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

Oddělení výživy rostlin



Vliv rostoucí dávky dusíku v organické a minerální formě na výnos
Zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky za rok 2019-2021

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 2022

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv rostoucí dávky dusíku v organické a minerální formě na výnos

Účel zkoušky: bylo opakovaně prokázáno, že organické hnojení má příznivý vliv na úrodnost půdy při dlouhodobé aplikaci. Méně početné už jsou doklady bezprostředního pozitivního vlivu na růst a výnos pěstovaných plodin. Přesto výsledky některých pokusů naznačují, že při čistě organickém hnojení může být dosaženo vyšších výnosů než při hnojení čistě minerálním (např. Chaoui a kol., 2003; Paterson a kol., 2011). Pozorovaný vyšší výnos byl zpravidla zaznamenán při vysokých dávkách organických hnojiv a může být do jisté míry vysvětlen vstupy minerálního dusíku do půdy v těchto hnojivech. Organické hnojení však může podporovat růst i řadou dalších mechanismů, které jsou na vstupu minerálních živin nezávislé. Některé z těchto specifických účinků jsou mimo jiné deklarovány jako přínosy různých stimulátorů růstu. Aby bylo možné tyto vlivy odlišit, byl ve vegetační nádobové zkoušce srovnáván vliv rostoucí dávky dusíku v minerální a organické formě na výnos.

Cíle zkoušky: zjistit, jestli má organické hnojení bezprostřední výhody ve srovnání s hnojením čistě minerálním. Ověřit reakci rostlin na rostoucí dávky dusíku pro potřeby metodiky nádobových zkoušek.

Hypotézy a očekávané výsledky:

- Výnos je úměrný dávce N v aplikovaném minerálním nebo organickém hnojivu.
- Výnos roste s rostoucí dávkou N až do určité hranice, která je vyšší při organickém hnojení.

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2019 ve vegetační hale v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2019 - 2021

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako zdroj dusíku v minerální formě byla použita směs čistých solí, které jsou komerčně dostupné v podobě rozpustného hnojiva Kristalon 17-6-25+micro, obsahujícího 17% N, 2,6 % P a 20,7 % K. Dávka hnojiva byla vypočítána tak, aby P, K a další živiny nebyly limitující a bere v úvahu zjištěný obsah živin v půdě. Výrobcem je Yara Agri Czech Republic s. r. o.
- Jako organický zdroj dusíku bude použit kompost z kompostárny firmy Fertia s. r. o. v Náměšti nad Oslavou. Analýzy byly provedeny v NRL ÚKZÚZ Plzeň v dubnu 2019 (tab. 1).

Tab. 1: Chemické složení testovaného kompostu

Parametry	Hodnota
Sušina (%)	67,8
Celkový N (% sušiny)	1,3
Celkový P (% sušiny)	0,35
Celkový K (% sušiny)	1,3
Celkový Mg (% sušiny)	0,5
pH	8,5

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky bude použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Zbýšov (Okres Vyškov, 49.1315611N, 16.8127056E) - černozem (tab. 2).

Tab. 2: 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: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Sebastian
2. rok: Kukuřice (*Zea Mays*) - odrůda Pesandor
3. rok: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin jsou uvedeny v tabulce 3. Dávky hnojiv jsou uvedeny v tabulce 4. Tabulka 5 uvádí schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob.

Tab. 3: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin (kg ha^{-1})

Označení	Varianta	Počet opakování	Dávka N organického	Dávka N minerálního
1	0	4	0	0
2	200	4	0	200
3	400	4	0	400
4	600	4	0	600
5	0+588	4	588	0
6	200+588	4	588	200
7	400+588	4	588	400
8	600+588	4	588	600
9	0+1175	4	1175	0
10	200+1175	4	1175	200
11	400+1175	4	1175	400
12	600+1175	4	1175	600
13	0+2351	4	2351	0
14	200+2351	4	2351	200
15	400+2351	4	2351	400
16	600+2351	4	2351	600

Tab. 4: Dávky hnojiv

Označení	Varianta	Organické hnojivo	Dávka organického hnojiva (t ha^{-1})	Minerální hnojivo	Dávka minerálního hnojiva (kg ha^{-1})
1	0	kompost	0	Kristalon	0
2	200	kompost	0	Kristalon	1176
3	400	kompost	0	Kristalon	2353
4	600	kompost	0	Kristalon	3529
5	0+588	kompost	67	Kristalon	0
6	200+588	kompost	67	Kristalon	1176
7	400+588	kompost	67	Kristalon	2353
8	600+588	kompost	67	Kristalon	3529
9	0+1175	kompost	133	Kristalon	0
10	200+1175	kompost	133	Kristalon	1176
11	400+1175	kompost	133	Kristalon	2353
12	600+1175	kompost	133	Kristalon	3529
13	0+2351	kompost	267	Kristalon	0
14	200+2351	kompost	267	Kristalon	1176
15	400+2351	kompost	267	Kristalon	2353
16	600+2351	kompost	267	Kristalon	3529

