebovská 713, 569 43 Jevíčko

Kontakt na vedoucího autorského kolektivu: vladimir.smutny@mendelu.cz

Odborný oponent: prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze

Oponent ze státní správy: Ing. Václav Kadlec, Ph.D., Ministerstvo zemědělství ČR

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00, Czech Republic

ISBN 978-80-7509-959-4

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-959-4>



Open Access. Kniha „Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami“ je licencována pod Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0 DEED) International License

Poděkování

Upřímně bych chtěl poděkovat všem technickým pracovníkům z jednotlivých pracovišť, kteří se podíleli na založení a vedení maloparcelních polních pokusů. Tato práce na poli je často velmi namáhavá a časově náročná. Jmenovitě děkuji Janovi Srovému, Vilémovi Sittemu, Pavlovi a Monice Kirchovým z Polní pokusné stanice v Žabčicích. Dále pak také Bc. Janě Pliskové a Radkovi Musilovi z Výzkumné stanice Jevíčko. Za zpracování meteorologických dat patří dík Ing. Matějovi Orságovi, Ph.D. z Ústavu agrosystémů a bioklimatologie Mendelovy univerzity v Brně.

Vladimír Smutný
za autorský kolektiv

Dedikace

Certifikovaná metodika pro praxi vznikla za finanční podpory MZe ČR a je výstupem řešení projektu NAZV QK1910334 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“. Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, s institucionální podporou VÚRV, v.v.i. MZE-RO0423 a VÚMOP, v.v.i. MZE-RO0223.

Ministerstvo zemědělství vydalo k metodice osvědčení MZE-71968/2023-13124 o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, č. 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

ABSTRAKT

Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami

Metodika se zaměřuje na praktické využití technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami. V polních podmínkách bylo ověřováno využití zakládání porostů různých druhů plodin do prostoru mezi řádky kukuřice pomocí multifunkčního stroje (plečkování, setí podsevu, aplikace kapalného hnojiva a pásová aplikace herbicidů) při růstové fázi 3–4 listů. Byl prokázán pozitivní vliv podsevů v kukuřici na půdní biologické vlastnosti (pH, půdní respiraci, vybrané ukazatele enzymatické aktivity, strukturní stav a vodostálost půdních agregátů) a s tím související zlepšení procesu mineralizace živin. Výsledky technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami ukázaly příznivý vliv na omezení vodní eroze. Výnosy a kvalita píce silážní kukuřice, zjištěná u jednodruhových podsevů a směsí podsevových plodin, byla srovnatelná s variantou bez podsevu. Pokles výnosu byl častěji zaznamenán u těch druhů podsevů či směsí, u nichž byla vyšší produkce biomasy. V relativním vyjádření byl pokles ve výnosu silážní hmoty či zrna v jednotkách procent (4–9 %) v porovnání s variantou bez podsevu. Tato technologie umožňuje cílenou pásovou aplikaci herbicidu pouze v řádku kukuřice (58 % plochy) díky vybavení protiúletovými clonami. Snížení počtu pojezdů po pozemku, cílená aplikace dusíku do půdy a snížení spotřeby herbicidů jsou environmentálními přínosy této technologie.

ABSTRACT

Cultivation of maize with under-sowing crops

The methodology focuses on the practical use of the technology of growing maize with under-sowing crops. In field conditions, the use of establishing stands of different crop species in the space between the rows of maize was verified using a multifunctional machine (inter-row cultivation, under-sowing, application of liquid fertilizer, and band application of herbicides) during the growth stage of 3–4 leaves. The positive effect of under-sowing crops in maize on soil biological properties (pH, soil respiration, selected enzymatic activities, soil structure and water aggregate stability) and the related improvement of the nutrient mineralization process was demonstrated. The results of the maize cultivation practice with under-sowing crops showed a favourable effect on the reduction of water erosion. Yields and forage quality of silage maize, found in single-species and mixed under-sowing crops, were comparable to the variant without under-sowing. The decrease in yield was more often recorded in those types of under-sowing or mixtures with higher biomass production. In relative terms, the differences in yield were in units of percentages (4–9 %) compared to the variant without under-sowing. This technology enables the targeted band application of the herbicide only in the maize row (58 % of the area) within anti-drift screens. Reducing the number of passes on the plot, targeted application of nitrogen to the soil and reduction of herbicide usage are the environmental benefits of this technology.

OBSAH

I.	Cíl metodiky	6
II.	Vlastní popis metodiky	7
1.	Úvod	7
2.	Metodická část k polním pokusům.....	9
2.1.	Popis variant a založení maloparcelních polních pokusů.....	9
2.2.	Průběh počasí v letech 2020-2023	13
2.2.1.	Lokalita Žabčice	13
2.2.2.	Lokalita Jevíčko	17
3.	Produkce biomasy podsekových plodin	23
3.1.	Lokalita Žabčice	23
3.1.1.	Jednodruhové podsekové plodiny	23
3.1.2.	Směsi podsekových plodin	24
3.1.3.	Souhrnné výsledky (2020–2023)	25
3.2.	Lokalita Jevíčko	26
3.2.1.	Jednodruhové podsekové plodiny	26
3.2.2.	Směsi podsekových plodin	27
3.2.3.	Souhrnné výsledky (2020–2022)	28
3.3.	SOUHRN	29
4.	Produkce kukuřice na siláž a zrno	30
4.1.	Lokalita Žabčice	30
4.2.	Lokalita Jevíčko	32
4.3.	SOUHRN	35
5.	Vliv podsekových plodin na vybrané půdní vlastnosti a protierozní účinnost.....	35
5.1.	Vliv na strukturní stav a vodostálost půdních agregátů	35
5.2.	Vliv na chemické a biologické vlastnosti půdy	37
5.3.	Hodnocení protierozní účinnosti	40
5.4.	SOUHRN	47
6.	Ekonomické vyhodnocení	48
7.	Praktická doporučení a závěry	51
III.	Srovnání novosti postupů	53
IV.	Popis uplatnění certifikované metodiky	54
V.	Ekonomické aspekty	55
	Odhad nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice.....	55
	Odhad ekonomického přínosu pro uživatele	55
VI.	Seznam použité související literatury.....	57
VII.	Seznam publikací, které předcházely metodice	61
VIII.	Fotodokumentace	64
IX.	Poznámky:.....	82

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je informovat odbornou veřejnost a zemědělskou praxi o možnostech pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami. V polních podmínkách bylo ověřováno využití zakládání porostů různých druhů plodin do prostoru mezi řádky kukuřice pomocí multifunkčního stroje (plečkování, setí podsevu, aplikace kapalného hnojiva a herbicidu) při růstové fázi 3–4 listů. Cílem studie bylo vyhodnotit dynamiku růstu a produkci biomasy u různých druhů podsevových plodin a jejich směsí, dále jejich vliv na výnos a kvalitativní parametry produkce u kukuřice na siláž a zrno. Zvláštní pozornost byla věnována hodnocení protierozního efektu pomocí polního simulátoru deště. Sledovány byly také vybrané ukazatele půdní úrodnosti – strukturní stav, vodostálost půdních agregátů, biologické vlastnosti (pH, půdní respirace, vybrané ukazatele enzymatické aktivity) apod. Kromě toho bylo provedeno ekonomické vyhodnocení nákladů a tržeb u této technologie v porovnání se standardní pěstební technologií kukuřice.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod

Nové trendy v pěstování plodin se v současnosti zaměřují na zvýšení druhové pestrosti osevních postupů včetně systémového zařazování meziplodin do stávající struktury plodin (Brant et al., 2008). Základem konceptu je tvorba rostlinných pokryvů v meziporostním období a v porostech hlavních plodin za účelem biologického zpracování půdy, eliminace eroze, omezení rozvoje plevelů, chorob a škůdců, zajištění vstupu organické hmoty do půdy (Brandsater a Netland, 1999).

Omezený počet druhů pěstovaných plodin významně limituje využití přínosů osevních postupů. Proto se vytváří prostor pro využití pěstitelských systémů založených na souběžném pěstování dvou a více plodin na jednom pozemku s rozdílným pěstebním cílem jejich využití (např. Böhm et al., 2017; Brant et al., 2018a; Brant et al., 2019b). Prakticky se může jednat o pěstování dvou (nebo více) hlavních plodin, kdy obě plodiny jsou sklizeny (smíšené kultury). Smíšené porosty rozdílných druhů plodin mohou zvyšovat produktivitu systémů, omezovat výskyt škodlivých organismů, zvyšovat fixaci CO₂ a omezovat ztráty živin (Malézieux et al., 2009). Příkladem smíšené kultury jsou např. luskovinoobilné směsky, které jsou v našich podmínkách historicky dlouhodobě využívány. Jejich využití přetrvává i do dnešní doby. Druhý systém je tvořený hlavní plodinou, která se sklízí a dalšími plodinami, které se zpravidla nesklízí a plní jiné funkce. V tomto případě hovoříme o tzv. pomocných či podsevových plodinách (ty jsou vysévány souběžně s hlavní plodinou nebo v jiném termínu (před či po výsevu hlavní plodiny).

Podsevové plodiny dodávají do půdy organickou hmotu a zlepšují strukturu půdy (McDaniel et al., 2014), redukuje erozi půdy (Panagos et al., 2015), chrání půdu před přímým slunečním zářením a eliminují neproduktivní výpar z povrchu půdy (Nichols, 2015), omezují vyplavování živin do podzemních vod a některé druhy fixují vzdušný dusík (Dabney et al., 2010). Na využití pomocných plodin jako zdroje živin a zlepšení jejich dostupnosti pro hlavní plodiny poukazují např. Seidel a Gläser (2017) či Brant et al. (2018c). Opomenout nelze využití pomocných plodin z hlediska omezení biotických škodlivých organismů. Pomocné plodiny pomocí mulče na povrchu půdy omezují rozvoj plevelů (Böhler a Dierauer, 2017; Brant et al., 2018b). Dále pomocné plodiny pěstované souběžně s hlavní plodinou přispívají ke snižování selekčního procesu výběru hostitelské rostliny hmyzem (např. Finch a Kienegger, 1997; Theunissen et al., 1995). Významnější roli hraje využití pomocných plodin při regulaci půdních patogenů. Zde se jedná o regulaci patogenních bakterií, hub a půdních nematod (Farooq et al., 2013). Využití alelopatických látek vůči půdním patogenům vykazuje vyšší efektivitu ve srovnání s použitím chemické ochrany (Farooq et al., 2011).

Z dalších literárních zdrojů jsou známy práce, které popisují pozitivní vliv podsevových plodin na chemické i biologické vlastnosti půdy. Jsou popisovány pozitivní vlivy podsevů leguminóz v kukuřici – jetele lučního (Jamriska, 2002) a vojtěšky (Jamriska, 1995a; Jamriska, 1995b) nebo vybraných druhů trav (Conrad a Fohrer, 2016; Ozturk et al., 2018; Wienberg et al., 2020), vedoucí ke zlepšení růstu a zvýšení výnosu kukuřice (Jamriska, 1995a; Jamriska, 1995b), snížení konkurenční schopnosti

plevelů ve prospěch zvýšeného počtu rostlin kukuřice (Jamriska, 1995a; Jamriska, 2002; Wienberg et al., 2020), zlepšení vodní bilance půdy pro potenciální zmírnění vodního stresu (Conrad a Fohrer, 2016) a snížení citlivosti kukuřice na dopady změny klimatu (Ozturk et al., 2018).

Technologie založené na využití pomocných plodin jsou ověřovány také v kukuřici seté a dalších širokořádkových plodinách za účelem zvýšení dostupnosti živin (Böhm et al., 2017) a také v protierozní ochraně (Brant et al., 2019a).

Kukuřice je významnou plodinou ve struktuře pěstovaných plodin v České republice. Kukuřice na siláž je stěžejním objemným krmivem využívaným pro krmení skotu a zároveň hlavním zdrojem biomasy pro bioplynové stanice. Také kukuřice na zrno je dnes významnou tržní komoditou, a to nejen v kukuřičné výrobní oblasti. Na svažitých pozemcích je však plodinou velmi rizikovou z důvodu náchylnosti k vodní erozi. Důvodem je její technologie pěstování v širokých řádcích, ale také pomalý počáteční růst, respektive dlouhá doba potřebná k zapojení porostu.

Vzhledem k měnícím se podmínkám klimatu a legislativnímu zpřísnění ochrany půdy v ČR (redesign eroze) je proto zapotřebí hledat takové postupy, které umožní rentabilní pěstování kukuřice při zachování produkčních vlastností půd. Využití podseвовých plodin je perspektivním alternativním řešením k půdoochranným technologiím, které jsou převážně založeny na dostatečném množství rostlinných zbytků (slámy či mulče meziplodin) na povrchu půdy (Neružil et al., 2021). 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; Menšík et al., 2018; Menšík et al., 2020; Menšík a Nerušil, 2019).

Základním předpokladem pro úspěšné využití podsevů je výběr vhodných plodin a přizpůsobení herbicidní strategie. Důležité je také načasování termínu výsevu podsevů vzhledem k růstové fázi 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 s čistosevem kukuřice, naopak v suchých letech byl zaznamenán výrazný pokles výnosu.

Pro zakládání podseвовých plodin do meziřádku kukuřice je možné zvolit dva postupy. První způsob předpokládá setí podseвовé plodiny zároveň s hlavní plodinou. K tomuto účelu byl v minulosti využíván upravený secí stroj opatřený výsevními jednotkami a secími botkami pro současný výsev kukuřice s ozimým žitem. Ukázalo se, že pokud jsou nižší teploty po výsevu, tak počáteční růst kukuřice může být významně omezen v důsledku konkurence žita. Kukuřice má vlivem nižší teploty pomalý počáteční růst, zatímco žito ozimé je odolnější k nižším teplotám a v růstu není limitováno.

Druhou možností je pozdější zakládání podsevu, které je spojeno s pracovní operací plečkování. Právě tento přístup byl zvolen ve výzkumném projektu NAZV QK1910334 s názvem „Inovace šetrných systémů pěstování kukuřice s využitím podseвовých plodin k omezení degradace půdy a zlepšení hospodaření s vodou v podmínkách měnícího se klimatu“. Výsledky získané v průběhu jeho řešení jsou zpracovány v této metodice.

Řada výzkumných prací s využitím systému pěstování podsekových plodin má původ v USA. Postupně se tento přístup začal uplatňovat i v některých evropských zemích. Například existují spolkové země v Německu, ve kterých jsou podsekové plodiny dotovány (např. Dolní Sasko). Jejich pěstování je motivováno pozitivními efekty jako je omezení eroze, pozitivní bilance humusu či omezení ztrát dusíku vyplavováním. V našich podmínkách začala před několika lety tento přístup rozvíjet firma Soufflet Agro, která v rámci programu SoilTech nabízí různé směsi podsekových plodin.

2. Metodická část k polním pokusům

Zdrojem výsledků, které jsou zpracovány v této metodice, byly maloparcelní polní pokusy založené založené na dvou lokalitách (Žabčice a Jevíčko) v letech 2020-2023.

- **Žabčice** – Polní pokusná stanice Mendelovy univerzity v Brně (jižní Morava, přibližně 30 km od Brna; GPS 49.0221744N, 16.6168342E) se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, v nadmořské výšce 180 m n. m. s průměrným ročním úhrnem srážek 491 mm a s průměrnou roční teplotou 10,3 °C (tyto údaje odpovídají dlouhodobému normálu 1991-2020). Na stanovišti je půdní typ fluvizem, půdní druh hlinitojílovitý.
- **Jevíčko** – takto jsou označovány pokusné plochy na pozemcích v k. ú. Jaroměřice nebo Jevíčko obhospodařované zemědělským podnikem Hanácká zemědělská společnost Jevíčko a.s. V průběhu řešení projektu byly pokusy zakládány na několika pozemcích, kde byla pěstována kukuřice a zároveň bylo nezbytné splnit požadavek na minimální stupeň svažitosti, aby bylo možné provést měření erozního smyvu a povrchového odtoku a vyhodnotit půdoochranný efekt různých variant podsekových plodin. Lokalita se nachází v oblasti Boskovické brázdy nedaleko Jevíčka. Patří do řepařské výrobní oblasti s nadmořskou výškou 350–360 m n. m., s průměrnou roční teplotou 8,4 °C a ročním úhrnem srážek 559 mm (GPS 49.6239914N, 16.7284039E). Půdní typ je hnědozem modální.

2.1. Popis variant a založení maloparcelních polních pokusů

Celkem bylo testováno 15 variant podsekových plodin, z toho 8 variant jednodruhových a 7 vícedruhových (směsí) a kontrolní varianta bez podsevu (**Tab. 1**). Na lokalitě Jevíčko byla navíc zařazena varianta 20 s podsevem pšenice ozimé. Od roku 2021 zde byla také zařazena varianta 2R s raným výsevem jílku mnohokvětého, který byl vysetý již po dvou týdnech po zasetí kukuřice.

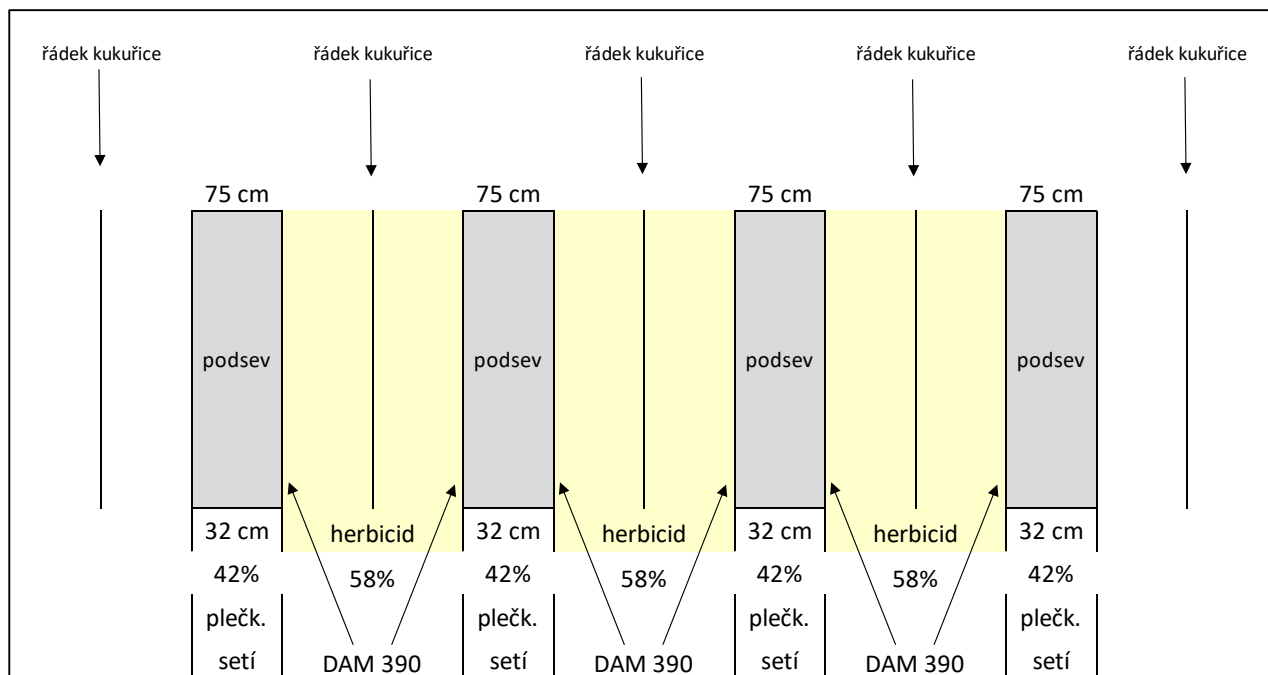
Tab. 1: Použité druhy podseвовých plodin v kukuřici

Číslo varianty	Varianta	Podsev	Cena osiva* (průměr 2020–2023)	Cena osiva* (za variantu)
		kg.ha ⁻¹ (42 % plochy)	Kč.kg ⁻¹	Kč.ha ⁻¹
1	bez podsevu	x	x	x
2	jílek mnohokvětý	12,6	44	554
3	jílek vytrvalý 4n	12,6	62	781
4	žito ozimé	63,0	14	882
5	vikev panonská	33,6	39	1310
6	jetel inkarnát	10,5	58	609
7	svazenka vratičolistá	5,0	150	750
8	jetel plazivý	3,8	164	623
9	jetel alexandrijský	8,4	86	722
10	jílek mnohokvětý	6,3	x	851
	vikev panonská	14,7	x	
11	jílek mnohokvětý	6,3	x	567
	jetel inkarnát	5,0	x	
12	jetel inkarnát	5,0	x	863
	vikev panonská	14,7	x	
13	jílek mnohokvětý	4,2	x	792
	vikev panonská	10,5	x	
	jetel inkarnát	3,4	x	
14	jílek vytrvalý 4n	7,6	x	750
	jetel plazivý	1,7	x	
15	žito ozimé	16,8	x	760
	vikev panonská	8,4	x	
	jetel inkarnát	3,4	x	
16	jílek vytrvalý 4n	5,0	x	671
	jetel alexandrijský	4,2	x	
20	pšenice ozimá	63,0	14	882
2R	jílek mnohokvětý	12,6	44	554

*ceny osiv jsou uvedeny bez DPH (průměr cen v letech 2020–2023)

Výsev podseвовých plodin byl po celou dobu řešení projektu prováděn 4-řádkovým testovacím strojem, jehož konstrukce a výroba proběhla na pracovišti P & L, spol. s r.o. Bylo zvoleno konstrukční řešení multifunkčního stroje neseného na malotraktoru (**Obr. 1**) umožňující v jedné pracovní operaci (při jednom přejezdu po pozemku) provedení čtyř agrotechnických zásahů:

- 1) plečkování v prostoru mezi řádky,
- 2) výsev podseвовých plodin,
- 3) přihnojení dusíkem (DAM 390 v dávce 40 kg N.ha⁻¹),
- 4) pásová aplikace herbicidu nad řádky kukuřice.



Obr. 1: Schéma agrotechnických zásahů (multifunkční testovací stroj P & L)

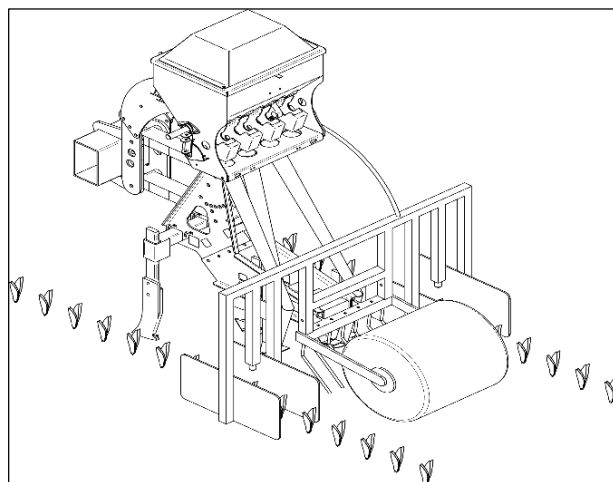
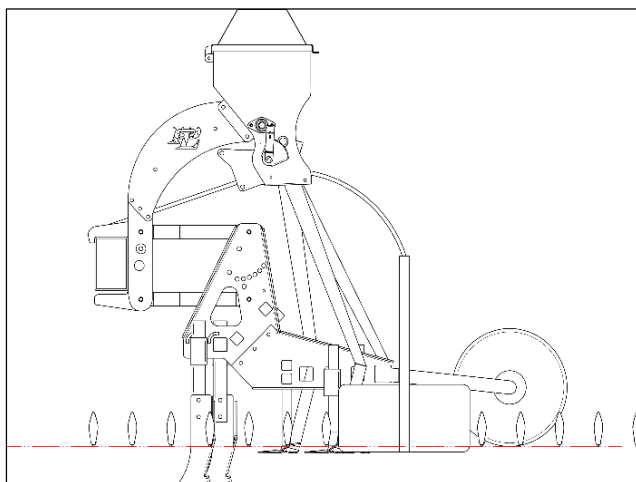
Pracovní orgány stroje umožnily nakypřit pás o šířce 0,32 m, do kterého bylo pomocí čtyř výsevních botek zaseto osivo podsevových plodin. Povrch zasetého pásu byl utužen pomocí pryžového válce umístěného na konci každé sekce. Pomocí postranních kypřících radliček, vybavených aplikátorem kapalin, bylo provedeno přihnojení kukuřice kapalným dusíkatým hnojivem DAM 390. Aplikace herbicidu byla provedena pomocí postřikového rámu s tryskami vybaveného protiúletovými clonami. Tento koncept umožnil cílenou pásovou aplikaci herbicidu pouze v řádku kukuřice (58 % z celkové plochy; **Obr. 2a; 2b**). Takto jsme eliminovali riziko poškození porostů podsevových plodin (fytotoxicity v důsledku úletu herbicidu), ke kterému docházelo v roce 2019, kdy testovací stroj nebyl vybavený protiúletovými clonami. Pásová aplikace umožňuje výběr vhodného postemergentního herbicidu, popř. kombinaci několika herbicidů s různými účinnými látkami v závislosti na druhovém spektru vyskytujících se plevelů. Pás o šíři 0,32 m mezi řádky kukuřice (představuje 42 % celkové plochy) je plečkován, tzn., že plevely jsou mechanicky podříznuty a následně je v tomto prostoru vyseta podsevová plodina. Tato koncepce má pozitivní environmentální efekt (snížení spotřeby herbicidu), ale i ekonomický v podobě snížení nákladů na herbicidy. Je třeba uvést, že plevelohubný efekt plečkování je závislý na intenzitě zaplevelení, druhovém spektru (problematické jsou vytrvalé plevely), růstové fázi plevelů, ale také na podmínkách při plečkování a po něm. Pokud je půda vlhká, nebo pokud několik hodin po provedení zásahu zaprší, je pravděpodobné, že dojde k regeneraci podříznutých a vytažených rostlin plevelů.



