

Č.j.: UKZUZ 152532/2025

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
Závěrečná zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky

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

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

Předkládá: Ing. Josef Svoboda, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, srpen 2025

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 - 2024

2. Chemické složení použitých hnojiv

- 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. Zkoušené plodiny

1. rok: Řepka jarní (*Brassica napus*) - odrůda Cleopatra
Kukuřice (*Zea mays*) - odrůda Pesandor
2. rok: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550
3. rok: Kukuřice (*Zea mays*) - odrůda Honoreen
4. rok: 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 v posledním roce zkoušky. Jako první plodina byla pěstována řepka jarní, která byla hnojena dusíkem v dávkách odpovídajících 0, 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹. Každá varianta hnojení měla 15 opakování a po sklizni řepky byly nádoby jednotlivých variant rozděleny na 3 skupiny po 5 nádobách podle způsobu recyklace živin (tab. 2). Cesty recyklace byly 3:

- 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.

Varianty s organickou recyklací byly po 3. roce pokusu na základě vyhodnocení dosažených výsledků zrušeny a ve čtvrtém, posledním roce pokusu, byly hodnoceny jen varianty s minerální recyklací a bez recyklace.

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

Číslo varianty	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 Průměrné dávky živin odpovídající odběru živin výnosem předcházející plodiny (kukuřice) při různých úrovních hnojení ve 4. roce zkoušky

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	54	18	214
	100	99	27	314
	200	143	23	326
	300	193	22	382

Tab. 4 Dávky hnojiv do nádob ve 4. pokusném roce

Varianta	Číslo nádoby	Dávka močoviny (g nádoba ⁻¹)	Dávka superfosfátu (g nádoba ⁻¹)	Dávka síranu draselného (g nádoba ⁻¹)
0	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
100	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
200	11	0	0	0
	12	0	0	0
	13	0	0	0
	14	0	0	0
	15	0	0	0
300	16	0	0	0
	17	0	0	0
	18	0	0	0
	19	0	0	0
	20	0	0	0
0-min	21	0,6	0,5	2,7
	22	0,6	0,5	2,5
	23	0,5	0,4	2,4
	24	0,5	0,4	2,5
	25	0,7	0,5	2,7
100-min	26	1,5	0,9	4,8
	27	0,9	0,6	3,5
	28	0,7	0,5	2,7
	29	1,0	0,6	3,4
	30	1,3	0,8	4,4
200-min	31	1,7	0,7	4,4
	32	1,8	0,8	3,8
	33	1,5	0,4	3,8
	34	1,2	0,4	2,9
	35	1,6	0,6	4,5
300-min	36	2,5	0,6	4,9
	37	2,5	0,7	5,0
	38	1,9	0,5	4,2
	39	1,7	0,5	4,3
	40	1,9	0,5	4,4

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 14. 3. 2024 vyseto 28 zrn ječmene jarního, po vzejití (23. 3. 2024) bylo 3. 4. 2024 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 17. 4. 2024 aplikován přípravek Boogie XPro (0,1 %) a 9. 5. 2024 přípravek Seguris (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 1. 7. 2024

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 byl 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 a srovnání s výnosy předplodin

Varianty bez navracení živin měly výnos zrna i slámy ječmene nízký při všech úrovních předchozího hnojení (tab. 5, tab. 6). Bez návratu odčerpaných živin je v půdě nedostatek N pro udržení výnosu. Při minerální recyklaci rostl výnos zrna s rostoucí dávkou N do úrovně hnojení odpovídající 200 kg N ha⁻¹. Dávka 300 kg N ha⁻¹ dále zvyšovala výnos, ale nárůst byl neprůkazný. Výnos slámy byl zvyšován rostoucí dávkou do 300 kg N ha⁻¹. Podobný trend byl zaznamenán

i v průběhu prvního až třetího roku pokusu, kdy byl výnos minerálně hnojených variant

zvyšován rostoucí dávkou dusíku a při nejvyšší dávce byl nárůst neprůkazný nebo malý (tab. 7). Při všech cestách recyklace byl výnos první plodiny shodný (řepka byla hnojena dusíkem v dávce 0 – 300 kg N ha⁻¹ pro všechny cesty recyklace shodně). Bez recyklace a při organické recyklaci se ve druhém roce pokusu projevilo vyčerpání živin a výnos byl nízký při všech úrovních hnojení.