Tab. 5: Schéma aplikace hnojiv do nádob

Označení	Varianta	Organické hnojivo	Dávka organického hnojiva (g nádoba ⁻¹)	Minerální hnojivo	Dávka minerálního hnojiva (g nádoba ⁻¹)
1	0	kompost	0	Kristalon	0,0
2	200	kompost	0	Kristalon	5,8
3	400	kompost	0	Kristalon	11,5
4	600	kompost	0	Kristalon	17,3
5	0+588	kompost	327	Kristalon	0,0
6	200+588	kompost	327	Kristalon	5,8
7	400+588	kompost	327	Kristalon	11,5
8	600+588	kompost	327	Kristalon	17,3
9	0+1175	kompost	653	Kristalon	0,0
10	200+1175	kompost	653	Kristalon	5,8
11	400+1175	kompost	653	Kristalon	11,5
12	600+1175	kompost	653	Kristalon	17,3
13	0+2351	kompost	1307	Kristalon	0,0
14	200+2351	kompost	1307	Kristalon	5,8
15	400+2351	kompost	1307	Kristalon	11,5
16	600+2351	kompost	1307	Kristalon	17,3

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: organické hnojivo bylo zapraveno do půdy před výsevem první plodiny. Minerální hnojivo bylo zapraveno do půdy před výsevem každé plodiny.

7 Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 16 variant x 4 opakování, celkem 64 vegetačních nádob

Technika provedení pokusu:

- rostliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách (objem 12 l) v 10 kg zhomogenizované zeminy
- výsev byl proveden 25. 3. 2021, do každé nádoby bylo vyseto 28 semen. Po vzejití (1. 4. 2021) bylo 12. 4. 2021 provedeno vyjednání na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro případné zachycení přebytečné závlivkové vody. Tato perkolovaná voda byla navracena zpět do nádoby.
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, použité k ochraně proti chorobám a škůdcům byly použity přípravky na ochranu rostlin uvedené v tab. 6.
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány
- 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 7. 7. 2021

Tab. 6. Přípravky použité k ochraně proti chorobám a škůdcům ječmene jarního v průběhu zkoušky

Přípravek	datum	koncentrace (%)	Škůdce/choroba
Karate	23. 4. 2021	0,1	žraví škůdci
Seguris	24. 5. 2021	0,1	padlí
Pirimor	17.6.2021	0,15	mšice

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 z každé nádoby byl stanoven celkový obsah N, P, K, Mg a Ca podle JPP postup č. 40053.1 (Zbíral a kol. 2014).

Statistické vyhodnocení:

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

8.1 Výnos zrna a slámy ječmene v 1. roce pokusu

Výnos zrna byl průkazně zvyšován organickým i minerálním hnojením (tab. 7). Bez organického hnojení byl nárůst výnosu s rostoucí dávkou minerálního hnojiva průkazný až do úrovně hnojení 200 kg N ha⁻¹, další zvyšování dávky výnos zvýšilo pouze neprůkazně (tab. 7). Při dávkách dusíku v organické formě na úrovni 1175 a 2351 kg N ha⁻¹ byl vliv minerálního hnojení na výnos zrna neprůkazný. Rostoucí dávka dusíku v organické formě průkazně zvyšovala výnos až do nejvyšší dávky, ale pouze v případě, že kompost byl jediným zdrojem živin. Při současné aplikaci minerálního hnojiva byl vliv rostoucí dávky kompostu neprůkazný. Výnos při nejvyšší dávce kompostu zhruba odpovídal výnosu při dávce 200 kg N ha⁻¹ v minerální formě.

Výnos slámy byl hnojením ovlivňován mnohem více než výnos zrna a byl průkazně zvyšován až po nejvyšší dávky organického i minerálního hnojiva (tab. 8). Vysoké dávky živin tak podporují spíše nárůst slámy než výnos zrna.

