

**Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko
Mendelova univerzita v Brně
Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy, v. v. i.
PRO SEEDS s.r.o.**

Uplatněná certifikovaná metodika

67/25

Využití meziplodin jako zdroje mikrobiálně stabilní organické hmoty



**Ing. Antonín Kintl, Ph.D., Ing. Julie Sobotková, Ing. Igor Huňady, Ing. Karel
Vejražka, Ph.D., Ing. Zuzana Kubíková, Ph.D., Ing. Martin Brtnický, Ph.D., prof. Ing.
Jiří Kučerík, Ph.D., Mgr. Jiří Holátko, Ph.D., Ing. Oldřich Látal, Ph.D., Ing. David
Kincl, Ph.D., Vojtěch Štros, Ing. Petr Robotka**

Prosinec 2025

**Realizační výstup projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum číslo:
QK21010161 – Význam lignocelulózového komplexu z biomasy meziplodin pro zlepšení
půdního prostředí**

**Metodika schválena Ministerstvem zemědělství (MZe)
České republiky, osvědčení č. MZE-88787/2025-13124**

Metodiku zpracovali:

Ing. Antonín Kintl, Ph.D. - Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Ing. Julie Sobotková - Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Ing. Igor Huňady - Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Ing. Karel Vejražka, Ph.D. - Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Ing. Zuzana Kubíková, Ph.D. - Zemědělský výzkum, spol. s r. o.

Ing. Martin Brtnický, Ph.D. - Mendelova univerzita v Brně

prof. Ing. Jiří Kučerík, Ph.D. - Mendelova univerzita v Brně

Mgr. Jiří Holátko, Ph.D. - Mendelova univerzita v Brně

Ing. Oldřich Látal, Ph.D. - Mendelova univerzita v Brně

Ing. David Kincl, Ph.D. - Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy, v. v. i.

Vojtěch Štros - Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy, v. v. i.

Ing. Petr Robotka - PRO SEEDS s.r.o.

Vydavatel:

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

Zahradní 1, Troubsko, 664 41

© Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

ISBN: 978-80-88000-51-8 (Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko)

OBSAH

ABSTRAKT	4
ABSTRACT	5
CÍL METODIKY	6
ÚVOD	7
VLASTNÍ POPIS METODIKY	11
Zakládání experimentálních porostů	11
Výnosy biomasy	12
Zpracování dat	13
1. Výnosy nadzemní biomasy meziplodin při aplikaci digestátu	13
2. Obsah cukrů, ADL a jejich poměr v nadzemní biomase meziplodin	15
3. Výnosy nadzemní biomasy kukuřice pěstované jako hlavní plodina následně po vybraných druzích meziplodin	22
Sledování vlivu pásového zpracování s meziplodinou na půdní vlhkost	29
Úvod	29
Metodika ověřování vlivu technologie pásového zpracování s meziplodinou na půdní vlhkost	29
Výsledky průběžného sledování půdní vlhkosti	31
SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“ OPROTI PŮVODNÍ METODICE, PŘÍPADNĚ ZDŮVODNĚNÍ, POKUD SE JEDNÁ O NOVOU NEZNÁMOU METODIKU	35
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	36
EKONOMICKÉ ASPEKTY	37
EKONOMICKO – ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY	38
ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	43

ABSTRAKT

Zařazení meziplodin do osevních postupů představuje významnou strategii při využívání technologií, které mají za cíl ochranu půdy před erozí, zpřístupnění živin jako je fosforu a dusíku, obohacení půdy organickou hmotou spojenou s obnovou půdní úrodnosti a vedoucí k udržitelnému zemědělství. Hlavním přínosem metodiky je zařazení chemické analýzy nadzemní biomasy a kvantifikace obsahu ligninu a snadno rozpustných cukrů. Metodika vychází z pokusu, který zahrnoval několik faktorů: druh meziploidy, dávku digestátu (0, 20 a 40 t ha⁻¹), analyzovanou část rostliny (stonek vs. listy) a sezónu odběru (podzim vs. jaro). Multivariační i jednorozměrné analýzy ukázaly, že nejsilnějším faktorem ovlivňujícím složení biomasy byla sezóna odběru. Bylo zjištěno, že podzimní vzorky obsahovaly výrazně více rozpustných cukrů, zatímco jarní vzorky vykazovaly vyšší podíl acidodetergentního ligninu (ADL). Druh meziploidy a část rostliny měly také významný vliv – ředkev a svazenka vykazovaly vysoký obsah snadno rozpustných cukrů a nízký obsah ADL, zatímco u hořčice a řeřichy tomu bylo naopak. Dále pak, listy měly obecně vyšší obsah cukrů a nižší obsah ligninu než stonky. Aplikace digestátu neměla statisticky významný vliv na obsah snadno rozpustných cukrů ani ADL. Analýza hlavních komponent (PCA) potvrdila dominantní vliv sezóny a sekundární vliv druhu meziploidy a částí nadzemní biomasy. Výsledky ukazují, že složení biomasy meziploidy je řízeno především fyziologickými a fenologickými fázemi, zatímco krátkodobá organická fertilizace má minimální dopad.

Aplikace digestátu naproti tomu významně ovlivnila produkci biomasy meziploidy. Střední dávka digestátu 20 t ha⁻¹ zvýšila v průměru, napříč druhy, výnos čerstvé hmoty přibližně o 60 % a výnos suché hmoty o zhruba 45 % ve srovnání s nehnojenou kontrolou, přičemž nejvyšší relativní nárůst byl zaznamenán u ředkve, světlice a prosa. Pohanka a řeřicha naopak vykazaly jen minimální odezvu na hnojení digestátem, zatímco u svazenky byl zjištěn téměř lineární vzestup výnosu biomasy až k nejvyšší dávce 40 t ha⁻¹. Tyto výsledky ukazují, že schopnost meziploidy využít živiny z digestátu je výrazně druhově specifická.

Zjištěné rozdíly v odezvě druhů na hnojení digestátem jsou klíčové jak pro optimalizaci produkce biomasy meziploidy, tak pro stabilizaci výnosu následné kukuřice v odlišných podmínkách stanoviště.

Klíčová slova: *meziploidy, lignin, kukuřice setá*

ABSTRACT

The inclusion of catch crops in crop rotations represents an important component of soil conservation technologies. These crops protect soil from erosion, enhance the availability of nutrients such as phosphorus and nitrogen, and enrich soil with organic matter, thereby contributing to the restoration of soil fertility and supporting sustainable agriculture. The main contribution of the presented methodology is the evaluation of the chemical composition of aboveground biomass, specifically its lignin content and concentration of easily soluble sugars. The methodology is based on the experiment that included following factors: catch crop type, digestate dose (0, 20 and 40 t ha⁻¹), plant part (stem vs. leaves) and collection season (autumn vs. spring). Multivariate and univariate analyses showed that the collection season was the strongest determinant of biomass composition: autumn samples contained significantly higher concentrations of easily soluble sugars, while spring samples showed a higher proportion of Acid Detergent Lignin (ADL). Catch crop type and plant part also had significant effects – radish and safflower had high easily soluble sugar and low ADL contents, while mustard and cress showed the opposite pattern. Leaves generally contained more easily soluble sugars and were less lignified (lower ADL) than stems. Digestate application had no statistically significant effect on easily soluble sugar or ADL concentrations. Principle component analysis (PCA) confirmed the dominant influence of season and the secondary effect of catch crop type and aboveground biomass. Overall, the results indicate that catch crop biomass composition is primarily driven by physiological and phenological stages, while short-term organic fertilization has a minimal impact.

In contrast, digestate application significantly affected catch crop biomass production. The median digestate dose of 20 t ha⁻¹ increased fresh matter yield by approximately 60% and dry matter yield by about 45% on average across species compared to the unfertilized control, with the highest relative increase recorded for radish, safflower and millet. Buckwheat and watercress, on the other hand, showed only a minimal response to digestate fertilization, while sedge displayed an almost linear increase in biomass yield up to the highest dose of 40 t ha⁻¹. These results show that the capacity of catch crops to utilize nutrients from digestate is strongly species-specific. Such differences in species response to digestate fertilization are crucial both for optimizing catch crop biomass production and for stabilizing subsequent maize yield under varying site conditions.

Key words: *intercropping, lignin, Zea mays*

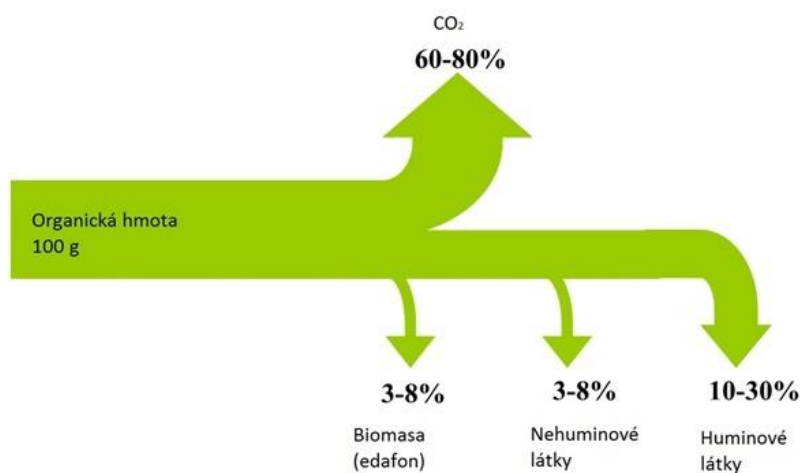
CÍL METODIKY

Cílem vypracované metodiky je posoudit vliv kvality rostlinné biomasy z mezipločin jako zdroje organické hmoty. Hlavním kritériem pro hodnocení organické hmoty je přítomnost ligninu a rychlost jeho následné degradace v půdním prostředí. Produkce biomasy a její kvalita byla hodnocena u sedmi druhů mezipločin (světlíce barvířská, pohanka obecná, svazenka vratičolistá, ředkev olejná, hořčice bílá, řeřicha setá a proso seté) v podmínkách polního pokusu ve Skořenicích (Pardubický kraj) během let 2023–2024 v kombinaci s vlivem digestátu – odpadu z anaerobní digesce – jako organického hnojiva při pěstování různých druhů mezipločin.

ÚVOD

Hlavní úlohou meziplodin v systému hospodaření na orné půdě je produkce biomasy. Pozitivní přínosy i možná rizika využití meziplodin se odvíjí jak od kvantitativního aspektu, tj. množství biomasy, tak i aspektu kvalitativního, který je dán především druhem meziplodiny. Oba tyto aspekty silně ovlivňují půdu (a především půdní organickou hmotu) a její produkční ale i mimoprodukční funkce, mezi které patří zadrž vody, podpora biodiverzity, stabilizace uhlíku a další. Z agronomického pohledu je proto nutné organickou půdu pravidelně doplňovat, jinak dochází ke snížení její úrodnosti (Sáňka & Materna, 2004). Odhaduje se, že v mírném klimatickém pásu je potřeba každoročně dodat zhruba 3,5 až 4,5 tuny organické hmoty (biomasy) na jeden hektar orné půdy. Přibližně polovinu z toho množství pokryjí posklizňové zbytky, ale zbývajících ca 1,5 až 2 tuny je třeba dodat jiným způsobem (Ryant, 2016). V tomto případě představuje pěstování meziplodin jedno z nejekologičtější a nejekonomičtějších řešení, protože rostliny pěstované v systému tzv. zelené hnojení obohacují půdu o uhlík ve formě snadno rozložitelné organické hmoty, která podporuje mikrobiologické i chemické procesy v půdě (Procházka et al., 2001). Při metabolismu uhlíkatých sloučenin dochází k imobilizaci i dalších prvků, což vede ke zlepšení koloběhu živin a tím i k oživení celkové vitality půdního mikrobiomu.

Zemědělsky využívaná půda obsahuje organicky vázaný uhlík, jehož původ lze spatřovat především ve fotosyntéze. Zahrnuje tedy především zbytky rostlin, ať už jde o slámu obilnin nebo kukuřice, řepný chrást, nebo různé jiné posklizňové zbytky. Významnou část posklizňových zbytků tvoří také kořeny, které zůstávají v půdě v různých hloubkách, v závislosti na tom, o jaký druh rostlin se jedná. Menší část organického uhlíku tvoří i kořenové exudáty. Směs těchto zbytků/látek pak představuje základní substrát pro všechny důležité půdní biochemické procesy, které vedou ke vzniku stabilní organické hmoty v půdě. V praxi to tedy znamená, že pěstování meziplodin neboli rostlin pro zelené hnojení je ideálním způsobem, jak půdy více obohatit organickou hmotou. Většinou se proto celá jejich nadzemní biomasa buď ponechává na povrchu jako mulč, nebo se rovnou zapraví do půdy, kde se postupně rozkládá. V závislosti na kvalitě biomasy a klimatických podmínkách může být až 80 % vstupující organické hmoty postupně různými, především biotickými pohody, rozloženo a mineralizováno, čímž se vrací zpět do atmosféry ve formě oxidu uhličitého (CO_2), jak je znázorněno na Obrázek 1. Jinými slovy, pouze malá část původní organické hmoty pocházející z biomasy meziplodin se v půdě udrží, podléhá různým přeměnám, jejichž finálním produktem je CO_2 .

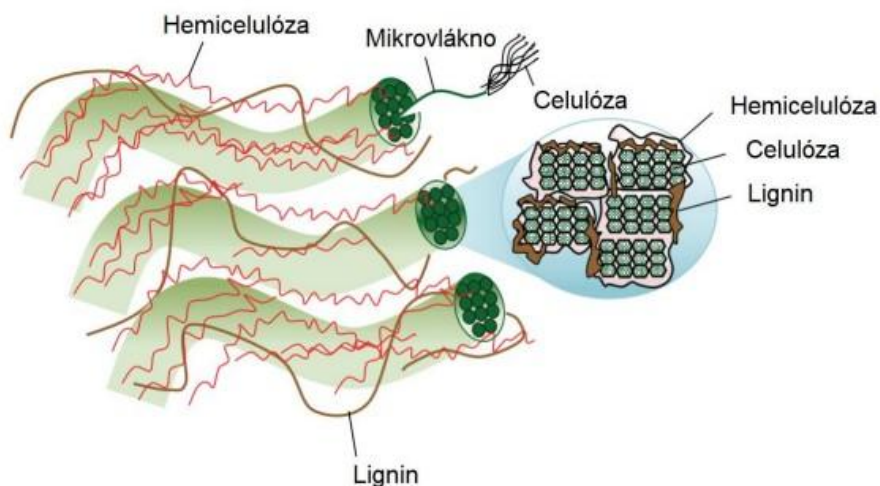


Obrázek 1: Starší model rozkladu a mineralizace organické hmoty v půdě podle Bradyho a Weila (2002).

Účinek zeleného hnojení na půdu závisí na mnoha faktorech včetně půdního managementu, (tj. zda je biomasa meziplodin do půdy zapravena nebo není), dále pak na látkovém složení meziplodin (přičemž důležitou roli hrají základní strukturní molekuly a jejich podíly, především tedy lignin, lipidy, celulózy), fáze vývoje rostliny (tj. kdy byl ukončen jejich růst včetně následných vlivů jako je desikace, vymrznutí a další). Je třeba také brát v potaz, že mladá, čerstvě narostlá biomasa je sice plná živin, ale zároveň může být velmi snadno rozložitelná. Je-li takováto hmota zapravena do půdy, půdní mikroorganismy ji rychle začnou využívat jako zdroj uhlíku a energie. Počet mikroorganismů velmi rychle vzroste díky náhlému přísunu substrátu, proporcionálně s tím naroste i množství půdních enzymů. Jakmile je všechna zelená hmota rozložena, přemnožené mikroorganismy stejně tak jako přebytek půdních enzymů (především enzymů souvisejících s rozkladem složitějších struktur), může postupně začít metabolizovat i původní půdní organickou hmotu. To má negativní dopad na kvalitu půdy, díky tzv. pozitivnímu priming efektu. Naopak, když se do půdy zapraví vyžralá rostlinná hmota, obsahující vyšší podíl ligninu (tedy mechanicky pevnějších, těžko rozložitelných částí), výsledek může být zcela jiný. Taková biomasa se rozkládá pomaleji, nárůst mikroorganismů je pomalejší a narůstají především houby. Zbytky jak meziplodinové tak i houbové biomasy (tj. nekromasy) se poté stávají základem pro vznik stabilní organické hmoty, což je pro půdu mimořádně přínosné.

