

Česká republika - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
organizační složka státu, se sídlem v Brně
Sekce zemědělských vstupů

Oddělení výživy rostlin



Vliv organické a minerální recyklace živin na výnos

Výroční zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky,
druhý rok zkoušky - rok 2022

Zpracoval: Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D.
Markéta Vodáková

Schválil: Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
vedoucí Oddělení výživy rostlin

Předkládá: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, únor 2023

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv organické a minerální recyklace živin na výnos

Účel zkoušky: v řadě pokusů byl testován vliv organické hmoty na pěstované plodiny a půdní vlastnosti. Dávky organické hmoty však zpravidla nejsou odvozeny z produkčních možností použité půdy a pěstovaných plodin. V reálných podmínkách je každé organické hnojivo součástí cyklu živin. Vyšší úroveň hnojení znamená také vyšší produkci rostlinné hmoty, která může být potenciálně navracena do půdy jako zdroj živin. I když je dokonalá recyklace živin u řady plodin možná jen omezeně (např. obilniny), u jiných plodin může mít hnojení značný vliv na množství a kvalitu organické hmoty recyklované např. formou rostlinných zbytků (zelené hnojení, řepka) nebo jiných statkových hnojiv (pícniny). Ve vegetační nádobové zkoušce byl proto testován vliv rostoucí dávky dusíku na výnos předplodiny a vliv recyklace sklizené biomasy na výnos následně pěstované plodiny.

Cíle zkoušky: objasnit, jestli vyšší výnos biomasy intenzivně hnojené předplodiny a její recyklace formou zapravení do půdy zvýší výnos následné plodiny. Zjistit, jak bude výnos ovlivněn organickou a jak minerální formou návratu odebraných živin do půdy. Zjistit množství N, které může být aplikováno a recyklováno, aniž by došlo k přehnojení. Ověřit možnosti hnojení pro potřeby nádobových zkoušek.

Hypotézy a očekávané výsledky:

- Výnos předplodiny roste s rostoucí dávkou N až do určité hranice
- Recyklace rostoucího množství N při rostoucí úrovni hnojení zvyšuje výnos následné plodiny až do určité hranice
- Organická recyklace umožní dosažení srovnatelného výnosu při nižší spotřebě N

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2021 ve vegetační hale ÚKZÚZ v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2021 - 2022

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako zdroj dusíku v minerální formě byla použita močovina s obsahem 46 % N
- Jako zdroj fosforu v minerální formě byl použit trojitý superfosfát s obsahem 20 % P
- Jako zdroj draslíku v minerální formě byl použit síran draselný s obsahem 42 % K

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Zbýšov (49.1315611N, 16.8127056E) - černozem (tab. 1).

Tab. 1 Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

Parametry	půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií			
		P	K	Mg	Ca
hodnocení	7,8	45,5	217,3	818,4	7894
	alkalická	nízký	dobrý	velmi vysoký	velmi vysoký

4. Zkoušená plodina v roce 2022

Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky jsou uvedeny v tabulce 2. Tabulka 3 uvádí schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob.

- Varianty **bez recyklace** (0, 100, 200 a 300) byly hnojeny pouze k předplodině, ta byla sklizena a následně pěstované plodiny (kukuřice, ječmen) jakkoli hnojeny nebyly.
- Při **minerální recyklaci** (varianty 0-min, 100-min, 200-min a 300-min) byly živiny odčerpané sklizeným výnosem předplodiny navraceny do půdy v minerální formě. Následné plodiny byly hnojeny minerálními hnojivy v dávkách, které odpovídaly odběru N, P a K výnosem předplodiny.
- **Organická recyklace** živin (varianty 0-org, 100-org, 200-org a 300-org) byla provedena zapravením veškeré sklizené biomasy předplodiny do půdy před výsevem.

Tab. 2 Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky

Označení	Varianta	Počet opakování	Dávky živin k předplodině (kg ha ⁻¹)			Forma recyklace živin
			N	P	K	
1	0	5	0	30	150	-
2	100	5	100	30	150	-
3	200	5	200	30	150	-
4	300	5	300	30	150	-
5	0-min	5	0	30	150	minerální
6	100-min	5	100	30	150	minerální
7	200-min	5	200	30	150	minerální
8	300-min	5	300	30	150	minerální
9	0-org	5	0	30	150	organická
10	100-org	5	100	30	150	organická
11	200-org	5	200	30	150	organická
12	300-org	5	300	30	150	organická

