

Č.j.: UKZUZ 118123/2025

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

Oddělení výživy rostlin



**Vliv pyrolyzovaného kalu zpracovaného kompostováním na výnos
a využití živin**

Výroční zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky za rok 2024

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, červenec 2025

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv pyrolyzovaného kalu zpracovaného kompostováním na výnos a využití živin

Účel zkoušky: nezbytným předpokladem úrodnosti půdy je její biologická aktivita, pro kterou jsou klíčové kořeny rostlin. Ty zásobují půdu uhlíkem a udržují vzájemně prospěšné vztahy s půdními organismy. Udržování biologické aktivity však vyžaduje také vstupy kvalitní organické hmoty, která obsahuje nejen uhlík, ale i ostatní živiny potřebné ke stavbě buněk půdních organismů. Hlavním zdrojem této formy organické hmoty jsou organická a statková hnojiva. Organické hnojení pomáhá udržovat v půdě populaci mikroorganismů schopných uveřejnit pozitivní vztahy s rostlinou vytvářet. Navíc je zdrojem minerálních živin, které umožňují rostlinám nejen vytvářet výnos ale produkovat i uvedené podzemní vstupy. Současně však nadbytek živin v půdě může omezovat vstupy C do rhizosféry. Naplnění všech uvedených předpokladů klade značné nároky na množství a kvalitu použitých hnojiv. Tradičními organickými vstupy jsou pro tyto účely kompost a hnůj, které však mohou mít nedostatek některých klíčových prvků, jako je P nebo S. Celá řada biogenních prvků je obsažena v čistírenských kalech, jejichž využití je značně problematické. Předchozí pokusy nicméně prokázaly využitelnost kalů zpracovaných pyrolýzou jako zdroje živin. Obohacení kalu kompostovaným materiálem by mohlo po zapravení do půdy podpořit její biologickou aktivitu jako prostředí s dostatkem živin a organické hmoty příznivé pro rozvoj rhizosféry mikroflóry. Kompostovaný materiál je zdrojem rozložitelné organické hmoty a některých živin, kal je zdrojem některých potenciálně limitujících živin, jako je např. S a P a současně představuje povrch pyrolyzované organické hmoty prostor pro sorpci živin a rozvoj mikroflóry. Uvádí se, že oživení půdy umožňuje rychlejší zpřístupňování živin z půdních zásob a z rozkladu hnojiv a posklizňových zbytků. Podobný efekt by mohla mít i aplikace pyrolyzovaného kalu obohaceného organickou hmotou. Jeho vliv na schopnost půdy zásobovat rostliny dusíkem a dalšími živinami je proto sledován ve vegetační nádobové zkoušce. Očekávané přínosy se mohou projevit po delší době, proto je zkouška víceletá.

Hypotézy zkoušky:

- a) vyšší biologická aktivita v organicky hnojené půdě podporuje růst pěstovaných rostlin a tím zvyšuje výnos, ale současně váže část aplikovaného dusíku. Proto **při srovnatelném odběru dusíku výnosem bude výnos vyšší v organicky hnojené půdě**. Organické hnojení tak nahradí více živin, než by odpovídalo rozdílu v odběru živin výnosem.
- b) při **negativní bilanci je v organicky hnojené půdě více živin uvolněno rostlinám z půdních zdrojů**. Organické hnojení tak vyrovnává rozdíl mezi vstupy živin a nároky rostlin.
- c) v **organicky hnojené půdě bude při pozitivní bilanci živin více živin využito následnou plodinou než v půdě organicky nehnojené**.
- d) kompostování organické hmoty s pyrolyzovaným kalem obohacuje rozkládanou hmotu o limitující prvky a aktivní povrchy pro mikroby. Zlepšení podmínek zvýší aktivitu mikrobů po aplikaci organické hmoty do půdy. To urychlí uvolňování živin z aplikovaného hnojiva i z organických zdrojů v půdě včetně posklizňových zbytků. **Organická hmota kompostovaná s pyrolyzovaným kalem proto nahradí více minerálních živin než pyrolyzovaný kal nebo kompost**.

Druh zkoušky: víceletá vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2023 ve vegetační hale v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2023 - 2024

Rozsah zkoušky: 7 variant x 5 opakování
Celkem 35 vegetačních nádob

Výrobce hnojiva: Vzorek materiálu poskytly HST Hydrosystémy s.r.o. v množství dostatečném pro provedení pokusu. Nespotřebované hnojivo bylo náležitým způsobem zlikvidováno v souladu s předpisy o nakládání s odpady.