V půdě probíhají dva zásadní procesy související s půdní organickou hmotou a její transformací: mineralizace a stabilizace. Mineralizace je v podstatě rozklad, při němž se velké organické molekuly postupně štěpí na menší fragmenty, které se nakonec přemění na oxid uhličitý a další jednoduché minerální látky. Stabilizace, spojená se sekvestrací organického uhlíku je naopak spojena se zadržením uhlíku v půdě. Mechanismy zádrže jsou různé, jedná se především o stabilizaci zapříčiněnou sorpcí organického uhlíku na jíly a seskvioxyd, dále pak tvorbu makro a mikroagregátů. Dřívější teorie pracovaly s procesy tzv. humifikace, tj. sekundární syntézou organických fragmentů spojenou s tvorbou huminových látek, tzv. humusu. Z tohoto důvodu se i dnes stabilní půdní organická hmota často nazývá „humus“.

Díky výše zmíněným faktům je velmi důležité volit druh meziplodiny, protože složení biomasy jednotlivých druhů se liší svým složením a tím i využitím. Jedním z nejdůležitějších ukazatelů ovlivňujících rozložitelnost je podíl ligninu a celulóзовých složek v mezipločinách (často je označována jako lignocelulózová biomasa nebo lignocelulóza). Lignocelulóza představuje hlavní strukturní složku rostlinné biomasy, a je tvořena třemi základními polymery jakými jsou celulóza, tj. lineární polysacharid tvořený glukózovými jednotkami, hemicelulóza což je heterogenní skupina kratších polysacharidů (xylany, manany apod.) a lignin alifaticko-aromatický polymer, který dodává biomase pevnost, stabilitu a odolnost vůči rozkladu. Toto složení tvoří základ většiny suchozemských rostlin (Zoghiami & Paës, 2019). Lignocelulóзовá biomasa se typicky skládá ze 40–50 % celulózy, 25–35 % hemicelulózy a 15–20 % ligninu (Thankappan et al., 2018). Tyto tři složky tedy nejsou v rostlině volně pohyblivé, ale jsou navzájem propojené v tzv. heteromatrici (Obrázek 2), pevné síti, jejíž složení i struktura se liší podle toho, o jaký typ nebo druh rostliny se jedná, a dokonce i podle toho, kde a za jakých podmínek byla daná biomasa vypěstována (Bajpai, 2016). Lignin v této struktuře hraje důležitou roli. Funguje totiž jako molekula spojující celulózu a hemicelulózu dohromady, čímž vytváří silnou a pevnou buněčnou stěnu rostliny. Právě díky ligninu je rostlina odolná a drží tvar, což je důležité nejen pro její růst, ale i pro další využití biomasy v půdě nebo při jejím zpracování (Boer et al., 2005; Datta et al., 2017). Dále pak, lignin chrání strukturu biomasy a tím brání rozkladu celulózy a hemicelulózy (Ponnusamy et al., 2019). Proto právě díky ligninu je lignocelulóзовá biomasa velmi odolná vůči rozkladu mikroorganismy i enzymy. Stabilizace biomasy ligninem dobře funguje v přírodě, ale je také zároveň výzva pro průmyslové využití biomasy. Příkladem je výroba bioenergie nebo biomateriálů z biomasy, protože zvýšený obsah hůře rozložitelných látek snižuje efektivitu jejich využití například pro výrobu bioplynu (Zoghiami & Paës, 2019).



Obrázek 2: Struktura buněčné stěny v rostlinách podle Lee et al. (2004).

Jak již bylo řečeno, rostlinná biomasa je hlavním zdrojem organické hmoty vstupujícího do půdy. Mikroorganismy ji postupně přeměňují na půdní organickou hmotu, která je zásadní pro kvalitu půdy (Thirunavukkarasu et al., 2024). Jak rychle se lignin v půdě rozkládá, závisí na druhu rostlin, využití pozemku, ale také na klimatu a vlastnostech půdy (Thevenot et al., 2010). Díky tomu je lignin považován za tzv. biomarker, tj. ukazatel toho, jak stabilní je zásoba uhlíku v půdě. Čím víc ligninu se v půdě ukládá, tím stabilnější bývá organická hmota (Jia et al., 2019; Sun et al., 2022). Jak vyplývá z toho krátkého úvodu, mezplodiny představují zajímavou strategii pro zelené hnojení a stabilizaci půdní organické hmoty.

VLASTNÍ POPIS METODIKY

Polní pokusy byly prováděny od srpna 2023 do září 2025 za účelem studia využití sedmi druhů mezipločin s cílem podpořit výnos nadzemní biomasy mezipločin (čerstvé a suché hmoty), pochopení vlivu termínu zapravení mezipločin (podzim, jaro) a obsahu cukrů a ligninu v jejich biomase na výnosy kukuřice jako následné plodiny (tj. nadzemní biomasy čerstvé a suché hmoty včetně zvýšení obsahu cukrů a ligninu v jejich biomase). Dílčím cílem bylo také zhodnotit vliv digestátu na kvalitu a produkci mezipločin.

1. Výnosy nadzemní biomasy mezipločin při aplikaci digestátu

- vyhodnocení vlivu digestátu při aplikaci dávek 0 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹ a 40 t ha⁻¹.

2. Obsah cukrů, ADL a jejich poměr v nadzemní biomase mezipločin

- vyhodnocení změn v obsahu cukrů a ligninu (ADL) v závislosti na dávce digestátu
- vyhodnocení obsahu cukrů a ligninu (ADL) ve stoncích a v listech před podzimním zapravením mezipločin
- vyhodnocení obsahu cukrů a ligninu (ADL) ve stoncích a v listech před jarním zapravením mezipločin

3. Výnosy nadzemní biomasy kukuřice

- vyhodnocení vlivu druhu mezipločiny, termínu zapravení mezipločiny a hnojení digestátem na výnos čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice

Zakládání experimentálních porostů

Experiment byl realizován u obce Skořenice (Obrázek 3) v rámci poloprovozního testování vybraných druhů plodin. Zeměpisné souřadnice experimentální plochy jsou 50.025089, 16.225274 (pro rok 2023: experimentální pole č. 5501/7; a 50.012920, 16.208010 (pro rok 2024 bylo využito experimentální pole č. 6704).



Obrázek 3: Vyznačení pokusné lokality v rámci České republiky (Kintl, 2021).

V obou letech byla před předplodinami pěstována ozimá pšenice (*Triticum aestivum* L.). Po sklizni pšenice následovalo zpracování strniště do hloubky 8 cm a posklizňové zbytky byly mělce zapraveny do půdy.

Ve druhé polovině srpna byly na pokusné plochy aplikovány 3 varianty hnojení digestátem v dávkách. 0 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹ a 40 t ha⁻¹. Tři varianty hnojení byly rovněž aplikovány na kontrolní plochy bez mezipločin. Aplikace byla provedena pomocí stroje VT4556 (Vredo Dodewaard B.V, Nizozemsko).

Mezipločiny (

Tabulka 1) byly zasety 20. srpna 2023 a 14. srpna 2024 pomocí radličkového podmiťáče v kombinaci se secím strojem Biodrill (Väderstad, SE-596 36 Väderstad). Výsevky byly následující: řeřicha 8 kg ha⁻¹, ředkev olejná a hořčice 10 kg ha⁻¹, vratič obecný 12 kg ha⁻¹, proso 20 kg ha⁻¹, světlice barvířská 30 kg ha⁻¹, pohanka 40 kg ha⁻¹.

Tabulka 1: Přehled testovaných druhů mezipločin a termínů odběru vzorků biomasy.

MEZIPLODINA		POKUS 1 (2023-2024)				POKUS 2 (2024-2025)			
		2023		2024		2024		2025	
		PODZIMNÍ ODBĚR		JARNÍ ODBĚR		PODZIMNÍ ODBĚR		JARNÍ ODBĚR	
		STONKY	LISTY	STONKY	LISTY	STONKY	LISTY	STONKY	LISTY
1	Světlice barvířská (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)				2)				
2	Hořčice setá (<i>Sinapis alba</i> L.)				2)				2)
3	Ředkev olejná (<i>Raphanus sativus</i> L.)				2)				
4	Pohanka obecná (<i>Fagopyrum esculentum</i> L.)	1)	1)	1)	1)				2)
5	Proso seté (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	1)	1)	1)	1)				
6	Řeřicha setá (<i>Lepidium sativum</i> L.)				2)				2)
7	Svazenka vratičolistá (<i>Phacelia tanacetifolia</i> B.)				2)				

Legenda: zelené buňky tabulky: byly odebrány vzorky biomasy; 1) mezipločina nebyla testována; 2) biomasa listů se během zimy rozložila, vzorky nebylo možné odebrat.

Výnosy biomasy

Výnosy nadzemní biomasy mezipločin (čerstvá i suchá hmotnost) byly stanoveny na základě odběru vzorků z plochy o rozměru 1 m x 1 m ve třech pakování a následně přepočítány na ha⁻¹ pro každou mezipločinu zvlášť.

Zapravení mezipločin jako další pokusný faktor bylo provedeno v podzimním a jarním termínu.

Poté byla na pokusné plochy vyseta kukuřice.

U kukuřice bylo z každé varianty (hnojení digestátem, druh mezipločiny) odebráno 5 rostlin kukuřice a stanoven výnos nadzemní biomasy čerstvé a suché hmoty kukuřice (kg/1 rostlina), který byl přepočítán na t ha⁻¹.

Rostlinná biomasa byla v laboratoři sušena v komoře sušárny (model HS62A, výrobce Chironax, spol. s r.o.) při 50 °C do konstantní hmotnosti. Dále byly rostlinné vzorky analyzovány na obsah acidodetergentního ligninu (ADL), který byl stanoven podle normy ISO 13906, a na obsah cukrů (chemické analýzy v zemědělských laboratořích, publikovaných Ministerstvem zemědělství a výživy (Československá socialistická republika, České Budějovice 1987, vedoucí autorského týmu Ing. Petr Javorský, CSc, II. vyd., 398 s.).

Zpracování dat

Hodnoty byly měřeny ve třech opakováních. Proměnné (výnosy biomasy, obsah cukrů, obsah ADL) byly analyzovány jednosměrnou analýzou rozptylu (ANOVA) pomocí softwaru Statistica 14 (TIBCO Software Inc., USA). Poté byly provedeny post-hoc Tukeyho HSD testy. Za účelem stanovení vlivu a jeho míry u čtyř faktorů (druh meziploidy, hnojení digestátem, část rostliny, roční období) na obsah cukrů a ADL v nadzemní biomase vybraných meziploidin byly provedeny jednorozměrné (ANOVA) a vícerozměrné (MANOVA) testy signifikance, velikosti efektů a síly testů. Všechny analýzy byly provedeny na hladině významnosti $p < 0,05$.

1. Výnosy nadzemní biomasy meziploidin při aplikaci digestátu

Aplikace digestátu měla u většiny sledovaných meziploidin statisticky významný vliv na výnos čerstvé i suché biomasy ($p < 0,05$, HSD test) (Tabulka 2). Nejvyšší hodnoty byly dosaženy převážně při dávce 20 t ha⁻¹, zatímco zvýšení dávky na 40 t ha⁻¹ již nepřinášelo další nárůst výnosu a u některých druhů vedlo k mírnému poklesu.

Tabulka 2: Výnosy čerstvé a suché hmoty vybraných meziploidin při aplikaci digestátu. Průměry 2023-2024.

MEZIPLODINA		Hnojení digestátem	Čerstvá hmotnost (t ha ⁻¹)			Suchá hmotnost (t ha ⁻¹)		
		t ha ⁻¹	průměr	±SD	HSD	průměr	±SD	HSD
1	světlice	0	14,69	8,03	B	1,70	0,82	B
		20	26,97	3,11	A	3,12	0,07	A
		40	27,15	10,07	A	3,06	1,22	A
2	hořčice	0	11,75	0,43	B	2,28	0,50	B
		20	20,95	0,43	A	3,58	0,10	A
		40	18,54	5,90	A	3,10	1,08	AB
3	ředkev	0	17,19	7,02	B	2,04	0,66	B
		20	37,20	13,42	A	3,71	1,24	A
		40	33,67	11,10	A	3,54	1,10	AB
4	pohanka	0	8,12	3,61	A	2,56	0,59	A
		20	9,23	0,62	A	2,72	0,46	A
		40	8,27	3,23	A	2,31	0,12	A
5	proso	0	5,17	0,17	C	1,77	0,16	C
		20	9,07	0,18	A	2,99	0,16	A
		40	6,50	0,16	B	2,28	0,16	B
6	řeřicha	0	14,94	1,77	A	2,89	0,41	A
		20	15,56	2,24	A	2,89	0,57	A
		40	17,87	3,42	A	2,75	0,08	A
	svazenka	0	25,03	5,04	C	2,70	0,66	B

7	20	35,47	1,26	B	3,36	0,24	A
	40	43,90	4,68	A	3,67	0,11	A

Legenda: $\pm$ SD = směrodatná odchylka; HSD = Tukey's HSD test – písmena (A-B) udávají statisticky významné rozdíly mezi variantami.

U světlice barvířské (*Carthamus tinctorius* L.) se čerstvá hmotnost zvýšila z 14,69 t ha⁻¹ u kontroly na 26,97 t ha⁻¹ při dávce 20 t ha⁻¹ (+83 %), přičemž suchá hmota se více než zdvojnásobila (1,70 → 3,12 t ha⁻¹). Podobný trend byl zaznamenán i u hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) a ředkve olejné (*Raphanus sativus* L.), kde hnojené varianty významně převýšily kontrolu (A vs. B skupina dle HSD). Optimální dávka 20 t ha⁻¹ vedla k nárůstu suché hmotnosti o 57–82 % oproti nehnojené variantě.

Naopak pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench) reagovala na aplikaci digestátu pouze nevýznamně – rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné, což naznačuje její relativní nezávislost na dodatečném přísunu dusíku v počátečních růstových fázích.

U prosa setého (*Panicum miliaceum* L.) byl efekt digestátu výrazně diferencovaný. Varianta s 20 t ha⁻¹ vykázala nejvyšší výnos čerstvé (9,07 t ha⁻¹) i suché hmoty (3,0 t ha⁻¹), zatímco zvýšení dávky na 40 t ha⁻¹ vedlo k poklesu na úroveň mezi kontrolou a optimem, což může naznačovat negativní vliv vyšší salinity či amoniakální toxicity v substrátu digestátu.

U řeřichy seté (*Lepidium sativum* L.) nebyly mezi variantami zjištěny signifikantní rozdíly, což odpovídá jejímu krátkému vegetačnímu cyklu a nízké schopnosti využít pomaleji mineralizující živiny z digestátu.

Nejvyšší absolutní výnosy dosáhla svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), kde čerstvá hmota vzrostla z 25,03 t ha⁻¹ u kontroly na 43,90 t ha⁻¹ při 40 t ha⁻¹ digestátu (+75 %) a suchá hmota z 2,70 na 3,67 t ha⁻¹. Zřetelný lineární nárůst biomasy se zvyšující se dávkou digestátu svědčí o vysoké schopnosti svazenky využívat živiny z organického hnojiva.