Tab. 3 Dávky živin odpovídající odběru živin výnosem předcházející plodiny (kukuřice) při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávky živin kg ha ⁻¹		
		N	P	K
0	0	0	0	0
	100	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0
minerální	0	57	11	180
	100	104	19	254
	200	171	20	255
	300	207	22	257
organická	0	19	7	105
	100	49	13	194
	200	92	17	248
	300	140	19	265

Tab. 4 Dávky minerálních hnojiv do nádob ve druhém roce zkoušky

Označení	Varianta	Dávka hnojiva		
		Močovina (g nádoba ⁻¹)	Superfosfát (g nádoba ⁻¹)	Síran draselný (g nádoba ⁻¹)
1	0	-	-	-
2	100	-	-	-
3	200	-	-	-
4	300	-	-	-
5	0-min	0,6	0,3	2,1
6	100-min	1,1	0,5	3,0
7	200-min	1,8	0,5	3,0
8	300-min	2,2	0,6	3,1
9	0-org	-	-	-
10	100-org	-	-	-
11	200-org	-	-	-
12	300-org	-	-	-

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: minerální hnojivo bylo zapraveno do půdy před výsevem plodiny. Při organické recyklaci byla předplodina zapravena do půdy jako zelené hnojení. Minerálně recyklované živiny byly aplikovány formou močoviny, superfosfátu a síranu draselného v dávce odpovídající odběru živin předchozí plodinou, vypočítanému pro každou nádobu. U variant bez recyklace byla biomasa sklizena bez náhrady živin.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 12 variant x 5 opakování
Celkem 60 vegetačních nádob

Technika provedení pokusu:

- po sklizni předplodiny byla půda v nádobách homogenizována a kořeny zapraveny do spodní části nádoby
- do každé nádoby bylo 28. 3. 2022 vyseto 28 zrn ječmene jarního, po vzejití (8. 4. 2022) bylo 20. 4. 2021 provedeno vyjednání na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro případné zachycení přebytečné závlivkové vody, pro případný návrat zpět do nádoby.
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, proti padlí byl 27. 5. 2022 aplikován přípravek Boogie XPro (0,1 %)
- v průběhu vegetace byla vlhkost zeminy v nádobách udržována pravidelnou závlivkou dle potřeby demineralizovanou vodou, upravenou reverzní osmózou MID 50 K (Pharmapur řady Aqua Complet) na hodnotu 60 % maximální vodní kapacity
- sklizeň byla provedena 8. 7. 2022

Hodnocené parametry:

- Měření obsahu chlorofylu N testerem ve 30 denních intervalech
- Výnos zrna a slámy ječmene, ze všech opakování a všech variant
- Analýza rostlin: ve vzorcích zrna a slámy ječmene z každé nádoby bude stanoven celkový obsah N, P, K, Mg a Ca podle JPP postup č. 40053.1 (Zbiral a kol., 2014).

Statistické vyhodnocení výsledků

Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly testovány s využitím jednofaktorové analýzy variance s následným mnohonásobným porovnáním pomocí Tukeyho testu. Zvolená hladina průkaznosti byla 0,05. Ke statistickému zpracování dat byl použit program Statistica 13.

8. Výsledky

Výnos zrna a slámy ječmene

Výnos zrna i slámy ječmene byl nízký v nehnojených a organicky hnojených variantách při všech úrovních předchozího hnojení (tab. 5, tab. 6). Bez návratu odčerpaných živin je v půdě nedostatek N pro udržení výnosu. A při organické recyklaci byly živiny zadržovány v biomase kukuřice s vysokým poměrem C:N a ani vysoké dávky N k předplodině nedokázaly urychlit rozklad natolik, aby se organická hmota stala efektivním zdrojem živin. Použitá recyklace biomasy v pokusu ve formě čerstvě sklizené hmoty tak značně zvyšuje nároky na vstupy dusíku. Hnojení organickými a statkovými hnojivy mívá zpravidla opačný efekt a jsou efektivním zdrojem živin. Z tohoto pohledu je otázka, jestli strategie organického hnojení založené na mezplodinách a posklizňových zbytcích dokážou zajistit dostatek živin pro následné plodiny bez nadměrného navýšení vstupů. Ve srovnání s organicky hnojenými variantami byly výrazně vyšší hodnoty zaznamenány při minerální recyklaci. Výnos zrna zde rostl do úrovně hnojení odpovídající 200 kg N ha⁻¹ a výnos slámy do 300 kg N ha⁻¹.