Protože výnos zrna vzrůstal pouze do úrovně minerálního hnojení 0 – 200 kg N ha⁻¹, byl zvláště vyhodnocen vliv hnojení v nižším rozsahu dávek na úrovni 0 – 400 kg minerálního N ha⁻¹ a organického v dávkách 0 až 588 kg N ha⁻¹. Bylo zjištěno, že výnos zrna byl průkazně vyšší při dávce dusíku 400 kg N ha⁻¹, než v kontrole a variantě hnojené 200 kg N ha⁻¹, průkazně se však nelišil od výnosu varianty 200+588 a 400+588. V tomto rozsahu dávek tedy **byla potvrzena hypotéza, že při srovnatelné dávce minerálního dusíku v aplikovaných hnojivech je výnos vyšší při organickém hnojení.**

Tab. 7 **Výnos zrna** ječmene (t ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	3,3 ^a	4,5 ^a	6,4 ^c	7,8 ^d
200	7,9 ^{cd}	9,3 ^d	7,8 ^{cd}	8,9 ^d
400	9,0 ^{cd}	9,6 ^d	9,1 ^d	10,0 ^d
600	8,1 ^{cd}	9,2 ^d	8,9 ^{cd}	9,0 ^d

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

Tab. 8 **Výnos slámy** ječmene (t ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	4,9 ^a	5,9 ^a	8,2 ^{ab}	10,7 ^{bc}
200	10,1 ^{bc}	10,9 ^{bc}	12,4 ^{cd}	15,0 ^{def}
400	11,8 ^{bcd}	13,2 ^{cde}	16,7 ^{efg}	18,0 ^{fg}
600	15,5 ^{def}	15,6 ^{def}	17,8 ^{fg}	20,0 ^g

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

Odběr živin výnosem ječmene v 1. roce pokusu

Odběr N se zvyšoval s rostoucí dávkou organického i minerálního hnojiva (tab. 9). Zvyšování odběru dusíku zvyšováním dávky kompostu by mohlo být vysvětleno spíše vstupem minerálního dusíku v organickém hnojivu než specifickým vlivem organické hmoty na rostliny. Také odběr P a K narůstal s rostoucí dávkou organického i minerálního hnojiva (tab. 10, tab. 11).

Tab. 9 **Odběr dusíku** výnosem ječmene (kg N ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	48 ^a	66 ^{ab}	108 ^{bc}	153 ^{cd}
200	207 ^{de}	242 ^{ef}	229 ^e	294 ^{fg}
400	330 ^{gh}	365 ^{hi}	399 ^{ij}	446 ^{jk}
600	425 ^{jk}	421 ^{ijk}	460 ^{kl}	505 ^l

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

Tab. 10 **Odběr fosforu** výnosem ječmene (kg P ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	12 ^a	20 ^{ab}	31 ^{cdef}	40 ^{fgh}
200	21 ^{abc}	34 ^{defg}	34 ^{defg}	47 ^h
400	24 ^{bcd}	36 ^{efg}	43 ^{gh}	59 ⁱ
600	29 ^{bcde}	41 ^{gh}	47 ^h	62 ⁱ

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

Tab. 11 **Odběr draslíku** výnosem ječmene (kg K ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	134 ^{ab}	205 ^b	395 ^{bc}	582 ^c
200	431 ^c	552 ^{cd}	663 ^d	927 ^d
400	537 ^c	761 ^d	993 ^e	1088 ^{de}
600	801 ^d	880 ^d	1094 ^e	1190 ^e

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

8.2 Výnos sušiny kukuřice ve 2. roce pokusu

Výnos sušiny byl průkazně zvyšován organickým i minerálním hnojením (tab. 12). Při všech úrovních hnojení kompostem byl výnos zvyšován rostoucí dávkou současně aplikovaného minerálního hnojiva, ale nárůst byl průkazný do 200 kg N ha⁻¹. Další zvyšování dávek zvýšilo výnos neprůkazně. Výnos však byl dále průkazně zvyšován organickým hnojením až o 36 % ve srovnání s variantami hnojenými čistě minerálním hnojivem. Potvrdila se tak hypotéza, že při organickém hnojení může být dosaženo vyššího výnosu než při výhradně minerálním hnojení.

Tab. 12 Výnos **sušiny kukuřice** (t ha⁻¹)

Dávka minerálního Dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	5,8 ^a	9,9 ^{ab}	13,7 ^{bc}	17,9 ^{cd}
200	22,3 ^{de}	26,4 ^{efgh}	29,3 ^{gh}	30,4 ^h
400	23,6 ^{ef}	27,8 ^{fgh}	27,9 ^{fgh}	30,3 ^h
600	24,6 ^{efg}	27,1 ^{efgh}	28,1 ^{fgh}	30,4 ^h

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

Odběr živin výnosem kukuřice ve 2. roce pokusu

Odběr N a P se zvyšoval s rostoucí dávkou minerálního hnojiva, vliv organického hnojení byl menší (tab. 13, tab. 14). Odběr K narůstal s rostoucí dávkou minerálního i organického hnojiva (tab. 15).