Celkově lze shrnout, že nejvýraznější pozitivní reakci na hnojení digestátem vykázaly druhy s vyšší konkurenční schopností a hlubším kořenovým systémem (světlice, ředkev, svazenka), zatímco krátkověké druhy (pohanka, řeřicha) reagovaly málo. Optimální dávka se v průměru pohybovala kolem 20 t ha⁻¹, což představuje efektivní kompromis mezi výnosem a environmentální udržitelností.

Souhrn

- Aplikace digestátu měla u většiny sledovaných mezplodin jednoznačně pozitivní vliv na výnos čerstvé i suché biomasy (Tabulka 2).
- U světlice, hořčice a ředkve došlo při dávce 20 t ha⁻¹ k nejvyššímu nárůstu produkce, přičemž rozdíly vůči nehnojené kontrole byly statisticky významné (HSD test, $p < 0,05$).
- Zvýšení dávky digestátu na 40 t ha⁻¹ většinou nepřineslo další zlepšení výnosu, případně vedlo k mírnému poklesu, což bylo patrné zejména u prosa a částečně i u hořčice.
- Pohanka a řeřicha vykázaly na hnojení digestátem minimální nebo statisticky nevýznamnou reakci, což odráží jejich kratší vegetační cyklus a menší schopnost využít postupně uvolňované živiny z organického hnojiva.
- Nejvyšší absolutní produkce biomasy byla dosažena u svazenky, která jako jediná vykazovala zřetelný nárůst výnosu i při nejvyšší dávce digestátu.

Závěr

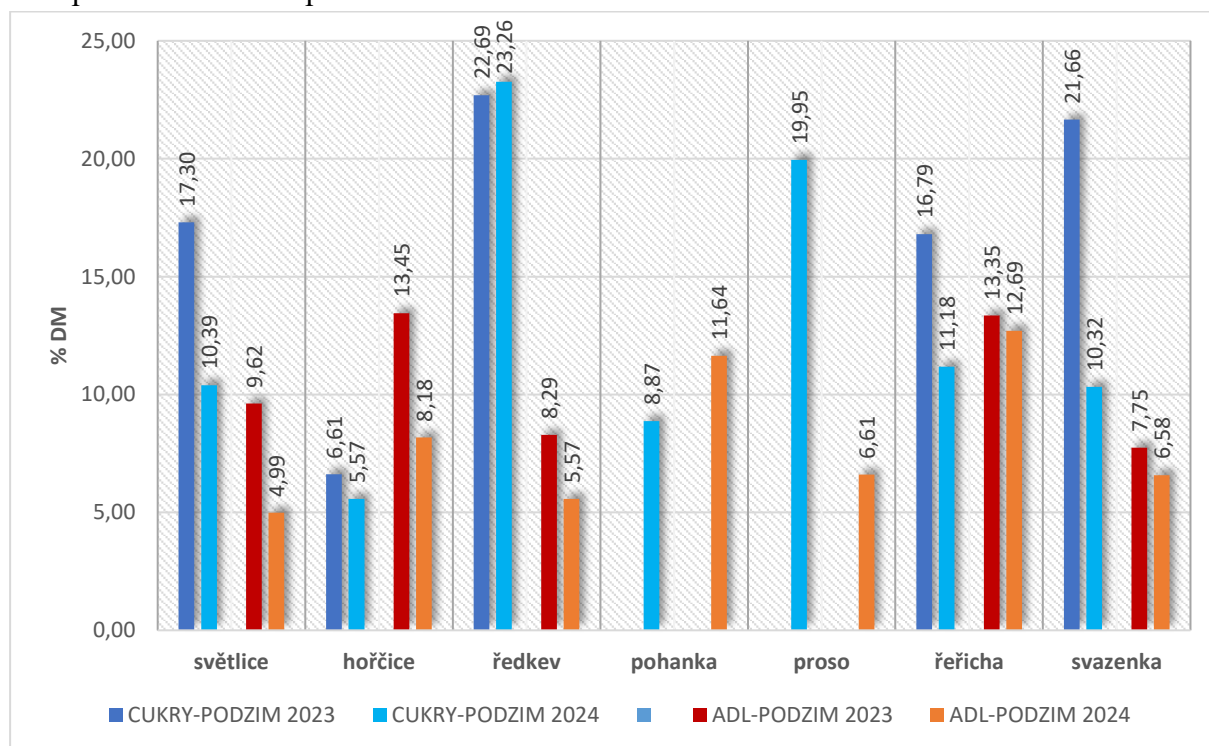
Výsledky potvrzují, že digestát je účinným organickým hnojivem zvyšujícím produkci biomasy u většiny pěstovaných meziplodin, přičemž optimální dávka se pohybuje kolem 20 t ha⁻¹. Tato dávka poskytovala nejvyšší výnosy, aniž by se objevily negativní dopady na růst rostlin, které byly patrné u některých druhů při 40 t ha⁻¹ (pravděpodobně vlivem vyšší salinity nebo amoniakální toxicity). Na intenzitu reakce silně působil druh meziplodiny, nejlépe reagovaly rostliny s robustnějším kořenovým systémem a delším vegetačním obdobím (světlice, ředkev, svazenka), zatímco krátkověké nebo slaběji kořenící druhy (pohanka, řeřicha) vykazovaly jen omezený efekt. Celkově lze aplikaci 20 t ha⁻¹ digestátu doporučit jako efektivní a agronomicky vhodnou strategii pro zvýšení výnosů i podporu ekologických funkcí meziplodin.

2. Obsah cukrů, ADL a jejich poměr v nadzemní biomase meziplodin

Obsah rozpustných cukrů (dále jen „cukry“) a podíl acidodetergentního ligninu (ADL) v nadzemní biomase sedmi hodnocených druhů meziplodin vykazoval mezi sledovanými ročníky 2023–2024 a 2024–2025 značnou variabilitu. Výsledky z jarního odběru listů v roce 2024 nejsou k dispozici, protože během zimního období listy podlehly degradaci (

Tabulka 1) a proto nemohly být vzorky odebrány. Z tohoto důvodu nemohlo být grafické srovnání obsahu cukrů a ADL v listech provedeno.

Obrázek 4 znázorňuje průměrné rozdíly v obsahu cukrů a ADL ve stoncích zkoumaných meziplodin na základě podzimního odběru vzorků.



Obrázek 4: Obsah cukrů a ADL ve stoncích meziplodin. Průměr podzimních odběrů 2023 a 2024. Součástí pokusu v ročníku 2023-2024 nebyly pohanka a proso.

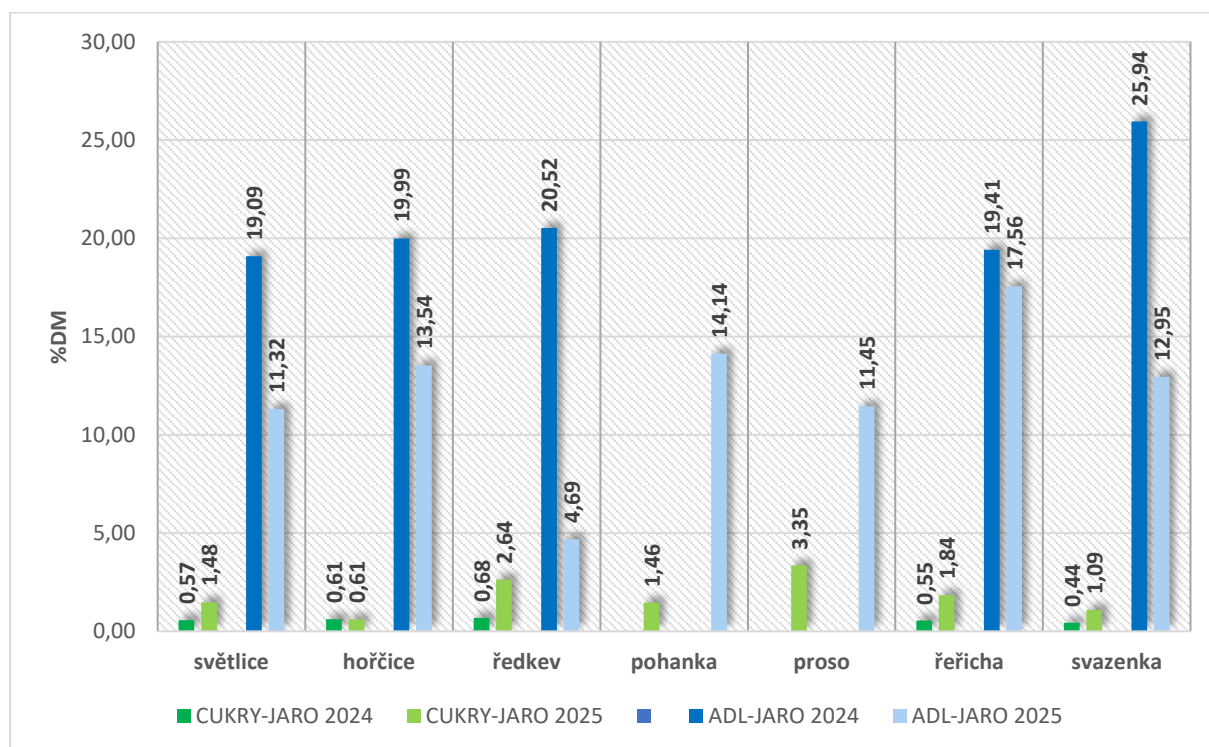
U většiny druhů byl na podzim 2024 zaznamenán pokles obsahu cukrů oproti roku předchozímu (2023), a to zejména u světlice (17,30 % DM → 10,39 % DM) a řeřichy (16,79

% DM → 11,18 % DM). Tento trend ukazuje na možný vliv odlišných podmínek počasí či fenologické fáze rostlin při odběru.

Naopak podíl ADL se meziročně měnil méně výrazně. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u hořčice (13,45 % DM v roce 2023) a řeřichy (13,35 % DM v roce 2023), což odpovídá vyššímu stupni lignifikace jejich pletiv. V roce 2024 se podíl ADL u většiny druhů mírně snížil (např. u hořčice na 8,18 % DM; u řeřichy na 12,69 % DM), což může souviset s rozdílnou dynamikou vývoje porostů v daném vegetačním období. Nejnížší hodnoty ADL byly trvale zjištěny u ředkve a světlice (kolem 5–6 % DM).

Celkově lze konstatovat, že meziplodiny s vyšším obsahem cukrů (ředkev, svazenka) vykazovaly zároveň nižší obsah ADL, což je z hlediska rozkladu biomasy a následného vlivu na půdní organickou hmotu příznivé. Druhy s vyšším obsahem ADL (hořčice, řeřicha) mohou naopak vykazovat pomalejší rozklad a delší setrvání zbytků v půdě. Tyto rozdíly je nutné zohlednit při výběru druhů meziplodin podle cílového agronomického efektu, tj. rychlý přísun snadno rozložitelného uhlíku vs. tvorba stabilnější organické frakce.

Obrázek 5 ukazuje průměrné rozdíly v obsahu cukrů a ADL ve stoncích zkoumaných meziplodin na základě jarního odběru.



Obrázek 5: Obsah cukrů a ADL ve stoncích meziplodin. Průměr jarních odběrů 2024 a 2025. Součástí pokusu v ročníku 2023-2024 nebyly pohanka a proso.

Jarní koncentrace cukrů byla obecně nízká (<330 g/kg DM), s nejvyšší hodnotou u prosa (3,35 % DM) a ředkve (2,64 % DM), ostatní druhy dosahovaly pouhých 0,5–1,5 % DM.

Podíl ADL byl výrazně vyšší, zejména u svazenky (25,94 % DM v roce 2024) a řeřichy (19,41 % DM v roce 2024), což reflektuje sezónní lignifikační dynamiku – strukturální zesílení tkání během zimního období.

Rok 2024 byl charakteristický vyšším podílem ligninu a nižším obsahem cukrů, což znamená pomalejší rozklad biomasy po zapravení a delší perzistenci organických zbytků v půdě.

Rok 2025 vykazoval nižší hodnoty ADL a mírně vyšší obsah cukrů, což naznačuje příznivější podmínky pro rychlejší mineralizaci.

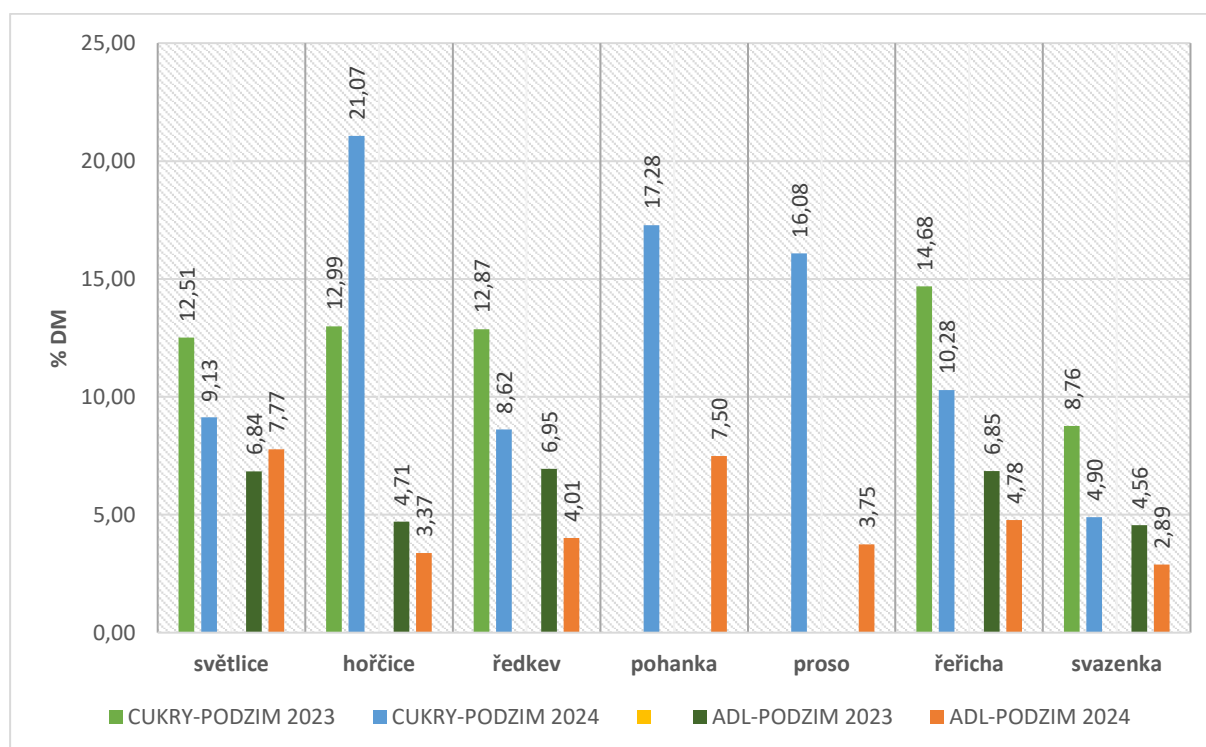
Tyto změny potvrzují, že čas odběru zásadně ovlivňuje strukturní kvalitu biomasy, tj. jarní zbytky jsou lignifikované a méně rozložitelné.

Výrazně snížená jarní koncentrace rozpustných cukrů je důsledkem zimního využití jako ochranných a energetických rezerv (Thapa et al., 2023). Studie ukazují, že s postupným rozkladem recyklovatelné frakce (cukrů) se relativně zvyšuje podíl mikrobiálně stabilních složek jako je lignin (ADL), které zpomalují mineralizaci (Thapa et al., 2023).

Navíc je potvrzeno, že počáteční chemické složení reziduí (například obsah cukrů, ligninu, C:N poměr) silně ovlivňuje rychlost a charakteristický průběh dekompozice, a to včetně stadií jarních a letních rozkladových procesů (Thapa et al., 2023; Adhikari et al., 2024).