Obr. 2a (vlevo): Kalibrace a seřízení postřikovače pro pásovou aplikaci

Obr. 2b (vpravo): Ověřování optimálního nastavení pracovních nástrojů pro meziřádkové kypření

V průběhu řešení projektu byl na základě podaného návrhu projektového týmu na technické řešení zakládání porostů podseвовých plodin udělen Úřadem průmyslového vlastnictví patent na „Pracovní jednotku pro zemědělský stroj“, která byla ověřována na multifunkčním testovacím stroji (*Patentový spis CZ 309315; 8. 7. 2022*). Vynález se týká pracovní jednotky pro zemědělský stroj sloužící pro meziřádkové kypření a ošetřování půdy a kulturních širokořádkových plodin v období jejich růstu. Pracovní jednotka kombinuje prvky agrotechnických operací jako je meziřádkové kypření, aplikace hnojiv a herbicidů nebo výsev podseвовých plodin mezi již oseté řádky kulturních širokořádkových plodin, jako jsou slunečnice, kukuřice, cukrová řepa, sója, ozimá řepka atd. Na schématech níže je znázorněno technické řešení pracovní jednotky (**Obr. 3**).



Obr. 3: Nákres technického řešení pracovní jednotky

V Žabčicích byla kukuřice pěstována po obilninách (pšenice ozimá nebo ječmen jarní) s aplikací chlévského hnoje, který byl zapraven podzimní orbou. Bližší popis pěstební technologie používané na Polní pokusné stanici v Žabčicích je uveden v kap. 6 „*Ekonomické vyhodnocení*“. V Jevíčku byly předplodinami kukuřice na siláž nebo pšenice ozimá. Na podzim po sklizni předplodiny bylo provedeno hnojení digestátem ($30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) se zapravením do půdy. V polovině dubna byla

aplikována druhá dávka digestátu ($20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) s mělkým zapravením do půdy. Na obou lokalitách bylo při předseťové přípravě provedeno hnojení močovinou ($100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Výsev kukuřice proběhl na obou lokalitách v dubnu (polovina až druhá polovina) pomocí přesného secího stroje Kinze 3500 Interplant (**Obr. 4**). Pěstována byla odrůda Walterinio KWS (FAO 280), výsevek byl $80 \text{ tis. semen} \cdot \text{ha}^{-1}$, při meziřádkové vzdálenosti 0,75 m. Na počátku července byla na pokusné lokalitě v Jevíčku ve dvou termínech provedena letecká aplikace biologického přípravku TrichoLet® (biologická ochrana proti zavíječi kukuřičnému, celková dávka $300 \text{ tis. jedinců} \cdot \text{ha}^{-1}$). V růstové fázi 3.–4. listu kukuřice (cca měsíc po setí kukuřice) byly do prostoru mezi řádky kukuřice založeny podsevy vybraných druhů plodin a jejich směsí multifunkčním experimentálním strojem společnosti P & L.



Obr. 4: Setí kukuřice secím strojem Kinze 3500 Interplant (Jevíčko, 22. 4. 2022)

2.2. Průběh počasí v letech 2020-2023

Průběh počasí (teplota vzduchu a srážky) v jednotlivých letech byl porovnáván s dlouhodobým normálem. V komentářích byla pozornost věnována především vegetačnímu období. K vyhodnocení odchylek měsíčních hodnot od normálu bylo použito slovní hodnocení dle metodiky WMO (World Meteorological Organization; Kožnarová a Klabzuba, 2002).

2.2.1. Lokalita Žabčice

Data o počasí byla získána z automatické meteorologické stanice (Orság et al., 2022), která je umístěna v areálu Polní pokusné stanice v Žabčicích. Komentáře průběhu počasí jsou vztaženy k hlavním termínům souvisejících s vývojem porostu (**Tab. 2**).

Tab. 2: Termíny setí, odběrů a sklizně (lokalita Žabčice)

Termíny	Rok			
	2020	2021	2022	2023
Setí kukuřice	16. 4.	15. 4.	19. 4.	25. 4.
Setí podsevů	13. 5.	21. 5.	11. 5.	23. 5.
1. odběr biomasy podsevů	16. 6.	1. 7.	27. 6.	29. 6.
2. odběr biomasy podsevů	17. 7.	27. 7.	4. 8.	3. 8.
3. odběr biomasy podsevů	22. 9.	6. 9.	10. 9.	7. 9.
Sklizeň (kukuřice siláž)	27. 8.	26. 8.	18. 8.	24. 8.
Sklizeň (kukuřice na zrno)	23. 10.	22. 10.	17. 10.	23. 10.

Meteorologická data roku 2020

Meteorologické charakteristiky v roce 2020 uvádí **Tab. 3 a 4**. Vegetační období (IV-IX) roku 2020 bylo na lokalitě Žabčice v porovnání s dlouhodobým normálem teplotně normální (průměrná teplota vzduchu byla o 0,6 °C nižší). Srážkově bylo však nadnormální (138 % v porovnání s normálem). V květnu bylo chladno (silně podnormální; -2,6 °C nižší), ale srážkově byl tento měsíc příznivý, obdobně pak také červen. Byly vhodné podmínky pro vzházení kukuřice (3 dny po setí byl úhrn srážek 9 mm). Také ihned po zasetí podsevů byly srážky během 3 dnů (19 mm). Tento průběh počasí byl příznivý pro založení porostů podsevových plodin a jejich počáteční růst. Období v letních měsících až do září bylo teplotně normální, ale srážkově nadnormální či silně nadnormální. Také tyto podmínky byly vyhovující pro kukuřici, což se výsledně projevilo vysokým výnosem silážní hmoty i zrna.

Tab. 3 a 4: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2020 v porovnání s normálem 1991-2020 (Žabčice)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2020	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2020	% normálu	Hodnocení WMO
I	-0,7	-0,5	0,2	normální	I	21,1	14,4	68	podnormální
II	0,9	4,8	3,9	silně nadnormální	II	20,4	19,6	96	normální
III	5,1	5,8	0,7	normální	III	29,9	20,4	68	normální
IV	11,0	10,6	-0,4	normální	IV	27,8	10,8	39	silně podnormální
V	15,6	13,0	-2,6	silně podnormální	V	52,2	81,8	157	nadnormální
VI	19,2	18,3	-0,8	normální	VI	61,7	128,6	208	silně nadnormální
VII	20,9	19,9	-1,0	podnormální	VII	68,9	44,0	64	normální
VIII	20,6	21,3	0,7	normální	VIII	61,1	97,6	160	nadnormální
IX	15,4	16,0	0,7	normální	IX	53,9	87,2	162	nadnormální
X	9,7	10,5	0,8	normální	X	37,0	83,4	226	silně nadnormální
XI	4,9	4,6	-0,2	normální	XI	31,4	22,4	71	normální
XII	0,3	2,5	2,2	nadnormální	XII	25,7	35,6	139	normální
IV-IX	17,1	16,5	-0,6	normální	IV-IX	326	450	138	nadnormální
rok	10,3	10,6	0,3	normální	rok	491	646	132	mimoř. nadnormální

Meteorologická data roku 2021

Charakteristiky průběhu počasí v roce 2021 uvádí **Tab. 5 a 6**. Vegetační období (IV-IX) roku 2021 bylo na lokalitě Žabčice teplotně podnormální (průměrná teplota vzduchu byla o -1,1 °C nižší), ale srážkově bylo nadnormální (123 % v porovnání s normálem). Duben byl teplotně silně podnormální a srážkově podnormální. Chladné počasí pokračovalo i v květnu, ale bylo naopak srážkově bohaté. Poté se střídaly období teplotně nadnormální (červen) a silně podnormální (srpen). Srpen byl srážkově mimořádně nadnormální (288 % oproti normálu). Období po zasetí kukuřice bylo velmi suché (celý měsíc po zasetí bylo pouze několik dnů s úhrnem srážek pod 2 mm), až 13. 5. spadlo 37 mm. Po zasetí podsevojových plodin byly srážky četnější, ale nižších denních úhrnů (cca do 14 dnů po zasetí byl úhrn 16 mm).

Tab. 5 a 6: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2021 v porovnání s normálem 1991-2020 (Žabčice)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2021	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2021	% normálu	Hodnocení WMO
I	-0,7	0,3	1,1	normální	I	21,1	20,4	97	normální
II	0,9	-0,4	-1,3	podnormální	II	20,4	24,6	120	normální
III	5,1	3,7	-1,4	normální	III	29,9	16,6	55	normální
IV	11,0	7,6	-3,3	silně podnormální	IV	27,8	13,0	47	podnormální
V	15,6	12,7	-2,9	silně podnormální	V	52,2	84,8	162	nadnormální
VI	19,2	20,9	1,7	nadnormální	VI	61,7	59,8	97	normální
VII	20,9	21,2	0,3	normální	VII	68,9	45,6	66	normální
VIII	20,6	18,0	-2,6	silně podnormální	VIII	61,1	175,8	288	mimořádně nadnormální
IX	15,4	15,5	0,2	normální	IX	53,9	22,0	41	podnormální
X	9,7	9,3	-0,4	normální	X	37,0	18,6	50	normální
XI	4,9	5,1	0,2	normální	XI	31,4	25,6	82	normální
XII	0,3	0,8	0,6	normální	XII	25,7	54,2	211	silně nadnormální
IV-IX	17,1	16,0	-1,1	podnormální	IV-IX	326	401	114	nadnormální
rok	10,3	9,6	-0,6	podnormální	rok	491	561	97	nadnormální

Meteorologická data roku 2022

Meteorologické charakteristiky v roce 2022 uvádí **Tab. 7 a 8**. Vegetační období (IV-IX) roku 2022 bylo teplotně i srážkově normální, duben byl teplotně i srážkově podnormální, naopak červen byl teplotně nadnormální. Letní období bylo srážkově silně nadnormální. Období po zasetí kukuřice bylo spíše sušší (pouze několik dní s nižším úhrnem srážek). Obdobně tomu bylo i po výsevu podsevů, kdy větší úhrn srážek byl cca 14 dní (21 mm).

Tab. 7 a 8: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2022 v porovnání s normálem 1991-2020 (Žabčice)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2022	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2022	% normálu	Hodnocení WMO
I	-0,7	1,3	2,1	nadnormální	I	21,1	9,6	46	silně podnormální
II	0,9	4,4	3,4	silně nadnormální	II	20,4	5,2	25	silně podnormální
III	5,1	4,1	-1,0	normální	III	29,9	8,2	27	silně podnormální
IV	11,0	8,4	-2,6	podnormální	IV	27,8	15,2	55	podnormální
V	15,6	16,1	0,6	normální	V	52,2	43,0	82	normální
VI	19,2	20,3	1,2	nadnormální	VI	61,7	54,6	88	normální
VII	20,9	20,7	-0,2	normální	VII	68,9	98,8	143	nadnormální
VIII	20,6	21,4	0,8	normální	VIII	61,1	86,0	141	nadnormální
IX	15,4	14,0	-1,4	podnormální	IX	53,9	33,4	62	normální
X	9,7	11,6	1,8	nadnormální	X	37,0	12,6	34	podnormální
XI	4,9	5,2	0,3	normální	XI	31,4	8,0	26	silně podnormální
XII	0,3	0,9	0,6	normální	XII	25,7	29,4	115	normální
IV-IX	17,1	16,8	-0,3	normální	IV-IX	326	331	102	normální
rok	10,3	10,7	0,5	normální	rok	491	404	82	podnormální

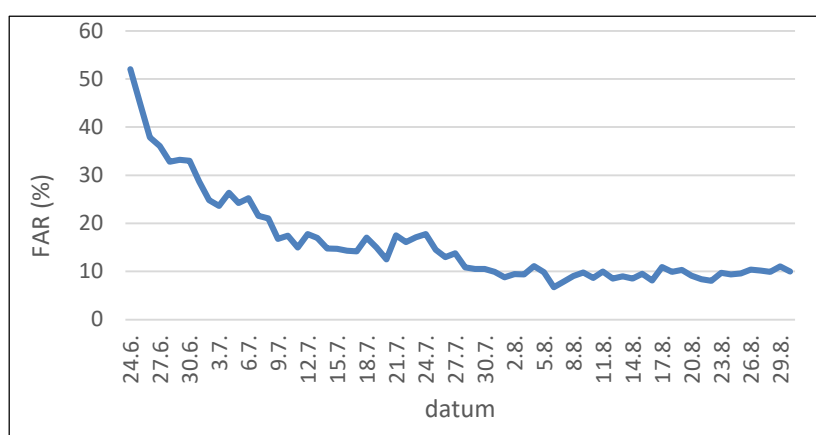
Meteorologická data roku 2023

Průběh počasí v roce 2023 uvádí **Tab. 9 a 10**. Vegetační období (IV-IX) roku 2023 bylo teplotně i srážkově normální. Začátek vegetace (duben a květen) byl teplotně podnormální. Z pohledu srážek docházelo v průběhu vegetace ke střídání suchých a vlhkých period. Duben byl silně nadnormální, červen naopak silně podnormální, také červenec byl podnormální a srpen naopak silně nadnormální. Září bylo teplotně silně nadnormální a naopak srážkově podnormální. Po výsevu kukuřice bylo spíše sušší období, první významnější srážky byly 14. a 16. 5. (35 mm). Ihned po výsevu podsevů spadlo 9 mm, pak bylo sušší období, další drážky byly během několika dnů v prvním týdnu v červnu.

Tab. 9 a 10: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2023 v porovnání s normálem 1991-2020 (Žabčice)

Měs.	1991-2020	2023	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2023	% normálu	Hodnocení WMO
I	-0,7	2,8	3,6	silně nadnormální	I	21,1	26,4	125	nadnormální
II	0,9	2,6	1,7	normální	II	20,4	12,8	63	normální
III	5,1	6,3	1,2	normální	III	29,9	10,2	34	podnormální
IV	11,0	8,3	-2,6	podnormální	IV	27,8	68,2	246	silně nadnormální
V	15,6	14,0	-1,6	podnormální	V	52,2	59,8	114	normální
VI	19,2	18,7	-0,5	normální	VI	61,7	29,5	48	silně podnormální
VII	20,9	21,8	0,9	normální	VII	68,9	34,0	49	podnormální
VIII	20,6	20,3	-0,3	normální	VIII	61,1	130,0	213	silně nadnormální
IX	15,4	18,6	3,2	silně nadnormální	IX	53,9	26,2	49	podnormální
X	9,7	12,8	3,1	mimořádně nadnormální	X	37,0	22,0	60	normální
XI	4,9	-	-	-	XI	31,4	-	-	-
XII	0,3	-	-	-	XII	25,7	-	-	-
IV-IX	17,1	16,9	-0,1	normální	IV-IX	326	348	107	normální
rok	10,3	-	-	-	rok	491	-	--	-

V letech 2021 a 2023 byla v porostu kukuřice instalována čidla Minikin RTi/QTi pro měření fotosynteticky aktivní radiace (FAR). Na základě měření bylo zjištěno, že v průběhu vegetace v období intenzivního prodlužovacího růstu kukuřice (v průběhu července) dochází velmi rychle ke sníženému pronikání světla do porostu, což výrazně limituje růst podsevových plodin, a to i v případě vhodných vláhových podmínek. Z našich měření vyplývá, že v porostu kukuřice je pouze cca 10 % světla (FAR, **Obr. 5**) v porovnání s podmínkami mimo porost (měřeno v době kvetení při výšce kukuřice cca 3,0 m). Tyto nedostatečné světelné podmínky výrazně omezují růst podsevových plodin, zvláště pak jednoletých druhů (především svazenky a žita). U svazenky se z tohoto důvodu nenaplnily obavy nástupu kvetení a tvorby semen. Vyšší vlhkost vzduchu uvnitř porostu kukuřice byla příčinou výskytu listových chorob, jako například padlí u žita ozimého a jetelovin.



Obr 5: Průběh fotosynteticky aktivní radiace (FAR; %) v porostu kukuřice (24. 6. – 31. 8. 2021)

2.2.2. Lokalita Jevíčko

Data o počasí byla získána z automatické meteorologické stanice, která je umístěna v areálu Výzkumné stanice Jevíčko. Komentáře průběhu počasí jsou vztaženy k hlavním termínům souvisejících s vývojem porostu kukuřice (**Tab. 11**). V textu nejsou zpracovány výsledky z roku 2023, který byl pro založení a růst podsevových plodin na této lokalitě nepříznivý.

Tab. 11: Termíny setí, odběrů a sklizně (lokalita Jevíčko)

Termíny (setí, odběry, sklizeň)	Rok			
	2020	2021	2022	2023
Setí kukuřice	24. 4.	26. 4.	22. 4.	27. 4.
Setí podsevů	27. 5.	27. 5.	20. 5.	25. 5.
1. odběr biomasy podsevů	1. 7.	1. 7.	23. 6.	28. 6.
2. odběr biomasy podsevů	23. 7.	28. 7.	18. 7.	31. 7.
3. odběr biomasy podsevů	3. 9.	6. 9.	25. 8.	5. 9.
Sklizeň (kukuřice siláž)	24. 9.	23. 9.	2. 9.	11. 9.

Meteorologická data roku 2020

Meteorologické charakteristiky v roce 2020 uvádí **Tab. 12** a **13**. Vegetační období roku 2020 bylo v porovnání s normálem srážkově nadnormální, teplotně normální. Úhrn srážek byl za toto období o 103 mm vyšší (128 % normálu) a průměrná teplota vzduchu o 0,4 °C nižší (97 % normálu). Průběh počasí v hodnoceném vegetačním období 2020 bylo obdobně jako v roce 2019 i přes počáteční sucho v dubnu a chladný květen oproti předchozím ročníkům 2017 a 2018 vcelku příznivé, což přispělo v dané oblasti k dosažení nadprůměrných výnosů silážní kukuřice.

Tab. 12 a 13: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2020 v porovnání s normálem 1991-2020 (Jevíčko)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2020	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2020	% normálu	Hodnocení WMO
I	-1,9	-0,5	1,4	normální	I	28,7	10,4	36	silně podnormální
II	-0,5	4,2	4,7	mimoř.nadnormální	II	23,3	51,9	223	silně nadnormální
III	3,1	4,1	1,0	normální	III	35,5	27,7	78	normální
IV	8,6	8,1	-0,5	normální	IV	33,8	6,0	18	mimoř. podnormální
V	13,3	10,9	-2,4	podnormální	V	62,6	52,2	83	normální
VI	16,8	16,9	0,1	normální	VI	68,7	166,0	242	mimoř. nadnormální
VII	18,4	17,3	-1,1	podnormální	VII	83,3	94,1	113	normální
VIII	17,9	18,8	0,9	normální	VIII	66,0	88,4	134	nadnormální
IX	13,1	13,5	0,4	normální	IX	54,9	65,1	119	normální
X	8,3	9,7	1,4	nadnormální	X	38,9	125,5	323	mimoř. nadnormální
XI	3,9	4,2	0,3	normální	XI	32,5	18,0	55	podnormální
XII	-0,6	2,4	3,0	silně nadnormální	XII	30,5	17,0	56	podnormální
IV–IX	14,7	14,3	-0,4	normální	IV–IX	369	472	128	nadnormální
rok	8,4	9,1	0,7	nadnormální	rok	559	722	129	nadnormální

Meteorologická data roku 2021

Průběh počasí v roce 2021 uvádí **Tab. 14** a **15**. Vegetační období roku 2021 bylo na lokalitě Jevíčko v porovnání s dlouhodobým normálem srážkově i teplotně normální. Úhrn srážek byl za toto období o 5 mm nižší (99 % normálu) a průměrná teplota vzduchu o 0,2 °C nižší. Průběh počasí v hodnoceném vegetačním období 2021 byl v jarních měsících chladný (podnormální) s dostatkem vláhy, povrch půdy špatně vysychal, což způsobilo nepatrné posunutí obvyklého termínu setí kukuřice z poloviny dubna na jeho konec. Teplé počasí v letních měsících i přes déle trvající sucho v červnu, vykompenzované dvojnásobným úhrnem srážek v červenci přispělo k dosažení obvyklé dynamiky růstu a požadované sumy efektivních teplot kukuřice, což v konečném důsledku v dané oblasti kladně ovlivnilo výnos silážní kukuřice.

Odlišná, ale zároveň klimaticky méně příznivá situace však nastala v případě založených podsevů a jejich počátečního vývoje po zasetí v termínu na konci května (27. 5.). Z **Tab. 16** s denními údaji na počátku vegetačního období je patrné, že období před výsevem podsevových plodin bylo vláhově příznivé, ale hned od počátku června došlo k výraznému nárůstu teplot vzduchu a v prvních dvou

dekádách prakticky vůbec nepršelo (v **Tab. 16** zvýrazněno). Dle hodnocení WMO byl červen teplotně silně nadnormální a srážkově podnormální. To mělo bohužel za následek výrazné poškození vzešlých rostlin suchem, čímž došlo k prořidnutí pásů s porosty podsevů a jejich následnému částečnému zaplevelení (**Obr. 6a; 6b**). Uvedené výkyvy počasí se projevily v hodnocení dosažené produkce biomasy podsevů ve všech provedených odběrech vzorků, kdy byly zjištěny nižší hodnoty, než v předchozím roce 2020. Ukazuje se, že klimatický průběh ročníku s nedostatkem vláhy a vysoké teploty vzduchu po zasetí mohou mít výrazný vliv na úspěšnost založení podsevů.

Tab. 14 a 15: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2021 v porovnání s normálem 1991-2020 (Jevíčko)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2021	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2021	% normálu	Hodnocení WMO
I	-1,9	-1,0	0,9	normální	I	28,7	32,6	114	normální
II	-0,5	-1,4	-0,9	normální	II	23,3	23,8	102	normální
III	3,1	2,4	-0,7	normální	III	35,5	17,5	49	podnormální
IV	8,6	5,8	-2,8	podnormální	IV	33,8	24,4	72	normální
V	13,3	11,5	-1,8	podnormální	V	62,6	59,8	96	normální
VI	16,8	19,1	2,3	silně nadnormální	VI	68,7	45,8	67	podnormální
VII	18,4	19,6	1,2	nadnormální	VII	83,3	143,2	172	silně nadnormální
VIII	17,9	16,5	-1,4	podnormální	VIII	66,0	80,7	122	normální
IX	13,1	14,2	1,1	nadnormální	IX	54,9	10,9	20	silně podnormální
X	8,3	8,2	-0,1	normální	X	38,9	17,9	46	podnormální
XI	3,9	4,0	0,1	normální	XI	32,5	41,1	127	normální
XII	-0,6	0,2	0,8	normální	XII	30,5	46,0	151	nadnormální
IV-IX	14,7	14,5	-0,2	normální	IV-IX	369	365	99	normální
rok	8,4	8,3	-0,1	normální	rok	559	544	97	normální

Tab. 16: Meteorologické podmínky na počátku vegetačního období 2021 na stanovišti Jevíčko

Průměrná denní teplota (°C)				Úhm srážek (mm)			
Den/Měsíc	4	5	6	Den/Měsíc	4	5	6
1	13,2	11,3	14,9	1	0,1	9,2	0,0
2	7,7	7,7	16,0	2	0,0	0,4	0,0
3	3,4	5,4	17,0	3	1,2	0,0	0,0
4	1,6	14,0	18,0	4	0,0	0,0	0,0
5	4,7	8,3	18,3	5	1,2	4,1	0,5
6	-2,0	10,2	17,1	6	1,1	0,1	0,0
7	-0,2	6,9	18,7	7	2,6	1,8	0,0
8	0,0	7,3	17,4	8	0,4	0,0	0,2
9	7,5	14,6	17,9	9	0,0	0,1	0,0
10	9,9	18,6	16,7	10	0,0	0,0	0,4
11	10,8	21,3	17,3	11	0,0	0,0	0,4
12	3,4	18,5	19,1	12	6,8	0,0	0,8
13	2,1	12,5	13,6	13	2,3	20,6	0,0
14	1,6	9,8	16,1	14	0,0	0,2	0,0
15	3,0	9,9	19,4	15	1,0	9,0	0,0
16	2,3	11,3	21,0	16	0,6	0,4	0,1
17	3,8	11,4	21,4	17	0,5	0,3	0,0
18	4,8	11,6	22,4	18	0,5	0,7	0,0
19	5,5	10,9	23,2	19	1,6	0,0	0,0
20	7,2	9,8	24,7	20	0,0	1,3	0,0
21	8,3	13,1	20,1	21	1,4	2,4	16,5
22	6,9	9,9	20,9	22	0,4	3,6	2,0
23	5,0	8,6	20,4	23	0,0	0,4	2,9
24	7,3	11,0	21,0	24	0,0	2,8	3,3
25	6,6	10,5	18,8	25	0,0	0,6	2,0
26	5,8	12,6	18,8	26	0,0	0,0	0,0
27	7,5	12,2	19,5	27	0,0	0,0	0,0
28	9,9	12,1	21,6	28	0,0	0,0	0,0
29	13,2	10,1	23,6	29	2,0	1,8	16,7
30	12,4	11,3	19,5	30	0,7	0,0	0,0
31		13,6		31		0,0	
Ø	5,8	11,5	19,1	Σ	24,4	59,8	45,8
Normál	7,9	13,0	15,7	Normál	35,6	62,0	68,8
Rozdíl	-2,1	-1,5	3,4	Rozdíl	-11,2	-2,2	-23,0



Obr. 6a; 6b: Zaplevelení meziřádku kukuřice s podseвовou plodinou (Jevíčko, 8. 7. 2021)

Meteorologická data roku 2022

Vegetační období roku 2022 bylo na lokalitě Jevíčko v porovnání s dlouhodobým normálem srážkově i teplotně normální. Klimatické charakteristiky v roce 2022 uvádí **Tab. 17** a **18**. Úhrn srážek byl za toto období o 51 mm vyšší (114 % normálu) a průměrná teplota vzduchu o 0,5 °C vyšší oproti normálu). Teplota vzduchu byla na počátku vegetačního období v dubnu oproti normálu nižší (podnormální), později průměrná. Nižší teploty vzduchu a málo prohřátá půda prodloužily počáteční období růstu kukuřice po zasetí. Pomalý vývoj rostlin byl rovněž pozorován u založených podsevů na přelomu května a června.