2. Použitá hnojiva

2.1 Chemické složení pyrolyzovaného kalu

Karbochar je vyroben pyrolýzou čistírenského kalu. Údaje o složení byly poskytnuty výrobcem (Tab. 1).

Tab. 1 Chemické vlastnosti Karbocharu, obsah živin (VŠCHT)

Parametry	Karbochar
Popel v sušině	76,2
Hodnota pH v H ₂ O	11,7
Vodivost (μS/cm)	1 500
C v sušině (%)	22,3
N celkový organický v sušině (%)	1,5
C:N	15,3
P celkový v sušině (%)	4,1
K celkový v sušině (%)	0,4
Mg celkový v sušině (%)	1,4
S celková v sušině (%)	0,7
Na celkový v sušině (mg/kg)	4 110

2.2 Kompostování pyrolyzovaného kalu

Ke kompostování pyrolyzovaného kalu byla použita směs zakládky kompostu ze zahradních odpadů (kompostárna Náměšť) (tab. 2). Směs byla pravidelně vlhčena a promíchávána v intervalech 14 dní po dobu 6 měsíců. Byly připraveny dvě varianty kompostu: kompost bez přídatku a s přídatkem pyrolyzovaného kalu, který byl k základce přidán v množství odpovídajícím 10 % hmotnosti zakládky.

2.3 Chemické složení kompostu

Odběr kompostu k chemické analýze byl proveden před aplikací ke hnojeným rostlinám. Chemické vlastnosti hnojiva jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Chemické vlastnosti kompostu

Parametry	Kompost	Karbochar-kompost
Sušina (%)	37,7	43,9
C v sušině (%)	27,0	24,6
N celkový organický v sušině (%)	3,0	2,1
C:N	9	12
P celkový v sušině (%)	0,5	1,4
K celkový v sušině (%)	2,8	2,1
Mg celkový v sušině (%)	0,6	0,8
Ca celkový v sušině (%)	2,3	3,0
S celková v sušině (%)	0,4	0,4

2.3 Chemické složení minerálních hnojiv

Jako zdroj dusíku byla použita močovina s obsahem 46 % N. Jako zdroj draslíku a síry v minerální formě byl použit síran draselný s obsahem 42 % K a 18 % S.

3. Půda použitá k založení zkoušky

K založení zkoušky byla použita svrchní vrstva ornice z lokality Modřice. Agrochemické vlastnosti použité půdy jsou uvedeny v tab. 3

Tab. 3: Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií				
	P	K	Mg	Ca	S
7,3	31,9	151,7	407,2	6693	16,1
alkalická	nízký	vyhovující	velmi vysoký	velmi vysoký	nízký

4. Zkoušené plodiny

1. rok zkoušky (2023): kukuřice (*Zea mays*), odrůda Honoreen

2. rok zkoušky (2024): ječmen jarní (*Hordeum vulgare*), odrůda Laudis 550

5. Schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin v minerálních hnojivech jsou uvedeny v tab. 4. K variantě Karbochar byl aplikován pyrolyzovaný kal (6 tun/ha), varianta Kompost byla hnojena kompostem v dávce 40 tun/ha a k variantě Karbochar-kompost byl aplikován pyrolyzovaný kal zpracovaný kompostováním (40 tun/ha).

Tab. 4: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) v 1. roce zkoušky

Varianta	Dávka N	Dávka P	Dávka K
1.N0PK	0	60	240
2.N1PK	100	60	240
3.N2PK	200	60	240
4.N3PK	300	60	240
5.Karbochar	200	0	0
6.Kompost	200	0	0
7.Karbochar-kompost	200	0	0

6. Způsob a dávky hnojení

Před **založením zkoušky** byl aplikován pyrolyzovaný kal (6 tun/ha), kompost (40 tun/ha), pyrolyzovaný kal zpracovaný kompostováním (40 tun/ha) a fosforečné a draselné hnojivo dle varianty (tab. 5, tab. 6). Dále byla před založením aplikována část plánované dávky dusíku. Hnojiva byla promíchána s půdou při plnění nádob.