Tab. 13 **Odběr dusíku** výnosem kukuřice (kg N ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	25 ^a	46 ^a	63 ^a	79 ^a
200	146 ^b	158 ^b	206 ^{bc}	206 ^{bc}
400	223 ^{cd}	265 ^{cde}	279 ^{de}	262 ^{cde}
600	279 ^{de}	310 ^{ef}	349 ^f	371 ^f

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

Tab. 14 **Odběr fosforu** výnosem kukuřice (kg P ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	6 ^a	12 ^{ab}	18 ^{bc}	18 ^{bc}
200	19 ^{bc}	16 ^{abc}	22 ^{cd}	23 ^{cd}
400	18 ^{bc}	21 ^{bcd}	21 ^{bcd}	24 ^{cd}
600	22 ^{cd}	22 ^{cd}	30 ^d	29 ^d

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

Tab. 15 **Odběr draslíku** výnosem kukuřice (kg K ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	119 ^a	236 ^{ab}	341 ^{bcd}	388 ^{cde}
200	296 ^{bc}	408 ^{cde}	537 ^{fg}	609 ^{ghi}
400	405 ^{cde}	505 ^{efg}	565 ^{fgh}	662 ^{hi}
600	451 ^{def}	577 ^{gh}	624 ^{ghi}	723 ⁱ

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

8.3 Výnos zrna a slámy ječmene ve 3. roce pokusu

Minerální hnojení v dávce 200 kg N ha⁻¹ průkazně zvýšilo výnos zrna ve srovnání s kontrolou, další zvyšování dávky minerálního hnojiva však nemělo vliv (tab. 16). Výnos však byl dále zvyšován rostoucí dávkou kompostu a pozorovaný nárůst dosahoval až 28 %. Výnos slámy byl zvyšován minerálním hnojením v dávce do 400 kg N ha⁻¹, při nejvyšší dávce kompostu však výnos rostl až do nejvyšší úrovně minerálního hnojení (tab. 17). Při všech úrovních minerálního hnojení byl výnos dále zvyšován rostoucí dávkou organického hnojiva. I ve 3. roce pokusu se tak potvrdila hypotéza, že nad určitou úroveň lze výnos zvýšit pouze organickým hnojením.

Tab. 16 **Výnos zrna** ječmene (t ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	0,7 ^a	1,1 ^{ab}	1,5 ^{ab}	2,5 ^b
200	7,2 ^c	8,5 ^{cde}	8,4 ^{cde}	9,2 ^{def}
400	8,4 ^{cde}	9,1 ^{def}	9,6 ^{ef}	9,6 ^{ef}
600	8,1 ^{cd}	8,9 ^{de}	9,3 ^{def}	10,3 ^f

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

Tab. 17 **Výnos slámy** ječmene (t ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	1,8 ^a	2,3 ^{ab}	3,0 ^{ab}	5,1 ^b
200	10,5 ^c	10,8 ^c	12,1 ^{cd}	13,3 ^{cde}
400	14,2 ^{def}	16,1 ^{efg}	16,8 ^{fg}	18,0 ^g
600	17,2 ^{fg}	18,2 ^g	17,8 ^g	22,5 ^h

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

Obsah živin v zrna a slámě ječmene ve 3. roce pokusu

Obsah dusíku v zrna i ve slámě byl průkazně zvyšován rostoucí dávkou dusíku v minerální formě při všech úrovních organického hnojení (tab. 18, tab. 19). Vliv organického hnojení byl menší. Obsah P a K v zrna dosahoval nejvyšších hodnot v nehnojené kontrole (tab. 20). To by mohlo být vysvětleno hromaděním živin v malé biomase rostlin. Ostatní rozdíly mezi variantami byly poměrně malé. Také obsah Mg se měnil jen málo s dávkou hnojiv. Nejvyšší hodnoty obsahu P ve slámě byly naměřeny v kontrole (tab. 21). Také obsah Mg byl vyšší ve slámě nehnojených rostlin. Obsah K byl průkazně zvyšován rostoucí dávkou minerálního hnojení a v menší míře i organickým hnojením.