Tab. 17 a 18: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2022 v porovnání s normálem 1991-2020 (Jevíčko)

Průměrná teplota vzduchu (°C)				
Měs.	1991-2020	2022	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO
I	-1,9	0,7	2,6	nadnormální
II	-0,5	3,2	3,7	silně nadnormální
III	3,1	2,5	-0,6	normální
IV	8,6	6,9	-1,7	podnormální
V	13,3	14,5	1,2	normální
VI	16,8	19,0	2,2	silně nadnormální
VII	18,4	19,0	0,6	normální
VIII	17,9	19,4	1,5	nadnormální
IX	13,1	12,0	-1,1	podnormální
X	8,3	10,4	2,1	silně nadnormální
XI	3,9	4,2	0,3	normální
XII	-0,6	-0,1	0,5	normální
IV–IX	14,7	15,1	0,5	normální
rok	8,4	9,3	0,9	normální

Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2022	% normálu	Hodnocení WMO
I	28,7	27,7	97	normální
II	23,3	30,7	132	normální
III	35,5	13,5	38	podnormální
IV	33,8	28,8	85	normální
V	62,6	72,4	116	normální
VI	68,7	62,8	91	normální
VII	83,3	53,8	65	normální
VIII	66,0	141,9	215	silně nadnormální
IX	54,9	61,0	111	normální
X	38,9	13,7	35	silně podnormální
XI	32,5	17,9	55	podnormální
XII	30,5	39,5	130	normální
IV–IX	369	421	114	normální
rok	559	564	101	normální

V plečkováných pásech maloparcelního pokusu s podsevy došlo k zaplevelení, zejména merlíkem bílým (**Obr. 7a; 7b**). Zaplevelení se pak následně negativně projevilo na růstu a vývoji podsevů, které vykazovaly (s výjimkou raného termínu podsevu jílku) nízkou produkci biomasy.



Obr. 7a; 7b: Zaplevelení plečkováných pásů merlíkem bílým (Jevíčko, 2022)

Letní období (červen až srpen) se vyznačovalo nadprůměrnými teplotami a měsíční průměry se pohybovaly shodně na hranici 19 °C. Zejména měsíc červen byl teplotně silně nadnormální. Srážkově byly první dvě třetiny vegetačního období průměrné (normální), v červenci a prvních dvou dekádách srpna byl zaznamenán výskyt sucha. Nedostatek vláhy s vysokými teplotami v tomto období způsobil zasychání listů kukuřice ve spodním patře porostu. Poslední dekáda srpna však s sebou přinesla intenzivní srážky a měsíční úhrn byl hodnocen nakonec jako silně nadnormální. Nadprůměrné srážky doprovázené poklesem vysokých teplot vzduchu přispěly k pozvolnému dozrávání a ukládání škrobu v zrnech. Období sklizně tak bylo charakteristické podmáčenými pozemky, což činilo problémy při pohybu sklizňové techniky. U variant s podsevy jílku se projevil pozitivní efekt zapojeného porostu, zabraňující nadměrnému boření kol mechanizace do vlhkostně nasycené půdy (**Obr. 8a; 8b**).



Obr. 8a; 8b: Strniště po sklizni silážní kukuřice s podsevem jílku mnohokvětého (vlevo) a bez podsevu (vpravo); Jevíčko, září 2022

Meteorologická data roku 2023

Vegetační období roku 2023 bylo na lokalitě Jevíčko v porovnání s normálem srážkově i teplotně normální. Klimatické charakteristiky v roce 2023 uvádí **Tab. 19** a **20**. Úhrn srážek byl za toto období o 38 mm nižší (90 % dlouhodobého úhrnu) a průměrná teplota vzduchu o 0,8 °C vyšší. Vegetační období v roce 2023 patřilo k nejteplejším v historii měření teploty vzduchu v ČR. Jako rekordní byly podle dosažených hodnot označeny měsíce červenec a září (silně nadnormální). Teplota vzduchu byla na počátku vegetačního období v dubnu podnormální, později v květnu normální. Nižší teploty vzduchu a málo prohřátá půda prodloužily počáteční období růstu kukuřice po zasetí.

Pomalý vývoj rostlin byl pozorován u založených podsevů na počátku června způsobený vlivem nedostatku srážek a výrazným poklesem půdní vlhkosti. Měsíc červen byl dle hodnocení WMO srážkově silně podnormální. V plečkováných pásech maloparcelního pokusu s podsevy došlo obdobně jako v roce 2022 k zaplevelení. Silná konkurence plevelů v kombinaci s následným nedostatkem srážek a od poloviny června výskytem dlouhodobého sucha se negativně projevil na růstu a vývoji většiny založených variant podsevů, které vykazovaly nízkou produkci podzemní i nadzemní biomasy.

Letní období se vyznačovalo nadprůměrnými teplotami, především v červenci (silně nadnormální) s průměrnou měsíční teplotou 20,2 °C (o 1,8 °C více oproti normálu). Vlivem souběžného nedostatku srážek (od poloviny června do poloviny srpna napršelo jen necelých 40 mm) došlo ke vzniku dlouhé periody sucha, která měla negativní vliv na růst a vývoj porostů kukuřice, což se projevil v nižších výnosech silážní hmoty.

Pokud se týká hodnocení srážek v uvedeném vegetačním období, měsíc duben byl sice silně nadnormální (téměř dvojnásobek normálu), ale další tři následující měsíce se vyznačovaly podnormálními úhrny (v průměru měsíců květen-červenec 51 % dlouhodobého normálu). Nedostatek vláhy s vysokými teplotami v tomto období způsobily zasychání listů kukuřice ve spodním patře porostu a přetrvávající sucho začínalo, obdobně jako v roce 2022, představovat riziko předčasné sklizně se sníženou kvalitou píce. Srážkově mimořádně nadnormální byl srpen (150 mm), což představovalo více než dvojnásobek normálu, s maximy úhrnů v první a třetí dekádě. Intenzivní nadprůměrné srážky přispěly společně s mírným poklesem vysokých teplot vzduchu k regeneraci rostlin poškozených suchem a k pozvolnému dozrávání a ukládání škrobu v zrnech až do sklizně.

Tab. 19 a 20: Porovnání průměrné teploty vzduchu a měsíčních úhrnů srážek v roce 2023 v porovnání s normálem 1991-2020 (Jevíčko)

Průměrná teplota vzduchu (°C)					Měsíční srážkové úhrny (mm)				
Měs.	1991-2020	2023	Rozdíl (°C)	Hodnocení WMO	Měs.	1991-2020	2023	% normálu	Hodnocení WMO
I	-1,9	2,4	4,3	silně nadnormální	I	28,7	34,4	120	normální
II	-0,5	1,5	2,0	normální	II	23,3	30,6	131	normální
III	3,1	4,8	1,7	normální	III	35,5	27,9	79	normální
IV	8,6	6,8	-1,8	podnormální	IV	33,8	64,4	191	silně nadnormální
V	13,3	13,0	-0,3	normální	V	62,6	32,0	51	podnormální
VI	16,8	17,8	1,0	normální	VI	68,7	24,8	36	silně podnormální
VII	18,4	20,2	1,8	silně nadnormální	VII	83,3	53,4	64	normální
VIII	17,9	18,9	1,0	normální	VIII	66,0	150,2	228	mimořádně nadnormální
IX	13,1	16,3	3,2	silně nadnormální	IX	54,9	6,8	12	silně podnormální
X	8,3	11,1	2,8	silně nadnormální	X	38,9	37,4	96	normální
XI	3,9	-	-	-	XI	32,5	-	-	-
XII	-0,6	-	-	-	XII	30,5	-	-	-
IV–IX	14,7	15,5	0,8	normální	IV–IX	369	332	90	normální
rok	8,4	-	-	-	rok	559	-	-	-

3. Produkce biomasy podsevných plodin

V průběhu vegetačního období byla ve třech termínech hodnocena produkce nadzemní i podzemní biomasy podsevů z plochy 0,16 m² (0,32 x 0,5 m) ve čtyřech opakováních. První dva odběry byly provedeny na konci června a na konci července (souběžně s 2. a 3. termínem měření vodní eroze půdy na lokalitě Jevíčko), třetí odběr se uskutečnil v období před sklizní kukuřice na siláž. Odebraná čerstvá hmota byla zvážena a poté vysušena, čímž byla stanovena hmotnost suché hmoty, která byla přepočtena na plochu jednoho hektaru. Statistické zpracování dat bylo provedeno s využitím software STATISTICA, ver. 14.0 (TIBCO, 2017).

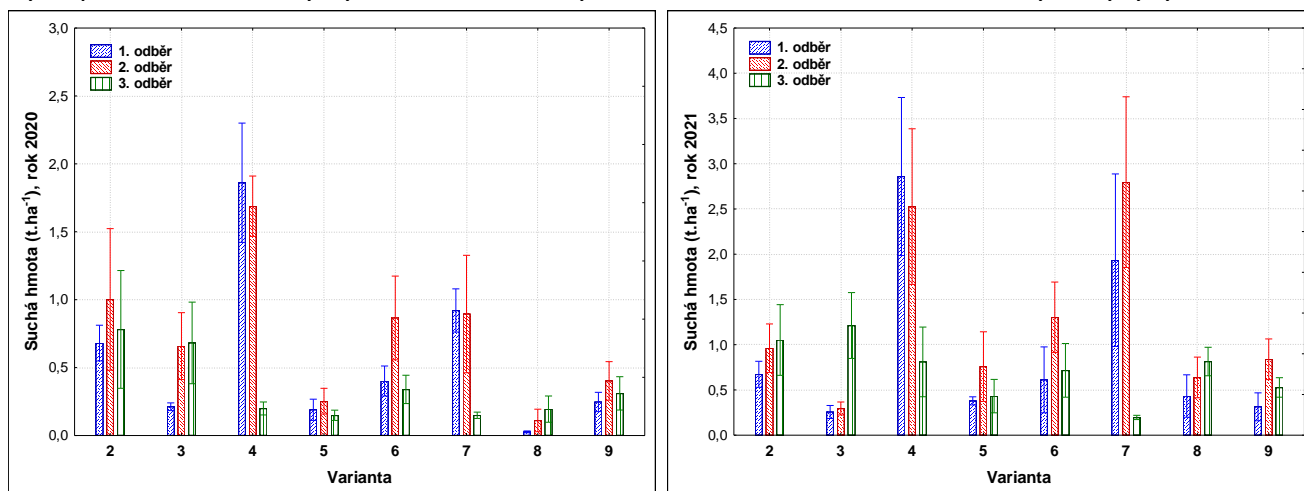
Níže jsou prezentovány výsledky z let 2020–2023 z lokality Žabčice. U lokality Jevíčko byla zpracována data z let 2020–2022, chybí data z roku 2023, který byl pro založení a růst podsevných plodin nepříznivý, jak bylo popsáno výše.

3.1. Lokalita Žabčice

3.1.1. Jednodruhové podsevné plodiny

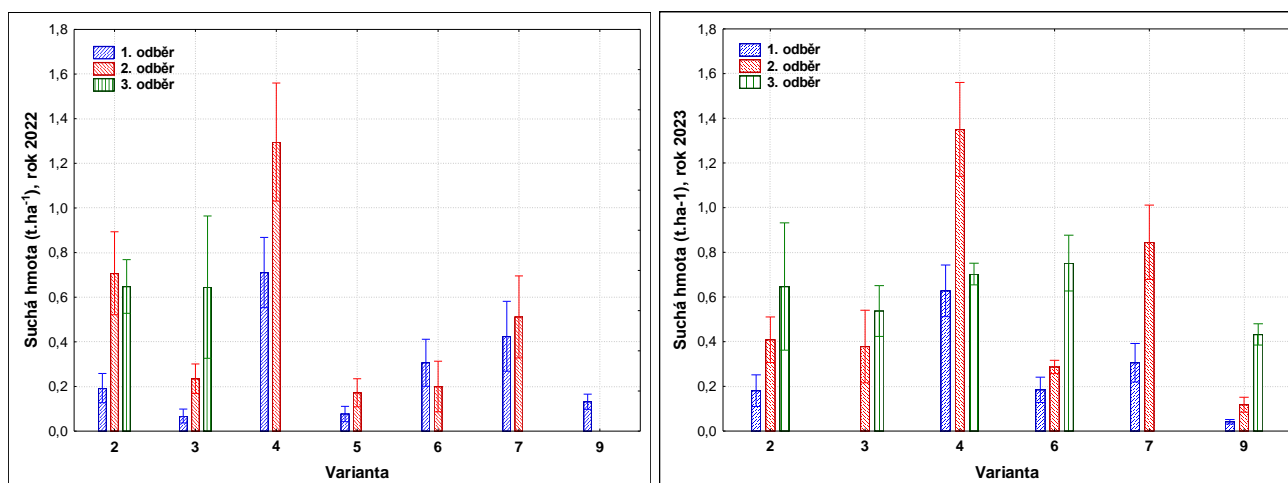
Produkce suché biomasy podsevů byla ovlivněna ročníkem (**Obr. 9 a 10**). Nejvyšší výnosy suché hmoty byly dosaženy v roce 2021, naopak nejnižší v letech 2022 a 2023. V těchto letech vůbec nevyšel jetel plazivý, v roce 2023 pak také vikev panonská. Tyto druhy měly nejnižší produkci suché hmoty i předchozích letech. Pouze v příznivém roce 2021 dosáhl jetel plazivý produkce 0,5–1,0 t.ha⁻¹. Ve většině let je patrná odlišná dynamika růstu u jílků. Jílek mnohokvětý zpravidla vykazoval

rychlejší růst. Nejvyšší produkce suché hmoty ve všech letech byla u žita ozimého (1,3–2,8 t.ha⁻¹). Vyšší produkce biomasy byla také u svazenky vratičolisté, ale s většími ročníkovými výkyvy.



Obr. 9: Produkce suché hmoty podsevů (vlevo rok 2020; vpravo 2021)

Pozn.: 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 5 - vikev pan., 6 - jet. ink., 7 - svazenka vr., 8 - jet. plaz., 9 - jet. alex.

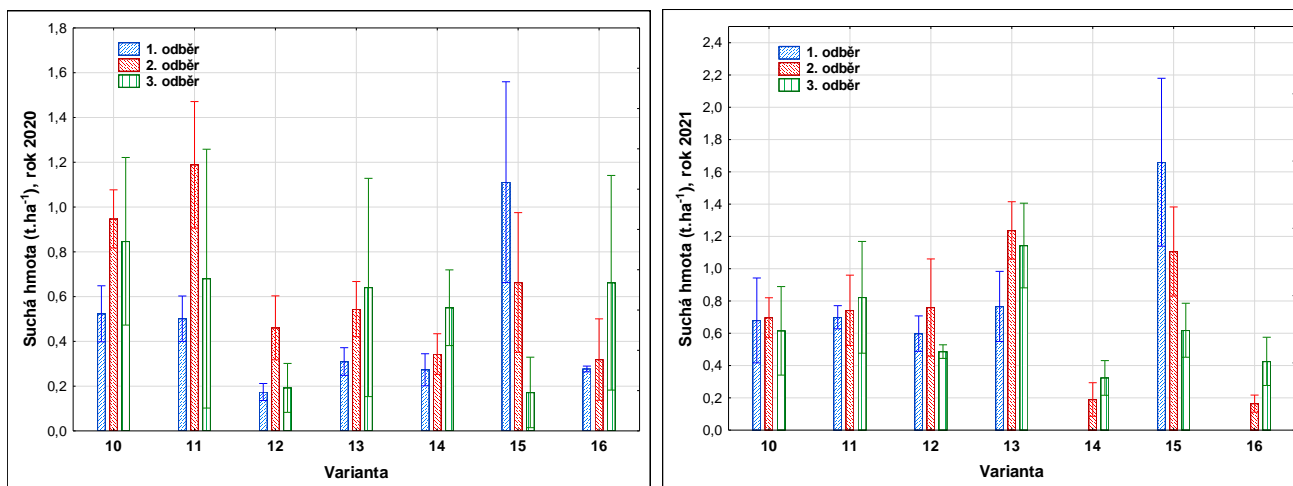


Obr. 10: Produkce suché hmoty podsevů (vlevo rok 2022; vpravo 2023)

Pozn.: 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 5 - vikev pan., 6 - jet. ink., 7 - svazenka vr., 9 - jet. alex.

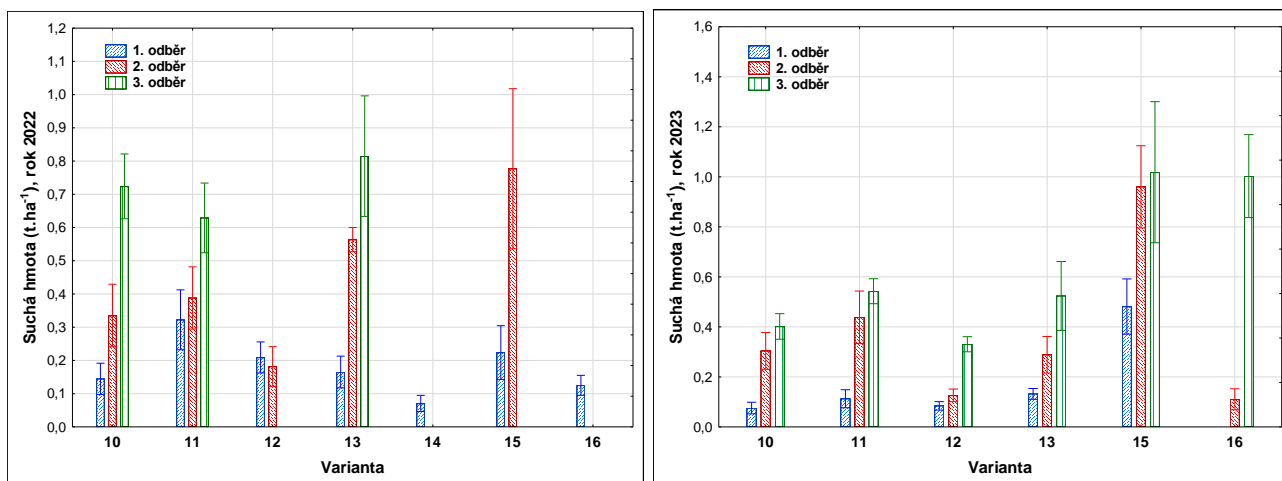
3.1.2. Směsi podsevových plodin

Také u směsí podsevových plodin byla produkce biomasy ovlivněna ročníkem (**Obr. 11 a 12**). Nejvyšší výnosy suché hmoty byly dosaženy v roce 2021. V roce 2023 varianta 14 (14 – jílek vytr. + jet. plaz.) vůbec nezšla, v ostatních letech měla obvykle nejnižší produkci. Nízkou produkci měly dále varianty 12 (jet. ink. + vikev pan.) a 16 (jílek vytrv. + j. alex.).



Obr. 11: Produkce suché hmoty podsevů (vlevo rok 2020; vpravo 2021)

Pozn.: 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jílek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.

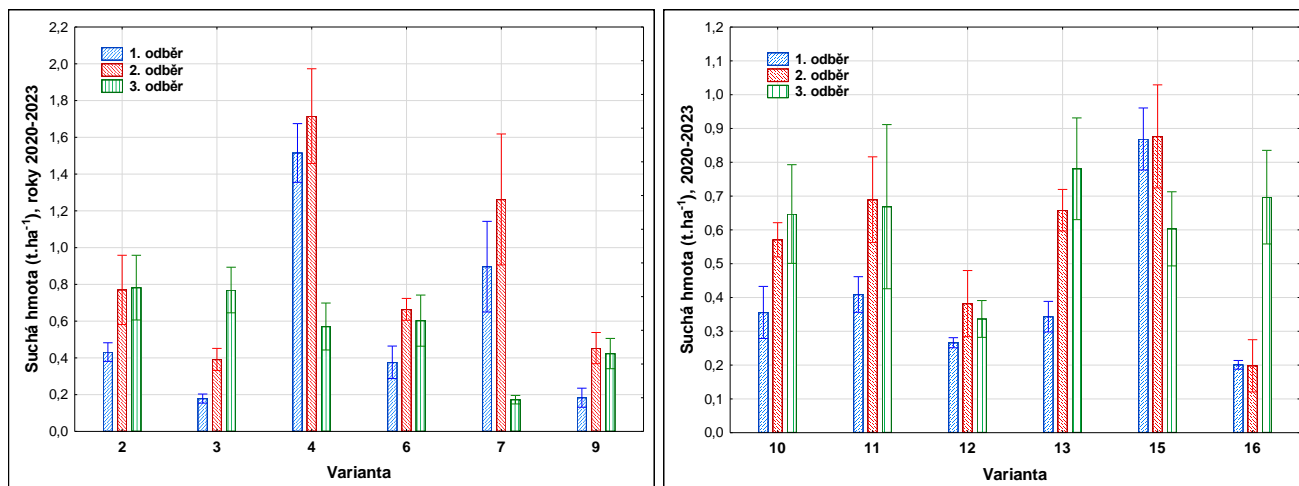


Obr. 12: Produkce suché hmoty podsevů (vlevo rok 2022; vpravo 2023)

Pozn.: 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jílek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.

3.1.3. Souhrnné výsledky (2020–2023)

Výsledky za celé sledované období jsou uvedeny na **Obr. 13**, přičemž nejsou vyhodnoceny varianty 5, 8 a 14, poněvadž v některých letech u nich nebyla žádná produkce. Celkově největší výnos suché hmoty byl u ozimého žita ($1,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a také u svazenky vřatičolisté ($1,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). U obou druhů bylo nejvíce biomasy zjištěno při druhém odběru, naopak ve třetím termínu již došlo k výraznému poklesu. V tomto termínu měly naopak nejvyšší produkci oba jílky a jetel inkarnát (více než $0,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ze směsí se dobře uplatnily varianty 10, 11 a 13, kde byl jedním ze zastoupených druhů jílek mnohokvětý a také varianta 15 (žito oz. + vikev pan. + jet. ink.). U těchto variant byla produkce biomasy i na konci vegetace více než $0,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.



Obr. 13: Produkce suché hmoty podsevů (2020–2023)

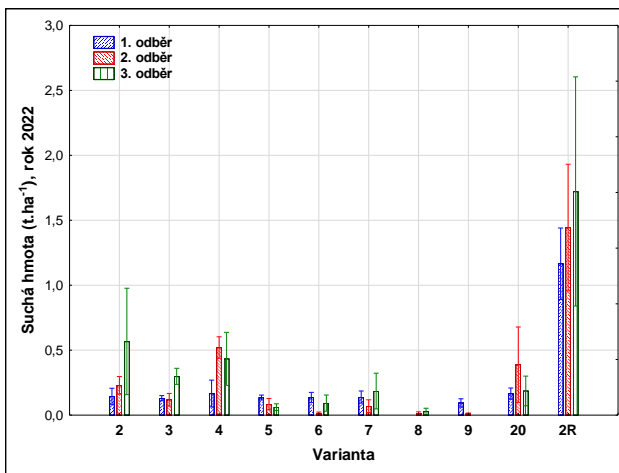
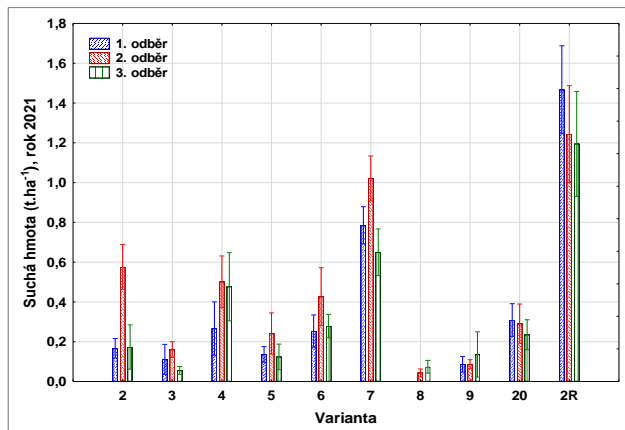
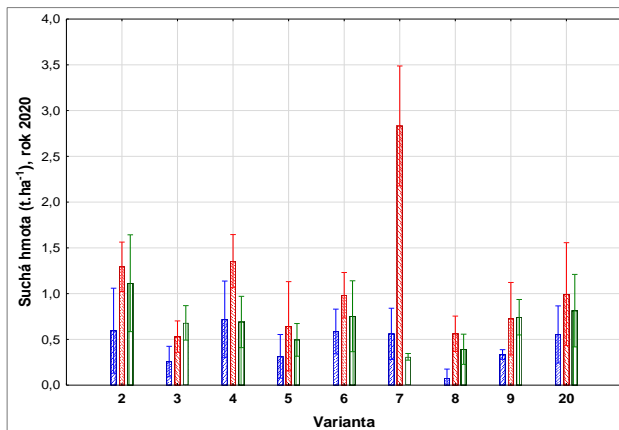
Pozn.: 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 5 – vikev pan., 6 – jet. ink., 7 – svazenka vr., 8 – jet. plaz., 9 – jet. alex.

Pozn.: 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jílek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.

3.2. Lokalita Jevíčko

3.2.1. Jednodruhové podsevové plodiny

Na druhé pokusné lokalitě v Jevíčku byla produkce suché biomasy podsevů rovněž výrazně ovlivněna průběhem počasí v příslušném ročníku. Nejvyšší výnosy suché hmoty byly dosaženy v roce 2020, nižší v letech 2021 a 2022 (**Obr. 14** a **15**). Rok 2023 (**Obr. 16**) nebyl z důvodu nepříznivých klimatických podmínek pro založení podsevů (sucho, zaplevelení) na této lokalitě hodnocen. Z jednodruhových podsevů byla nejvyšší produkce suché hmoty zjištěna u varianty se svazenkou vratičolistou a raným termínem setí jílku mnohokvětého (2 týdny po setí kukuřice). Naopak nejnižší hodnoty produkce suché hmoty byly zjištěny u dvou variant s jetelem (plazivým a alexandrijským). Ze tří testovaných podsevů s jeteli tak lze doporučit pouze jetel inkarnát. Jako další druh podsevové plodiny, kterou lze i vzhledem k nižší ceně osiva doporučit, je žito ozimé. Rovněž na této lokalitě je ve většině let je patrná odlišná dynamika růstu u jílků, kdy jílek mnohokvětý zpravidla vykazoval rychlejší růst než jílek vytrvalý.