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

Cesta recyklace	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹) k předplodině			
	0	100	200	300
0	1,0a	1,1a	1,1a	1,2a
minerální	3,5b	5,4c	6,6d	7,4d

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

Tab. 6 Vliv odlišných cest recyklace na výnos **slámy ječmene** (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

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

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

Tab. 7 Výnosy plodin (t ha⁻¹) v předchozích letech pokusu

Cesta recyklace	Dávka dusíku	1. rok		2. rok		3. rok
		sušina řepky	sušina kukuřice	zrno ječmene	sláma ječmene	sušina kukuřice
0	0	4,1a	5,3a	0,7a	1,7a	7,8a
	100	7,0b	7,7a	0,6a	2,0a	7,8a
	200	7,5b	10,4b	0,7a	2,1a	8,0a
	300	6,8b	15,6d	0,7a	1,9a	8,2a
Minerální	0	4,1a	11,9c	3,7b	7,5b	18,2b
	100	7,0b	19,1d	6,1c	9,5c	29,7c
	200	7,5b	21,3e	8,0d	10,4cd	39,0d
	300	6,8b	23,7e	8,0d	11,6d	44,3d
Organická	0	4,1a	3,4a	0,4a	1,1a	7,4a
	100	7,0b	9,9a	0,3a	1,0a	6,8a
	200	7,5b	17,3d	0,4a	1,5a	4,8a
	300	6,8b	21,8e	0,3a	1,4a	6,0a

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

Obsah živin v zrně a slámě ječmene, srovnání s předchozími roky pokusu

Recyklace rostoucích dávek živin v minerální formě zvyšovala obsah N v zrně i slámě ječmene (tab. 8, tab. 9). Obsah N v zrně byl vyšší při minerální recyklaci, obsah P a K v zrně spíše bez recyklace. Při minerální recyklaci obsah P a Mg výrazně klesal s rostoucí dávkou N. Obsah N ve slámě narůstal s rostoucí dávkou, stejně jako obsah N v zrně. Obsah P, Mg a Ca ve slámě byl vyšší bez recyklace, obsah K byl vyšší při minerální recyklaci. Při minerální recyklaci obsah Mg a Ca klesal s rostoucí dávkou N.

V prvním roce pokusu byl obsah N v sušině řepky zvyšován rostoucí dávkou N (tab. 10). V dalších letech byl pozitivní vliv rostoucí dávky zaznamenán u minerálně hnojených variant.

Všechny způsoby recyklace vycházely ze stejných čtyř variant hnojení první plodiny (řepka), proto byl obsah živin v sušině první plodiny pro všechny cesty recyklace shodný.

V prvním roce pokusu byl zaznamenán pokles obsahu P s rostoucí dávkou N v sušině kukuřice u variant bez recyklace a s organickou formou recyklace (tab. 11). V dalších letech byl podobný efekt zaznamenán u variant s minerální recyklací.

Tab. 8 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	0,991a	0,367c	0,515a	0,138c	<0,050
	100	0,987a	0,361c	0,515a	0,139c	<0,050
	200	0,992a	0,366c	0,518a	0,140c	<0,050
	300	1,021ab	0,365c	0,491a	0,140c	<0,050
minerální	0	0,956a	0,266b	0,425b	0,122b	<0,050
	100	1,007a	0,240b	0,418b	0,115ab	<0,050
	200	1,181b	0,237b	0,410b	0,117ab	<0,050
	300	1,391c	0,188a	0,395b	0,108a	<0,050

Tab. 9 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	0,262ab	0,054c	1,433a	0,324b	0,520bc
	100	0,238a	0,048bc	1,227a	0,318b	0,493bc
	200	0,253a	0,061c	1,221a	0,343b	0,541c
	300	0,243a	0,057c	1,273a	0,315b	0,516bc
minerální	0	0,269ab	0,028ab	1,490a	0,228a	0,476abc
	100	0,311ab	0,022a	1,859b	0,201a	0,418ab
	200	0,348bc	0,020a	1,885b	0,194a	0,363a
	300	0,409c	0,020a	2,133b	0,182a	0,362a