V literatuře rovněž najdeme důkazy, že lignin je odolný vůči mikrobiálnímu rozkladu. Jako hlavní strukturní složka buněčných stěn zpomaluje dekompozici a je hlavním faktorem snížené biologické rozložitelnosti rostlinné biomasy (Frei 2013, Sharma et al., 2021).

Obrázek 6 znázorňuje průměrné rozdíly v obsahu cukrů a ADL v listech zkoumaných mezplodin na základě podzimního odběru. Součástí pokusu v ročníku 2023-2024 nebyly pohanka a proso.



Obrázek 6: Obsah cukrů a ADL v listech mezplodin. Průměr podzimních odběrů 2023 a 2024. Součástí pokusu v ročníku 2023-2024 nebyly pohanka a proso.

Statistické vyhodnocení meziročních rozdílů ukázalo jasně odlišné chování cukrů a ADL v závislosti na termínu zapravení (.

Tabulka 3).

Při **podzimním zapravení** byly mezi lety 2023 a 2024 zjištěny významné rozdíly v obsahu cukrů pouze u řeřichy a svazenky, zatímco ADL zůstalo stabilní u všech druhů. To ukazuje na relativní meziroční stabilitu ligninové frakce v podzimní biomase a selektivní citlivost cukrů u některých druhů.

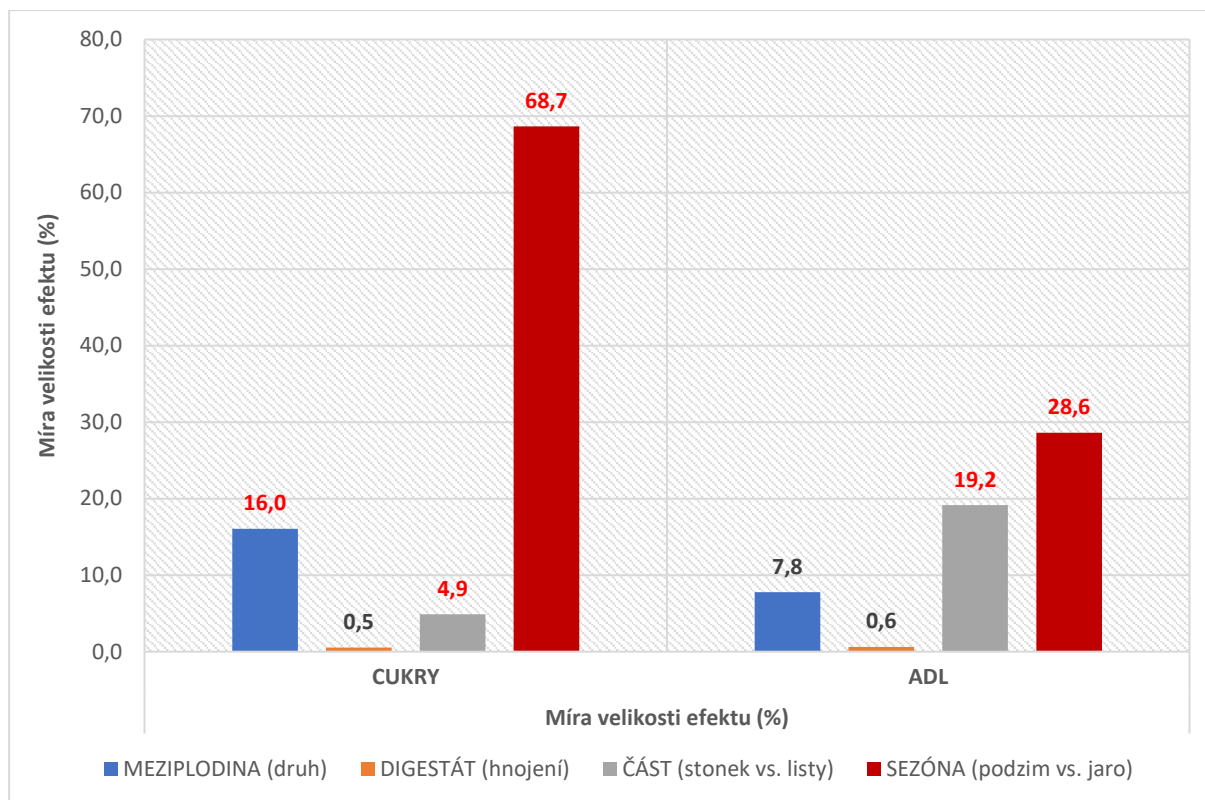
Naopak při **jarním zapravení** byly mezi roky 2024 a 2025 pozorovány významné rozdíly v obsahu cukrů u světlice, ředkve a svazenky (vyšší obsah v roce 2025), zatímco u hořčice a řeřichy zůstaly hodnoty stabilní. Ligninová frakce (ADL) však vykazala významné změny u **všech druhů** (nižší obsah v roce 2025), což ukazuje na silný vliv zimních podmínek na strukturní složky biomasy a na výraznější meziroční variabilitu ADL oproti cukrům v jarním období.

Tabulka 3: Statistické srovnání obsahu cukrů a ADL ve stoncích na podzim a na jaře

STONKY		PODZIM				JARO			
		CUKRY		ADL		CUKRY		ADL	
		2023	2024	2023	2024	2024	2025	2024	2025
1	světlice	A	A	A	A	B	A	A	B
2	hořčice	A	A	A	A	A	A	A	B
3	ředkev	A	A	A	A	B	A	A	B
4	řeřicha	A	B	A	A	A	A	A	B
5	svazenka	A	B	A	A	B	A	A	B

Legenda: písmena (A-B) udávají statisticky významné rozdíly v obsahu cukrů a ADL mezi roky 2023 a 2024 a 2024 a 2025 u jednotlivých mezipločin při podzimním a jarním zapravení.

Výsledky jedno- (ANOVA) a vícerozměrných (MANOVA) statistických analýz ukazují, že pro hodnocení kvality nadzemní biomasy z hlediska obsahu cukrů a ligninu je nutné primárně zohlednit sezónní dynamiku (podzim vs. jaro) a morfologické rozdíly pletiv (stonky vs. listy), zatímco vliv hnojení digestátem je v tomto ohledu zanedbatelný (Obrázek 7). Míra efektivity (ME) termínu zapravení dosahuje u cukrů hodnoty 68,7 %, u ADL 28,6 %, ME druhu mezipločiny u cukrů 16,0 %, ME rostlinné části (stonky vs. listy) u ADL 19,2 %, zatímco ME hnojení digestátem u cukrů jen 0,5 % a u ADL 0,6 %.



Obrázek 7: Míra velikosti efektů (faktorů) MEZIPLODINA (druh), DIGESTÁT (hnojení), ČÁST rostliny (stonek vs. listy) a SEZÓNA (podzim vs. jaro) pro obsah cukrů a ADL v nadzemní biomase rostlin. 2023–2025. Statisticky významná data jsou červeně.

Protože vliv hnojení digestátem byl zanedbatelný, nebylo k němu při následujícím výpočtu průměrného obsahu cukrů a ADL za období podzim 2023 a 2024 a jaro 2024 a 2025 přihlédnuto.

Srovnání obsahu cukrů v nadzemní části biomasy meziplochin při podzimním a jarním zapravení meziplochin ukazuje Obrázek 8.

Termín zapravení (podzim vs. jaro) vykazuje obecný trend společný všem zkoumaným druhům meziplochin: při podzimním zapravení má nadzemní biomasa (stonky a listy celkem) výrazně vyšší obsah cukrů (cca 10,7–17,7 % DM), než při jarním zapravení, kdy je obsah cukrů velmi nízký (cca 0,6–3,4 % DM).

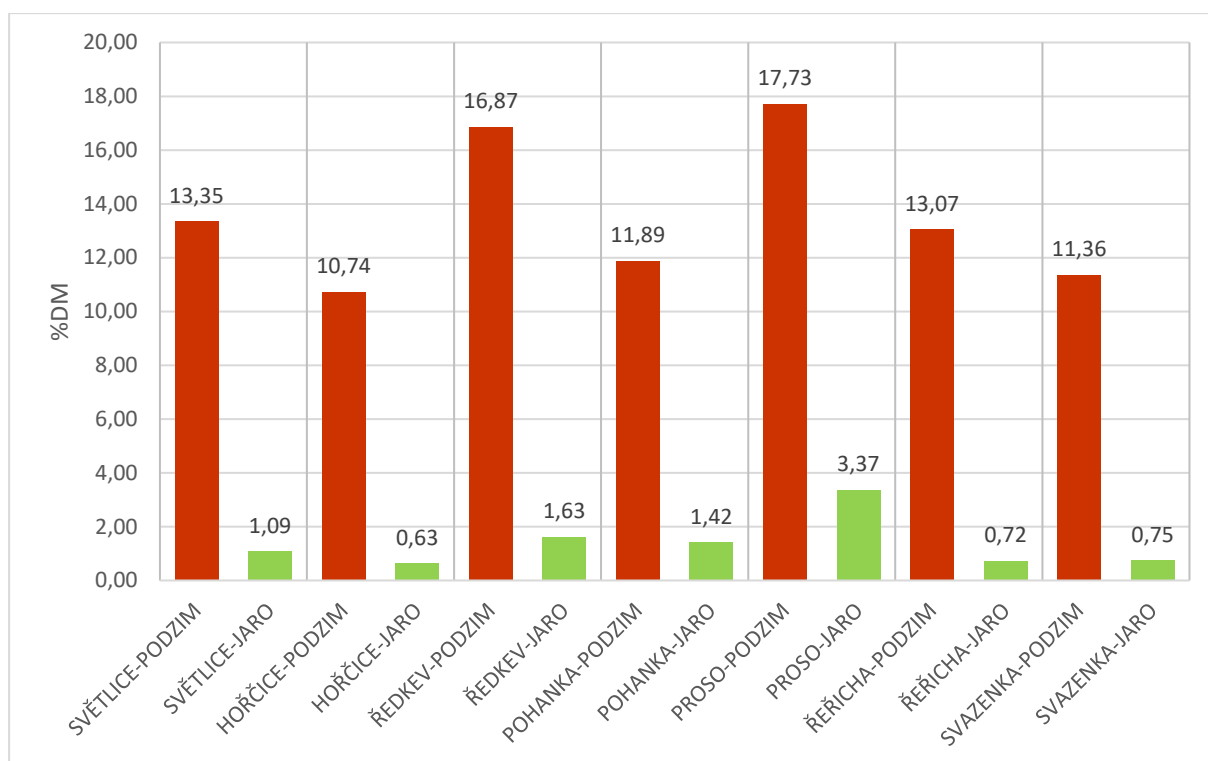
Pokles mezi podzimem a jarem je velký u všech druhů, často o více než 10 %. Jde tedy o robustní a jednoznačný efekt sezónního termínu zapravení (Obrázek 7).

Zřetelně nejvyšší obsah cukrů v biomase při podzimním zapravení vykazují proso, tj. 17,73 % DM (nejvyšší hodnota celého souboru) a ředkev 16,87 % DM.

Podzimní hodnoty jsou tedy poměrně široce rozptýlené (od 10 do 18 % DM). To ukazuje na druhově specifickou dynamiku akumulace rozpustných sacharidů v období dozrávání.

Při jarním zapravení jsou všechny hodnoty nízké, ale mezi druhy existují malé rozdíly, např. u prosa 3,37 % DM (jediný druh, kde rozdíl přesahuje 3 %), u ředkve 1,63 % DM, zatímco u řechy pouze 0,72 % DM a u hořčice 0,63 % DM (nejnižší hodnota v souboru).

Všechny druhy na jaře vykazují velmi nízký zbytkový obsah cukrů, což odpovídá jejich spotřebě během zimy (respirace, odbourávání, mrazové poškození, mikrobiální aktivita).



Obrázek 8: Srovnání obsahu cukrů v nadzemní části biomasy mezplodin při podzimním a jarním zapravení mezplodin. Průměr za období podzim 2023 až jaro 2025.

Velikost rozdílů mezi podzimním a jarním termínem zapravení obsahuje Tabulka 4.

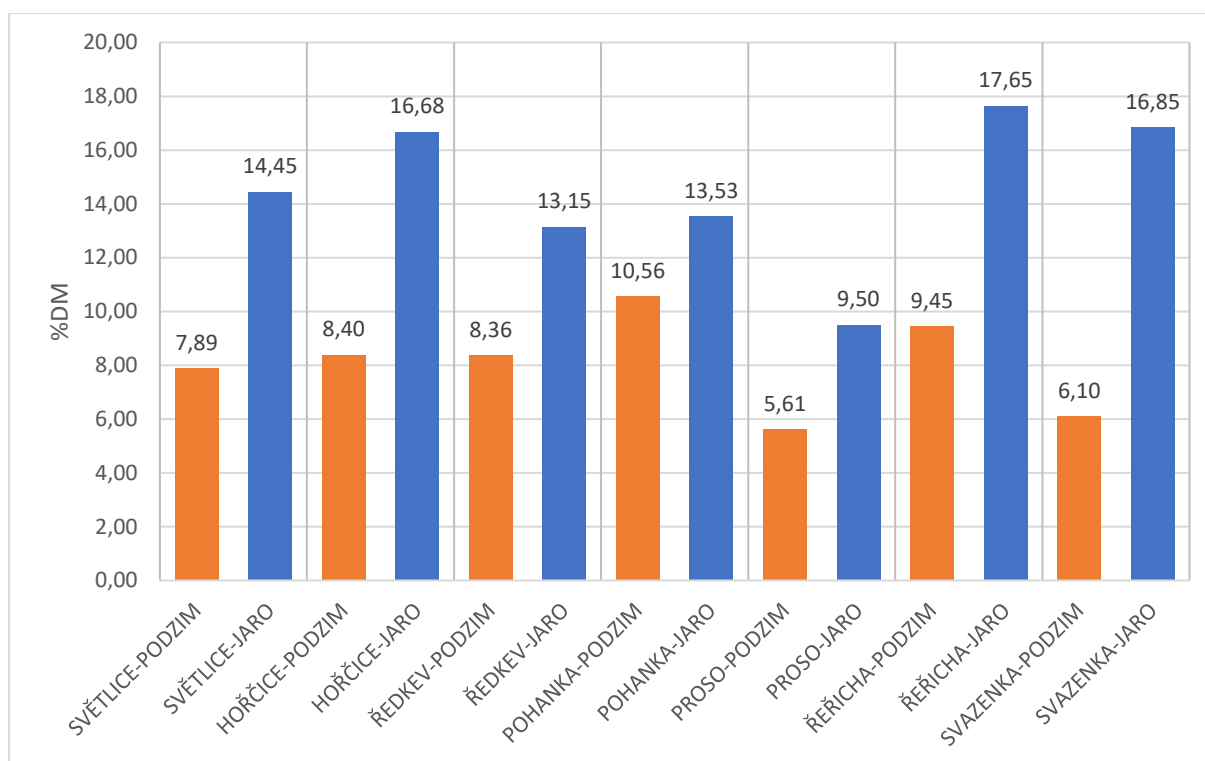
Rozdíly mezi všemi sedmi druhy mezplodin se pohybují přibližně mezi 10 až 15 %. Největší rozdíl byl zjištěn u prosa (17,73 → 3,37 % DM), nejmenší rozdíl, ale stále výrazný, u hořčice (10,74 → 0,63 % DM).

To potvrzuje, že načasování zapravení má mnohem větší dopad na obsah cukrů než druhové rozdíly.

Tabulka 4: Rozdíly v obsahu cukrů v nadzemní biomase mezplodin mezi podzimním a jarním termínem zapravení.

Mezplodina	Podzim (% DM)	Jaro (% DM)	Rozdíl (Podzim–Jaro) (%)
Světlice	13,35	1,09	12,26
Hořčice	10,74	0,63	10,11
Ředkev	16,87	1,63	15,24
Pohanka	11,89	1,42	10,47
Proso	17,73	3,37	14,36
Řeřicha	13,07	0,72	12,35
Svazenka	11,36	0,75	10,61

Obrázek 9 porovnává obsah ADL (% DM) v nadzemní biomase mezplodin při podzimním a jarním zapravení. Obsah ADL v biomase při jarním zapravení je u všech druhů vyšší než při podzimním zapravení. U většiny druhů se ADL zvyšuje o 5–11 %, což je robustní a konzistentní efekt.