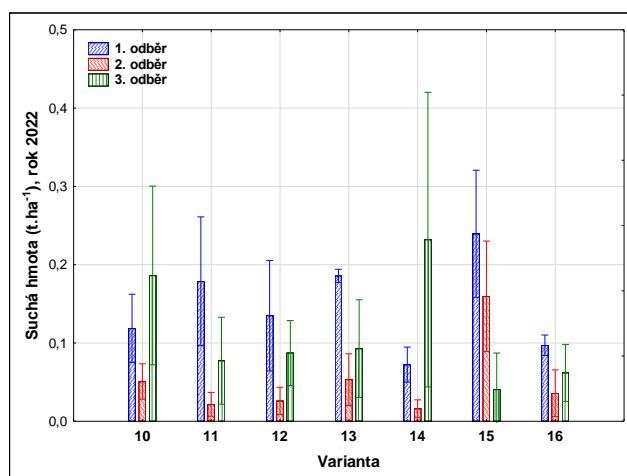
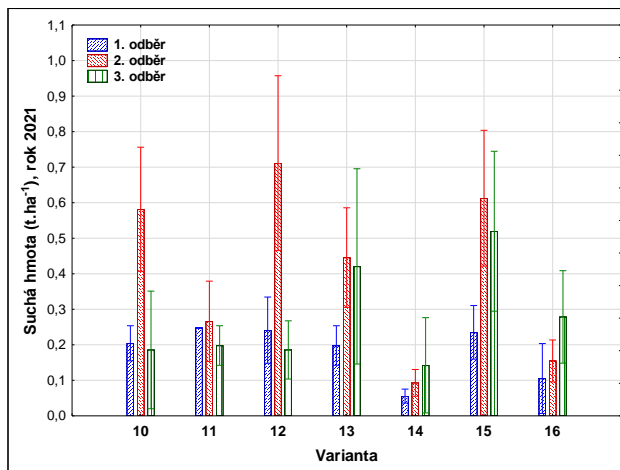
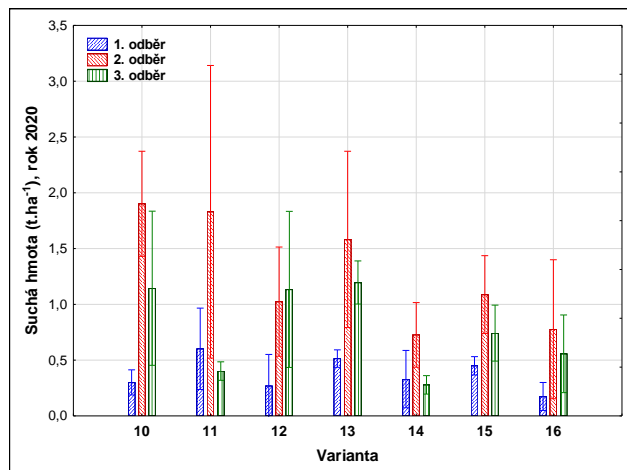


Obr. 14–16: Produkce suché hmoty podsevů (vlevo rok 2020; vpravo 2021, dole rok 2022)

Pozn.: 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 5 - vikev pan., 6 - jet. ink., 7 - svazenka vr., 8 - jet. plaz., 9 - jet. alex., 20 – pšenice oz., 2R – jílek mn. (raný výsev)

3.2.2. Směsi podsevových plodin

V případě směsí podsevových plodin byla produkce biomasy výrazně ovlivněna ročníkem. Obdobně jako u jednodruhových podsevů, byly nejvyšší výnosy suché hmoty dosaženy v roce 2021 a rok 2023 nebyl hodnocen (**Obr. 17–19**). V klimaticky příznivějším roce 2021 vykazovaly vyšší produkci suché hmoty varianty směsí s jíllem mnohokvětým, v dalších letech již rozdíly mezi hodnocenými variantami nebyly tak patrné. Zatímco u jílků mnohokvětých nabývají hodnoty produkce suché hmoty maxima červenci, vlivem zastínění a omezením přístupu světla porostem hlavní plodiny dochází směrem ke sklizni kukuřice k úbytku biomasy a jeho odumírání. Naopak, u jílků vytrvalých, který není na zastínění tak citlivý, obvykle docházelo k postupnému nárůstu produkce suché hmoty až do sklizně. Kromě variant s jíllem mnohokvětým měla v hodnoceném období vyrovnanou produkci varianta 15 (žito oz. + vikev pan. + jet. ink.).

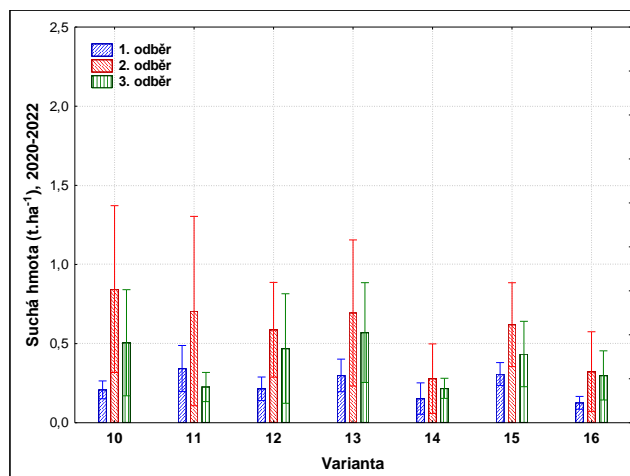
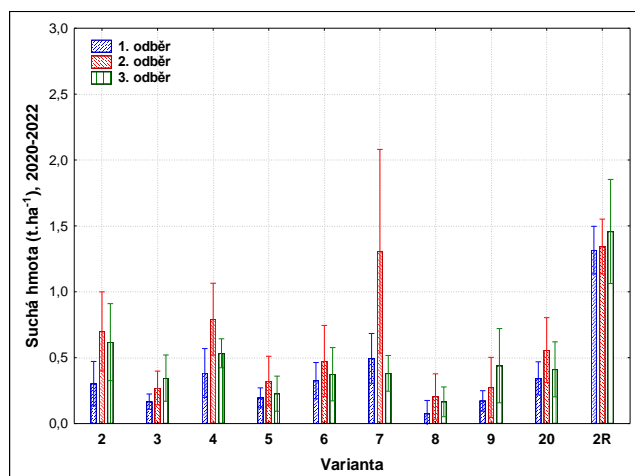


Obr. 17–19: Produkce suché hmoty podsevů (2020–2022)

Pozn.: 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jílek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.

3.2.3. Souhrnné výsledky (2020–2022)

Výsledky za sledované období 2020–2022 jsou uvedeny na **Obr. 20**.



Obr. 20: Produkce suché hmoty podsevů (2020–2022), vlevo jednodruhové, vpravo vícedruhové varianty

Pozn.: 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 5 - vikev pan., 6 - jet. ink., 7 - svazenka vr., 8 - jet. plaz., 9 - jet. alex., 20 – pšenice oz., 2R – jílek mn. (raný výsev); 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jílek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytr. + j. alex.

Celkově největší produkce suché hmoty byla dosažena u raného termínu podsevu jílku mnohokvětého ve třetím termínu odběru (1,48 t.ha⁻¹). U podsevů ze standardního termínu podsevu byla zjištěna největší produkce u svazenky vratičolisté (1,30 t.ha⁻¹), žita ozimého (0,80 t.ha⁻¹) a jílku mnohokvětého (0,70 t.ha⁻¹). U všech uvedených druhů bylo nejvíce biomasy zjištěno při druhém odběru, naopak ve třetím termínu již došlo k výraznému poklesu. V tomto termínu měl naopak nejvyšší produkci jílek vytrvalý (0,49 t.ha⁻¹). Ze směsí se dobře uplatnily varianty 10, 11 a 13, kde byl jedním ze zastoupených druhů jílek mnohokvětý. U těchto variant byla produkce biomasy i na konci vegetace více než 0,7 t.ha⁻¹. V případě vícedruhových směsí podsevových plodin výsledky korespondují s vyvozenými závěry na lokalitě Žabčice.

3.3. SOUHRN

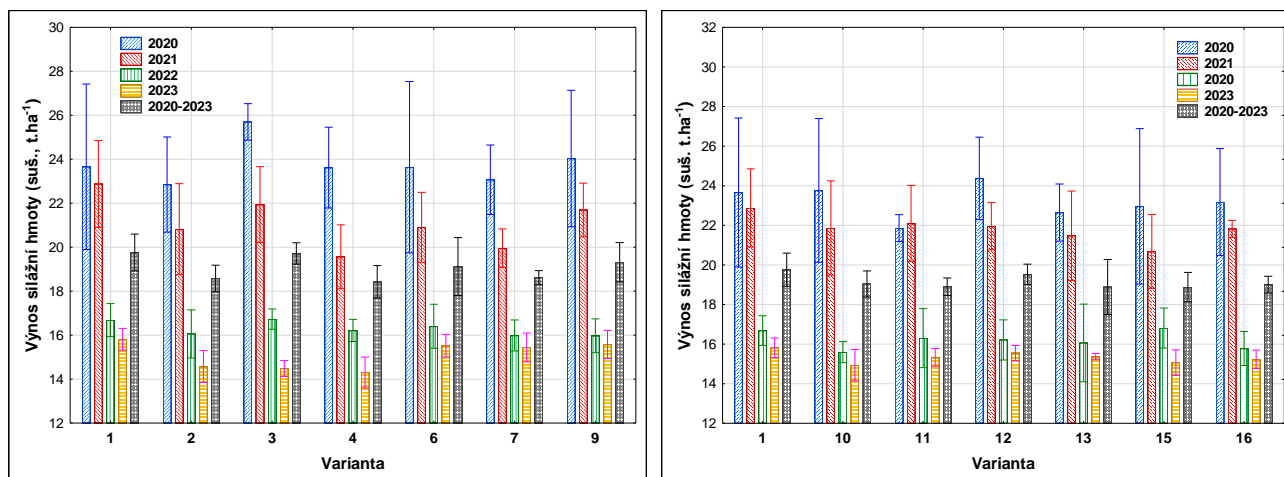
- Výsev podsevových plodin lze doporučit s využitím multifunkčního stroje, který umožňuje při jednom přejezdu plečkování meziřádku, setí podsevových plodin, přihnojení dusíkem (DAM 390) a pásovou aplikaci herbicidu.
- Úspěšnost založení podsevových plodin zakládáných v růstové fázi 3.–4. listu kukuřice a výše produkce jejich biomasy, je výrazně ovlivněna průběhem povětrnostních podmínek jak v období po zasetí, tak i letními přísuškami. Významný negativní vliv na růst a vývoj podsevů má zaplevelení pozemku, zásoba semen plevelných druhů v půdě a také předplodina (zvýšený tlak plevelů při pěstování kukuřice po sobě).
- Z jednodruhových podsevových plodin se osvědčily druhy z čeledi lipnicovitých, oba druhy jílků a také ozimé obilniny (žito ozimé a pšenice ozimá). Z leguminóz pak jetel inkarnát, z ostatních jednoletých plodin svazenka vratičolistá. Ze směsí podsevových plodin byly dobré výsledky zjištěny u směsí s jílkem mnohokvětým s leguminózami (s jetelem inkarnát a vikví panonskou). Produkce biomasy podsevů v sušině dosahovala v průměru více než 1 t.ha⁻¹.
- Produkce biomasy podsevů se v průběhu prvních dvou měsíců po zasetí postupně zvyšuje a nejvyšší produkce biomasy dosahuje v průběhu července. Poté v důsledku konkurenčního prostředí kukuřice, kdy jsou zhoršené světelné podmínky uvnitř porostu kukuřice, dochází k poklesu produkce a postupnému odumírání rostlin většiny podsevových plodin (především jednoleté druhy). Výsledky potvrdily očekávané rozdíly v rychlosti počátečního růstu mezi jílky (jílek mnohokvětý má rychlejší nárůst biomasy než jílek vytrvalý). Oba druhy jílku jsou schopny relativně dobře snášet vliv zastínění a na pozemku tvoří zapojené vegetující pásy i po sklizni silážní kukuřice. Rozdíly byly také zjištěny u různých druhů jetelů (rychlý růst jetele inkarnátu, naopak pomalý u jetele plazivého).
- Produkce biomasy jílku mnohokvětého z raného termínu zakládání dosahuje až trojnásobku produkce v porovnání se standardním termínem výsevu. Vzhledem k tomu, že se jedná o setí před vzejitím porostu kukuřice, je nezbytné vybavení traktoru navigací.

4. Produkce kukuřice na siláž a zrno

Před sklizní silážní kukuřice byla na čtyřech úsecích (opakováních) každé varianty provedena ruční sklizeň (odběr 10 rostlin) při sušině cca 28–35 %, na výšku strniště 0,1 m. U takto odebraných vzorků byla zjištěna hmotnost celých rostlin. Po homogenizaci celých rostlin kukuřice byla dále v laboratoři stanovena sušina při 105 °C. Dosažené výsledky byly přepočteny na plochu jednoho hektaru a byly vyjádřeny jako produkce suché hmoty. V laboratoři Výzkumné stanice Jevíčko byly stanoveny parametry kvality píce v usušených a pomletých vzorcích pomocí přístrojové techniky FOSS NIRSystems 6500. V textu níže jsou uvedeny výsledky vybraných kvalitativních parametrů silážní hmoty pouze z lokality Jevíčko (vzhledem k rozsahu výsledků). Na lokalitě Žabčice byla provedena navíc sklizeň kukuřice na zrno pomocí maloparcelní sklízecí mlátičky Haldrup C 85. Dosažené výsledky byly přepočteny na vlhkost 14 % a přepočteny na hektar. Statistické zpracování dat bylo provedeno s využitím software STATISTICA, ver. 14.0 (TIBCO, 2017).

4.1. Lokalita Žabčice

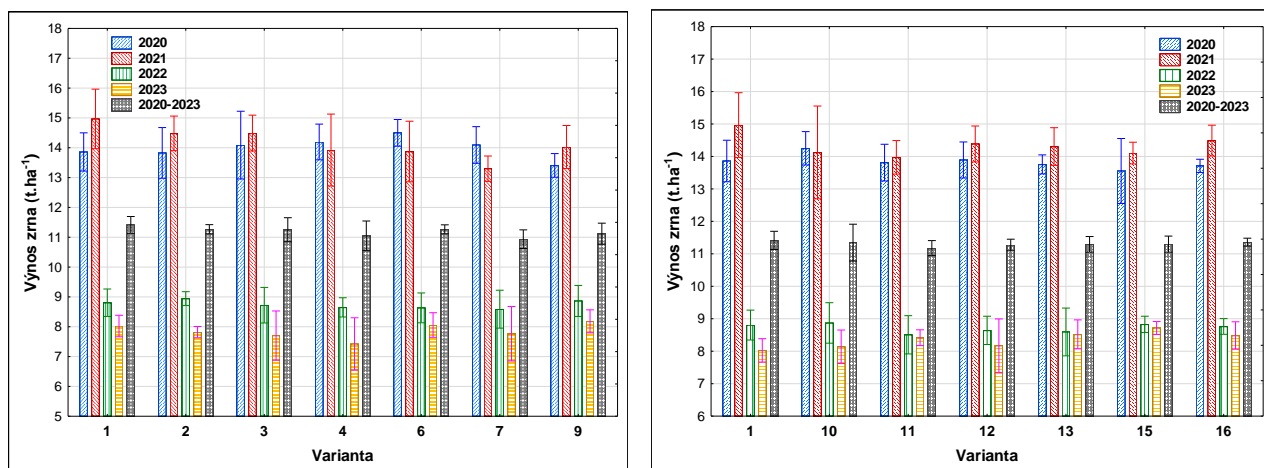
Výnos silážní hmoty i zrna kukuřice byl ovlivněn ročníkem. Obecně vyšší výnosy byly zjištěny v letech 2020 a 2021, naopak nižší v letech 2022 a 2023. V jednotlivých letech nebyly dosažené výnosy mezi variantami průkazné (**Obr. 21 a 22**). V relativním vyjádření byly rozdíly ve výnosu v jednotkách procent (**Tab. 21 a 22**). Nejvyšší pokles výnosu byl zaznamenán v roce 2021 u variant s podsevem žita ozimého (86 %) a svazenky vratičolisté (87 %). V 2023 byl větší pokles výnosu kromě varianty s žitem ozimým (90 %) také u obou jílků (92 %). Lze tedy říci, že pokles výnosu byl častěji zaznamenán u těch druhů, u nichž byla vyšší produkce biomasy podsevů. V některých případech došlo i k nárůstu výnosů, např. u zrnové kukuřice u vybraných variant směsí podsevových plodin (varianty 13–16), tedy varianty, kde byl vždy jedním z druhů zástupce trav (žito ozimé nebo jílek mnohokvětý).



Obr. 21: Výnos silážní hmoty (v suš.; 2020–2023)

Pozn.: 1 – bez podsevu, 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 6 – jet. ink., 7 – svazenka vr., 9 – jet. alex., 20 – pšenice oz., 2R – jílek mn. (raný výsev)

Pozn.: 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.



Obr. 22: Výnos zrna (přepočteno na 14 % vlhkost; 2020–2023)

Pozn.: 1 – bez podsevu, 2 – jílek mn., 3 – jílek vytr., 4 – žito oz., 6 – jet. ink., 7 – svazanka vr., 9 – jet. alex., 10 – jílek mn. + vikev pan., 11 – jílek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jílek mn. + vikev pan. + jet. ink., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jílek vytrv. + j. alex.

Tab. 21: Relativní výnos (kukuřice na siláž a zrno; jednodruhové varianty, 2020–2023)

Kukuřice na siláž	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)							Průměr za všechny varianty (%)
	Varianty							
Rok	1	2	3	4	6	7	9	
2020	100	97	109	100	100	98	102	101
2021	100	91	96	86	91	87	95	92
2022	100	96	100	97	98	96	96	98
2023	100	92	92	90	98	98	98	95
2020–2023	100	94	100	93	97	94	98	97
Kukuřice na zrno	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)							Průměr za všechny varianty (%)
	Varianty							
Rok	1	2	3	4	6	7	9	
2020	100	100	102	102	105	102	97	101
2021	100	97	97	93	93	89	94	95
2022	100	102	99	98	98	98	101	99
2023	100	97	96	93	100	97	102	98
2020–2023	100	99	99	97	99	96	97	98

Pozn. Relativní výnos 106 % a více – podbarveno zeleně; resp. 94 % a méně – podbarveno červeně.

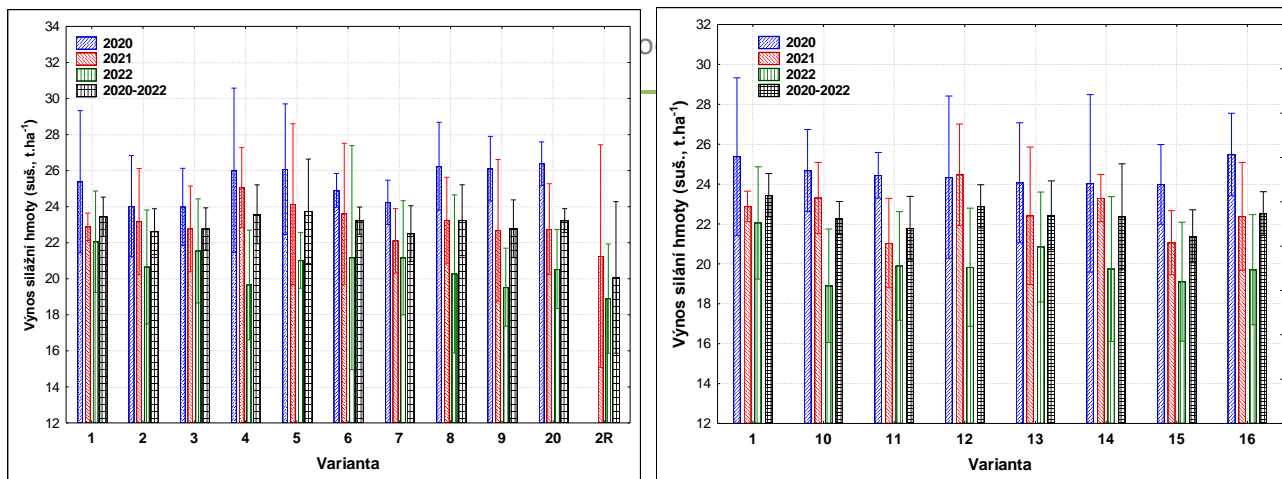
Tab. 22: Relativní výnos (kukuřice na siláž a zrno; vícedruhové varianty, 2020–2023)

Kukuřice na siláž	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)							
	Varianty							Průměr za všechny varianty (%)
Rok	1	10	11	12	13	15	16	
2020	100	100	92	103	96	97	98	98
2021	100	96	97	96	94	90	95	95
2022	100	93	98	97	96	101	95	97
2023	100	94	97	98	97	95	96	96
2020–2023	100	96	96	99	96	96	96	96
Kukuřice na zrno	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)							
	Varianty							Průměr za všechny varianty (%)
Rok	1	10	11	12	13	15	16	
2020	100	103	100	100	99	98	99	100
2021	100	94	93	96	96	94	97	95
2022	100	101	97	98	98	100	100	99
2023	100	101	105	102	106	109	106	105
2020–2023	100	99	98	99	99	99	100	99

Pozn. Relativní výnos 106 % a více – podbarveno zeleně; resp. 94 % a méně – podbarveno červeně.

4.2. Lokalita Jevíčko

Výnos silážní hmoty kukuřice byl ovlivněn ročníkem. Obecně vyšší výnosy byly zjištěny v letech 2020 a 2021, naopak nižší v roce 2022 (**Obr. 23**). Z této lokality nejsou uvedeny výsledky z roku 2023, vzhledem k tomu, že produkce biomasy podsevů byla nízká (jak bylo uvedeno výše). V jednotlivých letech nebyly dosažené výnosy mezi variantami průkazné. V relativním vyjádření byly rozdíly u výnosu v průměru variant a ročníků 2020 a 2021 v jednotkách procent, v roce 2022 byl zaznamenán vyšší pokles jak u jednodruhových (v průměru variant 93 %), tak i u směsí (v průměru variant 91 %; **Tab. 23 a 24**). U jednodruhových podsevů v průměru roků 2020–2022 byl zaznamenán největší pokles výnosu (o 1,5–3 t.ha⁻¹ suš.) u varianty s raným podsevem u jílku mnohokvětého (90 % oproti kontrole). Ze standardního termínu podsevu byl zjištěn největší pokles u variant se svazenkou vratičolistou a jílkem mnohokvětým (obě shodně 96 % výnosu kontroly). V obdobném hodnocení poklesu výnosu podsevových směsí byl zjištěn největší pokles výnosů u varianty 15 (91 % oproti kontrole), resp. varianty 11 (93 %).



Obr. 23: Produkce suché hmoty silážní kukuřice s podsevy v letech 2020–2022 na lokalitě Jevíčko

Pozn.: 1 – bez podsevu, 2 – jilek mn., 3 – jilek vytr., 4 – žito oz., 5 - vikev pan., 6 - jet. ink., 7 - svazanka vr., 8 - jet. plaz., 9 - jet. alex., 20 – pšenice oz., 2R – jilek mn. (raný výsev), 10 – jilek mn. + vikev pan., 11 – jilek mn. + jet. ink., 12 – jet. ink. + vikev pan., 13 – jilek mn. + vikev pan. + jet. ink., 14 – jilek vytr. + jet. plaz., 15 – žito oz. + vikev pan. + jet. ink., 16 – jilek vytr. + j. alex.

Tab. 23: Relativní výnos (kukuřice na siláž; jednodruhové varianty, 2020–2022)

Kukuřice na siláž	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)											Průměr za všechny Varianty (%)
	Varianty											
Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	2R	
2020	100	95	95	103	103	98	96	103	103	104	-	100
2021	100	99	101	110	105	103	97	102	99	99	93	101
2022	100	94	98	89	95	96	96	92	89	93	86	93
2020–2022	100	96	98	101	101	99	96	99	97	99	90	98

Pozn. Relativní výnos 106 % a více – podbarveno zeleně; resp. 94 % a méně – podbarveno červeně.

Tab. 24: Relativní výnos (kukuřice na siláž; vícedruhové varianty, 2020–2022)

Kukuřice na siláž	Relativní výnos (% vyjádření k variantě 1 - bez podsevu)									Průměr za všechny Varianty (%)
	Varianty									
Rok	1	10	11	12	13	14	15	16		
2020	100	97	96	96	95	95	94	100	97	
2021	100	102	92	107	98	102	92	98	99	
2022	100	86	90	90	95	90	87	89	91	
2020–2022	100	95	93	98	96	96	91	96	95	

Pozn. Relativní výnos 106 % a více – podbarveno zeleně; resp. 94 % a méně – podbarveno červeně.

V **Tab. 25** a **26** jsou uvedeny výsledky kvalitativních ukazatelů sklizené silážní hmoty z lokality Jevíčko. Mezi variantami nebyly zjištěny průkazné rozdíly.