Tab. 18 Obsah **dusíku v zrna** ječmene (%)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	1,1 ^a	1,2 ^{ab}	1,3 ^{ab}	1,3 ^b
200	1,6 ^c	1,7 ^{cd}	1,7 ^{cd}	1,8 ^d
400	2,3 ^e	2,4 ^{ef}	2,3 ^e	2,3 ^e
600	2,4 ^{ef}	2,4 ^{ef}	2,4 ^{ef}	2,6 ^f

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

Tab. 19 Obsah **dusíku ve slámě** ječmene (%)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	0,3 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a
200	0,5 ^b	0,5 ^b	0,5 ^b	0,5 ^b
400	1,0 ^c	1,1 ^c	1,0 ^c	1,0 ^c
600	1,2 ^d	1,3 ^d	1,2 ^d	1,3 ^d

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

Tab. 20 Obsah **živin v zrna** ječmene (%)

Dávka N organického hnojiva (kg N ha ⁻¹)	Dávka N minerálního hnojiva (kg N ha ⁻¹)	P	K	Mg	Ca
0	0	0,414 ^c	0,505 ^{defg}	0,13 ^{cd}	<0,050 ^a
	200	0,248 ^{ab}	0,404 ^{abc}	0,11 ^{ab}	<0,050 ^a
	400	0,224 ^a	0,349 ^a	0,11 ^a	<0,050 ^a
	600	0,255 ^{ab}	0,376 ^{ab}	0,11 ^{ab}	<0,050 ^a
588	0	0,400 ^c	0,554 ^g	0,13 ^d	<0,050 ^a
	200	0,281 ^{ab}	0,442 ^{bcde}	0,13 ^{bcd}	<0,050 ^a
	400	0,283 ^{ab}	0,423 ^{abcd}	0,12 ^{abcd}	<0,050 ^a
	600	0,272 ^{ab}	0,431 ^{abcd}	0,12 ^{abcd}	<0,050 ^a
1175	0	0,451 ^c	0,522 ^{efg}	0,13 ^{bcd}	<0,050 ^a
	200	0,276 ^{ab}	0,403 ^{abc}	0,11 ^{abcd}	<0,050 ^a
	400	0,291 ^{ab}	0,432 ^{abcd}	0,12 ^{abcd}	<0,050 ^a
	600	0,298 ^b	0,491 ^{defg}	0,11 ^{abc}	<0,050 ^a
2351	0	0,420 ^c	0,557 ^g	0,13 ^{cd}	<0,050 ^a
	200	0,294 ^b	0,465 ^{cdef}	0,12 ^{bcd}	<0,050 ^a
	400	0,283 ^{ab}	0,551 ^g	0,12 ^{abcd}	<0,050 ^a
	600	0,301 ^b	0,544 ^{fg}	0,12 ^{abcd}	<0,050 ^a

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

Tab. 21 Obsah živin ve slámě ječmene (%)

Dávka N organického hnojiva (kg N ha ⁻¹)	Dávka N minerálního hnojiva (kg N ha ⁻¹)	P	K	Mg	Ca
0	0	0,105 ^{cde}	1,8 ^a	0,28 ^{bc}	0,43 ^a
	200	0,058 ^{abc}	2,4 ^{bc}	0,21 ^a	0,40 ^a
	400	0,064 ^{abcd}	3,3 ^{ef}	0,19 ^a	0,46 ^{abc}
	600	0,061 ^{abc}	4,1 ^h	0,19 ^a	0,67 ^{def}
588	0	0,140 ^e	2,1 ^{ab}	0,27 ^{bc}	0,46 ^{abc}
	200	0,048 ^a	2,7 ^{cd}	0,23 ^{ab}	0,47 ^{abc}
	400	0,049 ^a	4,0 ^{gh}	0,22 ^{ab}	0,58 ^{cde}
	600	0,052 ^a	4,3 ^{hi}	0,23 ^{ab}	0,86 ^g
1175	0	0,111 ^{de}	2,2 ^{abc}	0,29 ^c	0,48 ^{abc}
	200	0,031 ^a	2,9 ^{de}	0,20 ^a	0,42 ^a
	400	0,036 ^a	3,9 ^{gh}	0,18 ^a	0,48 ^{abc}
	600	0,036 ^a	4,4 ^{hi}	0,19 ^a	0,70 ^{ef}
2351	0	0,102 ^{bcde}	2,5 ^{bcd}	0,23 ^{ab}	0,45 ^{ab}
	200	0,056 ^{ab}	3,5 ^{fg}	0,19 ^a	0,47 ^{abc}
	400	0,056 ^{ab}	4,3 ^{hi}	0,19 ^a	0,56 ^{bcd}
	600	0,060 ^{abc}	4,7 ⁱ	0,20 ^a	0,78 ^{fg}

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

Odběr živin výnosem ječmene ve 3. roce pokusu

Odběr N i odběr ostatních živin výnosem se průkazně zvyšoval s rostoucí dávkou organického i minerálního hnojiva (tab. 22).