Obrázek 9: Srovnání obsahu ADL v nadzemní části biomasy meziplodin při podzimním a jarním zapravení meziplodin. Průměr za období podzim 2023 až jaro 2025.

Na jaře byl obsah ADL u všech druhů vyšší a dosahoval 9–18 % DM. Nárůst ADL mezi podzimem a jarem byl konzistentní napříč všemi druhy, nejvyšší u svazenky (+10,75 %) a nejnižší u pohanky (+2,97 %). Tyto výsledky ukazují, že během zimního období dochází k výraznému úbytku lehce rozložitelných frakcí a k relativnímu nárůstu ligninové struktury, což se odráží ve zvýšených hodnotách ADL v jarních termínech.

Velikost rozdílů mezi podzimním a jarním termínem zapravení obsahuje Tabulka 5.

Tabulka 5: Rozdíly v obsahu ADL v nadzemní biomase meziplodin mezi podzimním a jarním termínem zapravení.

Meziplodina	Podzim (% DM)	Jaro (% DM)	Rozdíl (Podzim–Jaro)
Světlice	7,89	14,45	6,56
Hořčice	8,40	16,68	8,28
Ředkev	8,36	13,15	4,79
Pohanka	10,56	13,53	2,97
Proso	5,61	9,50	3,89
Řeřicha	9,45	17,65	8,20
Svazenka	6,10	16,85	10,75

Souhrn

- Obsah rozpustných cukrů a ligninu (ADL) v nadzemní biomase meziplodin vykazoval mezi ročníky 2023–2025 výraznou sezónní i druhovou variabilitu.
- Data jednoznačně ukazují, že **dominantním faktorem ovlivňujícím chemické složení biomasy není druh meziplodiny ani hnojení digestátem, ale termín zapravení (podzim vs. jaro).**

- Podzimní biomasa obsahovala vysoké množství cukrů (cca 10–18 % DM), zatímco jarní hodnoty byly velmi nízké (0,6–3,4 % DM), protože během zimy dochází k intenzivnímu využití rozpustných cukrů jako zdrojů energie.
- Naproti tomu obsah ADL byl na podzim nízký (cca 5–11 % DM), ale na jaře výrazně vzrostl (9–18 % DM), což odráží relativní nárůst ligninové frakce po degradaci lehce rozložitelných složek.
- Meziroční srovnání ukázalo, že podzimní hodnoty ADL jsou relativně stabilní, zatímco obsah cukrů je citlivější na podmínky ročníku (signifikantní rozdíly u řeřichy a svazenky). V jarních termínech byla naopak variabilita ADL mezi roky výrazná, což potvrzuje silný vliv zimních podmínek na strukturální vlastnosti tkání.
- Vícerozměrné analýzy (ANOVA, MANOVA) dále prokázaly, že **vliv hnojení digestátem je na obsah cukrů i ADL zanedbatelný**, zatímco termín odběru (podzim vs. jaro) vysvětluje 68,7 % variability u cukrů a 28,6 % u ADL. Tento výsledek dokládá, že chemické složení meziplovin je utvářeno zejména fyziologickou dynamikou rostlin a jejich expozicí zimním podmínkám, nikoliv dodatečným přísunem živin.

Závěr

Chemické složení nadzemní biomasy meziplovin je silně určováno sezónní dynamikou. Podzimní biomasa je bohatá na rozpustné cukry a chudá na lignin, což zajišťuje její rychlou mineralizaci po zapravení. Naproti tomu jarní biomasa má velmi nízký obsah cukrů a významně vyšší obsah ADL, což vede k pomalejšímu rozkladu a delší perzistenci zbytků v půdě.

Tyto rozdíly jsou konzistentní napříč druhy a potvrzují, že načasování zapravení je zásadním faktorem ovlivňujícím kvalitu organického materiálu vstupujícího do půdy. Druhové rozdíly sice existují (např. ředkev a svazanka mají nižší ADL než hořčice a řeřicha), avšak jejich vliv je menší než vliv sezóny.

Pro agronomickou praxi to znamená, že **termín zapravení je nutné volit v souladu s cílem hospodaření**:

Podzimní zapravení podporuje rychlý přísun snadno rozložitelného uhlíku a dostupného dusíku.

Jarní zapravení přispívá k tvorbě stabilnější organické hmoty s vyšším podílem ligninu.

Výsledky zároveň ukazují, že hnojení digestátem má na obsah cukrů a ADL minimální vliv, a nemění tak podstatně kvalitu nadzemní biomasy z hlediska její rozložitelnosti či vlivu na půdní organickou hmotu.

3. Výnosy nadzemní biomasy kukuřice pěstované jako hlavní plodina následně po vybraných druzích meziplovin

Výnosy nadzemní biomasy kukuřice v roce 2024

V termínu 28. srpna 2024 bylo z každé varianty (hnojení digestátem, druhy meziplovin, termín zapravení meziplovin) odebráno 5 rostlin kukuřice ve třech opakování a stanoven výnos nadzemní biomasy čerstvé a suché hmoty kukuřice (kg/1 rostlina). Výnosy biomasy přepočtené na t ha⁻¹ udává

Tabulka 9.

Zapravení meziplovin na podzim 2023

Podzimní termín (2023) zapravení meziplovin nemohl být pro nepřízeň počasí realizován.

Zapravení meziplovin na jaře 2024

Podle výsledků uvedených v

Tabulka 6 se v roce 2024 průměrná čerstvá hmotnost nadzemní biomasy kukuřice pohybovala v intervalu 0,6–1,069 kg rostlina⁻¹, zatímco suchá hmotnost dosahovala 0,246–0,373 kg rostlina⁻¹. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo u variant se svazenkou vratičolistou (40 t ha⁻¹ digestátu), následovaly pohanka (40 t ha⁻¹) a hořčice (20 t ha⁻¹).

Nicméně výsledky Tukeyho HSD testu ukázaly, že rozdíly mezi výnosy u jednotlivých variant hnojení digestátem nejsou ve většině případů statisticky významné ($p > 0,05$). V rámci většiny druhů meziplovin byly výnosy dosažené u všech tří dávek (0, 20 a 40 t ha⁻¹) zařazeny do stejné homogenní skupiny A, což indikuje vysokou variabilitu dat a relativně slabý efekt dávky digestátu na výnos biomasy kukuřice. Pouze ojediněle se objevily statisticky odlišné skupiny, například u řerichy a svazenky, kde byla varianta s 40 t ha⁻¹ digestátu zařazena do skupiny A, zatímco kontrola a dávka 20 t ha⁻¹ spadaly do skupiny B.

Tyto výsledky naznačují, že vliv druhu meziplovin a hnojení digestátem na výnos kukuřice byl spíše tendencí než jednoznačně prokázaným efektem. Přesto lze pozorovat jasný trend růstu výnosů biomasy kukuřice s vyšší dávkou digestátu a téměř u všech meziplovin.

Tabulka 6: Výnosy čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice v roce 2024 při jarním zapravení meziplovin v roce 2024.

Varianta		Digestát (t ha ⁻¹)	Kukuřice-čerstvá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)			Kukuřice-suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)		
			Průměr	±SD	HSD	Průměr	±SD	HSD
1	Kontrola	0	0,658	0,115	A	0,260	0,046	A
2	Kontrola	20	0,897	0,020	A	0,329	0,007	A
3	Kontrola	40	0,744	0,243	A	0,278	0,091	A
4	Ředkev	0	0,600	0,101	A	0,246	0,041	A
5	Ředkev	20	0,731	0,152	A	0,284	0,059	A
6	Ředkev	40	0,785	0,127	A	0,300	0,048	A
7	Řericha	0	0,693	0,137	B	0,285	0,056	A
8	Řericha	20	0,737	0,081	AB	0,289	0,032	A
9	Řericha	40	0,866	0,076	A	0,328	0,029	A
10	Hořčice	0	0,763	0,228	A	0,297	0,089	A
11	Hořčice	20	0,939	0,169	A	0,354	0,064	A
12	Hořčice	40	0,799	0,068	A	0,301	0,026	A
13	Pohanka	0	0,691	0,071	B	0,280	0,029	B

14	Pohanka	20	0,819	0,097	B	0,311	0,037	AB
15	Pohanka	40	0,985	0,114	A	0,356	0,041	A
16	Svazenka	0	0,684	0,153	B	0,264	0,059	B
17	Svazenka	20	0,863	0,091	B	0,319	0,034	AB
18	Svazenka	40	1,069	0,062	A	0,373	0,022	A
19	Světlice	0	0,697	0,086	A	0,286	0,035	A
20	Světlice	20	0,718	0,148	A	0,275	0,057	A
21	Světlice	40	0,898	0,194	A	0,335	0,072	A

Legenda: $\pm$ SD = směrodatná odchylka; HSD = Tukey's HSD test – písmena (A-B) udávají statisticky významné rozdíly mezi variantami.

Výnosy nadzemní biomasy kukuřice v roce 2025

V termínu 23. 9. 2025 bylo z každé varianty (hnojení digestátem, druhy meziplodin, termín zapravení meziplodin) odebráno 5 rostlin kukuřice a stanoven výnos nadzemní biomasy čerstvé a suché hmoty kukuřice (kg/1 rostlina). Výnosy biomasy přepočtené na $t\ ha^{-1}$ udává

Tabulka 9.

Zapravení meziplodin na podzim 2024

Průměrné hodnoty **čerstvé hmotnosti** nadzemní biomasy kukuřice se v jednotlivých variantách pohybovaly v rozmezí $0,78\text{--}1,16\text{ kg rostlina}^{-1}$, zatímco suchá hmotnost kolísala mezi $0,19\text{--}0,38\text{ kg rostlina}^{-1}$ (Tabulka 7). Většina rozdílů mezi variantami nebyla statisticky významná, což potvrzují i výsledky Tukeyho HSD testu.

Mírně vyšší, avšak statisticky nevýznamné zvýšení výnosu biomasy kukuřice bylo pozorováno po meziplodinách hořčice, řěřicha, svazenka a světlice, především při aplikaci dávek digestátu 0 t ha^{-1} a 20 t ha^{-1} . Nejvyšší průměrná čerstvá hmotnost kukuřice byla zaznamenána u varianty hořčice 20 t ha^{-1} ($1,158\text{ kg rostlina}^{-1}$) a řěřicha 0 t ha^{-1} ($1,1\text{ kg rostlina}^{-1}$). Nejnižší hodnoty výnosu vykazala kontrola bez meziplodiny a digestátu ($0,787\text{ kg rostlina}^{-1}$) a varianta hořčice 40 t ha^{-1} , která zároveň jako jediná vytvořila samostatnou homogenní skupinu B.

U **suché hmotnosti** kukuřice se projevil podobný trend. Statisticky významně nižší hodnota byla zaznamenána opět u variant hořčice 40 t ha^{-1} ($0,26\text{ kg rostlina}^{-1}$) a pohanka 40 t ha^{-1} ($0,192\text{ kg rostlina}^{-1}$), zatímco nejvyšší průměr ($0,375\text{ kg rostlina}^{-1}$) byl dosažen u hořčice 20 t ha^{-1} . Rozdíly mezi ostatními variantami byly z hlediska Tukeyho testu nevýznamné (skupina A).

Celkově lze konstatovat, že **vliv meziplodin a dávek digestátu na výnos biomasy kukuřice byl nízký a většina rozdílů nebyla statisticky významná**, ačkoli se v průměrech projevil trend mírného zvýšení výnosu při aplikaci nižší dávky digestátu (20 t ha^{-1}).

U varianty s nejvyšší dávkou digestátu (40 t ha^{-1}) byl naopak pozorován **pokles výnosu** čerstvé i suché biomasy kukuřice u kontroly (bez meziplodin) i u většiny druhů meziplodin.

Na základě srovnání s kontrolními variantami bez meziplodin lze konstatovat, že **zařazení meziplodin do osevního sledu přispělo k mírnému zvýšení produkce biomasy kukuřice**, přestože rozdíly nebyly ve většině případů statisticky průkazné.

Tabulka 7: Výnosy čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice v roce 2025 při podzimním zapravení meziplodin v roce 2024.

Varianta		Digestát (t ha ⁻¹)	Kukuřice-čerstvá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)			Kukuřice-suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)		
			Průměr	±SD	HSD	Průměr	±SD	HSD
1	Kontrola	0	0,787	0,205	A	0,224	0,058	A
2	Kontrola	20	0,897	0,114	A	0,265	0,034	A
3	Kontrola	40	0,783	0,190	A	0,232	0,056	A
4	Ředkev	0	1,050	0,167	A	0,308	0,049	A
5	Ředkev	20	1,039	0,161	A	0,318	0,049	A
6	Ředkev	40	0,964	0,146	A	0,307	0,047	A
7	Řeřicha	0	1,100	0,118	A	0,340	0,036	A
8	Řeřicha	20	0,863	0,147	A	0,270	0,046	A
9	Řeřicha	40	0,882	0,161	A	0,275	0,050	A
10	Hořčice	0	1,063	0,226	AB	0,341	0,073	A
11	Hořčice	20	1,158	0,087	A	0,375	0,028	A
12	Hořčice	40	0,864	0,086	B	0,260	0,026	B
13	Pohanka	0	1,041	0,105	A	0,331	0,033	A
14	Pohanka	20	1,062	0,233	A	0,331	0,073	A
15	Pohanka	40	0,932	0,130	A	0,192	0,027	B
16	Proso	0	1,015	0,130	A	0,310	0,040	A
17	Proso	20	0,943	0,138	A	0,278	0,041	A
18	Proso	40	1,024	0,140	A	0,306	0,042	A
19	Svazenka	0	1,052	0,156	A	0,309	0,046	A
20	Svazenka	20	1,109	0,199	A	0,326	0,058	A
21	Svazenka	40	0,968	0,171	A	0,308	0,054	A
22	Světlice	0	1,025	0,090	A	0,318	0,028	A
23	Světlice	20	1,097	0,178	A	0,345	0,056	A
24	Světlice	40	1,092	0,194	A	0,326	0,058	A

Legenda: ±SD = směrodatná odchylka; HSD = Tukey's HSD test – písmena (A-B) udávají statisticky významné rozdíly mezi variantami.

Zapravení meziplodin na jaře 2025

Průměrné hodnoty **čerstvé hmotnosti** nadzemní biomasy kukuřice se pohybovaly v rozmezí 0,86–1,15 kg rostlina⁻¹, zatímco suchá hmotnost dosahovala 0,26–0,46 kg rostlina⁻¹ (

Tabulka 8). Rozdíly mezi jednotlivými třemi variantami hnojení v rámci jednotlivých druhů meziplodin byly obecně nízké, a Tukeyho HSD test potvrdil pouze omezený počet statisticky významných odchylek. U čerstvé hmotnosti se jako samostatná skupina B oddělila varianta hořčice 0 t ha⁻¹, zatímco ostatní varianty spadaly do homogenní skupiny A.

U **suché hmotnosti** se mírně významné rozdíly mezi variantami hnojení projeví u pohanky 40 t ha⁻¹ (nejvyšší hodnota 0,456 kg rostlina⁻¹), u hořčice 0 t ha⁻¹ a u svazenky 20 t ha⁻¹, které vykázaly nejnižší průměry (0,28 a 0,264 kg rostlina⁻¹).