Tab. 25: Kvalita píce silážní kukuřice v průměru sklizní 2020–2022 na lokalitě Jevíčko (varianty jednodruhových podsekových plodin)

Hodnocené znaky	Varianta podsekové plodiny										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	2R
	bez podsevu	jílek mn.	jílek vytr.	žito oz.	vikev pan.	jetel ink.	svazenka vrat.	jet. plaz.	jet. alex.	pšenice oz.	jílek mn. raný výsev
Škrob (%)	30,0	30,9	30,3	29,8	30,5	31,1	30,8	29,8	30,9	28,6	29,8
NL (%)	8,0	8,4	8,6	8,4	8,4	8,8	8,6	8,3	8,5	8,1	8,2
Vláknina (%)	21,9	21,3	21,6	21,8	21,3	21,0	21,5	22,4	20,6	21,9	21,3
NDF (%)	47,1	46,5	47,4	47,9	46,8	45,9	47,9	49,9	45,3	47,5	45,5
SOH 24 h (%)	72,2	72,4	71,1	72,0	71,6	71,7	71,3	71,4	72,4	71,3	71,3
SNDF 24 h (%)	58,5	58,9	57,4	57,5	56,5	56,7	57,1	57,6	57,4	57,1	56,9

Pozn. NL - dusíkaté látky, NDF - neutrodetergentní vláknina, SOH 24 h - stravitelnost organické hmoty za 24 hod., SNDF 24 h - stravitelnost neutrodetergentní vlákniny za 24 hod.; var. 2R - jílek mn. raný výsev = průměr 2021–2022

Tab. 26: Kvalita píce silážní kukuřice v průměru sklizní 2020–2022 na lokalitě Jevíčko (varianty směsí podsekových plodin)

Hodnocené znaky	Varianta směsí podsekových plodin							
	1	10	11	12	13	14	15	16
	bez podsevu	jílek mn. + vikev pan.	jílek mn. + Jet. ink.	jet. ink. + vikev pan.	jílek mn. + vikev pan. + jet. ink.	jílek vytr. + jet. plaz.	žito oz. + vikev pan. + jet. ink.	jílek vytr. + jet. alex.
Škrob (%)	30,0	30,2	28,9	30,1	31,4	30,1	30,8	30,4
NL (%)	8,0	8,2	7,9	8,4	8,3	7,5	7,5	7,9
Vláknina (%)	21,9	21,9	22,4	21,0	20,3	21,9	21,1	21,0
NDF (%)	47,1	48,1	49,2	44,8	43,3	46,2	44,7	44,4
SOH 24 h (%)	72,2	72,2	70,9	71,9	72,7	70,5	71,6	72,1
SNDF 24 h (%)	58,5	57,6	57,0	57,4	57,8	57,8	58,7	58,2

Pozn. NL - dusíkaté látky, NDF - neutrodetergentní vláknina, SOH 24 h - stravitelnost organické hmoty za 24 hod., SNDF 24 h - stravitelnost neutrodetergentní vlákniny za 24 hod

4.3. SOUHRN

- Výnosy a kvalita píce silážní kukuřice, zjištěná při použití jednodruhových podsevů a směsí podsevových plodin, byla srovnatelná s kontrolou (bez podsevu). Podsev založený v růstové fázi 3-4 listů kukuřice nevytváří svými požadavky na vláhu, živiny a na světelné podmínky konkurenční prostředí pro růst a vývoj kukuřice.
- Pokles výnosu byl častěji zaznamenán u těch druhů podsevů či směsí, u nichž byla vyšší produkce biomasy. V relativním vyjádření byly rozdíly ve výnosu v jednotkách procent (4–9 %) v porovnání s variantou bez podsevu.
- Vlivem konkurence porostu jílku mnohokvětého z raného termínu výsevu dochází v porovnání s kontrolou bez podsevu ke snížení výnosu silážní kukuřice v průměru o 1,5–3 t.ha⁻¹ suš. (7–14 %). Produkce biomasy jílku mnohokvětého z raného termínu zakládání dosahuje však až trojnásobku produkce v porovnání se standardním termínem výsevu.

5. Vliv podsevových plodin na vybrané půdní vlastnosti a protierozní účinnost

5.1. Vliv na strukturní stav a vodostálost půdních agregátů

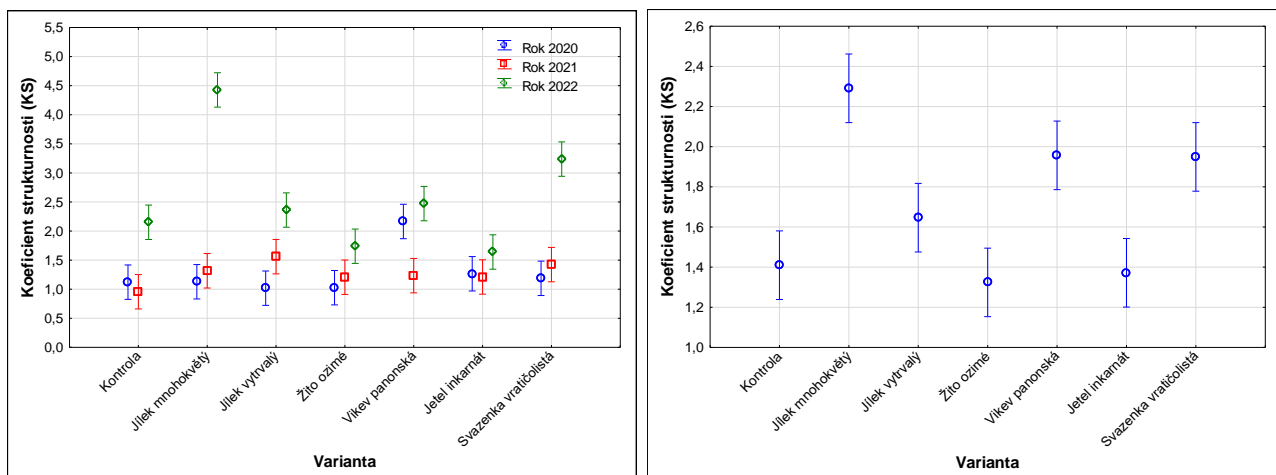
Na lokalitě Žabčice bylo provedeno hodnocení vybraných půdních vlastností, tj. koeficientu strukturnosti (KS) a vodostálosti půdních agregátů (SAS, v %) u jednodruhových variant podsevů v porovnání s kontrolní variantou. V letech 2020 až 2022 byly odebrány půdní vzorky u variant 1 až 7 (varianty 8 a 9 nebyly hodnotitelné ve všech ročnících).

Vzorky půdy byly odebrány ve třech polních opakováních, v hloubce 0–0,30 m v těchto termínech: 23. 9. 2020, 20. 8. 2021 a 14. 10. 2022. Zemina byla bezprostředně po odběru mírně rozmělněna a ponechána na vzduchu k volnému vyschnutí. Tyto vzorky byly následně přesety na sadě síť tzv. suchou cestou. Z takto získaných hmotnostních podílů bylo vypočteno procentické zastoupení jednotlivých frakcí agregátů a byl vypočten koeficient strukturnosti (KS), který udává poměr mezi agronomicky cennými agregáty (0,25–10,0 mm) a méně cennými strukturními agregáty (>10 a <0,25 mm); čím je podíl agronomicky hodnotných agregátů vyšší, tím je také vyšší koeficient strukturnosti. Při prosévání agregátů byla oddělena velikostní frakce 1–2 mm, u které byla následně stanovena vodostálost půdních agregátů (SAS, vyjadřováno v %), pomocí tzv. dispergačního přístroje (Hůla, Procházková et al., 2008).

Zjištěné výsledky byly zpracovány pomocí programu MS Excel 2010, statisticky vyhodnoceny a graficky vyjádřeny pomocí statistického programu STATISTICA CZ, v. 14.0 (TIBCO, 2017) U zjištěných hodnot byla použita vícefaktorová analýza variance, s následným testováním dle Tukeye, s pravděpodobností 95 %.

Hodnocení vlivu podsekových plodin na strukturní stav půdy (KS)

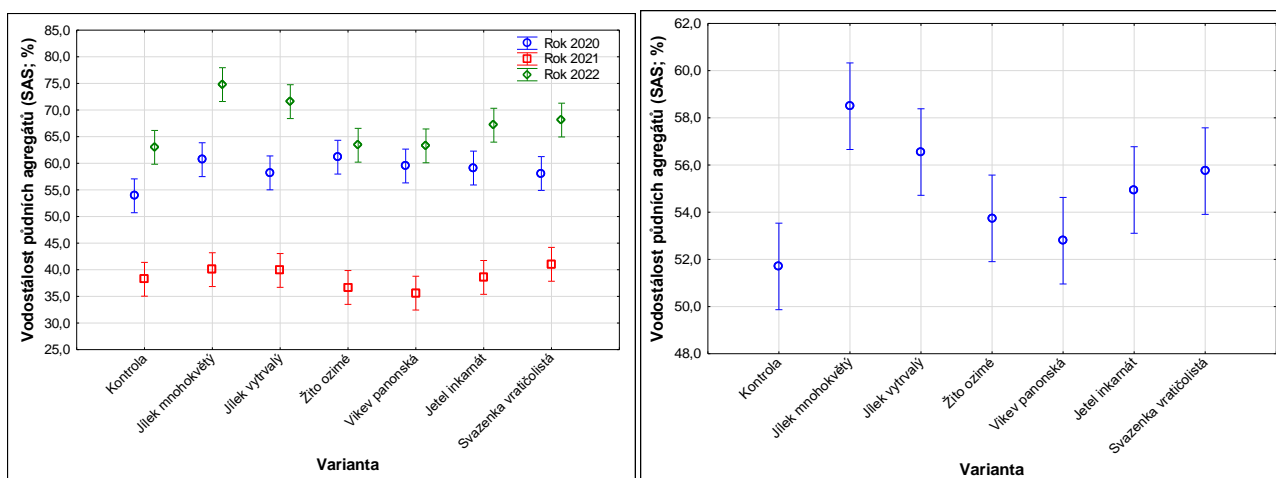
V průměru všech hodnocených variant i let byla zjištěna průměrná hodnota KS 1,71. Průměrná hodnota KS byla téměř totožná v pokusných letech 2020 a 2021 (hodnota KS 1,21 v roce 2020 a 1,22 v roce 2021). V těchto letech se hodnoty KS u variant s podsevy většinou statisticky významně nelišily od varianty kontrolní bez podsevu. V roce 2022 byla zjištěna průměrná hodnota KS 2,58. V tomto roce byly statisticky významně vyšší hodnoty KS zjištěny u jílku mnohokvětého a svazenky vratičolisté (**Obr. 24**). Ze zjištěných hodnot KS během tří pokusných let lze poukázat na významný vliv jílku mnohokvětého, vikve panonské a svazenky vratičolisté.



Obr. 24: Koefficient strukturnosti (KS; Žabčice, 2020–2022)

Hodnocení vlivu podsekových plodin na vodostátost půdních agregátů (SAS, v %)

V průměru všech hodnocených variant i let byla zjištěna průměrná hodnota SAS 54,9 %. Průměrné hodnoty se statisticky významně lišily ve všech pokusných letech, byla zjištěna hodnota SAS 58,7 % v roce 2020, 38,6 % v roce 2021 a v roce 2022 67,3 %. Lze konstatovat, že hodnoty SAS byly u variant s podsevy většinou vyšší oproti variantě kontrolní bez podsevu. V roce 2022 pak můžeme pozorovat statisticky významný vliv jílku mnohokvětého i vytrvalého (**Obr. 25**).



Obr. 25: Vodostátost půdních agregátů (SAS, v %; Žabčice, 2020–2022)

Významnou roli ve vztahu k půdní struktuře a vodostálosti půdních agregátů zaujímá také vliv ročníku, resp. průběh povětrnostních podmínek na dané lokalitě. Řada autorů ve svých pracích uvádí pozitivní vliv podsevočných plodin (intercropping) na stabilitu půdních agregátů. Pojasok a Kay (1990), Carter (1992), Kandeler a Murer (1993) zjistili, že pozitivně působí především kořeny, resp. kořenové exsudáty, přestože často nebyl průkazně ovlivněn obsah uhlíku v půdě. Vyšší vodostálost půdních agregátů potvrdili Carter a Kunelius (1993) při pěstování pšenice či ječmene s jetelem lučným. K podobným závěrům dospěli také Latif et al. (1992) při pěstování kukuřice s vojtěškou setou, jetele lučným a vikví setou.

5.2. Vliv na chemické a biologické vlastnosti půdy

U různých variant jednodruhových podsevočných plodin byl na lokalitě Žabčice hodnocen vliv na transformační a mineralizační aktivitu půdy (**Tab. 27**).

Tab. 27: Označení pokusných variant s podsevy

Varianta	Druh podsevu	Zkratka
1a	bez podsevu (kontrola) – meziřádek kukuřice	NC
1b	bez podsevu (kontrola) – řádek kukuřice	MR
2	jílek mnohokvětý	IRG
3	jílek vytrvalý	PRG
4	žito ozimé	WR
5	vikev panonská	HV
6	jetel inkarnát	CC
7	svazenka vratičolistá	FN
8	jetel plazivý	WC

U výše uvedených variant podsevů (včetně kontrolní varianty bez podsevu, kde byly vzorky půdy kromě meziřádku odebírány také v řádku kukuřice) byly na začátku září let 2020–2022 (v období sklizně kukuřice na siláž) ve třech opakováních odebrány směsné půdní vzorky (spojením 5 dílčích odběrů) z hloubky 0–0,30 m. Směsné vzorky byly přemístěny do laboratoře, homogenizovány, přesáty přes síto (≤ 2 mm) a buď uchovány v lednici (po dobu 14 dní při teplotě 4 °C) nebo lyofilizovány a uchovávány při teplotě -20 °C.

V lednici uložené vzorky byly použity ke stanovení aktivity enzymu dehydrogenasy (DHA) metodou využívající 2,3,5-triphenyltetrazolium chlorid (TTC; Doi a Ranamukhaarachchi, 2009) a ke stanovení půdní bazální respirace pomocí systému MicroResp® (The James Hutton Institute, Scotland), spektrofotometricky (na přístroji Tecan Infinite 200 PRO, Tecan Trading AG, Switzerland) pomocí chromogenního indikátoru (kresolová červeň) emisí CO₂ (ve formě agarového gelu v 96-jamkové mikrodestičce; Campbell et al., 2003).

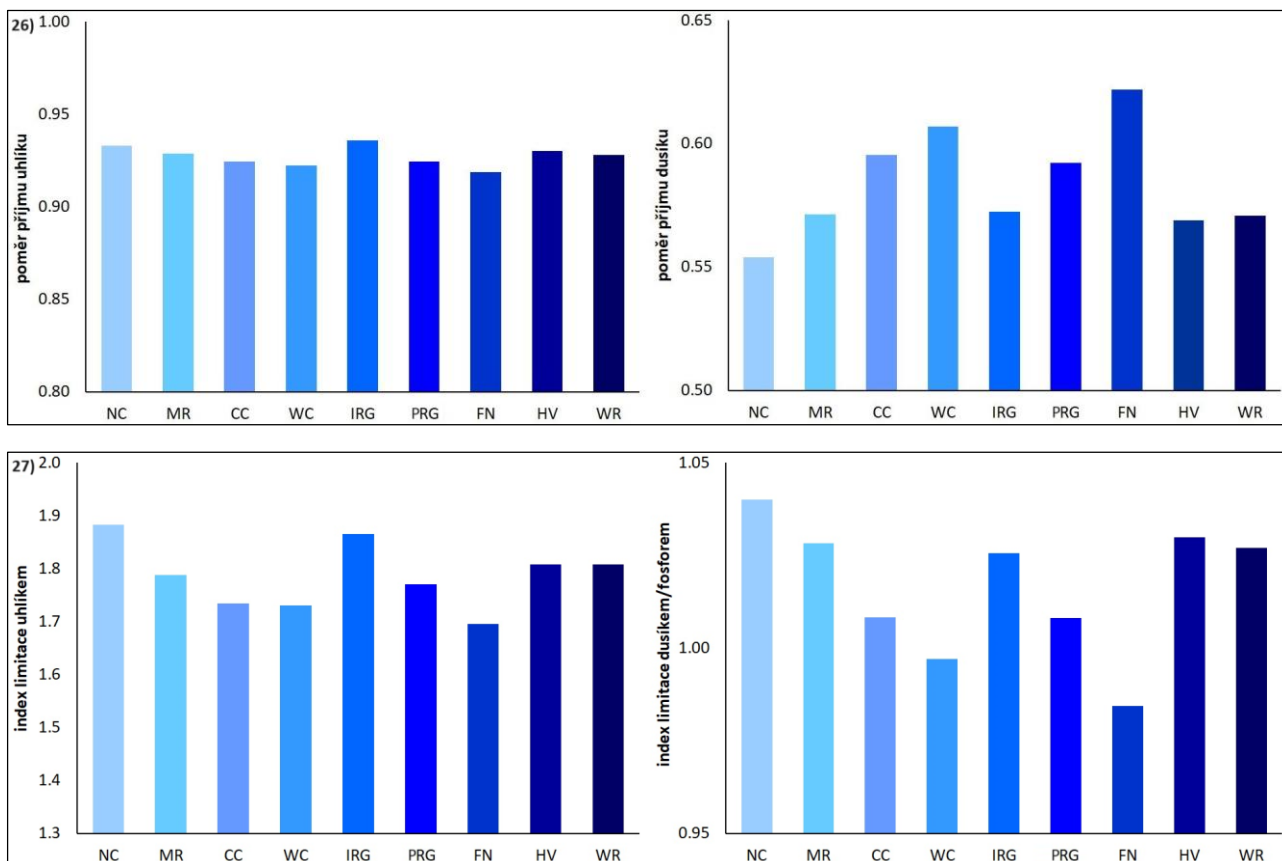
Lyofilizované půdní vzorky byly použity ke stanovení enzymových aktivit - β -glukosidasy (GLU), N-acetyl- β -D-glukosaminidasy (NAG), arylsulfatasy (ARS), fosfatasy (Phos) a ureasy (Urea) – pomocí spektrofotometrického měření užitím 4-nitrophenylových derivátů přirozených substrátů enzymů (v případě GLU, NAG, ARS, Phos) nebo močoviny (substrát pro Ure; ISO_20130, 2018). Ze zjištěných hodnot enzymů metabolismu uhlíku (C), tj. dehydrogenasa (DHA), β -glukosidasa (GLU), N-acetyl- β -D-glukosaminidasa (NAG), dusíku (N), tj. ureasa (Ure), fosforu (P), tj. fosfatasa (Phos), síry (S), tj. arylsulfatasa (ARS) byly vypočítány čtyři ukazatele (1–4):

- 1) a 2) poměry příjmu uhlíku nebo dusíku, jejichž hodnota je přímo úměrná míře příjmu C nebo N mikroorganismy a rostlinami v půdě,
- 3) a 4) indexy limitace uhlíkem nebo dusíkem/fosforem, jejichž hodnota je přímo úměrná míře limitace metabolismu mikroorganismů a rostlin uhlíkem nebo dusíkem (a u indexu limitace N/P nepřímo úměrná míře limitace fosforem).

Kalkulace ukazatelů podle Moorhead et al. (2016) a Cui et al. (2022) byly provedeny podle následujících rovnic:

1) poměr příjmu C = $\ln(\text{DHA} + \text{GLU}) / \ln(\text{DHA} + \text{GLU} + \text{NAG} + \text{Ure})$
2) poměr příjmu N = $\ln(\text{NAG} + \text{Ure}) / \ln(\text{NAG} + \text{Ure} + \text{Phos})$
3) index limitace C = $\sqrt{\left(\frac{\ln(\text{DHA} + \text{GLU})}{\ln(\text{Phos})}\right)^2 + \left(\frac{\ln(\text{DHA} + \text{GLU})}{\ln(\text{NAG} + \text{Ure})}\right)^2}$
4) index limitace N/P = $\text{ARCTG}2 \frac{\ln(\text{DHA} + \text{GLU})}{\ln(\text{Phos})}; \frac{\ln(\text{DHA} + \text{GLU})}{\ln(\text{NAG} + \text{Ure})}$

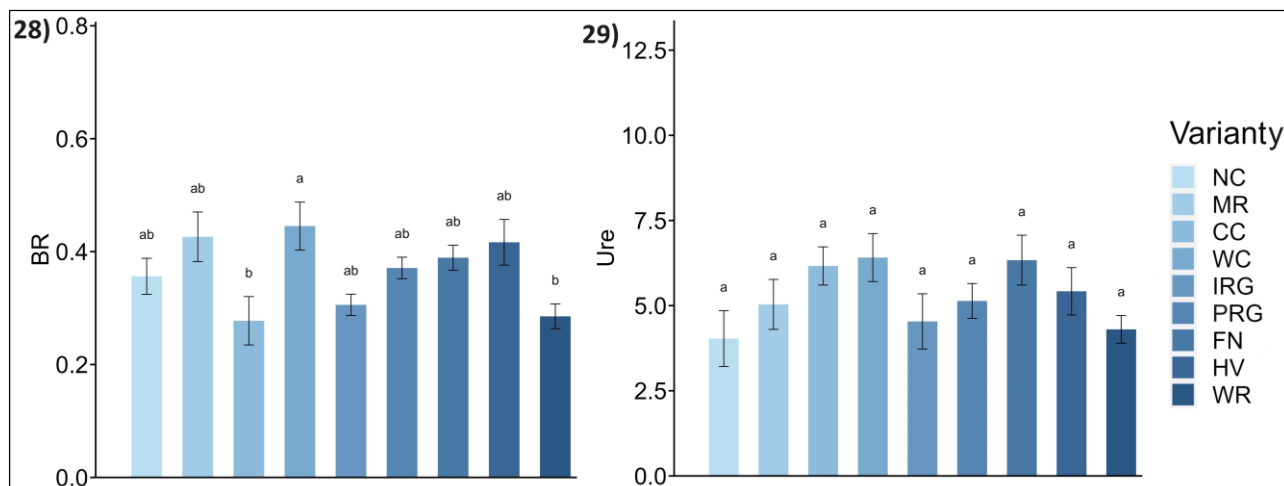
Hodnoty ukázaly, že příjem uhlíku půdní mikroflórou tzn. procesy degradace půdní organické hmoty (SOM) byly v porovnání s variantou NC sníženy zejména u variant CC (jetel inkarnát), WC (jetel plazivý), PRG (jílek vytrvalý), FN (svazanka vratičolistá) a nezměněny či zvýšeny u IRG (jílek mnohokvětý), HV (vikev panonská), WR (ozimé žito; **Obr. 26**), přičemž tyto varianty měly nejvyšší hodnoty indexu limitace uhlíkem, srovnatelné s kontrolní variantou bez podsevu (varianta NC). Z toho plyne, že právě u těchto variant byl zvýšený nárok půdního mikrobiomu na dostupný uhlík. Tyto procesy pravděpodobně působily proti sekvestraci organického uhlíku. Naproti tomu u variant s podsevem jetelovin (j. inkarnát, j. plazivý), jílkou vytrvalého a svazenky vratičolisté byla zjevná tendence k sekvestraci uhlíku, spojená naopak se zvýšeným příjmem dusíku u těchto variant, což odpovídá vyšším hodnotám poměru příjmu N a nižšími indexy limitaci dusíkem (**Obr. 27**).



Obr. 26 a 27: Příklad (26) uhlíku a dusíku, (27) limitace uhlíkem a dusíkem/fosforem u variant s podsevoými plodinami

Pozn.: Použité numerické indikátory přímo úměrně odpovídají příjmu C a N půdními organismy (obr. 26), přímo úměrně limitaci P a nepřímo úměrně limitaci N (obr. 27).

U variant s podsevoými plodinami, jejichž biomasa je zdrojem externí organické hmoty (= EOM, indikovaný vyšším poměrem příjmu uhlíku) a také díky kořenovým exsudátům dochází pravděpodobně k nárůstu půdní biomasy mikroorganismy. Vyšší mikrobiální aktivita v půdě podmínila zvýšenou mineralizaci C (indikovanou vyšší bazální respirací v podsevech vyjma CC (j. inkarnát) a IRG (jílek mnohokvětý; **Obr. 28**) i zvýšenou nitrifikací zdrojů dusíku z EOM (indikovanou zvýšenou průměrnou aktivitou ureázy v podsevech, **Obr. 29**). V konečném důsledku tyto změny mohly vést k urychlené mineralizaci dusíku (na rostlinám dostupnou formu), která byla nejvýraznější v podsevech jetelovin (j. inkarnát, j. plazivý) a svazenky vratičolisté (to bylo odvozeno z hodnot poměru příjmu N, **Obr. 27**). Předpoklad, že vyšší příjem dusíku podporovaly podsevové plodiny, je v souladu s výsledky jiných autorů, kteří uvádějí pozitivní vliv leguminóz na rychlost mineralizace dusíku v půdě (Breland, 1996; Helander, 2004; Kankanen a Eriksson, 2007), zatímco v půdě s podsevy plodin ze skupiny trav byl popsán nižší obsah minerálního dusíku (Kankanen a Eriksson, 2007).



Obr. 28 a 29: Bazální respirace (28), aktivita ureasy (29) u variant s podsevovými plodinami

Pozn.: Průměr ($n = 3$) \pm střední chyba průměru (chybové úsečky); bazální respirace (BR, $\mu\text{g CO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) a ureasa (Ure, $\text{nmol NH}_3\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $p \leq 0.05$.

5.3. Hodnocení protierozní účinnosti

Protierozní účinnost technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami byla testována pomocí polního simulátoru deště VÚMOP, v.v.i. (Obr. 30). Toto specifické zařízení umožňuje precizní aplikaci deště s kontrolovatelnými charakteristikami, jako je velikost kapek, přesná intenzita a délka trvání srážky. Polní simulátor deště se primárně využívá pro měření ztrát půdy vodní erozí a množství povrchového odtoku. Může být také využit pro stanovení ztrát živin, organické hmoty či přípravků na ochranu rostlin. Detailní popis simulátoru deště včetně podrobné specifikace postupu měření projevů eroze je uveden v řadě publikací, např. Janeček et al. (2013) nebo Kincl et al. (2020).



Obr. 30: Polní simulátor deště VÚMOP, v. v. i. ukázka průběhu měření na pokusných plochách

Princip měření simulátorem deště

Ověřování protierozní účinnosti u jednotlivých variant probíhá na pokusných parcelách, které jsou voleny bezprostředně vedle sebe tak, aby byly zajištěny jednotné a standardizované podmínky na všech pokusných variantách (sklonitost, vlhkostní a pedologické poměry). Účinnost ověřovaných technologií je vždy porovnávána s kontrolními variantami, obvykle zakládání porostu konvenčním způsobem (orba s následnou předseťovou přípravou, ale bez plečkování) a černým úhorem (plocha udržovaná bez vegetace, pravidelně kypřená). V této části jsou zpracovány výsledky z vybraných variant maloparcelních polních pokusů založených na lokalitě Jevíčko v letech 2020-2023 (výsledky produkce biomasy podsevů a výnosy kukuřice jsou uvedeny v kap. 3.2. a 4.2.). Každá z ověřovaných skupin podseвовých plodin měla své dominantní zástupce, u nichž byly provedeny měření opakovaně z důvodu dosažení relevantních výsledků.

Jedná se o:

- trávy – jílek mnohokvětý,
- obilniny – žito ozimé (alternativa pšenice ozimá),
- jeteloviny – jetel inkarnát,
- směsi podseвовých plodin (směsi podplodin) – jílek mnohokvětý a jetel inkarnát (případně v kombinaci s vikví panonskou).

Princip měření pomocí polního simulátoru deště spočívá v rozstříku vody na přesně definovanou ohraničenou plochu 21 m², kdy se zaznamenává průběh a množství povrchového odtoku. Zároveň se v pravidelném intervalu (3 minuty) odebírají vzorky odtékající vody, ze kterých se následně laboratorně stanovuje obsah nerozpuštěných látek. Tyto hodnoty se po zpracování doplňují do softwaru simulátoru, který ze zaznamenaného průběhu odtoku simulace vypočte celkovou ztrátu půdy vodní erozí.

Schéma ověřování je pro každou variantu (pokusnou parcelu) totožné, kdy první zadeštění probíhá po dobu 30 minut. Následuje technologická pauza, z důvodu sjednocení vlhkostních poměrů. Poté se provede druhá simulace na již vlhkou půdu, jejíž režim trvá poloviční dobu, tj. 15 minut. Intenzita simulované srážky byla volena na základě doporučení ČHMÚ, založeného na průměrné intenzitě přívalové srážky v ČR. Za tuto intenzitu je považována hodnota 60 mm.hod⁻¹. Jednotlivé termíny měření protierozní účinnosti jednotlivých variant půdoochranných technologií vycházejí z pěstebních období daných pro stanovení faktoru ochranného vlivu vegetačního pokryvu (Janeček et al., 2012):

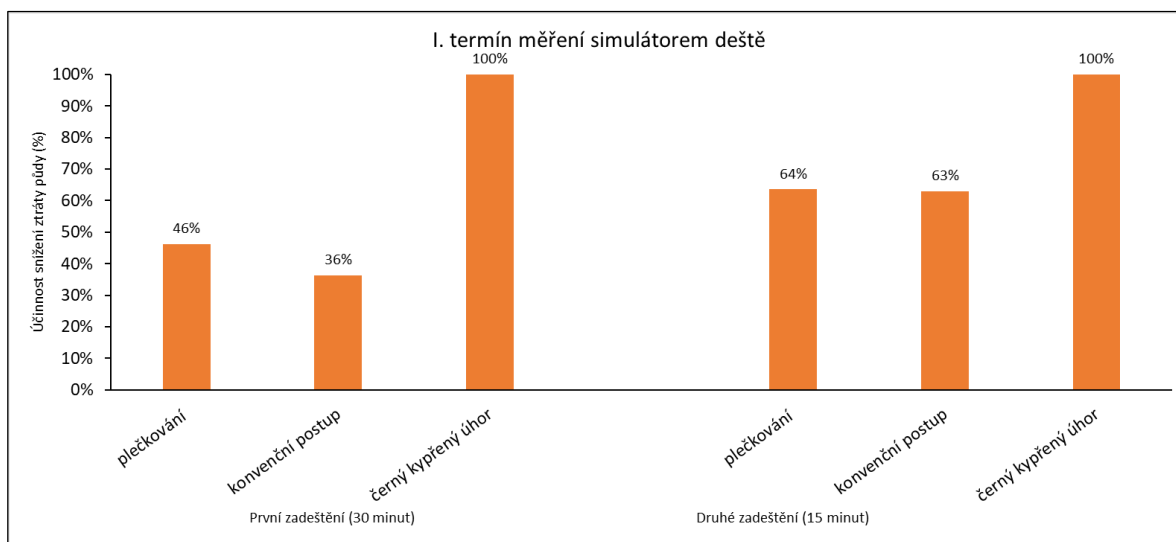
- první termín zadeštění – v období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí,
- druhý termín zadeštění – v období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí,
- třetí termín zadeštění – v období od konce druhého termínu zadeštění do sklizně.

Výsledky protierozní účinnosti v jednotlivých termínech zadeštění (simulace)

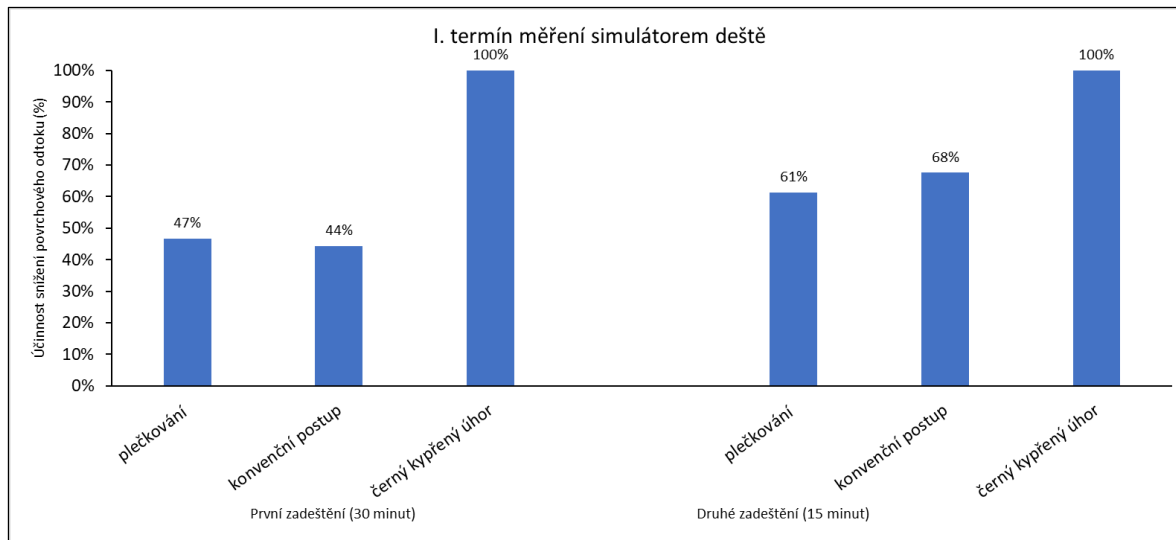
I. termín simulace

V prvním termínu simulace (přibližně měsíc po zasetí kukuřice), nebyl pozorován výrazný protierozní efekt podsevové plodiny. Jak podsevové plodiny, tak i kukuřice se nacházely ve fázi počátečního růstu, přičemž pokravnost povrchu půdy dosahovala pouze několika procent. Výsledky ukazují, že při použití metody plečkování došlo po první 30-minutové simulaci k vážnějším projevům eroze než při konvenčním postupu bez plečkování (**Obr. 31 a 32**). Tento jev je způsoben tím, že plečkování významně narušuje kontinuitu makropórů v povrchové vrstvě půdy mezi řádky kukuřice (kypření s následným přitlačením osetého pásu pomocí pryžových válců), což působí zvýšenou náchylnost půdy k erozi v důsledku povrchového odtoku. Při druhé 15-minutové simulaci se tento efekt stává méně výrazným, kdy výsledné hodnoty ztráty půdy jsou více vyrovnané. Nicméně statistická analýza neprokázala průkazné rozdíly mezi oběma hodnocenými variantami (ztráta půdy: *p-hodnota* 0,07; povrchový odtok: *p-hodnota* 0,12).

V květnovém období je pravděpodobnost výskytu přívalových srážek pouze kolem 11 % (Janeček et al., 2012). Přesto by neměla být podceňována protierozní ochrana půdy v tomto období, neboť v případě erozně významných srážek jsou zaznamenávány značné škody. Proto doporučujeme, aby i při použití technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami byla dodržována minimální pokravnost rostlinnými zbytky, jak je definováno v obecné půdochranné technologii podle DZES (Dobrý zemědělský a environmentální stav).



Obr. 31: Množství erodované půdy naměřené polním simulátorem deště v I. termínu simulace



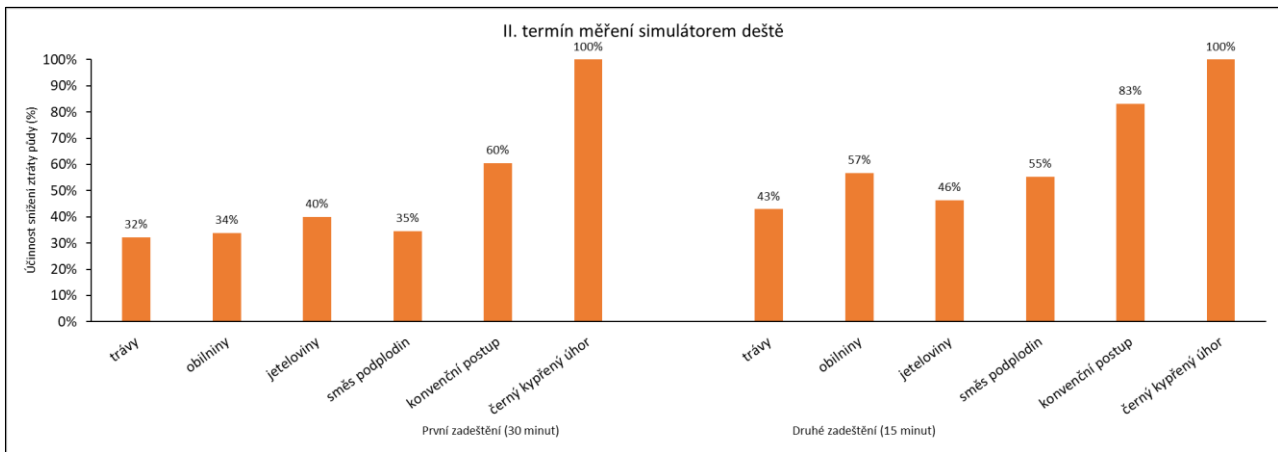
Obr. 32: Množství povrchového odtoku během I. termínu simulace deště

II. termín simulace

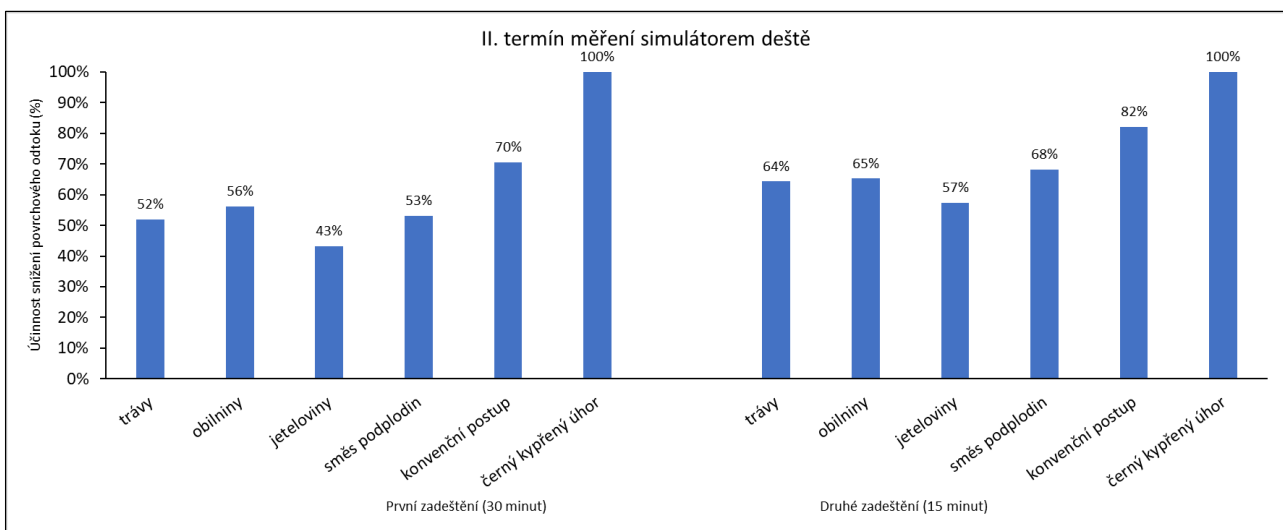
S nárůstem biomasy podsevů se zvyšuje jejich efektivita v ochraně proti erozi. Tento vliv je způsoben několika vlastnostmi podsevů. Vyšší pokrývnost půdy chrání povrch půdy před dopadem dešťových kapek, které by jinak přímo rozrušovaly půdní agregáty. V meziřádku kukuřice omezují povrchový odtok a kořenový systém podsevočných plodin má tendenci rozrušovat utužení půdy, což zvyšuje její schopnost infiltrovat srážkovou vodu. Jak ukazují výsledky první i druhé simulace (**Obr. 33**), podsevočné plodiny snižují ztrátu půdy v rozmezí 40–50 % ve srovnání s konvenčním postupem. U povrchového odtoku je snížen objem odtékající vody zhruba o 20–25 % (**Obr. 34**). Tyto hodnoty je důležité dát do souvislosti s časovým aspektem, kdy v červnu začíná období nejčastějšího výskytu přívalových srážek a ochrana půdy při pěstování kukuřice má proto zásadní význam.

Výsledky ztráty půdy potvrzují důležitost využití podsevočných plodin při pěstování kukuřice. Ty mají průkazný vliv na redukci ztráty půdy. Pro obilniny byla vypočtena *p-hodnota* 0,028, pro jeteloviny 0,064, pro směsi podsevočných plodin 0,032 a pro trávy 0,004. S výjimkou jetelovin bylo snížení ztráty půdy v porovnání s konvenčním postupem pro všechny typy plodin statisticky významné.

V případě povrchového odtoku byly výsledky jednoznačné. Pro obilniny byla vypočtená *p-hodnota* 0,005, pro jeteloviny 0,001, pro směsi podsevočných plodin 0,002 a pro trávy 0,009. Výsledné hodnoty jsou významně nižší než $\alpha = 0,01$, což dokazuje vysoce průkazný efekt snížení povrchového odtoku u všech variant podsevočných plodin ve srovnání s konvenčním postupem.



Obr. 33: Množství smyté půdy naměřené polním simulátorem deště ve II. termínu simulace



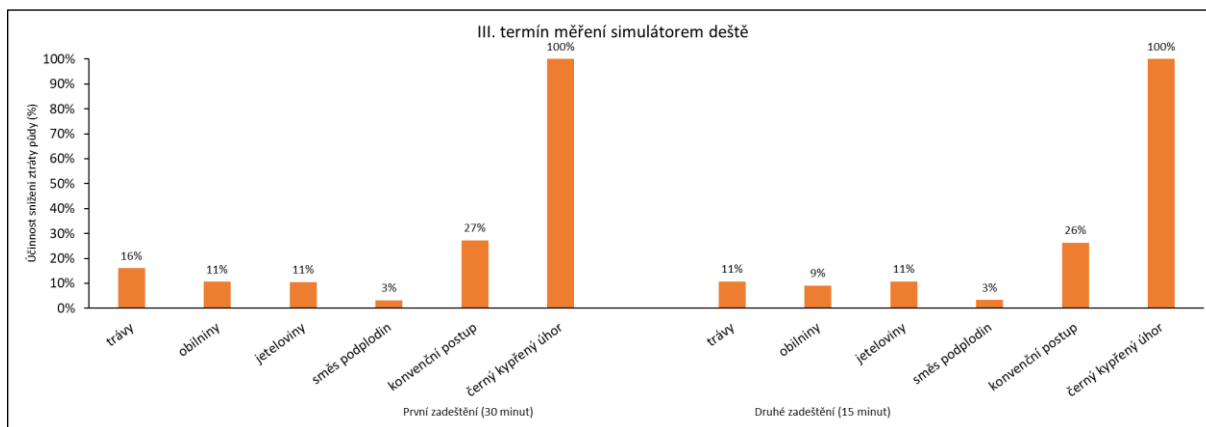
Obr. 34: Množství povrchového odtoku během II. termínu simulace deště

III. termín simulace

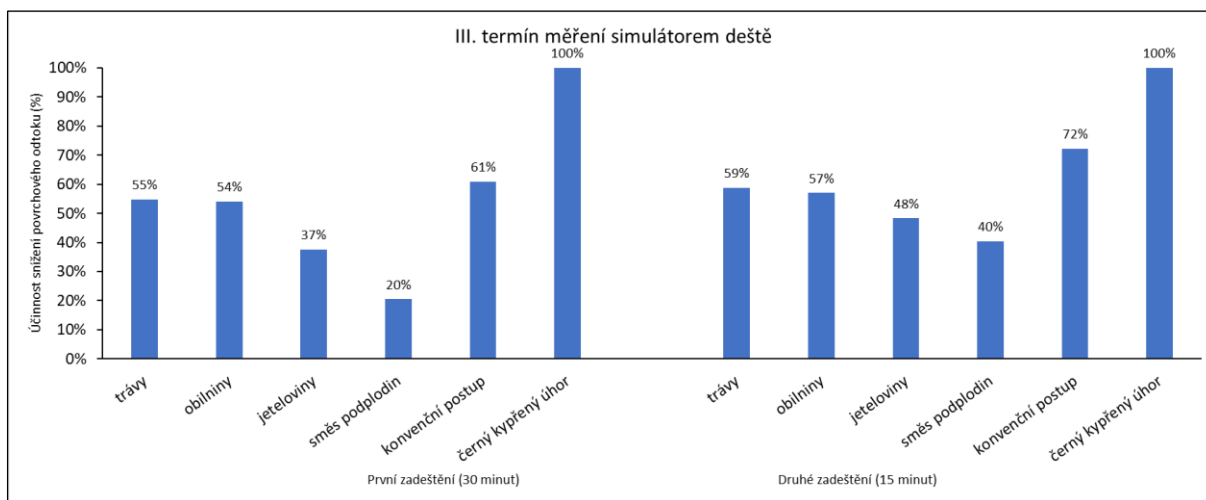
Třetí termín simulace spadá do období před sklizní. Kukuřice je již plně vzrostlá, ale některé druhy podsevů začínají postupně odumírat (zejména obilniny). I v tomto období pozorujeme výrazný protierozní efekt u technologie pěstování kukuřice s podsevy. Ačkoli ztráta půdy klesá i u konvenčního postupu (což je dáno hlavně růstem a pokryvností samotné kukuřice), použití podsevů snižuje ztrátu půdy minimálně o 60 % (**Obr. 35**). V případě povrchového odtoku (**Obr. 36**), je rozdíl rovněž významný, s průměrným omezením odtoku o 30 %. Působení podsevových plodin při omezení eroze, i přes postupné odumírání porostů podsevů, je obdobné jako u druhého termínu simulace.

Statistická analýza výsledků ztráty půdy potvrdila význam použití technologie pěstování kukuřice s podsevy. Pro obilniny byla vypočtena *p-hodnota* 0,027, pro jeteloviny 0,019, pro směsi podsevových plodin 0,005 a pro trávy 0,002. To znamená, že u všech variant podsevových plodin bylo dosaženo statisticky významného snížení ztráty půdy ve srovnání s konvenčním postupem.

V případě povrchového odtoku jsou výsledky rovněž průkazné, s výjimkou jednoho případu. Pro obilniny byla vypočtena *p-hodnota* 0,108, pro jeteloviny 0,003, pro směsi podsekových plodin 0,001 a pro trávy 0,001. S výjimkou obilnin jsou výsledky průkazné na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ při srovnání s konvenčním postupem. Domníváme se, že nepříznivý vliv obilnin na množství povrchového odtoku je dán především jejich postupným odumíráním biomasy podsekových plodin v důsledku nedostatku světla uvnitř porostu kukuřice.



Obr. 35: Množství smyté půdy naměřené polním simulátorem deště ve III. termínu simulace



Obr. 36: Množství povrchového odtoku během III. termínu simulace deště

Výsledky technologie pěstování kukuřice s podsekovými plodinami ukázaly příznivý vliv na omezení vodní eroze. Zvláště ve druhém a třetím období simulací bylo zaznamenáno významné snížení ztráty půdy a množství povrchového odtoku ve srovnání s konvenčním způsobem pěstování. V prvním období sice může plečkování s výsevem podsekové plodiny mírně zvýšit ztrátu půdy, ale v případě, že v tomto období bude na pozemku zachována minimální pokrývnost rostlinnými zbytky, podobně jako u obecné půdoochranné technologie, bude mít pěstování kukuřice s podsevem podobný protierozní účinek. Příznivý vliv technologie z hlediska omezení vodní eroze popisují i další autoři. Wall et al. (1991) zjistili, že při pěstování kukuřice s podsevem jetele lučního v porovnání s variantou bez podsevu byl povrchový odtok snížen v rozmezí 45–87 % a ztráta půdy mezi 46–78 %. Dále Lima et al. (2014) uvádějí, že u kukuřice pěstované s podsevem fazolu byla ztráta půdy 1,14 t·ha⁻¹, zatímco

u varianty bez podsevu $1,86 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což odpovídá snížení ztráty půdy o 39 %. Příznivé výsledky protierozní účinnosti této technologie byly zaznamenány i v podmínkách České republiky. V publikaci Voda v krajině (MZe ČR, 1995) technologii podsevů v kukuřici rovněž najdeme. Jednalo se o pěstování kukuřice s ozimým žitem, přičemž žito bylo vyséváno do každého druhého meziřádku. Přestože konkrétní hodnota ztráty půdy nebo povrchového odtoku není uvedena, autoři protierozní účinek klasifikovali jako dostačující. Výsledky uváděné v této metodice se tedy shodují s tím, co publikovali ostatní zahraniční i naši autoři.

Hlavním cílem výzkumu bylo nalézt protierozně účinnou technologii, která by mohla sloužit jako alternativa k současným půdoochranným technologiím, kdy je kukuřice zakládána do mulče z meziplovin. Jejich nevýhodou je, že jsou často založeny na nutnosti aplikace glyfosátu k ukončení vegetace meziplovin v případě, že nevymrznou v průběhu zimy. I když dosažený protierozní efekt technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami je mírně nižší než u technologií pěstování kukuřice pomocí strip-till či no-till do mulče meziplovin, jedná se také o protierozně účinnou variantu. Ta přináší environmentální výhodu, kdy je snížena spotřeba herbicidu o 42 % v porovnání se standardní technologií a zároveň ji zemědělec může využít jako protierozní technologii na erozně ohrožených pozemcích, pokud se chce vyhnout použití glyfosátu.

5.4. SOUHRN

- Podseвовé plodiny působí pozitivně na půdní strukturu a vodostálost půdních agregátů, statisticky průkazný vliv byl zjištěn pouze v některých letech. Vyšší hodnoty koeficientu strukturnosti v porovnání s kontrolní variantou byly zjištěny u jílku mnohokvětého, vikve panonské a svazenky vratičolisté. V roce 2022 byl zjištěn statisticky významný vliv jílku mnohokvětého i vytrvalého.
- Byl prokázán pozitivní vliv podsevů v kukuřici na půdní biologické vlastnosti (pH, půdní respiraci, vybrané enzymatické aktivity) a s tím související zlepšení procesu mineralizace živin. Největší podpory funkční diverzity půdního mikrobiomu bylo dosaženo s využitím podsevu žita ozimého s jetelem inkarnátem a vikví panonskou.
- U variant s podsevovými plodinami dochází pravděpodobně ke zvýšení mikrobiální aktivity půdy. U některých variant s podsevovými plodinami došlo ke zvýšené mineralizaci uhlíku a také nitrifikaci zdrojů dusíku z organické hmoty. V konečném důsledku tyto změny mohly vést k urychlené mineralizaci dusíku (na rostlinám dostupnou formu), která byla většinou nejvýraznější v podsevech s jetelovinami (jetel inkarnát, jetel plazivý) a svazenkou vratičolistou.
- Výsledky technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami ukázaly příznivý vliv na omezení vodní eroze. Zvláště ve druhém a třetím období simulací bylo zaznamenáno významné snížení ztráty půdy (o 40–60 %) a množství povrchového odtoku (o 20–30 %) ve srovnání s konvenčním způsobem pěstování kukuřice.
- Do doby zapojení porostů podsevových plodin (cca do 4–6 týdnů po výsevu) může plečkování s výsevem podsevové plodiny mírně zvýšit ztrátu půdy, ale v případě, že v tomto období bude na pozemku zachována minimální pokrývnost rostlinnými zbytky, podobně jako u obecné půdoochranné technologie, bude mít pěstování kukuřice s podsevem podobný protierozní účinek.
- Protierozní efekt podsevů se zvyšuje s nárůstem jejich biomasy. Z tohoto důvodu se osvědčily varianty, u nichž byla zjištěna vyšší produkce biomasy. Z obilnin lze doporučit ozimou pšenici a ozimé žito, z trav především jílek mnohokvětý a z jetelovin jetel inkarnát. Účinné byly také směsi tvořené těmito druhy.
- Významný půdoochranný efekt byl zjištěn u raného výsevu (cca 2 týdny po zasetí kukuřice) jílku mnohokvětého, který významně omezoval ztráty půdy a povrchový odtok již v prvním termínu měření.

6. Ekonomické vyhodnocení

V **Tab. 28** a **29** jsou uvedeny pěstební technologie kukuřice (standardní a s využitím podsekových plodin), které byly využívány na Polní pokusné stanici v Žabčicích. Modelově bylo ekonomické vyhodnocení provedeno u silážní kukuřice.

Tab. 28: Pěstební technologie kukuřice (s využitím podsekových plodin)

Datum	Operace	Cena (Kč.ha ⁻¹)	Materiál	Dávka.ha ⁻¹	Cena (Kč.ha ⁻¹)	
VIII	podmítka	750				
X-XI	hnojení P, K	360	SUPERFOSFÁT TROJITÝ 45%	90 kg P ₂ O ₅	3200	
			DRASELNÁ SŮL 60%	120 kg K ₂ O	3820	
X-XI	chlévkový hnůj, vč. nakládky	2600	CHLÉVSKÝ HNŮJ	25 t	6250	
	orba 0,25 m	1955				
III-IV	předsetová příprava půdy	495				
1/IV	hnojení N	275	MOČOVINA 46,5 % N	100 kg N	2935	
1/IV	předsetová příprava půdy	495				
1-2/IV	setí kukuřice	895	Walterinio KWS	80 000 jed.	6311	
2-3/V	plečkování (setí podsevů)	1000				
	herbucid		LAUDIS + ASPECT PRO	0,87 l + 0,87 l	1722	
	hnojení N		DAM 390	40 kg N	1067	
1/VII	insekticid	290	STEWARD	0,125 kg	1105	
3/VIII	sklizeň	2364				
3/VIII	odvoz	1700				
Celkem za operace (Kč.ha ⁻¹)		13179	Celkem za materiál (Kč.ha ⁻¹)		26410	
					Celkem (Kč.ha ⁻¹)	39589

Tab. 29: Pěstební technologie kukuřice (standardní)

Datum	Operace	Cena (Kč.ha ⁻¹)	Materiál	Dávka.ha ⁻¹	Cena (Kč.ha ⁻¹)	
VIII	podmítka	750				
X-XI	hnojení P, K	360	SUPERFOSFÁT TROJITÝ 45%	90 kg P ₂ O ₅	3200	
			DRASELNÁ SŮL 60%	120 kg K ₂ O	3820	
X-XI	chlévkový hnůj, vč. nakládky	2600	CHLÉVSKÝ HNŮJ	25 t	6250	
	orba 0,25 m	1955				
III-IV	předsetová příprava půdy	495				
1/IV	hnojení N	275	MOČOVINA 46,5 % N	140 kg	4109	
1/IV	předsetová příprava půdy	495				
1-2/IV	setí kukuřice	895	Walterinio KWS	80 000 jed.	6311	
V	herbucid	290	LAUDIS + ASPECT PRO	1,5 l + 1,5 l	2970	
1/VII	insekticid	290	STEWARD	0,125 kg	1105	
3/VIII	sklizeň	2364				
3/VIII	odvoz	1700				
Celkem za operace (Kč.ha ⁻¹)		12469	Celkem za materiál (Kč.ha ⁻¹)		27765	
					Celkem (Kč.ha ⁻¹)	40234

V **Tab. 28** a **29** je výčet pracovních operací a soupis materiálů (vstupů), včetně cen (jsou uvedeny ceny bez DPH). Ceny pracovních operací byly získány z **Normativů pro zemědělskou a potravinářskou výrobu** (Kavka et. al., 2015). Ceny vstupů byly použity z dostupných ceníků hnojiv a pesticidů z roku 2023. U technologie s využitím s využitím podsevových plodin je zakalkulována pracovní operace provedená multifunkčním strojem (popis je v kap. 2.1.) zahrnující plečkování, pásovou aplikaci herbicidu, přihnojení dusíkem ($40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) a setí podsevů (ale bez započtení ceny za osivo). Náklady na tuto operaci jsme odhadli na $1000 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$. U standardní technologie tato operace není zahrnuta, naopak je navýšena dávka dusíku aplikovaná v močovíně (v obou technologiích je celková dávka dusíku stejná ve výši 140 kg v minerálních hnojivech). Dále je započtena celoplošná aplikace herbicidu LAUDIS + ASPECT PRO v ceně 2870 Kč . U technologie s podsevy bylo při pásové aplikaci ošetřeno 58% plochy pozemku, což odpovídá nákladům $1722 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ (a úspoře $1248 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$). Celkové náklady na obě technologie byly srovnatelné ($40234 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ u standardní a $39589 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ u technologie s využitím podsevových plodin).

Tab. 30: Výpočet nákladů, tržeb a příspěvku na úhradu (PNU; jsou uvedeny ceny bez DPH)

Varianta	Podsev	Výsevek	Osivo podsevů	Náklady	Výnos silážní hmoty (při 33% suš.)	Tržby (při ceně $950 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$)	PNU
		$\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (42 % plochy)	$\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ (42 % plochy)	$\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$
1	bez podsevu	x	x	39588	59,88	56883	17295
2	jílek mnohokvětý	12,6	554	40142	56,29	53474	13331
3	jílek vytrvalý 4n	12,6	781	40369	59,73	56748	16379
4	žito ozimé	63,0	882	40470	55,84	53044	12574
6	jetel inkarnát	10,5	609	40197	57,93	55037	14840
7	svazenka vratičolistá	5,0	750	40338	56,40	53582	13244
9	jetel alexandrijský	8,4	722	40310	58,54	55615	15304
10	jílek mnohokvětý	6,3	851	40439	57,70	54812	14374
	vikev panonská	14,7					
11	jílek mnohokvětý	6,3	567	40155	57,27	54406	14251
	jetel inkarnát	5,0					
12	jetel inkarnát	5,0	863	40451	59,16	56200	15749
	vikev panonská	14,7					
13	jílek mnohokvětý	4,2	792	40380	57,23	54372	13992
	vikev panonská	10,5					
	jetel inkarnát	3,4					
15	žito ozimé	16,8	750	40338	57,22	54357	14019
	vikev panonská	8,4					
	jetel inkarnát	3,4					
16	jílek vytrvalý 4n	5,0	671	40259	57,58	54702	14442
	jetel alexandrijský	4,2					

V **Tab. 30** je provedena kalkulace nákladů na osivo podsevových plodin (průměr cen v letech 2020–2023). Jsou uvedeny ty varianty, u nichž bylo možné ve všech letech sklídit biomasu, a u těch pak byla vždy provedena sklizeň silážní hmoty. Chybí varianty 5, 8 a 14. Cena osiva podsevů se pohybovala od $554 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ (jílek mnohokvětý) do $863 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$ na ha (směs jetele inkarnátu a vikve

panonské). O tyto náklady se navýšily celkové náklady na pěstební technologii s využitím podsevů, což bylo zanedbatelné (nárůst o 1,4–2,2 %).

V **Tab. 30** jsou dále vypočteny tržby na základě výnosů silážní hmoty (průměr z let 2020–2023 z maloparcelních pokusů) a ceny za tunu silážní hmoty, kterou jsme stanovili na 950 Kč.t⁻¹. Z rozdílu mezi tržbami a náklady (přímé) byl vypočten příspěvek na úhradu (PNU), který je jedním z ekonomických ukazatelů. U varianty bez podsevu byl PNU nejvyšší (17295 Kč), u všech variant s podsevy byl PNU nižší. Nejmenší rozdíl byl u jílku vytrvalého (nižší PNU o 916 Kč v porovnání s variantou bez podsevu), naopak největší rozdíl u žita ozimého (nižší PNU o 4721 Kč). U variantem s žitem ozimým by bylo možné uvažovat o využití farmářského osiva, což by snížilo náklady na osivo. V průměru všech variant podsevových plodin pak došlo ke snížení PNU o 2920 Kč, což odpovídá poklesu o 7,4 % v porovnání s variantou bez podsevu.

Přínos technologie s podsevovými plodinami v porovnání se standardní technologií spočívá v úspoře nákladů na herbicidní ochranu proti plevelům. V **Tab. 31** jsou příklady herbicidních ošetření pro postemergentní termín (ve fázi 3–6 listů kukuřice), tedy v době, kdy je vhodné provést výsev podsevových plodin.

Tab. 31: Kalkulace nákladů na vybrané herbicidy (výpočet úspory nákladů u pásové aplikace)

Herbicid	Cena	Dávka	Náklady při 100 % dávky	Náklady při dávce 58 %	Úspora nákladů na herbicid
	Kč.l ⁻¹	l.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹	Kč.ha ⁻¹
LAUDIS	1165	1,5	1748	1014	734
ASPECT PRO	815	1,5	1223	709	514
LAUDIS + ASPECT PRO	x	x	2971	1723	1248
CAPRENO	8450	0,25	2113	1226	887
ASPECT PRO	815	1,0	815	473	342
MERO 33528	197	2,0	394	229	165
CAPRENO + ASPECT PRO + MERO 33528	x	x	3322	1928	1394
MAISTER POWER	1655	1,5	2483	1440	1043
MERO 33528	197	2,0	394	229	165
MAISTER POWER + MERO 33528	x	x	2877	1669	1208
MAISTER POWER	1655	1,0	1655	960	695
ASPECT PRO	815	1,0	815	473	342
MAISTER POWER + ASPECT PRO	x	x	2470	1433	1037
NICOGAN	1033	1,0	1033	599	434
SULCOTREK	884	2,0	1768	1025	743
NICOGAN + SULCOTREK	x	x	2801	1624	1177
LUMAX	739	2,5	1848	1072	776
MILAGRO	1076	1,0	1076	624	452
LUMAX + MILAGRO	x	x	2924	1696	1228

Kombinace výše uvedených herbicidů odpovídají širšímu druhovému spektru dvouděložných plevelů, ale i ježatky kuří nohy a dalších teplomilných trav, které je typické v porostech kukuřice. Z nákladů na herbicidy je patrné, že pásovou aplikací herbicidu lze uspořít cca 1037–1394 Kč.ha⁻¹. Výhodou je, že můžeme zvolit jakýkoliv herbicid, v závislosti na výskytu plevelů a jejich růstových fází, podle aktuální platné registrace v Registru přípravků na ochranu rostlin (<https://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>). Pokud využijeme technologii s vhodnými druhy podsekových plodin (především jílek mnohokvětý či směsi jílku s jetelem inkarnát, případně žito ozimé či svazanka vratičolistá) je předpoklad, že vzcházející plevele budou těmito druhy potlačeny díky jejich rychlému růstu a dostatečné produkci biomasy. Jelikož náklady na osivo podsevu představují cca 600–900 Kč.ha⁻¹, jedná se o přínos ekonomický. Je však třeba zmínit i přínos ekologický, kdy tím, že je pouze část plochy ošetřena herbicidem, snižujeme negativní dopady herbicidů na půdu a životní prostředí. Samozřejmě nejnižší náklady při pásové aplikaci herbicidu jsou u varianty bez podsevu, nicméně zde často dochází ke vzcházení plevelů po provedeném plečkování, které potom mohou konkurovat kukuřici. Z toho důvodu je zapotřebí zvolit vhodný druh podsevu, který svou pokrývností dokáže plevelům konkurovat. Nelze opomenout také protierozní efekt podsevu a jejich pozitivní vliv na vybrané vlastnosti půdy.

7. Praktická doporučení a závěry

Pěstební technologie kukuřice s využitím podsekových plodin umožňuje pěstování kukuřice v různých půdně-klimatických podmínkách. V průběhu pětiletého výzkumu byly získány poznatky o různých druzích podsekových plodin, které byly zakládány s využitím multifunkčního stroje neseného na malotraktoru umožňující v jedné pracovní operaci (při jednom přejezdu po pozemku) provedení čtyř agrotechnických zásahů:

- 1) plečkování v prostoru mezi řádky,
- 2) výsev podsekových plodin,
- 3) přihnojení dusíkem (DAM 390 v dávce 40 kg N.ha⁻¹),
- 4) pásová aplikace herbicidu nad řádky kukuřice.

Tento koncept umožňuje cílenou pásovou aplikaci herbicidu pouze v řádku kukuřice (58 % plochy) díky vybavení protiúletovými clonami. Snížení počtu pojezdů po pozemku, cílená aplikace dusíku do půdy a snížení spotřeby herbicidů jsou environmentálními přínosy této technologie.

- Výsev podsekových plodin lze doporučit ve 3.–4. listu kukuřice, přičemž úspěšnost založení dobře zapojeného porostu podsekových plodin je výrazně ovlivněna průběhem povětrnostních podmínek jak v období po zasetí, tak i letními přísuškami. Významný negativní vliv na růst a vývoj podsevu má zaplevelení pozemku, zásoba semen plevelných druhů v půdě.
- Z jednodruhových podsekových plodin se osvědčily druhy z čeledi lipnicovitých (především jílek mnohokvětý a také jílek vytrvalý) a také ozimé obilniny (žito ozimé a pšenice ozimá). Z leguminóz pak jetel inkarnát, z ostatních jednoletých plodin svazanka vratičolistá. Ze směsí podsekových

plodin byly dobré výsledky zjištěny u směsí s jíllem mnohokvětým s leguminózami (s jetelem inkarnát a vikví panonskou). Produkce biomasy v sušině dosahovala v průměru více než 1 t.ha⁻¹.

- Podsevové plodiny působí pozitivně na půdní strukturu a vodostálost půdních agregátů, zlepšení hodnot těchto ukazatelů bylo zjištěno nejčastěji u podsevu s jíllem mnohokvětým.
- Byl prokázán pozitivní vliv podsevů v kukuřici na půdní biologické vlastnosti (pH, půdní respiraci, vybrané enzymatické aktivity) a s tím související zlepšení procesu mineralizace živin. Největší podpory funkční diverzity půdního mikrobiomu bylo dosaženo s využitím podsevu žita ozimého s jetelem inkarnátem a vikví panonskou.
- Výnosy a kvalita píče silážní kukuřice nebyly průkazně sníženy v důsledku využití podsevových plodin. Pokles výnosu byl častěji zaznamenán u těch druhů podsevů či směsí podsevových plodin, u nichž byla vyšší produkce biomasy. V relativním vyjádření byly rozdíly ve výnosu v jednotkách procent (4–9 %) v porovnání s variantou bez podsevu.
- Výsledky technologie pěstování kukuřice s podsevovými plodinami ukázaly příznivý vliv na omezení vodní eroze. Zvláště ve druhém (třetí dekáda června) a třetím (polovina až konec července) období simulací zadeštěním bylo zaznamenáno významné snížení ztráty půdy (o 40–60 %) a množství povrchového odtoku (o 20–30 %) ve srovnání s konvenčním způsobem pěstování kukuřice.
- Protierozní efekt podsevů se zvyšuje s nárůstem jejich biomasy. Z tohoto důvodu se osvědčily varianty, u nichž byla zjištěna vyšší produkce biomasy. Z obilnin lze doporučit pšenici ozimou a žito ozimé, z trav především jílek mnohokvětý a z jetelovin jetel inkarnát. Účinné byly také směsi tvořené těmito druhy. Významný půdoochranný efekt byl zjištěn u raného výsevu (cca 2 týdny po zasetí kukuřice) jílku mnohokvětého, který významně omezoval ztráty půdy a povrchový odtok již v prvním termínu (na začátku června) simulace zadeštění.
- Ekonomický a environmentální přínos technologie s podsevovými plodinami v porovnání se standardní technologií spočívá v úspoře nákladů na herbicidní ochranu proti plevelům. Z nákladů na herbicidy je patrné, že pásovou aplikací lze uspořit cca 1037–1394 Kč.ha⁻¹. Výhodou je, že můžeme zvolit jakýkoliv herbicid, v závislosti na výskytu plevelů a jejich růstových fázích, podle platné registrace.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Předkládaná metodika poskytuje informace o využití podsevových plodin při pěstování kukuřice. Tato technologie umožňuje efektivní pěstování kukuřice na svažitých pozemcích, kdy je alternativou k technologiím pěstování kukuřice s přímým výsevem do mulče z vymrzajících meziplodin. Kromě toho je tato technologie využitelná v různých půdně-klimatických podmínkách České republiky. Při této technologii můžeme využít všechny intenzifikační vstupy při hnojení a ochraně rostlin, které jsou rozpracovány ve standardních technologiích intenzivního pěstování kukuřice. Výsev vhodných druhů plodin do prostoru mezi řádky při růstové fázi 3–4 listů kukuřice vytváří předpoklady pro zakrytí povrchu půdy vegetačním pokryvem, který má dostatečnou ochrannou funkci proti erozi. Principy a přínosy této technologie jsou známy z různých literárních zdrojů, samotná technologie je používána již řadu let v USA a dalších zemích. Novost již v jiných zemích zavedeného postupu spočívá v inovaci této technologie tím, že samotný výsev plodin do meziřádku kukuřice byl spojený s pásovou aplikací herbicidu na řádky kukuřice a také s přihnojením dusíkem do půdy do blízkosti kořenů kukuřice. Výsledkem bylo získání patentu na „Pracovní jednotku pro zemědělský stroj“, která byla ověřována na multifunkčním testovacím stroji (*Patentový spis CZ 309315*; 8. 7. 2022). Vynález se týká pracovní jednotky pro zemědělský stroj sloužící pro meziřádkové kypření a ošetřování půdy a kulturních širokořádkových plodin v období jejich růstu. Všechny výše uvedené agrotechnické zásahy jsou provedeny v jedné pracovní operaci při jednom pojezdu po pozemku. Snížení počtu pojezdů po pozemku, cílená aplikace dusíku do půdy a snížení spotřeby herbicidů jsou environmentálními přínosy této technologie. Samotné podsevové plodiny a jejich biomasa jsou zdrojem organické hmoty, která dává předpoklady pro zvýšení mikrobiologické aktivity půdy s dalšími pozitivními efekty vedoucími ke zlepšení celkového zdraví půdy a její úrodnosti. Dosažení srovnatelných výnosů kukuřice na siláž a na zrno v porovnání se standardní technologií pěstování kukuřice dává předpoklady pro její využití v zemědělské praxi.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika zahrnuje komplexní vyhodnocení technologie pěstování kukuřice s využitím podsekových plodin. Ze čtyřletých výsledků z maloparcelních polních pokusů založených na dvou lokalitách v odlišných půdně-klimatických podmínkách byly získány poznatky přímo uplatnitelné v zemědělské praxi.

V metodice jsou obsaženy poznatky o:

- způsobu zakládání porostů podsekových plodin včetně volby druhů a termínu výsevu,
- dynamice růstu a produkci biomasy různých druhů rostlin ze skupiny jednoletých plodin, trav, jetelovin a luskovin,
- vlivu podsekových plodin na výnos kukuřice na siláž a na zrno a jejich dopady na vybrané půdní vlastnosti včetně protierozního efektu.

Rozsah využití metodiky je u:

- zemědělských podniků hospodařících v různých oblastech České republiky při pěstování kukuřice s cílem omezení eroze půdy, zlepšení úrodnosti půdy s využitím podsekových plodin a snížením spotřeby herbicidů při použití cílené pásové aplikace,
- poradenských subjektů při zavádění inovativních postupů ekonomicky efektivních a zároveň šetrných k životnímu prostředí,
- výzkumných organizací jako metodický postup pro další výzkum,
- na středních a vysokých školách k využití ve výuce,
- široké laické veřejnosti k získání povědomí o principech a přínosech pěstování kukuřice s dalšími plodinami, jako postup šetrného hospodaření na půdě s důrazem na biodiverzitu, ale při zachování produkčního potenciálu.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Odhad nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice

Technologie pěstování kukuřice s využitím podsekových plodin byla ověřena na dvou lokalitách formou maloparcelních polních pokusů založených během čtyř let. Byla ověřena funkčnost čtyřřádkového multifunkčního testovacího stroje neseného na malotraktoru. Pro využití tohoto postupu v zemědělské praxi je zapotřebí stroj pro zakládání porostů podsekových plodin. Tým odborných pracovníků ze společnosti P & L ve spolupráci s dalšími spoluřešiteli projektu podal přihlášku užitého vzoru s názvem „Multifunkční stroj pro meziřádkovou kultivaci“. Konstrukční řešení navrženého multifunkčního stroje v jednom přejezdu umožňuje meziřádkovou kultivaci s výsevem podsekové plodiny, přihnojení kapalným dusíkatým hnojivem do zóny kořenů plodiny a pásovou aplikaci herbicidu. Úřad průmyslového vlastnictví zapsal výše uvedený užité vzor pod č. 37510 do rejstříku dne 28. 11. 2023. Ačkoliv byly učiněny výše uvedené kroky, společnost P & L s výrobou stroje pro setí podsevů zatím nepočítá, vzhledem k tomu, že dosud není dostatečná poptávka po této technologii.

Přestože dosud na trhu není speciální stroj pro zakládání podsekových plodin, je možné využít meziřádkový kultivátor PPL (jedná se o produkt společnosti P & L) v 6 nebo 8 řádkovém provedení, který byl již dříve k těmto účelům odzkoušen. Pro podsevy v meziřádku je možné kultivátor vybavit elektrickým secím strojem, který distribuuje semena do pásů zpracované půdy.

Z výše uvedeného je patrné, že pro zavedení technologie podsekových plodin u kukuřice či dalších plodin může být chybějící technické řešení v podobě komerčně nabízeného stroje dostupného na trhu jistou překážkou. Do budoucna lze však očekávat, že tlak na šetrnější hospodaření na půdě, který je již dnes součástí různých výzev Společné zemědělské politiky, vyvolá dostatečnou poptávku u výrobců zemědělské techniky, která umožní zavádění nových technologií. Výsledně se může jednat o nabídky strojů z domácí či zahraniční produkce. Každopádně se zavedením této technologie budou spojeny investiční náklady na pořízení techniky (řádově několik milionů Kč).

Výsledky, které jsou zahrnuty v této metodice, by měly přispět k zavedení a rozšíření této technologie do zemědělské praxe. Především poznatky o výběru vhodných druhů pro účely podsevů, údaje o jejich dynamice růstu a protierozním působení mohou být cennými informacemi pro začínající pěstitele.

Odhad ekonomického přínosu pro uživatele

Ekonomický přínos využití podsekových plodin v kukuřici lze vyjádřit na základě dosažených výsledků, které ukázaly, že při této technologii nedochází k průkaznému snížení výnosu kukuřice v porovnání s kontrolní variantou bez podsevu. Ze čtyřletých výsledků (2020–2023) na lokalitě Žabčice vyplývá, že v průměru u všech variant s podsevy došlo k poklesu výnosu o 4,5 %, což odpovídalo snížení příspěvku na úhradu o cca 3 tis. Kč.ha⁻¹. Tento horší ekonomický výsledek je však kompenzován pozitivním přínosy podsekových plodin na půdu. Jedná se o vyšší mikrobiální aktivitu

půdy, příznivější strukturní stav a vodostálost půdních agregátů a také půdoochranný efekt při omezení vodní eroze. Vyprodukovaná biomasa podseвовých plodin přispívá k ukládání uhlíku do půdy. To vše jsou environmentální přínosy, které lze těžko finančně ocenit a ekonomicky kvantifikovat. Nespornou výhodou je to, že tato technologie je alternativou k již v praxi zavedeným a protierozně účinným technologiím, které jsou založeny na výsevu kukuřice do mulče z vyvrzajících meziplodin. Takto je rozšířen výběr technologií, které umožňují pěstování kukuřice na erozně ohrožených pozemcích. Takto se nezužuje spektrum pěstovaných plodin a mohou být využívány principy střádání plodin, které jsou pro úrodnost půdy také důležité.

Při porovnání standardní technologie využívající celoplošnou aplikaci herbicidů s podseвовou technologií s pásovou aplikací herbicidů jsme zjistili, že jsou nákladově srovnatelné. I zde můžeme uvést environmentální přínos technologie s využitím podsevů, kdy je 42 % plochy (mezi řádky) plečkováno, což je mechanický způsob regulace plevelů a na této ploše nejsou herbicidy aplikovány. Plevelohubný efekt je zajištěn mechanickým podřezáním plevelů a také konkurenční schopností podseвовých plodin (především těch s rychlým počátečním růstem a dobrou pokrývností půdy). Navíc tato pásová aplikace vedla k úspoře nákladů na herbicidy ve výši 1000–1400 Kč.ha⁻¹. Je třeba upozornit, že tato technologie nemusí být funkční na lokalitách s vysokou zásobou semen plevelů v půdě, kde je velká pravděpodobnost vzejití vysokého počtu plevelů po provedeném plečkování. Tyto negativní výsledky byly zjištěny zvláště v obdobích, kdy po výsevu podsevů bylo sucho. V tom případě pak vzcházely plevele, které významně potlačily podseвовé plodiny. Přímý plevelohubný efekt plečkování je také závislý na intenzitě zaplevelení, druhovém spektru (problematické jsou vytrvalé plevele), růstové fázi plevelů, ale také na podmínkách při plečkování a po něm. Pokud je půda vlhká, nebo pokud několik hodin po provedeném zásahu zaprší, je pravděpodobné, že dojde k regeneraci podříznutých a vytažených rostlin plevelů.

Z dostupných dat nejsme schopni kalkulovat ekonomický efekt, poněvadž nemáme relevantní data o výnosech, resp. tržbách (tato varianta nebyla zařazena v pokusech). Nicméně obecně snižování spotřeby pesticidů využívaných v pěstebních technologiích je v souladu s principy integrované ochrany rostlin vedoucí ke snížení ekologické zátěže či uhlíkové stopy.