Ve **druhém roce pokusu** bylo hnojeno pouze dusíkem ve formě močoviny a ledku vápenatého. Dávka byla stanovena jako množství dusíku odebrané sklizní předplodiny. Celková dávka N byla rozdělena na několik dílčích dávek, aby se omezil možný negativní vliv vysokých dávek na biologickou aktivitu půdy. Část celkové dávky byla aplikována před výsevem, hnojivo bylo mělce zapraveno do půdy. Zbývající část roční dávky dusíku byla aplikována ve dvou termínech během vegetace (tab. 7):

- po vyjednání
- 3 týdny po vyjednání

Hnojiva aplikovaná během vegetace byla mělce zapravena do půdy.

Tab. 5: Schéma aplikace kompostu a agrouhlí ($\text{g} \cdot \text{nádoba}^{-1}$) do nádob v 1. roce zkoušky

Varianta	Karbochar	Kompost	Karbochar-kompost
1.N0PK	0	0	0
2.N1PK	0	0	0
3.N2PK	0	0	0
4.N3PK	0	0	0
5.Karbochar	30	0	0
6.Kompost	0	200	0
7.Karbochar-kompost	0	0	200

Tab. 6: Dávky N ve 2. roce zkoušky

Varianta	Celková dávka N (kg ha ⁻¹)	Dávky dusíku během vegetace (kg ha ⁻¹)		
		Před výsevem	Po vyjedení	3 týdny po vyjedení
1.N0PK	60	0	60	0
2.N1PK	111	100	11	0
3.N2PK	169	100	69	0
4.N3PK	301	100	100	100
5.Karbochar	232	100	80	50
6.Kompost	231	100	80	50
7.Karbochar-kompost	229	100	80	50

Tab. 7: Schéma aplikace minerálních hnojiv do nádob ve 2. roce zkoušky

Varianta	Močovina (g nádoba ⁻¹)		Ledek vápenatý (g nádoba ⁻¹)
	Před setím	Po vyjedení	3 týdny po vyjedení
1.N0PK	0	0,6	0
2.N1PK	1,1	0,1	0
3.N2PK	1,1	0,7	0
4.N3PK	1,1	1,1	3,3
5.Karbochar	1,1	0,9	1,7
6.Kompost	1,1	0,9	1,7
7.Karbochar-kompost	1,1	0,9	1,7

7. Technika založení a průběh zkoušky

Technika provedení pokusu:

- rośliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách s 10 kg zhomogenizované zeminy, do každé nádoby bylo 14. 3. 2024 vyseto 28 semen, po vzejití (23. 3. 2024) bylo 3. 4. 2024 provedeno vyjedení na 21 rostlin v každé nádobě. Sklizeň byla provedena 3. 7. 2024.

Obecné zásady

- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro zachycení přebytečné závlivkové vody
- 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 %).
- růstové rozdíly mezi kombinacemi 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

Hodnocené parametry:

Analýza půdy: po sklizni byl odebrány vzorky půdy, ve kterých byly stanoveny vybrané parametry.

- **Obsah P, K, Mg, Ca a S** bude stanoven ve výluhu dle Mehliche 3 (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30068.1 dle Zbírala a kol., 2016) metodou ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30074.1 dle Zbírala a kol., 2016). Ve výluhu dle Mehliche 3 bude také stanoven **obsah Cu, Zn, Al, Fe, Mn a B**.

Analýza rostlin: na vzduchu vysušené vzorky rostlin byly rozemlety a použity k analýzám.

- **Obsah N, P, K, Mg, Ca** ve sklizené biomase rostlin byl stanoven ve vzorku mineralizovaném mokrou cestou směsí kyseliny sírové, H₂O₂ a Se (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40020.1 dle Zbírala a kol., 2014). Obsah N bude stanoven metodou dle Kjehldala, (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40053.1 dle Zbírala a kol., 2014), obsah P, K, Mg a Ca byl stanoven metodou ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40090.1 dle Zbírala a kol., 2014).

Výnos: byl zjištěn výnos zrna a slámy ječmene

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 ječmene byl průkazně zvyšován minerálním dusíkatým hnojením (tab. 8). Výnos variant hnojených Karbocharem a kompostem byl zhruba na úrovni varianty N1PK a byl průkazně nižší než výnos varianty N3PK. Výnos varianty Karbochar-kompost se průkazně nelišil od výnosu varianty N3PK. Také výnos slámy byl zvyšován rostoucí dávkou dusíku, nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u variant N3PK a Karbochar-kompost. Výnos slámy u organicky hnojených variant (Karbochar, Kompost) byl neprůkazně nižší než nejvyšší dosažené výnosy.