Celkově lze konstatovat, že efekt druhu meziplodiny a dávky digestátu na výnos biomasy kukuřice byl v roce 2025 podobně jako v roce 2024 převážně nevýznamný, ačkoli určité trendy naznačují odlišnou dynamiku u jednotlivých druhů. Nejvyšší hodnoty výnosu kukuřice byly dosaženy po meziplodinách řeřicha, hořčice, pohanka a svazenka, zatímco nejnižší výnosy byly zaznamenány u kontrolních variant bez meziplodin a u hořčice 0 t ha⁻¹. Tyto výsledky naznačují, že zařazení meziplodin obecně pozitivně ovlivňuje výnos biomasy kukuřice, i když rozdíly nepřekročily hranici statistické významnosti.

Mírně vyšší výnosy kukuřice po meziplodinách hořčice 20 t ha⁻¹, pohanka 40 t ha⁻¹ a svazenka 40 t ha⁻¹ naznačují, že optimální dávka digestátu se pohybuje mezi 20–40 t ha⁻¹.

Tabulka 8: Výnosy čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice v roce 2025 při jarním zapravení meziplodin v roce 2025.

Varianta		Digestát (t ha ⁻¹)	Kukuřice-čerstvá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)			Kukuřice-suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/rostlina)		
			Průměr	±SD	HSD	Průměr	±SD	HSD
1	Kontrola	0	0,875	0,142	A	0,286	0,046	A
2	Kontrola	20	1,089	0,100	A	0,355	0,032	A
3	Kontrola	40	0,973	0,199	A	0,293	0,060	A
4	Ředkev	0	0,985	0,256	A	0,298	0,077	A
5	Ředkev	20	0,993	0,152	A	0,295	0,045	A
6	Ředkev	40	1,069	0,146	A	0,328	0,045	A
7	Řeřicha	0	1,151	0,137	A	0,342	0,041	A
8	Řeřicha	20	0,943	0,226	A	0,298	0,071	A
9	Řeřicha	40	0,971	0,095	A	0,298	0,029	A
10	Hořčice	0	0,864	0,120	B	0,280	0,039	B
11	Hořčice	20	1,137	0,146	A	0,377	0,048	A
12	Hořčice	40	1,004	0,206	AB	0,331	0,068	AB
13	Pohanka	0	1,039	0,165	A	0,324	0,051	B
14	Pohanka	20	1,041	0,102	A	0,340	0,033	B
15	Pohanka	40	0,999	0,216	A	0,456	0,098	A
16	Proso	0	0,919	0,168	A	0,290	0,053	A
17	Proso	20	0,949	0,111	A	0,284	0,033	A
18	Proso	40	1,011	0,095	A	0,330	0,031	A
19	Svazenka	0	1,063	0,092	A	0,323	0,028	AB
20	Svazenka	20	0,861	0,162	A	0,264	0,050	B

21	Svazenka	40	1,135	0,246	A	0,361	0,078	A
22	Světlice	0	0,877	0,121	A	0,292	0,040	A
23	Světlice	20	1,029	0,150	A	0,334	0,049	A
24	Světlice	40	0,970	0,083	A	0,291	0,025	A

Legenda: $\pm$ SD = směrodatná odchylka; HSD = Tukey's HSD test – písmena (A-B) udávají statisticky významné rozdíly mezi variantami.

Tabulka 9 udává výnosy čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice na základě všech termínů zapravení meziplodin a variant hnojení digestátem přepočtené na $t\ ha^{-1}$.

Tabulka 9: Výnosy čerstvé a suché nadzemní biomasy kukuřice podle termínu zapravení meziplodin 2024–2025. Přepočet na $t\ ha^{-1}$.

Varianta		Digestát (t ha ⁻¹)	Kukuřice-čerstvá hmotnost nadzemní biomasy (t ha ⁻¹)			Kukuřice-suchá hmotnost nadzemní biomasy (t ha ⁻¹)		
			Termín zapravení meziplodiny					
			JARO 2024	PODZIM 2024	JARO 2025	JARO 2024	PODZIM 2024	JARO 2025
1	Kontrola	0	54,80	65,62	72,93	21,66	18,63	23,86
2	Kontrola	20	74,75	74,78	90,72	27,43	22,05	29,60
3	Kontrola	40	62,00	65,27	81,12	23,17	19,32	24,39
4	Ředkev	0	50,00	87,50	82,08	20,47	25,67	24,81
5	Ředkev	20	60,95	86,55	82,72	23,63	26,47	24,59
6	Ředkev	40	65,41	80,32	89,05	25,00	25,56	27,33
7	Řeřicha	0	57,77	91,67	95,95	23,75	28,33	28,53
8	Řeřicha	20	61,45	71,95	78,57	24,07	22,53	24,83
9	Řeřicha	40	72,15	73,52	80,93	27,35	22,88	24,84
10	Hořčice	0	63,57	88,55	71,98	24,74	28,45	23,34
11	Hořčice	20	78,22	96,48	94,75	29,50	31,25	31,45
12	Hořčice	40	66,60	72,02	83,67	25,10	21,65	27,62
13	Pohanka	0	57,55	86,77	86,62	23,34	27,61	26,97
14	Pohanka	20	68,25	88,47	86,77	25,89	27,59	28,33
15	Pohanka	40	82,07	77,68	83,28	29,67	15,99	38,00
16	Proso	0		84,62	76,58		25,81	24,20
17	Proso	20		78,60	79,12		23,13	23,69
18	Proso	40		85,35	84,22		25,51	27,47

19	Svazenka	0	57,00	87,65	88,60	22,02	25,78	26,92
20	Svazenka	20	71,88	92,38	71,78	26,61	27,13	22,02
21	Svazenka	40	89,08	80,63	94,60	31,05	25,65	30,10
22	Světlice	0	58,07	85,40	73,10	23,83	26,53	24,31
23	Světlice	20	59,82	91,42	85,78	22,89	28,73	27,84
24	Světlice	40	74,82	87,66	80,80	27,91	26,15	24,26

Souhrn

Z výsledků je zřejmé, že vliv druhu meziplodiny a dávky digestátu na výnos nadzemní biomasy kukuřice je převážně malý a často statisticky nevýznamný (Tukey HSD: většina variant ve skupině A). Přesto se opakovaně objevují stabilní trendy:

1. Termín zapravení je důležitější než dávka digestátu.

Podzimní zapravení (Tabulka 7) přináší výraznější efekt na dostupnost dusíku a vodní režim půdy než zapravení jarní (Poeplau & Don, 2015; Raimondi et al., 2023).

Jarní zapravení v roce 2025 (

Tabulka 8) sice vykázalo průměrný výnos srovnatelný nebo mírně vyšší než zapravení podzimní v předchozím roce, avšak tento efekt lze vysvětlit **kumulativním zlepšením půdních vlastností** po dvou po sobě jdoucích letech s meziplodinami a digestátem. To odpovídá poznatkům, že efekt meziplodin se v některých systémech projeví až v druhém či třetím roce (Elhakeem et al., 2021).

2. Dávka digestátu 20 t ha⁻¹ je častěji spojena s lepšími průměrnými výnosy biomasy než dávka 40 t ha⁻¹.

Napříč ročníky a druhy meziplodin se opakovaně ukazuje, že dávka **20 t ha⁻¹ digestátu** poskytovala stabilně nejvyšší nebo jedny z nejvyšších průměrných výnosů čerstvé a suché hmoty kukuřice. Vysoká dávka (40 t ha⁻¹) často nepřinesla další zvýšení výnosu, někdy byla dokonce spojena s jeho mírným snížením, zejména u hořčice a řeřichy. Odpovídá to literatuře, která upozorňuje na rizika:

- **krátkodobé imobilizace dusíku** po zapravení organického materiálu s vyšším obsahem uhlíku,
- možného **anaerobního stresu** nebo vyšší osmotické zátěže po vysokých dávkách digestátu (Möller & Müller, 2012),
- **dočasné inhibice růstu mladých rostlin amoniakálním N** (Amon et al., 2007).

Tento vzorec – optimální střední dávka organického hnojiva – je dobře doložen i v evropských pokusech s digestátem a meziplodinami (Raimondi et al., 2023).

3. Druhy meziplodin vykazují určité rozdíly ve výnosech následné kukuřice, avšak tyto rozdíly:

- nejsou většinou statisticky významné,
- jsou výrazně modulovány ročníkem, dávkou digestátu a termínem zapravení,
- mají spíše charakter ekologických trendů než jednoznačných efektů.

Například hořčice a světlice často dosahovaly mírně vyšších výnosů při střední dávce digestátu, což dobře odpovídá jejich rychlé mineralizaci, vyššímu obsahu síry, draslíku a strukturálních polysacharidů, které stimulují mikrobiální metabolismus. Naopak pohanka a svazenka mohou v některých ročnících vykazovat nižší výnos při vysoké dávce digestátu, pravděpodobně kvůli interakci mezi C:N poměrem biomasy a dynamikou rozkladu, jak popisují studie zaměřené na rozdílnou kvalitu zbytkové biomasy a její vliv na mineralizaci dusíku (Ruark & Franzen, 2020; Li et al., 2021).

4. Stabilizační efekt meziplodin.

Meziplodiny zvyšují stabilitu výnosů kukuřice. Zlepšení půdní struktury, infiltrace, agregace a zvýšená aktivita mikroorganismů jsou dlouhodobé procesy, které nemusí okamžitě zvýšit výnos v jednom ročníku, ale snižují variabilitu mezi roky a zlepšují reakci na stresové podmínky – což potvrzují dlouhodobé metaanalýzy (Poeplau & Don, 2015) i víceleté polní pokusy v Evropě (Elhakeem et al., 2021; Raimondi et al., 2023).

To se dokonale shoduje s pozorovanými daty: přestože rozdíly v jednotlivých variantách byly často nevýznamné, celkový průměr šel s časem nahoru a kontrolní plochy zaostávaly ve všech ročnících.

Závěr

1. **Termín zapravení** je klíčový: **podzimní zapravení** zpravidla poskytlo vyšší (a stabilnější) výnosy kukuřice než jarní zapravení téhož roku, protože lépe synchronizuje uvolnění N z biomasy s ranými růstovými fázemi kukuřice.
2. **Dávka digestátu**: jako **prakticky optimální** se jeví **20 t ha⁻¹**. Vyšší dávka 40 t ha⁻¹ může v některých případech snižovat výnos (krátkodobá imobilizace N, amoniakální/anaerobní stres).
3. **Volba druhu meziplodiny**: rozdíly mezi druhy se projevují spíše jako trendy; druhy z čeledi brukvovitých a světlice v kombinaci s 20 t ha⁻¹ patří v našich podmínkách mezi spolehlivější volby.
4. **Dlouhodobý efekt**: Meziplodiny zlepšují fyzikální stav půdy, biologickou aktivitu a dlouhodobou dostupnost živin, čímž podporují vyšší stabilitu výnosů kukuřice v čase.

Sledování vlivu pásového zpracování s mezipločinou na půdní vlhkost

Úvod

Technologie zpracování půdy má vliv na velkou škálu půdních vlastností, mimo jiné významně působí na vlhkostní režim půdy. Rostlinné zbytky kryjící meziřadí mohou omezovat evapotranspiraci půdy, zároveň změny v samotném zpracování půdy mohou ovlivnit rychlost infiltrace vody do půdy. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli prověřit vliv částečně zpracované půdy v kombinaci s rostlinnými zbytky na povrchu meziřadí, tzv. technologii pásového zpracování půdy, na půdní vlhkost. O této technologii je obecně známo, že přináší mnoho výhod, například nižší náklady na pohonné hmoty nebo protierozní účinky. Cílem tohoto ověřování proto bylo prohloubit poznatky o vlhkostním režimu půdy a lépe popsat reakce této technologie zpracování na odlišné intenzity srážek. Za tímto účelem byly srážkové události rozčleněny podle intenzity, doby trvání a celkového úhrnu na přívalové a nepřívalové, a půdní vlhkost byla sledována během jejich průběhu. Samotné měření probíhalo na pokusných

parcelách kukuřice, na kterých bylo použito dvou různých technologií zpracování půdy, část parcel byla tvořena konvenční orbou a část pásovým zpracováním s meziplovinou. Do takto připravených pokusných parcel byly rozmístěny polní dataloggery, kterými byla během vegetační doby kukuřice monitorována půdní vlhkost. Naměřená data byla následně použita pro vypracování statistických testů, díky kterým bylo možné porovnat velikost a významnost rozdílů.

Metodika ověřování vlivu technologie pásového zpracování s meziplovinou na půdní vlhkost

Popis lokality

Sledování půdní vlhkosti pokusných parcel pásového zpracování půdy probíhalo po dobu čtyř let na pozemcích obhospodařovaných ZD Krásná Hora nad Vltavou. Pokusné lokality se nacházely poblíž obce Petrovice, ve Středočeském kraji (49° 33' 30.28" N, 14° 20' 13.83" E). Průměrná roční teplota na lokalitě se pohybovala mezi 7 a 8 °C, a průměrný roční úhrn srážek činil cca 550-650 mm.v.s. Lokalita se nachází v moldanubické oblasti a je součástí ostrovní zóny středočeského plutonu. Podloží je tak silně proměnlivé, během průběhu výzkumu bylo tvořeno například kvarténními sedimenty, břidlicemi a erlany s krystalickými vápenci. Jako půdní typ zde byly prokázány kambizemě, spadající do hydrologické skupiny B. Jednotlivé vybrané pokusné parcely pak měly jižní až jihovýchodní expozici, sklon svahu se zde pohyboval mezi 10–20 %.

Sběr dat a jejich zpracování

Data půdní vlhkosti byla odebírána pomocí polních čidel umístěných ve hloubce 0–15 cm. Sběr dat byl prováděn v časovém intervalu 10 minut, pro dosažení co možná nejrychlejší odezvy na přicházející srážky. Každá varianta zpracování půdy byla osazena dvěma dataloggery TMS-4, jedním sledujícím meziřadí, druhým umístěným v řádku plodiny. Vzdálenost mezi odběrovými místy různých variant zpracování půdy dosahovala vždy maximálně jednotek metrů, aby byly zachovány podobné podmínky. Dataloggery byly jednotlivě zkalibrovány podle instrukcí výrobce (Wild, 2019) a po vysetí kukuřice rozmístěny na parcely. Krátce před sklizní kukuřice byly dataloggery z půdy vyjmuty a byla z nich stažena naměřená data, určená k dalšímu zpracování. Ve fázi zpracování dat byla nejprve analyzována data srážkových událostí, získaná z polní meteostanice, která byla následně spárována se změnami v půdní vlhkosti. Z naměřených hodnot půdní vlhkosti byly ze všech dataloggerů jednotlivých variant vypočteny průměrné hodnoty.

Pro rozlišení reakcí půdy na různou intenzitu zadeštění, byly zaznamenané srážky následně rozděleny do dvou skupin: přívalové a nepřívalové. Toto rozdělení se opírá o kritéria erozní významnosti srážky pro výpočet univerzální rovnice ztráty půdy (Wischmeier, 1978) a má za účel ze všech srážek, které se během doby sledování objevily, vybrat ty, při kterých došlo k soustředěnému povrchovému odtoku. Podmínky pro klasifikaci srážky jako přívalové jsou: celkový úhrn této srážkové události musí převýšit 12,5 mm, z těchto musí více než 6,25 mm dopadnout během méně než 15 ti minut a celá srážková událost musí být od ostatních oddělena periodou alespoň 6 hodin. Data získaná z ombrometru polní meteostanice byla následně roztržena podle těchto podmínek. Některé srážkové události byly ze seznamu odstraněny, zpravidla série srážek, které od sebe nebyly odděleny dobou vyšší než 6 hodin. Mezi těmito

srážkami půda nestačila dostatečně vyschnout a následující analýzy by postrádaly smysl. Ostatní srážkové události byly označeny jako nepřivalové.