Tab. 5 Vliv odlišných cest recyklace na výnos **zrna ječmene** (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení předplodiny

Cesta recyklace	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹) k předplodině			
	0	100	200	300
0	0,7a	0,6a	0,7a	0,7a
minerální	3,7b	6,1c	8,0d	8,0d
organická	0,4a	0,3a	0,4a	0,3a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.

Tab. 5 Vliv odlišných cest recyklace na výnos **slámy ječmene** (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení předplodiny

Cesta recyklace	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹) k předplodině			
	0	100	200	300
0	1,7a	2,0a	2,1a	1,9a
minerální	7,5b	9,5c	10,4cd	11,6d
organická	1,1a	1,0a	1,5a	1,4a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.

Obsah živin v zrně a slámě ječmene

Recyklace rostoucích dávek živin v minerální formě zvyšovala obsah N v zrně i slámě ječmene (tab. 7, tab. 8). Obsah N v zrně byl vyšší při organické a minerální recyklaci, obsah P a K v zrně spíše bez recyklace a při organické recyklaci. Obsah P a Mg v zrně dosahoval nejvyšších hodnot při organické recyklaci, a nejnižší hodnoty byly naměřeny při recyklaci minerální. Podobný trend měl i obsah P a Mg ve slámě. Při minerální recyklaci obsah P klesal s rostoucí dávkou N.

Tab. 7 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v zrně ječmene při různých úrovních hnojení

Dávka N (kg N ha ⁻¹)	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Obsah živin v zrně ječmene (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
0	0	1,24	0,46	0,63	0,135	0,05
	100	1,27	0,40	0,60	0,131	0,05
	200	1,22	0,45	0,60	0,134	0,05
	300	1,26	0,44	0,63	0,131	0,05
minerální	0	1,07	0,34	0,4	0,118	0,05
	100	1,20	0,30	0,470	0,120	0,05
	200	1,53	0,25	0,42	0,110	0,05
	300	1,92	0,23	0,47	0,111	0,05
organická	0	1,63	0,46	0,65	0,147	0,05
	100	1,92	0,47	0,61	0,147	0,05
	200	1,86	0,46	0,61	0,146	0,05
	300	1,90	0,45	0,58	0,147	0,05

Tab. 8 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin ve slámě ječmene při různých úrovních hnojení

Dávka N (kg N ha ⁻¹)	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Obsah živin ve slámě ječmene (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
0	0	0,275a	0,143bc	2,3ab	0,372b	0,503bcd
	100	0,266a	0,179cd	2,3ab	0,443bc	0,591d
	200	0,248a	0,191cd	2,1a	0,434bc	0,535cd
	300	0,261a	0,189cd	2,2a	0,439bc	0,610d
minerální	0	0,257a	0,056ab	2,2a	0,278a	0,526cd
	100	0,292ab	0,048a	2,1a	0,222a	0,413abc
	200	0,399bcd	0,049ab	2,1a	0,229a	0,394ab
	300	0,512d	0,047a	2,2a	0,220a	0,353a
organická	0	0,356abc	0,249de	2,3ab	0,436bc	0,555d
	100	0,425cd	0,326e	2,3ab	0,456c	0,558d
	200	0,467cd	0,308e	2,6b	0,473c	0,582d
	300	0,467cd	0,209cd	2,3ab	0,434bc	0,536d

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, $p < 0,05$.

Odběr živin výnosem ječmene

Odběr všech živin byl průkazně vyšší při minerální recyklaci než při ostatních cestách návratu živin (tab. 9). Odběr N se při **minerální recyklaci** průkazně zvyšoval s rostoucí dávkou dusíku. Současně se zvyšoval i odběr P, K a Mg, ale změny v čerpání těchto živin byly menší než v případě dusíku. **Bez recyklace** bylo čerpání živin omezeno nedostatkem N v půdě, při **organické recyklaci** zase dostupnost živin omezil pomalý rozklad předplodiny. Z dusíku, který byl přidán při založení pokusu v dávkách 0 – 300 kg ha⁻¹, bylo při minerální recyklaci využíváno výnosem plodin následujících po první plodině (řepka) asi 60 %, zbytek byl zadržován půdou. Zadržování N v půdě také poněkud zvýšilo optimální dávku N při minerální recyklaci, která byla pro řepku mezi 100 – 150 kg N ha⁻¹, pro kukuřici a ječmen 200 kg N ha⁻¹. Využití aplikovaného N výnosem ječmene však dosahovalo 90 %.