Tab. 8 Výnos zrna a slámy ječmene při různé úrovni hnojení

Varianta	Výnos zrna (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1.N0PK	3,9a	100	6,7a	100
2.N1PK	6,7b	143	9,1b	136
3.N2PK	8,0cd	170	9,7bc	145
4.N3PK	8,7d	186	11,9d	178
5.Karbochar	7,3bc	155	10,7cd	160
6.Kompost	6,7b	142	11,0cd	164
7.Karbochar-kompost	8,7d	185	11,8d	176

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

Obsah živin v zrně a slámě ječmene

Obsah N v zrně byl průkazně zvyšován stupňováním dávky N (tab. 9). Obsah P a K byl naopak při vyšších dávkách N poněkud nižší. Na obsah Mg a Ca nemělo hnojení vliv. Z organicky hnojených variant měla nejvyšší obsah N, P a K v zrně varianta Kompost, což může souviset s nižším výnosem této varianty. Obsah S byl vyšší v minerálně hnojených variantách, které byly hnojeny vysokou dávkou S ve formě síranu draselného a byl vyšší při vyšších dávkách N. Mezi organicky hnojenými variantami byl nižší obsah S zaznamenán

u varianty Kompost, varianty s přidavkem Karbocharu (Karbochar, Karbochar-kompost) měly obsah S v zrna vyšší a mohly být zásobeny sírou z Karbocharu, který je jejím zdrojem. Všechny organicky hnojené varianty měly vyšší obsah Cu a Zn v zrna (tab. 10). Obsah ostatních mikroprvků byl značně variabilní a nebyl statisticky hodnocen.

Tab. 9 Obsah živin v sušině zrna při různé úrovni hnojení

Varianta	Obsah živin v sušině (%)					
	N	P	K	Mg	Ca	S
1.N0PK	1,150a	0,295c	0,447cd	0,119a	<0,050	0,103bc
2.N1PK	1,078a	0,258bc	0,419bc	0,115a	<0,050	0,061a
3.N2PK	1,301b	0,220ab	0,367ab	0,110a	<0,050	0,143d
4.N3PK	2,059e	0,218ab	0,392abc	0,116a	<0,050	0,155d
5.Karbochar	1,864cd	0,212a	0,348a	0,125a	<0,050	0,117cd
6.Kompost	1,937d	0,267c	0,486d	0,120a	<0,050	0,066ab
7.Karbochar-kompost	1,764c	0,221ab	0,369ab	0,117a	<0,050	0,102bc

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

Tab. 10 Obsah mikroprvků v sušině zrna při různé úrovni hnojení

Varianta	Obsah živin v sušině (mg/kg)				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1.N0PK	5,332	33,1	9,1	22,9ab	3,5
2.N1PK	3,797	58,7	35,4	23,9b	11,4
3.N2PK	3,425	65,7	45,9	19,2a	40,0
4.N3PK	4,793	38,5	18,6	25,2b	6,3
5.Karbochar	5,835	30,9	9,9	31,8c	3,5
6.Kompost	5,040	34,3	8,4	35,0c	3,5
7.Karbochar-kompost	5,754	31,3	10,1	32,1c	3,6

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

Obsah N ve slámě byl zvyšován rostoucí dávkou N (tab. 11). Rozdíly v obsahu P a K byly poměrně malé. Obsah Mg, Ca a Mn byl vyšší při nejvyšší dávce dusíku a v organicky hnojených variantách. Obsah S dosahoval nižších hodnot u organicky hnojených variant, které nebyly sírou hnojeny. Nejnižší obsah S byl zaznamenán u varianty Kompost, zatímco varianty s přidavkem Karbocharu (Karbochar a Karbochar-kompost) dosahovaly vyšších hodnot vzhledem k obsahu S v tomto hnojivu. Z organicky hnojených variant měla nejvyšší obsah většiny živin ve slámě varianta Kompost, což je pro tuto variantu v souladu s vyšším obsahem některých prvků v zrna.

Obsah Cu, Fe a B byl zhruba na stejné úrovni u všech variant (tab. 12). Všechny organicky hnojené varianty měly vyšší obsah Zn ve slámě.