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

Tab. 10 Obsah N ve sklizených produktech (%) v předchozích letech pokusu

Cesta recyklace	Dávka dusíku	1. rok		2. rok		3. rok
		Sušina řepky	Sušina kukuřice	Zrno ječmene	Sláma ječmene	Sušina kukuřice
0	0	1,4a	0,521a	1,24	0,275a	0,382a
	100	2,0a	0,449a	1,27	0,266a	0,380a
	200	3,4b	0,426a	1,22	0,248a	0,415ab
	300	4,3c	0,454a	1,26	0,261a	0,383a
Minerální	0	1,4a	0,475a	1,07	0,257a	0,331a
	100	2,0a	0,541ab	1,20	0,292ab	0,370a
	200	3,4b	0,803cd	1,53	0,399bcd	0,402ab
	300	4,3c	0,875d	1,92	0,512d	0,477bcd
Organická	0	1,4a	0,551ab	1,63	0,356abc	0,375a
	100	2,0a	0,496ab	1,92	0,425cd	0,421abc
	200	3,4b	0,532ab	1,86	0,467cd	0,511cd
	300	4,3c	0,648bc	1,90	0,467cd	0,520d

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

Tab. 11 Obsah P ve sklizených produktech (%) v předchozích letech pokusu

Cesta recyklace	Dávka dusíku	1. rok		2. rok		3. rok
		sušina řepky	sušina kukuřice	zrno ječmene	sláma ječmene	sušina kukuřice
0	0	0,297a	0,121b	0,46	0,143bc	0,164c
	100	0,244b	0,109ab	0,40	0,179cd	0,162c
	200	0,317a	0,099ab	0,45	0,191cd	0,167cd
	300	0,380c	0,085ab	0,44	0,189cd	0,161c
Minerální	0	0,297a	0,092ab	0,34	0,056ab	0,112b
	100	0,244b	0,100ab	0,30	0,048a	0,099ab
	200	0,317a	0,092ab	0,25	0,049ab	0,065a
	300	0,380c	0,095ab	0,23	0,047a	0,055a
Organická	0	0,297a	0,215c	0,46	0,249de	0,137bc
	100	0,244b	0,139b	0,47	0,326e	0,210d
	200	0,317a	0,100a	0,46	0,308e	0,320e
	300	0,380c	0,085a	0,45	0,209cd	0,312e

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

Odběr živin výnosem ječmene a srovnání s předchozími plodinami

Odběr všech živin byl průkazně vyšší při minerální recyklaci než bez návratu živin (tab. 12). 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.

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 (pravděpodobně ve formě nerozložených posklizňových zbytků, mikrobiální biomasy, organické hmoty) (tab. 13). Z tohoto množství bylo druhou, třetí a čtvrtou plodinou využito zhruba 90 % N aplikovaného v jednotlivých letech pokusu (tab. 13). Celkové využití N z původně aplikovaných 100 - 300 kg N ha⁻¹ nicméně klesalo v průběhu trvání pokusu a v posledním roce dosahovalo 66 - 119 kg N ha⁻¹, což je 40 - 66 %.

Všechny způsoby recyklace vycházely ze stejných čtyř variant hnojení řepky jako první plodiny, proto byl odběr živin první plodinou pro všechny cesty recyklace shodný. Bez recyklace a při organické recyklaci došlo během prvního roku k vyčerpání dostupných živin a jejich odběr byl od druhého roku pokusu značně nízký při všech úrovních hnojení (tab. 13).

Tab. 12 Odběr živin výnosem ječmene (kg ha⁻¹) při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
0	0	12,2a	3,9a	23,8a	5,6a	7,5a
	100	11,9a	3,8a	21,3a	5,6a	7,2a
	200	13,1a	4,3a	22,9a	6,4a	8,5a
	300	13,6a	4,4a	23,6a	6,1a	8,2a
minerální	0	40,5b	9,3b	75,2b	13,2b	21,3b
	100	66,1c	12,3c	125,7c	16,7c	25,9bc
	200	92,1d	15,3d	143,4cd	19,1c	25,8bc
	300	119,4e	13,8cd	169,7d	19,4c	27,6c