Aby bylo zajištěno podrobnější sledování změn půdní vlhkosti v čase, byly v průběhu každé srážky vytyčeny určité zájmové body, podle kterých byla srážka rozdělena do fází. První zájmový bod se nacházel před začátkem srážky a představoval „suchý“ stav půdy. Druhý zájmový bod se nacházel v době nejvyšší dosažené půdní vlhkosti během srážky. Za použití těchto bodů jako hranic byly průběhy srážkových událostí rozděleny do různých fází. První fáze, pojmenována jako fáze saturační, probíhá od počátku srážky (počáteční hodnotou je výše zmiňovaný bod půdní vlhkosti před začátkem srážky) do bodu nejvyšší dosažené vlhkosti. Během této fáze se půda sytí vodou a srážka zpravidla nabývá na intenzitě nebo si intenzitu drží. Druhou fází je fáze vysychání, která počíná bodem nejvyšší naměřené vlhkosti během srážkové události, a trvá až 36 hodin. Srážky povětšinou nepokračují dlouhou dobu do fáze vysychání, občasně se však dostavila další oddělená srážková událost během průběhu této fáze, a v takovém případě, byla celá srážková událost ze seznamu vyškrtnuta.

Naměřené rozdíly hodnot půdních vlhkostí ze zájmových bodů byly následně podrobeny statistické analýze, která byla cílena na rozlišení reakcí různých variant zpracování půdy na příchozí srážky. Rozdíly v průměrné půdní vlhkosti obou parcel během saturační fáze byly porovnávány zvlášť pro každou kategorii intenzity srážek, tedy přívalových a nepřivalových. Naopak při porovnávání změn půdní vlhkosti ve fázi vysychání nebyla intenzita brána v potaz, jelikož ke srážkám během vysychání půdy již zpravidla nedocházelo. Pro odhalení případné statistické významnosti rozdílů v půdní vlhkosti byl použit párový T-test, který byl proveden v programu Rstudio a jeho hladina významnosti byla stanovena na 0,05.

Výsledky průběžného sledování půdní vlhkosti

Naměřené výsledky ověřování půdní vlhkosti byly převedeny do tabulek pro přehlednost. Hlavní zobrazovanou hodnotou je zde průměrná půdní vlhkost parcely, tedy průměr hodnot z jednoho časového bodu ze všech čidel umístěných na jednotlivé variantě zpracování půdy. V Tabulka 10 a Tabulka 11 jsou zaznamenány hodnoty průměrných vlhkostí saturačních fází přívalových (erozně významných) srážek, tedy hodnoty před začátkem srážky a maximální naměřené během srážky. Přehledová Tabulka 10 zobrazuje průměrné hodnoty během let ověřování, Tabulka 11 jejich průměr a výsledky provedeného T-testu. Tabulka 12 a Tabulka 13 zobrazují měření ze stejných fází průběhu srážek nepřivalových. Tabulka 14 popisuje fázi vysychání a je rozdělena do časových intervalů po dvanácti hodinách, pro zobrazení průběhu změn rychlosti vysychání půdy a rozdíl mezi různými variantami zpracování.

Tabulka 10: Rozdíly vlhkostí půdy během přívalových srážek rozdělené podle let.

Variantu zpracování	Průměrná půdní vlhkost před počátkem srážek (%)	Maximální dosažená průměrná půdní vlhkost (%)
Konvenční (2022)	30,5	41,2
Pásové (2022)	18,8	36,3
Konvenční (2023)	13,7	30,6
Pásové (2023)	3,4	32,4

Poznámka k Tabulce 10: Během roku 2024 se na lokalitě nevyskytly žádné srážkové události splňující navržená kritéria přívalové srážky.

Tabulka 11: Změny ve vlhkosti půdy během saturační fáze přívalových srážek.

Varianta zpracování	Počet vzorků	Průměrná půdní vlhkost před počátkem srážek (%)	Maximální dosažená průměrná půdní vlhkost (%)	P
Konvenční zpracování	8	22,1	34,3	0,0052 **
Pásové zpracování s meziplovinou	8	11,0	35,9	

Tabulka 10 a Tabulka 11 zobrazují stav vlhkosti půdy během přívalových srážek. Během přívalových srážek vzniká povrchový odtok, a půda by teoreticky měla být úplně nasycená. Hodnoty okolo 35 % půdní vlhkosti takové míře nasycení odpovídají. Je však patrný rozdíl mezi velikostí změny půdní vlhkosti na parcele konvenčního zpracování, kde bylo pozorováno zvýšení půdní vlhkosti o 12,2 %, oproti změně vlhkosti parcely zpracované pásově, kde byl pozorován rozdíl 24,9 %. Pro ověření statistické významnosti tohoto rozdílu byl proveden statistický test, který potvrdil jeho přítomnost hodnotou $P = 0,0052$. Tato hodnota je hluboko pod stanovenou hranici významnosti 0,05. Z těchto výsledků je možné vyvodit, že do parcely s pásovým zpracováním se infiltrovalo během přívalových srážkových událostí více vody než do půdy zpracované konvenčně. Nejen díky nižší počáteční vlhkosti byla parcela zpracovaná pásově schopna pojmout více vlhkosti a tím oddálit a obecně zmírnit účinky soustředěného povrchového odtoku, zpracování půdy a přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy mají také kladný protierozní vliv. Kryt rostlinných zbytků upravuje strukturu povrchu půdy, a tak zpomaluje tok vody povrchového odtoku, čímž může pozdržet vodu na poli a prodloužit tak čas po který se voda do půdy vsakuje. Naopak na konvenčně zpracované půdě bez přítomnosti rostlinných zbytků, na kterou přímo dopadají kapky intenzivních srážek se například často tvoří půdní škraloup, který zhoršuje podmínky infiltrace vody, čímž napomáhá vzniku povrchového odtoku, který má následně negativní účinky.

Tabulka 12: Rozdíly vlhkosti půdy během nepřívalových srážek rozdělené podle let.

Varianta zpracování	Průměrná půdní vlhkost před počátkem srážek (%)	Maximální dosažená průměrná půdní vlhkost (%)
Konvenční (2022)	17,5	24,4
Pásové (2022)	14,1	15,9
Konvenční (2023)	22,7	29,4
Pásové (2023)	19,9	23,7
Konvenční (2024)	22,9	31,9
Pásové (2024)	21,6	24,1

Tabulka 13: Změny ve vlhkosti půdy během saturační fáze nepřívalových srážek.

Varianta zpracování	Počet vzorků	Průměrná půdní vlhkost před počátkem srážek (%)	Maximální dosažená průměrná půdní vlhkost (%)	P
---------------------	--------------	---	---	---

Konvenční zpracování	20	20,7	27,5	0,0277 *
Pásové zpracování s meziplovinou	20	18,6	20,5	

Velikost změn v půdní vlhkosti během nepřivalových srážek, zobrazená v Tabulka 12 a Tabulka 13, byla viditelně menší než během srážek přivalových. Varianta konvenčního zpracování zde však reagovala větší měrou změny než varianta pásového zpracování, tedy zde byl pozorován opačný efekt než u přivalových srážek. Varianta konvenčního zpracování navýšila svou vlhkost o 6,8 %, zatímco varianta pásového zpracování vykázala změnu o pouhých 1,9 %. Významnost tohoto rozdílu byla potvrzena párovým T-testem, který efekt potvrdil hodnotou $P = 0,0277$, která byla pod stanovenou hranicí významnosti 0,05. Je možné že u srážek s nižší intenzitou a úhrnem hraje větší efekt kryt rostlinných zbytků, nacházející se na povrchu půdy zpracované pásovým zpracováním. Díky intercepci způsobené tímto rostlinným krytem je množství vody, které infiltruje do půdy menší, což pravděpodobně ovlivňuje výslednou půdní vlhkost. Zároveň také kryt do určité míry chrání svrchní vrstvu půdy před větrnou a kapkovou erozí. Efekt intercepce je však pozorovatelný pouze u srážek s menší intenzitou a srážkovým úhrnem, u srážek přivalových ho lze považovat za zanedbatelný.

Tabulka 14: Změny v půdní vlhkosti během vysychání půdy.

Varianta zpracování	Počet vzorků	Maximální průměrná vlhkost během srážek (%)	Průměrná vlhkost 12 hodin po dosažení maxima (%)	Průměrná vlhkost 24 hodin po dosažení maxima (%)	Průměrná vlhkost 36 hodin po dosažení maxima (%)	<i>P</i>
Konvenční zpracování	32	31,4	29,8	26,1	25,3	0,002**
Pásové zpracování s meziplovinou	32	39,7	34,1	26,3	24,9	

Během fáze vysychání byly hodnoty zaznamenávány každých 12 hodin, pro lepší ilustraci rychlosti snižování půdní vlhkosti. Nejvyšší změny byly pozorovány v intervalu 0-12 hodin, dosahující až 8,2 % u varianty pásového zpracování a 3,7 % u varianty konvenčního zpracování. Rychlost vysychání se v průběhu času dále snižovala. Pozorované změny v půdní vlhkosti naznačují, že vlhkost půdy na parcele s pásovým zpracováním klesá rychleji v porovnání s parcelou zpracovávanou konvenční orbou. Vyšší rychlost vysychání by vysvětlila obecně nižší vlhkost půdy naměřenou před začátkem srážek.

Závěr

Výsledky měření půdní vlhkosti ukazují rozdíl ve vlhkostním režimu konvenčně zpracované půdy a půdy zpracované pásově v reakci na příchozí srážkovou vodu. Z naměřených hodnot

vyplývá že půda pásově zpracované parcely vysychá rychleji a přijímá více vody během přívalových srážek, kdy se půdní vlhkost průměrně zvýšila o 24,9 %. Naopak půda konvenčně zpracované parcely pomaleji vysychá a během přívalových srážek se vodou nasytí rychleji, její vlhkost se zvyšovala průměrně pouze o 12,2 %. Během prudkých dešťů je tak varianta pásového zpracování lépe připravena odolávat příchozí vodě, tedy je schopna vodu pojímat delší dobu a ve větším množství, čímž může oddálit vznik soustředěného povrchového odtoku. V případě, že ke vzniku soustředěného odtoku dojde, je povrch půdy pokrytý rostlinnými zbytky lépe připraven odolávat tekoucí vodě než holý povrch, přítomný v meziřadí plochy zpracované konvenčním zpracováním. Tyto závěry jsou konzistentní například s ověřováním těchto technologií simulátorem deště, kterým je vytvářena srážka, která by byla zařazena do kategorie srážek přívalových. V případě srážek s nižší intenzitou je efekt opačný a půdní vlhkost varianty pásového zpracování vzrůstá méně, průměrně o 1,9 %, nežli vlhkost půdy na konvenčním zpracování, která průměrně vzroste o 6,8 %. Během nepřívalových srážek je však možné, že je srážková voda na parcelách pásového zpracování tímto krytem zachycována a tím je snížena průměrná vlhkost půdy, což může mít negativní vliv na prospěch rostlin.

Během sledování fáze vysychání bylo možné pozorovat vyšší rychlost snižování vlhkosti půdy na parcele zpracované pásovým zpracováním. Půdní vlhkost parcely zpracované pásově se během 24 hodin snížila o 13,4 %, oproti pouhým 5,3 % naměřeným na parcele zpracované konvenčně. Samotné rozdíly v pozorované rychlosti vysychání souvisí s odlišnou počáteční mírou nasycení půdy. Nižší půdní vlhkost byla u varianty pásového zpracování konzistentně pozorována i během sledování saturačních fází, o 11,1 % u přívalových srážek a o 2,1 % u srážek nepřívalových. Během některých let výzkumu byly tyto hodnoty často i vyšší. Je tedy na místě předpokládat, že tento jev se neomezuje pouze na rychlé vysychání, které se dostaví okamžitě po nasycení, ale je přítomen i během delších úseků bez deště. Tyto rozdíly ve vysychání parcel je možné vysvětlit například přítomností půdního škraloupu na variantě konvenčního zpracování. Půdní škraloup zabraňuje evapotranspiraci, čímž by půdu konvenčního zpracování vůči vypařování „uzavřel“. Naopak, meziplodinou prokořeněná struktura povrchové vrstvy technologie pásového zpracování by umožnila lepší průchod půdní vlhkosti k povrchu půdy a následnému vypaření.

SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“ OPROTI PŮVODNÍ METODICE, PŘÍPADNĚ ZDŮVODNĚNÍ, POKUD SE JEDNÁ O NOVOU NEZNÁMOU METODIKU

Postupy uvedené v metodice jsou originální zejména z pohledu na hodnocení kvality biomasy pěstovaných meziplochin skrze obsah ligninu a cukrů. Účinek zeleného hnojení na půdu se odvíjí nejen od toho, jestli biomasy meziplochin zapravíme nebo nezapravíme do půdy, hlavním faktorem je jaké mají tyto rostliny látkové složení (lignin, lipidy, vláknina atd.) a v jaké jsou fázi vývoje byl ukončen jejich růst (desikace, vymrznutí apod.). Mladá, čerstvě narostlá biomasa je sice plná živin, ale zároveň může být velmi snadno rozložitelná. Když se taková hmota zapraví do půdy, půdní mikroorganismy ji začnou využívat jako zdroj uhlíku, tedy energie. Jejich počet rychle vzroste díky náhlému přísunu „potravy“, ale jakmile všechna zelená hmota se rozloží, začnou se živit i stávající půdní organickou hmotou – a to už může mít negativní dopad na kvalitu půdy. Naopak, když se do půdy zapraví vyžralá rostlinná hmota, která už obsahuje vyšší podíl ligninu (tedy pevnějších, těžko rozložitelných částí), výsledek je zcela jiný. Taková biomasa se rozkládá pomaleji a její zbytky se mohou stát základem pro vznik trvalého humusu, což je pro půdu mimořádně přínosné.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

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

EKONOMICKÉ ASPEKTY

Výpočet ekonomických aspektů významných pro praxi

Do experimentu realizovaného od podzimu 2023 do podzimu 2025 bylo zařazeno sedm vymrzajících mezipločin (Světlice barvířská – *Carthamus tinctorius* L.; Hořčice setá – *Sinapis alba* L.; Ředkev olejná – *Raphanus sativus* L.; Pohanka obecná – *Fagopyrum esculentum* L.; Proso seté – *Panicum miliaceum* L.; Řeřicha setá – *Lepidium sativum* L.; Svazenka vratičolistá – *Phacelia tanacetifolia* B.). Při hodnocení ekonomických aspektů vycházejících z termínu zapravení mezipločiny (podzim a jaro) včetně započítání ceny osiva a setí, zapravení digestátu a ceny kukuřičné biomasy je vypočítáno, že při podzimním zapravení je průměrný zisk 17 185 Kč/ha a při jarním zapravení 4 467 Kč/ha. Při jarním zapravení biomasy mezipločiny se na výnosu kukuřice může projevit konkurence s půdními mikroorganismy, a to zejména o dusík. Tento jev, známý jako **dočasná imobilizace dusíku**, může vést k deficitu živin pro rostlinu, zejména v počátečních fázích růstu. Kromě dusíku mohou mikroorganismy soutěžit s kukuřicí také o další živiny, jako je fosfor a síra, které jsou nezbytné pro jejich metabolické procesy a zabudování do mikrobiální biomasy. Tato konkurence je obvykle dočasná. Jakmile se poměr C:N v rozkládající se biomase sníží a mikroorganismy odumírají, dusík a další živiny se uvolňují zpět do půdy (proces mineralizace) a stávají se opět dostupnými pro rostliny. Dále lze uvést, že při jarním zapravení biomasy s vyšším obsahem cukrů a ligninu zapravujeme do půdy materiál odolnější mikrobiálnímu rozkladu, tento postup se označuje jako „hnojení půdy“. V krátkodobém horizontu se to může projevit na snížení výnosů hlavních (nosných) plodin a v dlouhodobém horizontu je to klíčové pro udržení **půdní úrodnosti a zdravého růstu rostlin**. Při podzimním zapravení biomasy může její mineralizace probíhat již v zimních měsících, kdy je mikrobiální aktivita ovlivněna změnou klimatu, tedy stoupající průměrnou teplotou a tím pádem vyšší mikrobiální aktivitou. Může tak docházet ke ztrátám dusíku a uhlíku v plynné formě zpět do atmosféry, což je opak snahy ukládání uhlíku do půdy. Jarní zapravení se u varianty světlice barvířské bez hnojení digestátu projevilo na produkci biomasy sušiny kukuřice zvýšeným finančním přínosem 6 732 Kč/ha, u svazenky vratičolisté 9 697 Kč/ha. U hořčice seté byla zjištěn nárůst u kontrolní varianty digestátu o 8 696 Kč/ha, u varianty 20 tun digestátu byl nárůst 12 582 Kč/ha a u varianty s dávkou 40 tun digestátu byla zjištěna výše přínosu 16 712 Kč/ha. Vypočtené hodnoty jsou silně závislé na dalších agrotechnických

postupech jak při založení porostu meziplodiny, tak při zpracování půdy a ošetřování kukuřice v následujícím roce.