Tab. 11 Obsah živin v sušině slámy při různé úrovni hnojení

Varianta	Obsah živin v sušině (%)					
	N	P	K	Mg	Ca	S
1.N0PK	0,297a	0,029bc	1,759c	0,173a	0,543ab	0,238c
2.N1PK	0,294a	0,022ab	1,590bc	0,179a	0,526ab	0,231c
3.N2PK	0,377ab	0,023ab	1,583bc	0,197a	0,487a	0,282d
4.N3PK	0,688d	0,026abc	1,597bc	0,292b	0,612b	0,346e
5.Karbochar	0,565cd	0,021a	1,321a	0,264b	0,581ab	0,082b
6.Kompost	0,686d	0,032c	1,958d	0,339c	0,744c	0,032a
7.Karbochar-kompost	0,498bc	0,020a	1,555b	0,262b	0,551ab	0,063ab

Tab. 12 Obsah mikroprvků v sušině slámy při různé úrovni hnojení

Varianta	Obsah živin v sušině (mg/kg)				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1.N0PK	2,7a	57,8a	35,5a	6,3a	10,3a
2.N1PK	3,0a	65,8a	37,2a	5,9a	10,8a
3.N2PK	3,0a	71,6a	41,6a	6,2a	11,3a
4.N3PK	3,2a	73,8a	70,5c	5,9a	10,6a
5.Karbochar	3,1a	67,4a	57,2b	9,7b	13,2a
6.Kompost	3,0a	72,8a	63,8bc	16,9c	10,5a
7.Karbochar-kompost	5,6a	60,2a	54,8b	9,7b	15,8a

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

Odběr živin výnosem ječmene

Odběr N, P, K a S byl zvyšován rostoucí dávkou N v minerální formě s nejvyššími hodnotami při nejvyšší dávce N (varianta N3PK, tab. 13). Při organickém hnojení ve všech formách (varianty Karbochar, Kompost a Karbochar-kompost) byl zaznamenán vyšší odběr dusíku ve srovnání s variantou N2PK, ale nižší než u varianty N3PK. Odběr N byl úměrný dávce minerálního N, která byla k rostlinám aplikována ve 2. roce pokusu. Hnojení kompostovaným pyrolyzovaným kalem však zvýšilo odběr N více, než by odpovídalo závislosti odběru na dávce u minerálně hnojených variant. To je v souladu s hypotézou, že kompostovaný pyrolyzovaný kal nahradí více živin než ostatní organické přídatky. Ale tím, že podpořil růst biomasy, kompostovaný Karbochar současně zvýšil nároky rostlin na dusík - z výsledků je patrné, že by využily i vyšší dávku N. Pozorovaný trend nejspíše souvisí s biologickými procesy v organicky hnojené půdě. Organické hnojení pomáhá udržovat v půdě populaci mikroorganismů schopných vytvářet pozitivní vztahy s rostlinou. Nárůst mikrobů však má současně nároky na živiny včetně dusíku. Jedním z často uváděných efektů organického hnojení je také podpora růstu kořenů, která také může spotřebovat část dusíku.

Čím vyšší byla dávka dusíku, tím více ho zůstalo v půdě. Dusík mohl být částečně zabudován do biomasy kořenů a částečně spotřebován na rozklad posklizňových zbytků předplodiny.

Odběr P a K organicky hnojených variant byl srovnatelný s odběrem při nejvyšší dávce N (varianta N3PK), nižší byl pouze odběr K u varianty hnojené samotným Karbocharem. Odběr S byl u organicky hnojených variant výrazně nižší, vzhledem k absenci hnojení síranem draselným, který byl zdrojem S u variant hnojených jen minerálně. Nejnižší hodnota byla pozorována při hnojení kompostem bez přídatku Karbocharu, Karbochar v obou formách

(varianty Karbochar a Karbochar-kompost) odběr S průkazně zvyšoval. Z výsledků vyplývá, že Karbochar je zdrojem P a S a kompost zdrojem P a K a dokážou nahradit minerální formy těchto živin.