Tab. 22 Odběr dusíku výnosem ječmene (kg N ha⁻¹)

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávka organického dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	588	1175	2351
0	12 ^a	18 ^a	24 ^a	43 ^a
200	151 ^b	180 ^{bc}	187 ^{bc}	226 ^c
400	307 ^d	361 ^{de}	370 ^{ef}	383 ^{ef}
600	374 ^{ef}	422 ^f	416 ^f	516 ^g

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

Tab. 23 Odběr živin výnosem ječmene (kg ha⁻¹)

Dávka N organického hnojiva (kg N ha ⁻¹)	Dávka N minerálního hnojiva (kg N ha ⁻¹)	P	K	Mg	Ca
0	0	4 ^a	31 ^a	5 ^a	7 ^a
	200	22 ^c	262 ^{bc}	28 ^c	43 ^{bc}
	400	26 ^{cde}	469 ^d	33 ^{cde}	65 ^{cde}
	600	29 ^{def}	685 ^{ef}	38 ^{def}	112 ^{gh}
588	0	7 ^a	46 ^a	5 ^a	7 ^a
	200	27 ^{cde}	306 ^c	32 ^{cd}	50 ^c
	400	32 ^{ef}	633 ^e	44 ^{fg}	91 ^{efg}
	600	32 ^{ef}	769 ^f	49 ^{gh}	150 ⁱ
1175	0	9 ^{ab}	69 ^a	10 ^{ab}	14 ^a
	200	25 ^{cd}	363 ^{cd}	31 ^{cd}	52 ^c
	400	32 ^{ef}	661 ^{ef}	39 ^{def}	81 ^{def}
	600	32 ^{ef}	774 ^f	42 ^{efg}	121 ^h
2351	0	14 ^b	133 ^{ab}	14 ^b	22 ^{ab}
	200	32 ^{ef}	472 ^d	34 ^{cde}	62 ^{cd}
	400	35 ^{ef}	786 ^f	43 ^{fg}	99 ^{fgh}
	600	42 ^g	1032 ^g	54 ^h	168 ⁱ

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

Obsah chlorofylu v listech

V prvním termínu měření byl obsah chlorofylu vyšší v minerálně hnojených variantách než ve variantách hnojených pouze organicky a byl vyšší při vyšších dávkách minerálního hnojiva (tab. 24). Ve druhém termínu měření došlo k výraznému poklesu obsahu chlorofylu. Největší pokles byl zaznamenán v pouze organicky hnojených variantách. Naopak při vyšších dávkách živin byl pokles menší a prohloubily se rozdíly mezi variantami. Pozorované rozdíly byly zhruba v souladu s vlivem hnojiv na výnos.

Tab. 24 Obsah chlorofylu v listech

Varianta	Fáze 2. kolénka	Konec sloupkování
0	238	76
200	336	507
400	589	556
600	625	508
0+588	421	247
200+588	628	394
400+588	630	552
600+588	633	603
0+1175	300	240
200+1175	592	468
400+1175	588	492
600+1175	637	588
0+2351	325	264
200+2351	622	561
400+2351	601	600
600+2351	579	619

9. Závěry

V průběhu 3 let pokusu byl výnos zvyšován rostoucí dávkou dusíku. Nárůst výnosu zrna ječmene a biomasy kukuřice byl průkazný do úrovně hnojení odpovídající 200 kg N ha⁻¹, výnos slámy ječmene rostl i při vyšších dávkách. Při nejvyšších dávkách byl více než výnos zvyšován obsah N v sušině a odběr dusíku výnosem. V reálných podmínkách by nadměrný růst slámy a zvyšování obsahu N v sušině vedly k poléhání a zvýšenému výskytu chorob, proto lze za účelné pro ječmen považovat pouze dávky, které ještě zvyšují výnos zrna.

Při všech úrovních minerálního hnojení byl výnos dále zvyšován rostoucí dávkou organického hnojiva a potvrdila se tak hypotéza, že výnos nemůže přesáhnout určitou mez bez organického hnojení. Výnos byl organickým hnojením zvyšován, i když kompost jen omezeně přispíval k čerpání dusíku plodinou. Skutečný přínos kompostu je tak vyšší, než by odpovídalo množství N z kompostu ve sklizených produktech a ve 2 a 3 roce pokusu dosahoval až 36 % ve srovnání s minerálně hnojenými variantami. Kompost byl v podmínkách pokusu také zdrojem P a K. Navíc lze předpokládat jeho pozitivní vliv na procesy v rhizosféře, zvyšování dostupnosti mikroprvků, fyzikálně-chemické změny v půdě atd. To všechno může vysvětlovat pozorovaný přínos kompostu. Hodnocení vlivu kompostu na výnos z hlediska odběru dusíku proto jeho skutečný přínos poněkud podhodnocuje. Přínos kompostu se projevil při současném hnojení dusíkem v minerální formě, při aplikaci samotného kompostu byl výnos omezený. Proto lze doporučit aplikaci kompostu se zdrojem lehce přijatelného dusíku při zkoušení i použití hnojiv.