Tab. 9 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na odběr živin výnosem ječmene při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
0	0	12a	4,9a	40a	6,6a	8,1a
	100	12a	5,4a	45a	8,9a	11,0a
	200	12a	6,1a	43a	9,1a	10,4a
	300	13a	5,9a	42a	8,5a	10,9a
minerální	0	53b	15,0b	167b	22,8b	37,6b
	100	91c	20,7c	204c	25,6bc	38,1b
	200	147d	22,5c	224cd	29,5c	40,6b
	300	192e	21,5c	256d	30,8c	40,2b
organická	0	9a	4,1a	25a	4,9a	5,7a
	100	9a	4,2a	22a	4,4a	5,0a
	200	13a	5,9a	37a	6,8a	7,9a
	300	11a	3,9a	30a	5,7a	6,6a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, $p < 0,05$.

Obsah chlorofylu

Obsah chlorofylu byl v obou termínech měření výrazně vyšší při minerální recyklaci než u variant bez recyklace nebo s organickou recyklací. (tab. 10). Při minerální recyklaci obsah chlorofylu narůstal s rostoucí dávkou N, nárůst byl vyšší při druhém termínu měření. Při druhém termínu měření byl zaznamenán výrazný pokles hodnot u minerálně hnojených variant, kromě varianty hnojené nejvyšší dávkou. Při nižších dávkách bylo zřejmě dozrávání urychleno nedostatkem živin. Hodnoty na konci vegetace byly zhruba v souladu s rozdíly ve výnosu.

Tab. 10 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Konec sloupkování	Začátek zrání
0	0	305	223
	100	257	243
	200	270	237
	300	312	268
minerální	0	456	315
	100	524	393
	200	546	461
	300	554	570
organická	0	255	221
	100	249	203
	200	237	246
	300	233	219

9. Závěry

Bez hnojení došlo v průběhu pokusu k vyčerpání půdy a výnos ječmene v nehnojených variantách byl nízký. Nízká dostupnost živin však byla pozorována i při organické recyklaci. Ani rostoucí dávka N k předplodině zřejmě nebyla dostatečná pro dostatečně rychlý rozklad biomasy kukuřice, který byl limitován nedostatkem N, a jen málo N bylo uvolněno ve formě dostupné rostlinám. Výnos ječmene se proto příliš nelišil od výnosu nehnojených variant.

Při minerální recyklaci byl výnos zrna zvyšován rostoucí dávkou N až do 200 kg N ha⁻¹. Výnos slámy a celkový výnos biomasy se zvyšovaly až do nejvyšší dávky. Také odběr N výnosem rostl až do nejvyšší dávky a zhruba odpovídal množství N odčerpanému z půdy výnosem předchozí plodiny. Výnosem tak bylo při minerální recyklaci využito 90 % aplikovaného N. Z výsledků vyplývá, že cesta organické recyklace biomasy, zvolená v pokusu, zadržuje dusík, ale současně zvyšuje nároky na vstupy dusíku. Dopady těchto zvýšených vstupů však nelze na základě výsledků odhadnout. Z pohledu výživy a efektivity využití vstupů je proto otázka, jestli vstupy čerstvé organické hmoty, jak byly použity v pokusu, mohou plnohodnotně nahradit organická a statková hnojiva obsahující částečně rozloženou organickou hmotu (hnůj, kompost, digestát), která nároky na další vstupy spíše snižují.

10. Použitá literatura

Zbíral, J., Čižmarová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014. Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.

Zbíral, J., Čižmarová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A., 2016. Jednotné pracovní postupy – analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

11. Fotodokumentace

Obr 1. Rostliny ječmene na konci sloupkování. Číslo nádob 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300



Obr 2. Rostliny ječmene na konci sloupkování. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídají variantám 0-min, 100-min, 200-min a 300-min



Obr 3. Rostliny ječmene na konci sloupkování. Číslo nádoby 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám 0-org, 100-org, 200-org a 300-org



Obr 4. Rostliny ječmene ve fázi zrání. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídá variantám 0, 100, 200 a 300



Obr 5. Rostliny ječmene ve fázi zrání. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídá variantám 0-min, 100-min, 200-min a 300-min



Obr 6. Rostliny ječmene ve fázi zrání. Čísla nádob 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám 0-org, 100-org, 200-org a 300-org



Obr 7. Rostliny ječmene před sklizní. Čísla nádob 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300



Obr 8. Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídá variantám 0-min, 100-min, 200-min a 300-min



Obr 9. Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 9, 10, 11, 12 odpovídá variantám 0-org, 100-org, 200-org a 300-org