Tab. 13 Odběr živin výnosem (kg N ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

Varianta	Odběr živin výnosem (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Mg	S
1.N0PK	70a	13,9a	128a	16,1a	19bc
2.N1PK	91b	17,8bc	162ab	22,3ab	23c
3.N2PK	130c	18,2bc	172bc	26,1b	36d
4.N3PK	244f	20,5c	211d	42,3d	51e
5.Karbochar	182d	16,4ab	157ab	35,1c	16b
6.Kompost	191de	19,8c	232d	42,4d	7a
7.Karbochar-kompost	197e	20,0c	202cd	38,5cd	15b

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

Obsah živin a mikroprvků v půdě po sklizni ječmene

Obsah P a S byl vyšší v půdě minerálně hnojených variant, kde byly oba prvky přidány formou superfosfátu a síranu draselného (tab. 15, tab. 16). Rozdíly v obsahu ostatních prvků byly poměrně malé i když mezi variantami byly průkazné rozdíly. Všechny organické přídatky zvyšovaly obsah Zn. Přestože organická hnojiva byla zdrojem některých prvků, především P a S, jejich obsah v půdě zůstal nízký. Živiny z hnojiv zřejmě spotřebovaly rostliny, proto se neobjevují v půdě. V případě síry by však nízký obsah mohl být už nedostatečný pro následnou plodinu, zejména při pěstování náročnějších plodin (např. řepka).

Tab. 15 Hodnota pH a obsah živin v půdě (mg kg⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

Varianta	pH	P	K	Mg	Ca
1.N0PK	7,3a	36d	146ab	374ab	7 187a
2.N1PK	7,4ab	32c	146ab	378b	7 451a
3.N2PK	7,5b	33c	140a	362ab	7 155a
4.N3PK	7,4b	30bc	142ab	352a	7 301a
5.Karbochar	7,5b	24a	136a	366ab	7 225a
6.Kompost	7,5b	29b	151b	379b	7 353a
7.Karbochar-kompost	7,5b	28b	143ab	370ab	7 131a

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

Tab. 16 Obsah síry a mikroprvků v půdě (mg kg⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

Varianta	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
1.N0PK	59c	3,792ab	125bc	2,159ab	198a	2,204a
2.N1PK	63c	3,996b	135e	2,259abc	208b	2,526a
3.N2PK	50c	3,756a	122ab	2,107a	198a	2,124a
4.N3PK	34b	3,842ab	130d	2,135ab	200ab	1,968a
5.Karbochar	13a	3,888ab	120a	2,523bcd	196a	1,988a
6.Kompost	13a	3,914ab	129cd	2,557cd	205ab	2,078a
7.Karbochar-kompost	14a	3,904ab	134de	2,759d	201ab	2,364a

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

9. Závěry

Ve druhém roce pokusu byl výnos ječmene zvyšován rostoucí dávkou dusíku. Vliv dusíku byl dále modifikován organickým hnojením. V půdě s kompostovaným Karbocharem byl výnos stejný jako při nejvyšší dávce N, rostliny ale spotřebovaly na dosažený výnos méně dusíku, což je v souladu s hypotézou. Z výsledků je však patrné, že by rostliny využily i výrazně vyšší dávku N. Pozorovaný přínos může souviset s vyšší aktivitou půdních organismů v organicky hnojené půdě, které produkují růstově stimulační látky, podporují růst kořenů a zpřístupňují živiny. Jejich růst i růst kořenů však také potřebuje živiny včetně dusíku. Je proto možné, že vyšší dávka N by podpořila růst i příjem živin a očekávaný přínos hnojiva by se více projevil, na základě dosažených výsledků to ale nelze jednoznačně prokázat. Kompostovaný pyrolyzovaný kal tak spíše podporuje využití aplikovaného N půdou a rostlinou, než že by byl zdrojem N. U ostatních variant hnojených organicky byl výnos zrna i slámy nižší než po aplikaci kompostovaného Karbocharu.

Ze všech testovaných organických hnojiv dokázaly rostliny čerpat významné množství živin. Karbochar byl zdrojem P a S, kompost byl zdrojem P a K, ale jedině z kompostovaného Karbocharu rostliny čerpaly všechny uvedené prvky a umožnil tak během dvou let pokusu plně nahradit minerální zdroje těchto živin. Karbochar byl zdrojem živin, přestože jsou v něm živiny považovány za obtížně dostupné.

Bilance dusíku byla kladná u většiny variant a s rostoucí dávkou rostlo množství N, který zůstal v půdě. Jeho využitelnost pro následnou plodinu bude ověřována v dalším roce pokusu.