Ze srovnání aplikovaných dávek kompostu s dosaženými výnosy, že dávka odpovídající 588 -1175 kg N ha⁻¹ zhruba odpovídá recyklaci sklizené biomasy za 4 – 6 let v podmínkách pokusu. Získání dostatečných zdrojů pro nejvyšší testovanou dávku by pravděpodobně vyžadovalo vnější vstupy. To dává smysl na degradovaných půdách, kam by měl být kompost přednostně aplikován.

10. Použitá literatura

- Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., Ohno, T., 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 295-302.
- Paterson, E., Neilson, R., Midwood, A. J., Osborne, S. M., Sim, A., Thornton, B., Millard, P., 2011. Altered food web structure and C-flux pathways associated with mineralisation of organic amendments to agricultural soil. *Applied Soil Ecology* 48, 107-116.
- Zbiral, 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.

11. Fotodokumentace

Obr. 1 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty bez minerálního hnojení. Nádoby 1, 5, 9, 13 odpovídají dávám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.



Obr. 2 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 200 kg N ha⁻¹. Nádoby 2, 6, 10, 14 odpovídají dávám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.



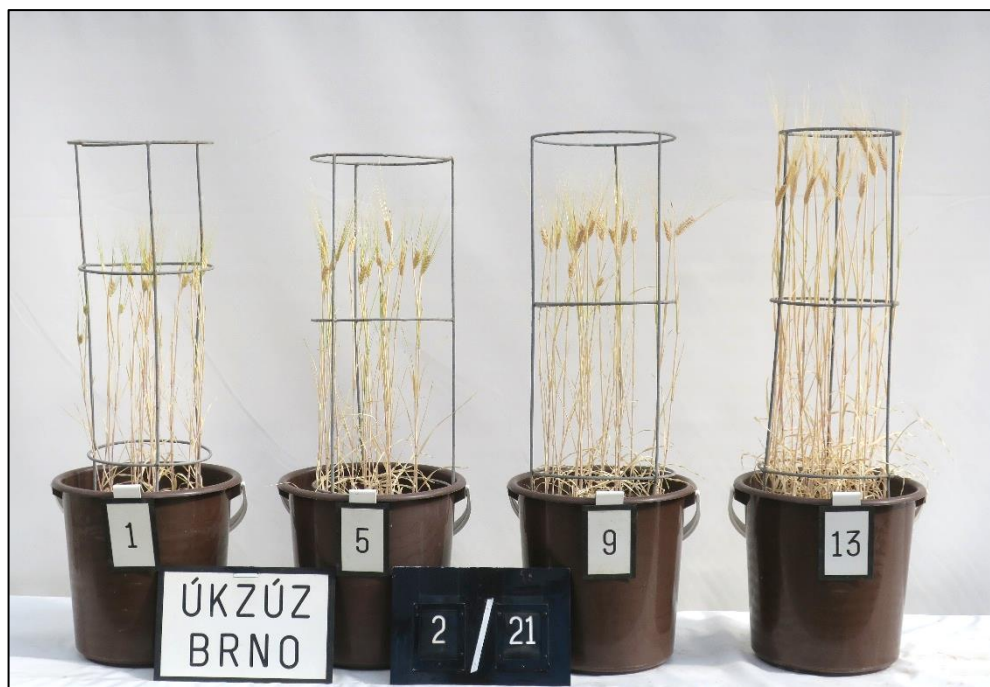
Obr. 3 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 400 kg N ha^{-1} . Nádoby 3, 7, 11, 15 odpovídají dávkám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a $2351 \text{ kg N ha}^{-1}$.