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- BÖHLER, D., DIERAUER, H. (2017): Messerwalze statt Glyphosat. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 5: 39–43.
- BÖHM, H., FISCHER, J., AULRICH, K., KÄLBER, K. (2017): Mais und Bohnen im Gemenge. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 11: 16–21.
- BRANDSATER, L. O., NETLAND, J. (1999): Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: I. Field experiments. *Crop Science*. 39: 1369–1379.
- BRANT, V., BALÍK, J., FUKSA, P., HAKL, J., HOLEC, J., KASAL, P., NECKÁŘ, K., PIVEC, J., PROKINOVÁ, E. (2008): Meziplodiny. Kurent. České Budějovice. 86.
- BRANT, V., KROULÍK, M., ŠMÖGER, J., ZÁBRANSKÝ, P., ŠKEŘÍKOVÁ, M., KRČEK, V., KUNTE, J. (2018a): Pěstební systémy ozimé pšenice - Využití pomocných plodin a směsných plodin. *Úroda*. 6: 20–22.
- BRANT, V., KROULÍK, M., ŠMÖGER, J., ZÁBRANSKÝ, P., ŠKEŘÍKOVÁ, M., KRČEK, V., KUNTE, J. (2018b): Pěstební systémy ozimé pšenice - Systémy živého mulče. *Úroda*. 7: 12–14.
- BRANT, V., ZÁBRANSKÝ, P., ŠKEŘÍKOVÁ, M., KROULÍK, M., HOFBAUER, M., NÝČ, M., KUNTE, J. (2018c): Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. *Agromanuál*. 7: 106–111.
- BRANT, V., ŠKEŘÍKOVÁ, M., KROULÍK, M., KUBÍN, K., HAMSA, J., KUNTE, J., HOFBAUER, M. (2019a): Pásové výsevy meziplodin v pěstebních systémech kukuřice seté. *Agromanuál*. 2: 104–109.
- BRANT, V., ŠMÖGER, J., SLABÝ, J., KROULÍK, M., ZÁBRANSKÝ, P., RYČL, D., ŠKEŘÍKOVÁ, M., HOFBAUER, M. (2019b): Mák s podsevem jarního ječmene. *Úroda*. 3: 41–48.
- BRELAND, T. A. (1996): Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in small grains: Effects on soil mineral nitrogen in field and laboratory experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 46(3): 178-185. doi: 10.1080/09064719609413131.
- CAMPBELL, C. D., CHAPMAN, S. J., CAMERON, C. M., DAVIDSON M. S., POTTS, J. M. (2003): A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Appl Environ Microbiol*, 69(6): 3593–3599. doi: 10.1128/AEM.69.6.3593-3599.2003.
- CARTER, M. R. (1992): Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of a surface soil in a humid climate. *Soil & Till. Res.* 23:361-372.
- CARTER, M. R., KUNELIUS, H. T. (1993): Effect of undersowing barley with annual ryegrasses or red clover on soil structure in a barley-soybean rotation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1993, 43, 245–254.
- CONRAD, Y., FOHRER, N. (2016): Simulating impacts of silage maize in monoculture and undersown with annual grass on the soil water balance in a sandy-humic soil in Northwest Germany. *Agricultural Water Management*, 178: 52–65. doi: 10.1016/j.agwat.2016.09.005.
- CUI, J., ZHANG, S., WANG, X., XU, X., AI, C., LIANG, G., ZHU, P., ZHOU, W. (2022): Enzymatic stoichiometry reveals phosphorus limitation-induced changes in the soil bacterial communities

- and element cycling: Evidence from a long-term field experiment. *Geoderma*, 426: 116–124. doi: 10.1016/j.geoderma.2022.116124.
- DABNEY, S. M., DELGADO, J. A., MEISINGER, J. J., SCHOMBERG, H. H., LIEBIG, M. A., KASPAR, T., REEVES, W. (2010): Using cover crops and cropping systems for nitrogen management. In J. A. Delgado & R. F. Follett (Eds.), *Advances in nitrogen management for water quality*, 230–281. Ankeny, IA: Soil Water Conservation Society.
- DOI, R., RANAMUKHAARACHCHI, S. L. (2009): Soil dehydrogenase in a land degradation-rehabilitation gradient: Observations from a savanna site with a wet/dry seasonal cycle. *Rev Biol Trop*, 57(1-2): 223–234. doi: 10.15517/rbt.v57i1-2.11317.
- FAROOQ, M. K., JABRAN, Z. A., CHEEMA, A., WAHID, K., SIDDIQUE, K. H. M. (2011): The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*. 67: 493–506.
- FAROOQ, M., BAJWA, A. A., CHEEMA, S. A., CHEEMA, Z. A. (2013): Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology*. 15: 1367–1378.
- FINCH, S., KIENEGGER, M. (1997): A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of *Brassica* crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 84: 165–172.
- GEHRING, K. (2015): Unkrautkontrolle im Anbauverfahren. Mais & Grasuntersaat. *Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*, <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030378/index.php>
- HELANDER, C. (2004): Residual nitrogen effects on a succeeding oat (*Avena sativa* L.) crop of clover species and ryegrass (*Lolium perenne* L.) undersown in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B — Soil & Plant Science, 54(2): 67–75. doi: 10.1080/09064710410024390.
- HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. et al. (2008): Minimalizace zpracování půdy. 1. vyd. Praha: Profi Press, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.
- ISO_20130 (2018): Soil quality — measurement of enzyme activity patterns in soil samples using colorimetric substrates in micro-well plates. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization.
- JAMRISKA, P. (1995a): The analysis of the effect of some undersown alfalfa varieties on silage maize yields. *Rostlinná výroba*, 41(12): 559–564.
- JAMRISKA, P. (1995b): The effect of maize for silage variety on undersown lucerne. *Rostlinná výroba*, 41(6): 275–282.
- JAMRISKA, P. (2002): The effect of undersowing time of clover crops and weeds on silage maize yields. *Rostlinná výroba*, 48(8): 361–367.
- JANEČEK, M. et al. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika. 1. vyd. Praha: Powerprint, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, M., KUBÁTOVÁ, E., PROCHÁZKOVÁ, E. (2013): Využití simulátorů deště ve výzkumu eroze. *Vodní hospodářství* 63(5): 168–172.
- KANDELER, E., MURER, E. (1993): Aggregate stability and soil microbial processes in a soil with different cultivation. *Geoderma* 56: 503-513.

- KANKANEN, H., ERIKSSON, C. (2007): Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *European Journal of Agronomy*, 27(1): 25-34. doi: 10.1016/j.eja.2007.01.010.
- KAVKA, M. et al. (2015): Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Dostupné na: <http://mmrapp.kapos.cz/agronormativy/>.
- KINCL, D., FORMÁNEK, P., VOPRAVIL, J., NERUŠIL, P., MENŠÍK, L., JANKŮ, J. (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., ČÁP, P., SRBEK, J., PETERA, M., VOPRAVIL, J., KHEL, T., MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. (2020): Půdochranné technologie pro pěstování kukuřice – účinnost před ztrátou živin vlivem vodní eroze, VÚMOP, v.v.i., Praha, 54 s.
- KOŽNAROVÁ, V., KLABZUBA, J. (2002): Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období, *Rostlinná výroba, ČAZV - ÚZPI*, ISSN 0370-663X, 48(4): 190–192.
- LATIF, M. A., MEHUYS, G. R., MCKENZIE, A. F. ET AL. (1992): Effects of legumes on soil physical quality in a maize crop. *Plant Soil* 140, 15–23 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00012802>
- LIMA, P. L. T., SILVA, M. L. N., CURI, N., QUINTON, J. (2014): Soil loss by water erosion in areas under maize and jack beans intercropped and monocultures. *Ciência e Agrotecnologia*, 38: 129–139.
- MALÉZIEUX, E., CROZAT, Y., DUPRAZ, C. (2009): Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. *Agronomy for Sustainable Development*. 29: 43–62.
- McDANIEL, M. D., TIEMANN, L. K., GRANDY, A. S. (2014): Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, 24: 560–570.
- MENŠÍK, L., KINCL, D., NERUŠIL, P., SRBEK, J., HLISNIKOVSÝ, L., SMUTNÝ, V. (2020): Water Erosion Reduction Using Different Soil Tillage Approaches for Maize (*Zea mays* L.) in the Czech Republic. *Land*, 9, 358. <https://doi.org/10.3390/land9100358>
- MENŠÍK, L., KINCL, D., NERUŠIL, P., SRBEK, J., KABELKA, D., HEROUT, M., JURKA, M., ŠEDEK, A., HORKÝ, T., VACH M. (2018): Pěstování kukuřice seté půdochrannými technologiemi. Příkladová studie Boskovická Brázda a Středočeská Pahorkatina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6 - Ruzyně, Praha.
- 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.
- MOORHEAD, D. L., SINSABAUGH, R. L., HILL, B. H., WEINTRAUB, M. N. (2016): Vector analysis of ecoenzyme activities reveal constraints on coupled C, N and P dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, 93: 1–7. doi: 10.1016/j.soilbio.2015.10.019.
- MZe ČR (1995): Voda v krajině, Agrospoj, 52 s.
- NERUŠIL, P. et al. (2021): Podsevy trav a jetelovin v kukuřici. Katalog travní směsí a pícniny 2022 - Travaman. Agrokop HB, pp. 4-7.
- NICHOLS, R. (2015): A hedge against drought: Why healthy soil is ‘water in the bank’. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service.

<https://www.usda.gov/media/blog/2015/05/12/hedge-against-drought-why-healthy-soil-water-bank>.

- ORSÁG, M., FISCHER, M., TRNKA, M., BROTON, J., POZNÍKOVÁ, G., ŽALUD, Z. (2022): Trends in Air Temperature and Precipitation in Southeastern Czech Republic, 1961-2020. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.*, 70(4): 283-294. doi: 10.11118/actaun.2022.021.
- OZTURK, I., KRISTENSEN, I. S., BABY, S. (2018): Sensitivity of silage-maize to climate change in denmark: A productivity analysis using impact response surface. *European Journal of Agronomy*, 98: 55–64. doi: 10.1016/j.eja.2018.05.007.
- PANAGOS, P., BORRELLI, P., MEUSBURGER, K., ALEWELL, C., LUGATO, E., MONTANARELLA, L. (2015): Estimating the soil erosion cover management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 28: 38–50.
- POJASOK, T., KAY, B. D. (1990): Effect of root exudates from corn and bromegrass on soil structural stability. *Can. J. Soil Sci.* 70:351-362
- 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>.
- SEIDEL, N., GLÄSER, H. (2017): Mit Begleitpflanzen den Raps unterstützen. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 7: 36–39.
- THEUNISSEN, J., BOOIJ, C. J. H., LOTZ, L. A. P. (1995): Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomolgia Experimentalis et Applicata*. 74: 7–16.
- TIBCO Statistica, v. 14.0, TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA (2017): Available from: <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>.
- WALL, G. J., PRINGLE, E. A., SHERD, R. W. (1991): Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Soil Science*, 71: 137–145.
- WIENBERG, J., BÜNTE, R., GEROWITT, B. (2020): Dry summer, wet summer-can undersowing reduce weeds in maize cultivation? *Gesunde Pflanzen*, 72(3): 245–256. doi: 10.1007/s10343-020-00507-5.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- DRYŠLOVÁ, T., SMUTNÝ, V., RÁBEK, M. (2021): Hodnocení vybraných půdních vlastností při pěstování kukuřice seté (*Zea mays* L.) s podsevovými plodinami. *Úroda*. 69(12): 353–358. ISSN 0139-6013.
- HOFBAUER, M., BLOCH, R., BACHINGER, J., GERKE, H. H. (2022): Effects of shallow non-inversion tillage on sandy loam soil properties and winter rye yield in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 222, 105435.
- KINCL, D., FORMÁNEK, P., VOPRAVIL, J., NERUŠIL, P., MENŠÍK, L., JANKŮ, J. (2022): Soil-conservation effect of intercrops in silage maize. *Soil & Water Res.*, 17: 180–190.
- KINCL, D., KABELKA, D., SRBEK, J. (2021): Vliv podsevů v kukuřici z hlediska omezení eroze. *Agromanuál 4/2021*, pp. 140–141. ISSN 1801-4895.
- KINTL, A., ZÍMOVÁ, N., BRTNICKÝ, M., HAMMERSCHMIEDT, T., SMUTNÝ, V., KINCL, D., NERUŠIL, P., HUŇADY, I., ELBL, J. (2023): Effect of cover crops undersown in maize on the mycotoxin content in maize biomass. *Acta fytotechn zootechn*, 26(1): 78–92. ISSN 1336 9245. doi.org/10.15414/afz.2023.26.01.78-92.
- KUNZOVÁ, E., MENŠÍK, L., NERUŠIL, P., HLISNÍKOVSKÝ, L. (2021): Výnosy a kvalita píce kukuřice na siláž v různých půdně-klimatických podmínkách ČR v roce 2020 - předběžné výsledky. *Agromanuál 4/2021*, pp. 90–93. ISSN 1801-4895.
- MENŠÍK, L., HLISNÍKOVSKÝ, L., NERUŠIL, P., KUNZOVÁ, E. (2022): The effect of soil-climate conditions and fertilizer treatment on maize yield and quality. In: SMUTNÝ, V., LUKAS, V. (eds.) Trends and challenges in soil-crop management. Book of abstracts, 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO), Mendel University in Brno, p. 65. ISBN 978-80-7509-847-4.
- MENŠÍK, L., KINCL, D., NERUŠIL, P., SRBEK, J., HLISNÍKOVSKÝ, L., SMUTNÝ, V. (2020): Water erosion reduction using different soil tillage approaches for maize (*Zea mays* L.) in the Czech Republic. *Land*. 2020. sv. 9, č. 10, ISSN 2073-445X. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/10/358>.
- NERUŠIL, P., KINCL, D., HLISNÍKOVSKÝ, L., SRBEK, J., ŠEDEK, A., MENŠÍK, L. (2022): Growing of maize (yields, forage quality, erosion) using a narrow row of 37.5 cm. In: SMUTNÝ, V., LUKAS, V. (eds.) Trends and challenges in soil-crop management. Book of abstracts, 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO), Mendel University in Brno, p. 67. ISBN 978-80-7509-847-4.
- NERUŠIL, P., KINCL, D., PLISKOVÁ, J., SRBEK, J., SMUTNÝ, V., ŠEDEK, A., MENŠÍK, L. (2023): Pěstování silážní kukuřice s podsevovými plodinami - výsledky pokusů z oblasti Boskovické brázdy. *Úroda* 12, roč. LXX, vědecká příloha, pp. 291–298. ISSN 0139-6013.
- NERUŠIL, P., MENŠÍK, L., KINCL, D., ŠEDEK, A., SMUTNÝ, V. (2021): Podsevy trav a jetelovin v kukuřici. Katalog travní směsí a pícniny 2022 - Travaman. Agrokop HB, pp. 4-7.
- NEUDERT, L., RÁBEK, M., ELZNER, P., DRYŠLOVÁ, T., PORČOVÁ, L., HEJDUK, S., NERUŠIL, P., ŠEDEK, A., DANĚK, P., SMUTNÝ, V. (2022): Biomass production of inter-row seeding cover crops and the effect on yield of maize. In: SMUTNÝ, V., LUKAS, V. (eds.) Trends and challenges in soil-crop management. Book of abstracts, 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO), Mendel University in Brno, p. 68. ISBN 978-80-7509-847-4.

- P & L, spol. s r.o., Mendelova univerzita v Brně, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Zemědělský výzkum, spol. s r.o. *Pracovní jednotka pro zemědělský stroj*. Původce: ŠEDEK, A., DANĚK, P., SMUTNÝ, V., BRTNICKÝ, M., NERUŠIL, P., KINCL, D., KINTL, A. *Patentový spis CZ 309315*. 8.7.2022. https://isdv.upv.cz/webapp/resdb.print_detail.det?pspis=PT/2020-614&plang=CS.
- PROCHÁZKOVÁ, E., KINCL, D., KABELKA, D., VOPRAVIL, J., NERUŠIL, P., MENŠÍK, L., BARTÁK, V. (2020): The impact of the conservation tillage “maize into grass cover” on reducing the soil loss due to erosion. *Soil & Water Res.*, 15: 158–165. https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/25_2019-SWR.pdf.
- SMUTNÝ, V., NERUŠIL, P., KINTL, A., ŠEDEK, A. (2022): Integrovaná regulace plevelů v různých technologiích pěstování kukuřice. In: *Kukuřice v praxi 2022: Sborník z konference*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 7–16. ISBN 978-80-7509-824-5.
- SMUTNÝ, V., RÁBEK, M., DRYŠLOVÁ, T., NEUDERT, L., ELZNER, P. (2022): Výnos a rentabilita pěstování kukuřice na siláž s podseвовými plodinami. *Úroda*. 70(12): 407–412. ISSN 0139-6013. Dostupné z: <https://cirkular.cz/troubsko/sbornik2022.pdf>.
- SMUTNÝ, V., RÁBEK, M., ELZNER, P. (2022): The effect of cover crops and different soil tillage on yield of grain maize. In: SMUTNÝ, V., LUKAS, V. (eds.) *Trends and challenges in soil-crop management. Book of abstracts, 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO)*, Mendel University in Brno, p. 34. ISBN 978-80-7509-847-4.
- SMUTNÝ, V., NEUDERT, L. (2021): Conservation soil tillage in the Czech Republic – approaches and legislations. *ISTRO Working Group – Conservation Soil Tillage 7th-8th September, 2021, Osijek, Croatia*, pp. 30.
- SMUTNÝ, V., NEUDERT, L., RÁBEK, M., HEJDUK, S., ELZNER, P., NERUŠIL, P., MENŠÍK, L., ŠEDEK, A. (2020): Využití podseвовých plodin při pěstování kukuřice. *Úroda*. sv. 68(12): 51–55. ISSN 0139-6013.
- SMUTNÝ, V., RÁBEK, M., ELZNER, P. (2021): Produkce biomasy podseвовých meziplodin pěstovaných v kukuřici. *Úroda*. 69(12): 89–94. ISSN 0139-6013.
- VLČEK, L., ŠÍPEK, V., ZELÍKOVÁ, N., ČÁP, P., KINCL, D., VOPRAVIL, J. (2022): Water retention and infiltration affected by conventional and conservational tillage on a maize plot; rainfall simulator and infiltrometer comparison study. *Agricultural Water Management*, 271, 107800.

Kromě toho byly výsledky získané v průběhu řešení projektu v letech 2019–2023 prezentovány na níže uvedených akcích (formou přednášek, posterů či praktických ukázek založených pokusů):

Rok 2019

SMUTNÝ, V., NERUŠIL, P., ŠEDEK, A. (2019): Technologie pěstování kukuřice s využitím podsekových plodin. Žabčice (CZ): 13. 06. 2019.

Rok 2020

SMUTNÝ, V., NERUŠIL, P., ŠEDEK, A., KINCL, D., HEJDUK, S., ŠKARPA, P., KINTL, A., BRTNICKÝ, M. (2020): Nové technologie pěstování kukuřice s ohledem na ochranu půdy a integrovanou ochranu rostlin. Žabčice (CZ): 25. 06. 2020.

Rok 2021

Polní den „MendelAgro 2021“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 15. a 17. 6. 2021

Polní den „MendelSun 2021“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 2. 9. 2021

Den otevřených dveří, ZD Krásná Hora nad Vltavou, 21. 10. 2021

SMUTNÝ, V., NERUŠIL, P., ŠEDEK, A., KINCL, D., KINTL, A. (2021): Technologie pěstování kukuřice s využitím podsekových plodin. On-line webinář: 16. 2. 2021.

Rok 2022

2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO), “Trends and challenges in soil-crop management”, September, 6–8, 2022, Brno, Czech Republic.

Polní den „MendelAgro 2022“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 9. 6. 2022

Polní den „MendelSun 2022“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 1. 9. 2022

Polní setkání na téma: „Kukuřice – inovace půdoochranných technologií“, Žabčice, 29. 6. 2022

Kukuřice v praxi 2022. TV Zemědělec, 12. 1. 2022

VÝSTAVNÍ DNY P & L ve Velkém Meziříčí ve dnech 17. – 20. 5. 2022

ROK 2023

Polní den „MendelAgro 2023“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 8. 6. 2023

Polní den „MendelSun 2023“, Žabčice, Polní pokusná stanice, 7. 9. 2023

VIII. FOTODOKUMENTACE

Seznam fotografií

Žabčice, 24. 6. 2020
Foto 1: Varianta 1 – bez podsevu
Foto 2: Varianta 2 – jílek mnohokvětý
Foto 3: Varianta 3 – jílek vytrvalý 4n
Foto 4: Varianta 4 – žito ozimé
Foto 5: Varianta 5 – vikev panonská
Foto 6: Varianta 6 – jetel inkarnát
Foto 7: Varianta 7 – svazenka vratičolistá
Foto 8: Varianta 8 – jetel plazivý
Foto 9: Varianta 9 – jetel alexandrijský
Foto 10: Varianta 10 – jílek mnohokvětý + vikev panonská
Foto 11: Varianta 11 – jílek mnohokvětý + jetel inkarnát
Foto 12: Varianta 12 – jetel inkarnát + vikev panonská
Foto 13: Varianta 13 – jílek mnohokvětý + vikev panonská + jetel inkarnát
Foto 14: Varianta 14 – jílek vytrvalý 4n + jetel plazivý
Foto 15: Varianta 15 – žito ozimé + vikev panonská + jetel inkarnát
Foto 16: Varianta 16 – jílek vytrvalý 4n + jetel alexandrijský
Foto 17: Vzcházení podsevových plodin (varianty 1–9), 18 dnů po výsevu; Žabčice 2020
Foto 18: Podsevy – varianty 2–8 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)
Foto 19: Podsevy – varianty 9–11 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)
Foto 20: Podsevy – varianty 12–14 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)
Foto 21: Podsevy – varianty 15 a 16 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)
Foto 22: Varianta 6 – jetel inkarnát (výskyt padlí, 6. 9. 2021, Žabčice)
Foto 23: Varianta 7 – svazenka vratičolistá (odumírající nadzemní hmota, 6. 9. 2021, Žabčice)
Foto 24: Varianta 2 – jílek mnohokvětý (obrůstající porost, 15. 9. 2022, Žabčice)
Foto 25: Varianta 3 – jílek vytrvalý (obrůstající porost, 15. 9. 2022, Žabčice)
Foto 26: Varianta 1 – bez podsevu (25. 8. 2022, Jevíčko)
Foto 27: Varianta 3 – jílek vytrvalý (25. 8. 2022, Jevíčko)
Foto 28: Varianta 2 – jílek mnohokvětý (25. 8. 2022, Jevíčko)
Foto 29: Varianta 2R – jílek mnohokvětý (raný výsev; 25. 8. 2022, Jevíčko)
Foto 30: Ukázka porostu kukuřice po výsevu podsevu (1. 6. 2021, Jevíčko)
Foto 31: Ukázka porostu kukuřice s podsevem pšenice ozimé (10. 6. 2020, Jevíčko)
Foto 32: Ukázka setí podsevu multifunkčním testovacím strojem P & L
Foto 33: Detail výsevních jednotek multifunkčního testovacího stroje P & L



Foto 1: Varianta 1 – bez podsevu

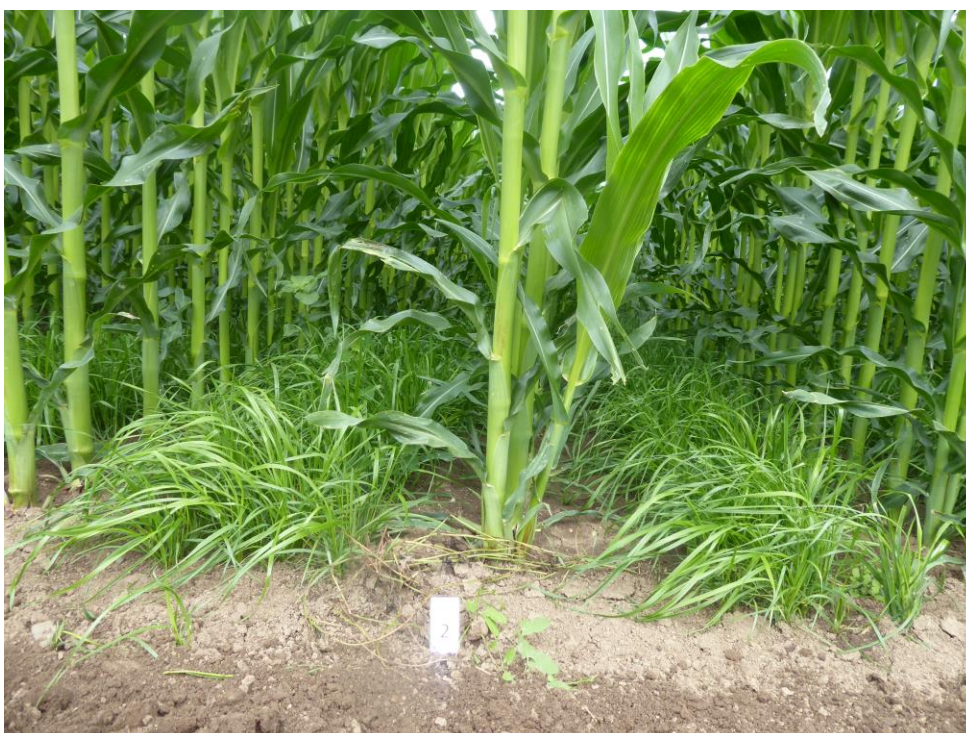


Foto 2: Varianta 2 – jílek mnohokvětý



Foto 3: Varianta 3 – jilek vytrvalý 4n



Foto 4: Varianta 4 – žito ozimé



Foto 5: Varianta 5 – víkev panonská



Foto 6: Varianta 6 – jetel inkarnát



Foto 7: Varianta 7 – svazenka vratičolistá



Foto 8: Varianta 8 – jetel plazivý



Foto 9: Varianta 9 – jetel alexandrijský



Foto 10: Varianta 10 – jílek mnohokvětý + vikev panonská



Foto 11: Varianta 11 – jítelek mnohokvětý + jetel inkarnát



Foto 12: Varianta 12 – jetel inkarnát + vikev panonská



Foto 13: Varianta 13 – jílek mnohokvětý + vikev panonská + jetel inkarnát



Foto 14: Varianta 14 – jílek vytrvalý 4n + jetel plazivý



Foto 15: Varianta 15 – žito ozimé + vikev panonská + jetel inkarnát



Foto 16: Varianta 16 – jilek vytrvalý 4n + jetel alexandrijský



Foto 17: Vzházení podsevových plodin (varianty 1–9), 18 dnů po výsevu; Žabčice 2020



Foto 18: Podsevy – varianty 2–8 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)



Foto 19: Podsevy – varianty 9–11 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)



Foto 20: Podsevy – varianty 12–14 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)



Foto 21: Podsevy – varianty 15 a 16 (odběr rostlin 17. 7. 2020; 62 dnů po výsevu, Žabčice)



Foto 22: Varianta 6 – jetel inkarnát (výskyt padlí, 6. 9. 2021, Žabčice)



Foto 23: Varianta 7 – svazenka vratičolistá (odumírající nadzemní hmota, 6. 9. 2021, Žabčice)



Foto 24: Varianta 2 – jílek mnohokvětý (obrůstající porost, 15. 9. 2022, Žabčice)



Foto 25: Varianta 3 – jílek vytrvalý (obrůstající porost, 15. 9. 2022, Žabčice)



Foto 26: Varianta 1 – bez podsevu (25. 8. 2022, Jevíčko)



Foto 27: Varianta 3 – jílek vytrvalý (25. 8. 2022, Jevíčko)



Foto 28: Varianta 2 – jílek mnohokvětý (25. 8. 2022, Jevíčko)



Foto 29: Varianta 2R – jílek mnohokvětý (raný výsev; 25. 8. 2022, Jevíčko)



Foto 30: Ukázka porostu kukuřice po výsevu podsevu (1. 6. 2021, Jevíčko)



Foto 31: Ukázka porostu kukuřice s podsevem pšenice ozimé (10. 6. 2020, Jevíčko)



Foto 32: Ukázka setí podsevů multifunkčním testovacím strojem P & L



Foto 33: Detail výsevních jednotek multifunkčního testovacího stroje P & L

IX. POZNÁMKY:

Název: **Pěstování kukuřice seté s podsevovými plodinami: Certifikovaná metodika**
Autoři: VLADIMÍR SMUTNÝ, PAVEL NERUŠIL, DAVID KINCL,
ANTONÍN KINTL, ANTONÍN ŠEDEK A KOL.

Vydala: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
Vydání: první, 2023
Počet stran: 84

ISBN 978-80-7509-959-4
<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-959-4>

Vydáno bez jazykové úpravy.
Metodika je poskytována bezplatně.

Kontakt na autora: vladimir.smutny@mendelu.cz