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

Tab. 13 Odběr dusíku výnosem (kg N ha⁻¹) v předchozích letech pokusu

Cesta recyklace	Dávka dusíku	1. rok		2. rok	3. rok
		Řepka	Kukuřice	Ječmen	Kukuřice
0	0	48a	27,2a	12a	26,7ab
	100	122b	34,6a	12a	26,9ab
	200	254c	44,0ab	12a	30,1ab
	300	258c	71,7bc	13a	27,9ab
Minerální	0	48a	57,3b	53b	54,2b
	100	122b	103,7c	91c	99,5c
	200	254c	170,8d	147d	142,8d
	300	258c	207,1e	192e	193,4e
Organická	0	48a	18,8a	9a	25,2ab
	100	122b	48,8ab	9a	25,9ab
	200	254c	92,1c	13a	21,2a
	300	258c	139,7d	11a	27,1ab

Obsah chlorofylu

Obsah chlorofylu byl v obou termínech měření výrazně vyšší při minerální recyklaci než u variant bez recyklace. (tab. 14). Obsah chlorofylu narůstal s rostoucí dávkou N v obou termínech měření.

Tab. 14 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Sloupkování	Metání
0	0	246	238
	100	268	271
	200	262	273
	300	295	300
minerální	0	403	357
	100	535	438
	200	559	444
	300	564	495

9. Závěry

Rostoucí dávka N na počátku zvýšila produkci biomasy a čerpání živin z půdy. Nicméně recyklace těchto živin byla ve všech variantách pokusu v různé míře omezená. Pokud nebyly živiny odčerpané výnosem navraceny do půdy, došlo k jejich vyčerpání během prvního roku pokusu a v dalších letech samotná půda zásobovala rostliny jen 12 - 30 kg N ha⁻¹ za rok. Také při organické recyklaci byly dostupné živiny spotřebovány během prvního roku a výnosy se nelišily od variant bez recyklace živin. Rozklad byl zřejmě příliš pomalý na to, aby transformoval živiny z biomasy do formy přijatelné rostlinám a ze 100 - 300 kg N ha⁻¹ bylo v dalších letech využito jen několik desítek kg N ha⁻¹. Výnosy byly výrazně vyšší při minerální recyklaci, přesto i při této cestě návratu živin do půdy zůstala část dusíku nevyužita v půdě. Výnos většiny plodin během pokusu byl zvyšován rostoucí dávkou N a její recyklací až do 200 kg N ha⁻¹, nejvyšší dávka už výnos dále zvyšovala jen málo. Odběr N výnosem rostl až do nejvyšší dávky a je pravděpodobné, že by rostliny využily i více dusíku. U třech po sobě následujících plodin dosahovalo využití aplikovaného dusíku z dávky 50 – 200 kg N ha⁻¹

zhruba 90 %. To svědčí o biologické aktivitě půdy, která byla schopná při této úrovni vstupů a výnosů nahrazovat N vázaný v biomase kořenů a posklizňových zbytků. V posledním roce však byl zaznamenán pokles využití, což mohlo být enormním výnosem předplodiny (kukuřice), která dusík vyčerpala a zanechala v půdě kořeny chudé na živiny. Ze 100 - 300 kg N ha⁻¹ aplikovaných při založení pokusu bylo na konci pokusu využito 66 - 119 kg N ha⁻¹, což je 40 - 66 % výchozí dávky. Zhruba polovina aplikovaných živin tak zůstala v půdě a během pokusu se dále neobjevila ve výnosu. I když hnojení zvyšovalo výnos, použité dávky poměrně málo zvyšovaly obsah N v sušině. Pokud se půdní organismy živily organickými zbytky chudými na živiny, mohlo to následně zpomalit i zpřístupňování živin z půdy. Je proto otázka, jestli je nejvyšší dávka dostatečná pro udržení úrodnosti půdy. Při určité úrovni výnosů zřejmě stačí, ale pokud výnos naroste více než odběr živin z půdy, zvyšování dávky nestačí naplnit nároky rostlin a dostupnost dusíku klesá. Kromě dusíku mohl být limitující také fosfor, jehož koncentrace v rostlinách byla v posledních dvou letech pokusu nižší při vyšších dávkách N. A i když pěstované plodiny nemusely být limitovány fosforem, mohlo ho být málo pro půdní mikroorganismy, které mají zpravidla vyšší nároky než rostliny. To může vést ke konkurenci o fosfor mezi rostlinami a půdou a také k omezení půdní biologické aktivity. Z výsledků vyplývá, že udržení úrodnosti by v podmínkách pokusu pravděpodobně vyžadovalo vyšší dávku N než 300 kg N ha⁻¹ v lehce přijatelné formě a také vyšší dávky P.

Část živin z aplikovaných hnojiv se stává součástí různých forem půdní organické hmoty, které vznikají z posklizňových zbytků, kořenů a dalších zdrojů. Důležitou funkcí půdy je recyklace těchto živin. Při nedostatečné rychlosti recyklace může udržení úrodnosti vyžadovat nahrazování nevyužitých živin dalšími vstupy, což je z dlouhodobého hlediska neudržitelné. Půdní organismy mají také nároky na živiny a dostatek živin v půdě nebo v rozkládané biomase je nezbytný pro jejich činnost i úrodnost půdy. Pokud navracíme živiny odebrané výnosem, dávka potřebná na dostatečný výnos nemusí vždy stačit pro udržení půdní úrodnosti.

10. Použitá literatura

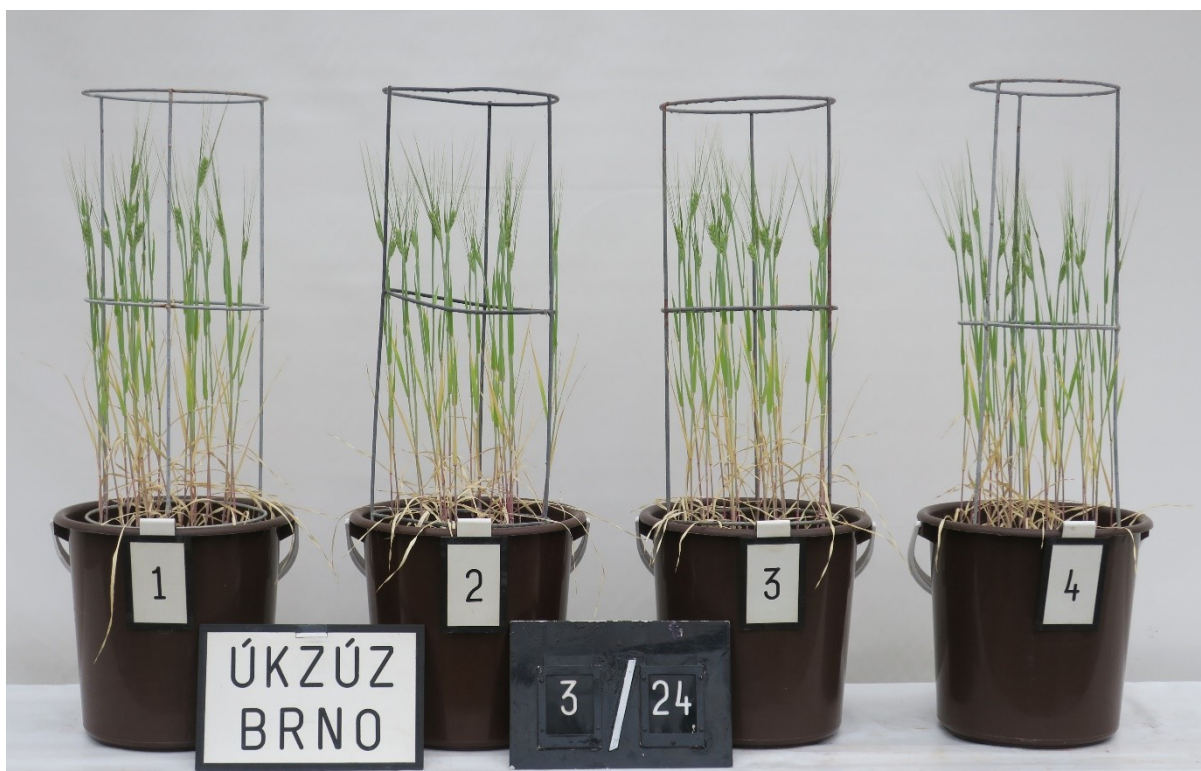
- Zbíral, J., Čižmárová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014. Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.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