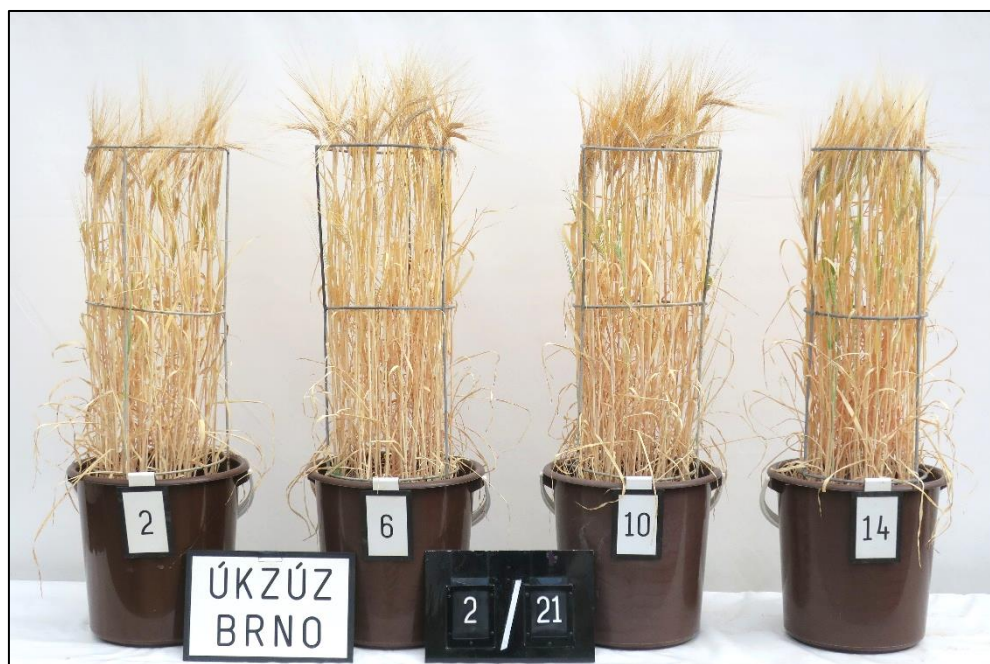
Obr. 4 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 600 kg N ha^{-1} . Nádoby 4, 8, 12, 16 odpovídají dávkám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a $2351 \text{ kg N ha}^{-1}$.



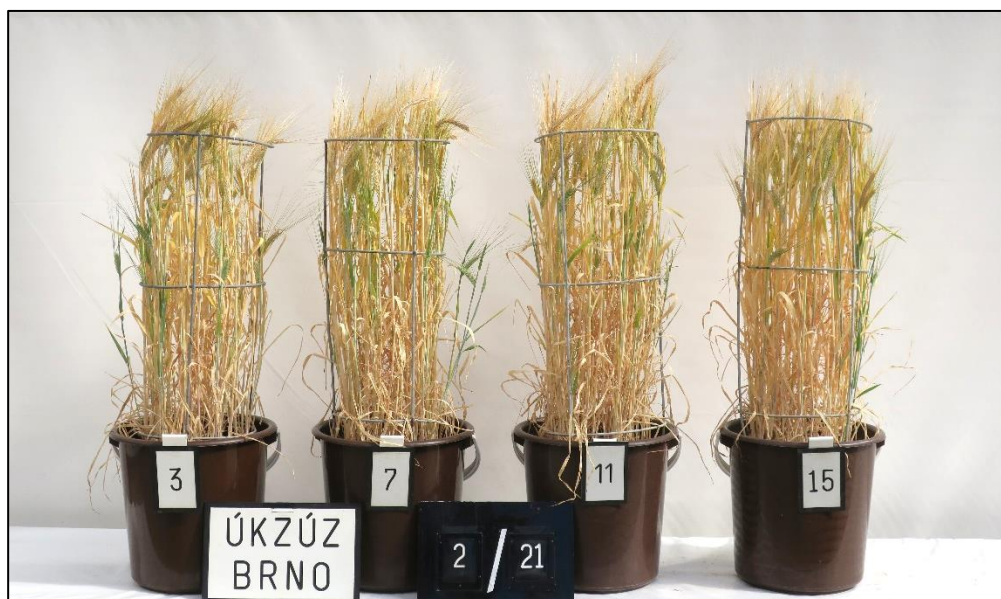
Obr. 5 Rostliny ječmene jarního před sklizní. Varianty bez minerálního hnojení. Nádoby 1, 5, 9, 13 odpovídají dávkám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.



Obr. 6 Rostliny ječmene jarního před sklizní. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 200 kg N ha⁻¹. Nádoby 2, 6, 10, 14 odpovídají dávkám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.



Obr. 7 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 400 kg N ha⁻¹. Nádoby 3, 7, 11, 15 odpovídají dávám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.



Obr. 8 Rostliny ječmene jarního ve fázi sloupkování. Varianty hnojené minerálním hnojivem v dávce odpovídající 600 kg N ha⁻¹. Nádoby 4, 8, 12, 16 odpovídají dávám organického hnojiva na úrovni 0, 588, 1175 a 2351 kg N ha⁻¹.