Organické vstupy mají řadu přínosů, které minerálním hnojením nejde zcela nahradit, ale jejich přínos je významně ovlivněn dostupností limitujících živin. Kompost je zdrojem K, Karbochar je zdrojem P a S. Kompostování hnojiva Karbochar umožňuje propojit přednosti několika zdrojů živin a jeho přínos byl z testovaných hnojiv největší. Pro využití pyrolyzovaného kalu tak představuje kompostování smysluplnou technologii využití s potenciálem zlepšovat řadu půdních vlastností. Přínos organického hnojení vyžaduje dostatek živin z organických zdrojů nebo jejich dodání dalšími hnojivy

10. Použitá literatura

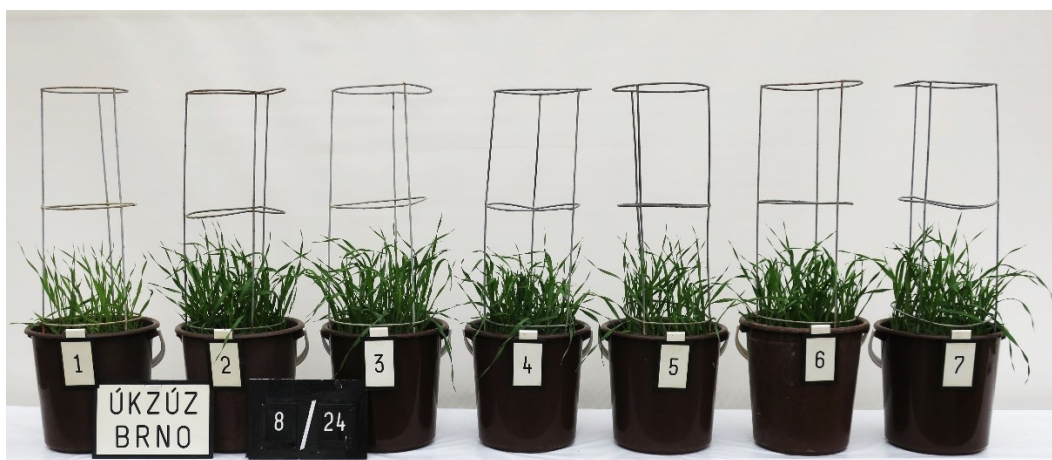
Zbírál, J., Čižmarová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014.

Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.

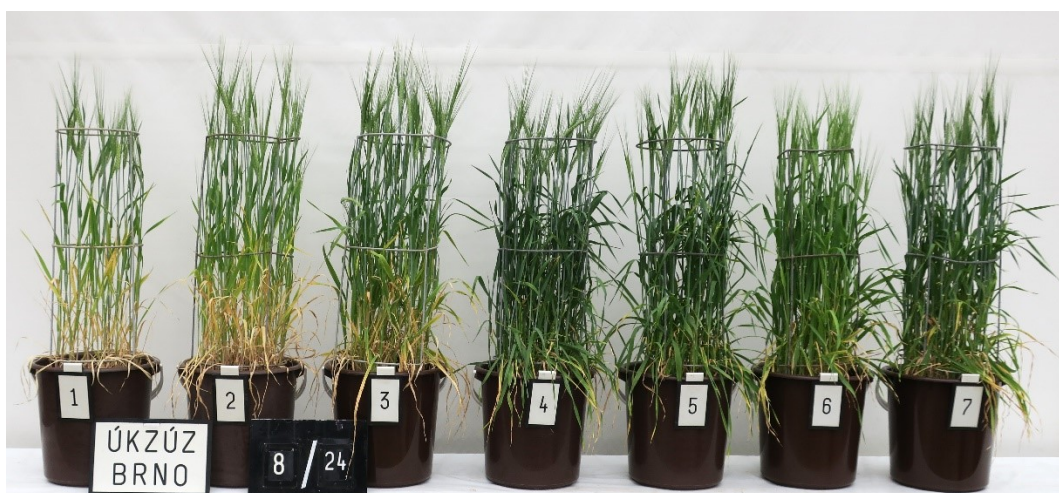
Zbíral, J., Čižmarová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A., 2016. Jednotné pracovní postupy – analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

11. Fotodokumentace

Obr.1 Rostliny ječmene na počátku sloupkování. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. N0PK, 2. N1PK, 3. N2PK, 4. N3PK, 5. Karbochar, 6. Kompost a 7. Karbochar-kompost.



Obr.2 Rostliny ječmene ve fázi kvetení. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. N0PK, 2. N1PK, 3. N2PK, 4. N3PK, 5. Karbochar, 6. Kompost a 7. Karbochar-kompost.



Obr.3 Rostliny ječmene před sklizní. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. N0PK, 2. N1PK, 3. N2PK, 4. N3PK, 5. Karbochar, 6. Kompost a 7. Karbochar-kompost.