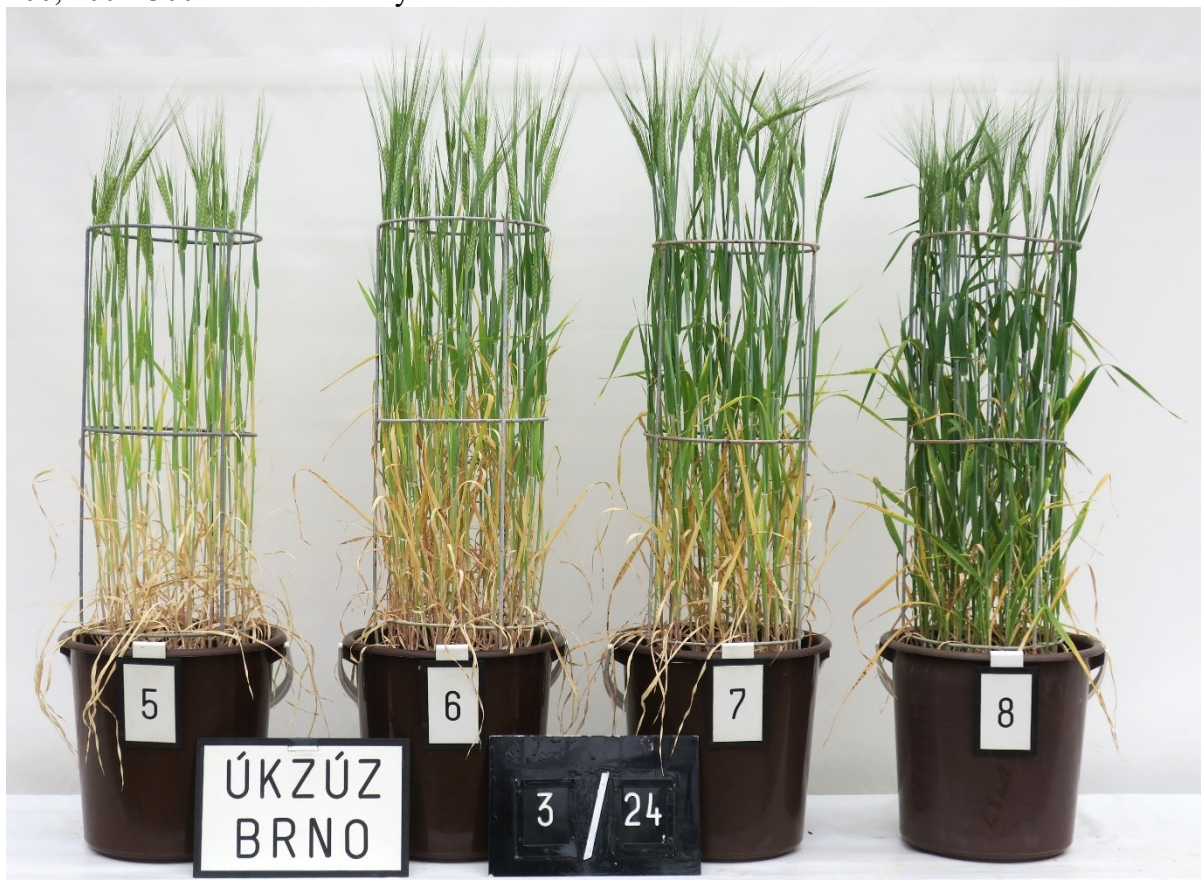
Obr 1. Rostliny ječmene na počátku sloupkování. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 bez recyklace, čísla nádob 5, 6, 7 a 8 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 s minerální recyklací



Obr 2. Rostliny ječmene 4.6 ve fázi kvetení. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 bez recyklace



Obr 3. Rostliny ječmene 4.6 ve fázi kvetení. Číslo nádoby 1, 2, 3 a 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 s minerální recyklací



Obr 4. Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 bez recyklace, čísla nádoby 5, 6, 7 a 8 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300 s minerální recyklací