EKONOMICKO – ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY

Při snaze o zavedení systémů udržitelného zemědělství se využívají pěstební systémy se zařazenými plodinami označované jako meziploidy. Meziploidy mají mnoho environmentálních přínosů, jako je **zlepšení kvality půdy, ochrana před erozí a znečištěním vod, snížení potřeby pesticidů a hnojiv a podpora biodiverzity**. Pomáhají zadržovat živiny a zpřístupňovat živin jako je fosfor, fixace atmosférického dusíku, zlepšovat strukturu půdy, rozrušovat utužené vrstvy (bio – driling) a potlačovat plevele, choroby a škůdce. Ekonomický přínos pěstování meziploidy je obtížné kvantifikovat, jelikož tyto plodiny vykazují široké spektrum agronomických a ekologických efektů v rámci udržitelného hospodaření na orné půdě. Soukromě hospodařící rolní i velké společnosti hospodařící na tisíci hektarů by měli přispívat k ochraně životního prostředí pomocí udržitelných postupů, jako je ekologické zemědělství či systémy regenerativní zemědělství, které vyrovnávají produkci potravin s ochranou životního prostředí.

ZÁVĚR

Rozkládající se rostlinné zbytky, bohaté zejména na celulózu a lignin, představují významnou složku půdní organické hmoty. Lignocelulózová biomasa, v závislosti na typu, je více či méně odolná vůči mikrobiálnímu a enzymatickému rozkladu. Nicméně za přítomnosti dostatečného množství dostupných sacharidů může degradace ligninu začít již v počátečních fázích rozkladu organické hmoty. Tyto sacharidy poskytují mikroorganismům rychlý zdroj energie, díky kterému jsou schopny produkovat enzymy potřebné pro rozklad ADL.

Důležitým faktorem je nejen obsah cukrů a ADL v rostlinném materiálu, ale i jejich vzájemný poměr, který poskytuje informaci o kvalitě organického materiálu z pohledu mikrobiální dostupnosti neboli rozložitelnosti.

V hodnocení rozložitelnosti biomasy meziplodin byly jako nejlépe rozložitelné identifikovány druhy ředkev olejná a řeřicha které měly relativně vysoké hodnoty poměru cukru/ADL. Výsledky ukázaly, že aplikace digestátu v dávce 20 t ha⁻¹ měla obecně pozitivní vliv na výnos čerstvé i suché biomasy u většiny zkoumaných druhů ve srovnání s kontrolou bez aplikace. Nejvyšší nárůst biomasy byl zaznamenán u ředkve olejné, hořčice bílé a prosa setého, kde výnosy čerstvé hmoty vzrostly až o 116 %, respektive 78 % a 75 % oproti nehnojené kontrole. Při aplikaci dávky 40 t ha⁻¹ se však u některých druhů projevil pokles efektivity a v průměru nedošlo ke statisticky významnému zvýšení výnosu biomasy oproti dávce 20 t ha⁻¹; v případě suché hmoty byl dokonce zaznamenán mírný pokles. To ukazuje na limitní účinnost vysokých dávek digestátu a zdůrazňuje nutnost optimalizace hnojení nejen z hlediska agronomického, ale i ekonomického a environmentálního. Zařazení meziplodin do osevních postupů v kombinaci s efektivní aplikací digestátu může výrazně přispět ke zlepšení půdní úrodnosti, zvýšení udržitelnosti zemědělských systémů a omezení negativních dopadů konvenčního hospodaření. Optimální dávka digestátu se pohybuje kolem 20 t ha⁻¹; vyšší dávky nejsou efektivní a mohou být ekonomicky i environmentálně nevýhodné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adhikari, P., Shrestha, P., Ghimire, R., Liu, Z., Pollock, D.A., Acharya, P., & Aryal D.R. (2024). Cover crop residue quality regulates litter decomposition dynamics and soil carbon mineralization kinetics in semi-arid cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 193, 105217. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105160>
- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmüller, A., Hopfner-Sixt, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Pötsch, E., Wagentristl, H., Schreiner, M., & Zollitsch, W. (2007). Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresource Technology*, 98(17), 3204–3212. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.07.007>
- Bajpai, P. (2016). Structure of Lignocellulosic Biomass. In: Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuel Production. SpringerBriefs in Molecular Science. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0687-6_2
- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2002). The nature and properties of soils (13th ed.). Prentice Hall.
- ČSN EN ISO 13906:2008. Krmiva – Stanovení obsahu acidodetergentní vlákniny (ADF) a acidodetergentního ligninu (ADL). Překlad z anglického originálu zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha: ÚNMZ, 2009.
- Datta, R., Kelkar, A., Baraniya, D., Molaei, A., Meena, R.S., & Wang, G. (2017). Enzymatic degradation of lignin in soil: A review. *Sustainability*, 9(7), 1163. <https://doi.org/10.3390/su9071163>
- Elhakeem, A., Bastiaans, L., Houben, S., Couwenberg, T., Makowski, D., & van der Werf, W. (2021). Do cover crop mixtures give higher and more stable yields than pure stands? *Field Crops Research*, 270, 108217 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108217>
- Frei M. (2013). Lignin: characterization of a multifaceted crop component. *The Scientific World Journal*, 14, 436517. <https://doi.org/10.1155/2013/436517>
- Jia, J., Feng, X., Graf Pannatier, E., Wacker, L., McIntyre, C., van der Voort, T., Montluçon, D., & Eglinton, T.I. (2019). ¹⁴C characteristics of dissolved lignin along a forest soil profile. *Soil Biology & Biochemistry*, 135, 407–410. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.06.005>
- Lee, J.S., Choi, K.H., Ghim, H.D., Kim, S.S., Chun, D.H., Kim, H.Y., & Lyoo, W.S. (2004). Role of molecular weight of atactic poly(vinyl alcohol) (PVA) in the structure and properties of PVA nanofabric prepared by electrospinning. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(4), 1638–1646. <https://doi.org/10.1002/app.20602>

- Möller, K., & Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, 12(3), 242-257. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>
- Poeplau, C., & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>
- Ponnusamy, V.K., Nguyen, D.D., Dharmaraja, J., Shobana, S., Banu, J.R., Saratale, R.G., Chang, S.W., Kumar, G. (2019). A review on lignin structure, pretreatments, fermentation reactions and biorefinery potential. *Bioresource Technology*, 271, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.070>
- Procházka, J., Pelikán, J., & Hartman, I. (2001). Meziplodiny na zelené hnojení [Catch crops for green manuring]. *Farmář*, 7(9), 36–37.
- Raimondi, G., Maucieri, C., & Borin, M. (2023). Maize yield and nitrogen dynamics after cover crops introduction. *European Journal of Agronomy*, 150, 126944. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126944>
- Ruark, M., & Franzen, D. (2020). Nitrogen availability from cover crops: Is it always about the C:N ratio? *Crops & Soils*, 53(1), 3–7. <https://doi.org/10.1002/crso.20003>
- Ryant, P., Škarpa, P., Detvanová, L., & Taušová, L. (2016). The Effect of Limestone and Stabilized Nitrogen Fertilizers Application on Soil pH Value and on the Forage Production of Permanent Grassland. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(4), 1239-1244. <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201664041239>
- Sánka, M., & Materna, J. (2004). *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR* [Indicators of the quality of agricultural and forest soils of the Czech Republic]. *Planeta*, 12(11). Praha, Česká republika: Ministerstvo životního prostředí. https://www.mzp.gov.cz/system/files/2025-02/Indikatory_kvality_zemedelskych_a_lesnich_pud_CR-2004.pdf
- Sharma, A., Kaur, P., Singh, G., & Kumar Arya, S. (2021). Economical concerns of lignin in the energy sector. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100258. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100258>
- Sun, G., Cao, C., Wang, M., Li, H., Wang, Y., Deng, G., & Wang, J. (2022). Organic matter biomarker and ¹³C NMR characteristics of soil and sediment standard reference materials from China. *Science of the Total Environment*, 836, 155661. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155661>
- Thankappan, S., Kandasamy, S., Joshi, B., Sorokina, K.N., Taran, O.P., & Uthandi, S. (2018). Bioprospecting thermophilic glycosyl hydrolases, from hot springs of Himachal Pradesh, for biomass valorization. *AMB Express*, 8, 168. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0690-4>

- Thapa, V.R., Cabrera, M., Schomberg, H.H., Reberg-Horton, C., Poffenbarger, H., & Mirsky, S.B. (2023). Decomposition dynamics of cover crop residues: Influence of residue quality on carbon and nitrogen mineralization. *PloS One*, 14, 1182983. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289352>
- Thevenot, M., Dignac, M.-F., & Rumpel, C. (2010). Fate of lignins in soils: A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 42(8), 1200–1211. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.03.017>
- Thirunavukkarasu, A., Hedenström, M., Sparrman, T., Nilsson, M.B., Schleucher, J., & Öquist, M. (2025). Unraveling the dynamics of lignin chemistry on decomposition to understand its contribution to soil organic matter accumulation. *Plant and Soil*, 511, 1485–1502. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-07066-y>
- Zoghلامي, A., & Paës, G. (2019). Lignocellulosic biomass: Understanding recalcitrance and predicting hydrolysis. *Frontiers in Chemistry*, 7, 874. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00874>

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105435>
- Hofbauer, M., Kincl, D., Vopravil, J., Kabelka, D., & Vráblík, P. (2023). Preferential Erosion of Soil Organic Carbon and Fine-Grained Soil Particles—An Analysis of 82 Rainfall Simulations. *Agronomy*, 13(1), 217. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010217>
- Holátko, J., Kucerík, J., Brtnický, M., Sobotková, J., Baltazar, T., Malíček, O., Elbl, J., & Kintl, A. Crop residue type and wetting agents shape soil nutrient transformation and microbial function during decomposition. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences –* článek je v recenzním řízení.
- Kintl, A., Kubíková, Z., Sobotková, J., & Brtnický, M. (2023). Riziko zaplevelení při pěstování mezipločin. *Úroda*, (10), 64–68.
- Kintl, A., Sobotková, J., & Elbl, J. (2023). Mezipločiny pro půdy. *Úroda*, (2), 57–59.
- Kintl, A., Sobotková, J., & Huňady, I. (2023). Mikrobiálně odolné organické látky a mezipločiny. *Farmář*, (10), 14–16.
- Kintl, A., Vejražka, K., Elbl, J., Huňady, I., & Sobotková, J. (2023). Žito lesní nejen na zrno. *Úroda*, (4), 48–51.
- Kintl, A., Huňady, I., Sobotková, J., Elbl, J., & Vejražka, K. (2024). Zpracování půdy s využitím rostlin – bio-drilling. *Úroda*, (2), 64–67.
- Kintl, A., Huňady, I., Sobotková, J., & Elbl, J. (2024). Mezipločiny – téma dnešní doby. *Zemědělec*, (7), 12–14.
- Kintl, A., Sobotková, J., Huňady, I., & Brtnický, M. (2024). Zdroje dusíku pro budoucnost najdeš v minulosti. *Agromanuál*, (8), 61–63.
- Kintl, A., Huňady, I., Sobotková, J., Elbl, J., Brtnický, M., & Látal, O. (2025). Efektivita využití digestátu při pěstování mezipločin. *Úroda*, (2), 60–62.
- Kintl, A., Sobotková, J., Holátko, J., Kučerík, J., Malíček, J., Huňady, I., & Brtnický, M. (2025). Efficiency of using digestate in growing intercrops. In *9th International Scientific Conference Applied Natural Sciences 2025*, 17–19 September 2025, Štrbské Pleso, Slovakia (p. 48). [ISBN 978-80-572-0542-5].
- Kintl, A., Huňady, I., Sobotková, J., Brtnický, M., & Elbl, J. (2025). Intercrops as a source of sugars stimulating soil microbial communities. In *25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2025: Section Soil and Forest Ecosystems for Sustainable*

Land Management, Albena, 28 June – 7 July 2025 (pp. 299–308).
<https://doi.org/10.5593/sgem2025/3.1/s12.35>

Kintl, A., Huňady, I., Sobotková, J., Kubíková, Z., & Elbl, J. (2025). Nevšední pohled na složení biomasy mezipločin. *Agromanuál*, (8), 106–109.

Kubíková, Z., Kintl, A., Sobotková, J., Huňady, I., Brtnický, M., Holátko, J., Kincl, D., Kabelka, D., Smutný, V., & Elbl, J. (2025). Growth and development of six cover crops in the Czech Republic. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 75(1), 2586838. <https://doi.org/10.1080/09064710.2025.2586838>

Kucerik, J., Brtnicky, M., Mustafa, A., Hammerschmidt, T., Kintl, A., Sobotkova, J., Alamri, S., Baltazar, T., Latal, O., Naveed, M., Malicek, O., & Holatko, J. (2001). Utilization of Diversified Cover Crops as Green Manure-Enhanced Soil Organic Carbon, Nutrient Transformation, Microbial Activity, and Maize Growth. *Agronomy*, 14(9).
<https://doi.org/10.3390/agronomy14092001>

Sobotková, J., Kintl, A., Holátko, J., Kučerík, J., Malíček, O., Huňady, I., & Brtnický, M. (2025). Biomass of intercrops as a source of lignin as a precursor for the formation of humus substances in the soil. In *9th International Scientific Conference Applied Natural Sciences 2025*, 17–19 September 2025, Štrbské Pleso, Slovakia (p. 54). [ISBN 978-80-572-0542-5].

Sobotková, J., Kolařík, P., Kintl, A., Malíček, O., Láta, O., Huňady, I., Kubíková, Z., Dočkalíková, M., & Elbl, J. Monitoring the occurrence of pests on cover crops. *Data in Brief* – článek je v recenzním řízení.

Toth, D., Janků, J., Marhoul, A.M., Kozák, J., Maitah, M., Jehlička, J., Řeháček, L., Přikryl, R., Herza, T., Vopravil, J., Kincl, D., & Khel, T. (2023). Soil quality assessment using SAS (Soil Assessment System). *Soil & Water Research*, 18(1), 1–15.
<https://doi.org/10.17221/141/2022-SWR>

Jména oponentů

1) Ing. Šmirous Prokop, Ph.D.

Agritec Plant Research s.r.o.

2) Ing. Václav Kadlec, Ph.D.

MZe ČR

Dedikace: Výsledek vznikl za podpory projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum číslo: QK21010161 – Význam lignocelulózového komplexu z biomasy meziplodin pro zlepšení půdního prostředí

Smlouva o uplatnění metodiky:

Zemědělský výzkum, spol. s r.o.

se sídlem: Zahradní 400/1, 66441 Troubsko

zastoupený ředitelem, Ing. Janem Pelikánem, CSc.

Soukromě hospodařící rolník Martin Čech

se sídlem: Nová Ves 97, 664 91

zastoupený: Martinem Čechem

Vydal:

Vydavatel:

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

Zahradní 1; Troubsko; 664 41

© Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

ISBN: 978-80-88000-51-8 (Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko)