

Č.j.: UKZUZ 077417/2026

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

Oddělení výživy rostlin



Vliv alternativních zdrojů fosforu na výnos a obsah P v půdě
Výroční zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky za rok 2025
2. rok zkoušky

Zpracoval: Ing. Silvie Jančíková
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, květen 2026

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv alternativních zdrojů fosforu na výnos a obsah P v půdě

Účel zkoušky: Ve vegetační nádobové zkoušce je srovnávána účinnost alternativních fosforečných hnojiv s účinností hnojiva superfosfátu.

Cíle zkoušky: Srovnání biologické dostupnosti fosforu z alternativních zdrojů se superfosfátem

Hypotézy a očekávané výsledky:

H1 Aplikace N a K zvýší odběr P i při úrovni hnojení P0. Odběr P se zvýší po aplikaci superfosfátu oproti variantě P0.

H2 Superfosfát výrazně zvýší dostupnost fosforu především v prvním roce, ta bude ale rychle klesat.

H3 Dostupnost P z alternativních zdrojů bude nižší v prvním roce, v dalších pokusných letech se však udrží na stejné úrovni.

H4 Ze všech variant bude nejúčinnější kombinace superfosfátu a hnoje, kde bude množství rychle uvolněných živin udržováno biologickou aktivitou v dostupném stavu.

Druh zkoušky: Vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2024 ve vegetační hale v Brně.

Délka trvání zkoušky: Vegetační roky 2024–2027.

Zadavatel zkoušky: Vlastní zkouška k získání údajů o vlivu různých fosforečných zdrojů na biologickou dostupnost fosforu a půdní vlastnosti

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako registrovaný zdroj P byl použit trojitý superfosfát, který obsahuje 20 % P.
- Hovězí hnůj firmy BONAGRO, a.s., Blažovice
- Drůbeží trus nosnic z malochovu slepic
- Čistírenský kal, odvodněný vyhnílý z volné skládky ČOV Valašské Meziříčí
- Kompost byl vyroben kompostováním směsi zakládky kompostu ze zahradních odpadů (kompostárna Náměšť). Směs byla pravidelně vlhčena a promíchávána v intervalech 14 dní po dobu 6 měsíců
- Pyrolyzovaný kal byl vyroben pyrolýzou čistírenského kalu
- Kompostovaný pyrolyzovaný kal byl vyroben kompostováním směsi zakládky kompostu ze zahradních odpadů (kompostárna Náměšť) s přidavkem pyrolyzovaného kalu v množství odpovídajícímu 10 % hmotnosti zakládky. Směs byla pravidelně vlhčena a promíchávána v intervalech 14 dní po dobu 6 měsíců.
- Pyrolyzovaný kal + mykorhiza, kal byl obohacen sporami mykorhizních hub a sporami bakterií, které zpřístupňují fosfor (*Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*

putida, *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizophagus intraradices*, *Septoglomus deserticola*, *Funneliformis mosseae*)

- Struvit je minerál zpravidla biogenního původu, který vzniká v prostředí s vysokým obsahem NH_4^+ , Mg a P. Chemicky jde o fosforečnan hořečnato-amonný ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Vzniká při zpracování čistírenských kalů a při anaerobní digesti.
- Frass je hmyzí trus, jako organické hnojivo je zdrojem základních živin. Složení testovaných hnojiv je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1: Chemické složení testovaných hnojiv

Parametry % sušiny	Chemické složení hnojiv									
	Hnůj	Drůbeží trus	Kal ČOV	Kompost	Kompostovaný pyrolyzovaný kal	Pyrolyzovaný kal 1, k *	Pyrolyzovaný kal 2, m *	Pyrolyzovaný kal+mykorhiza	Struvit	Frass
Sušina %	25,9	34,12	23,15	37,7	43,9	95	95	95	55,9	90
Celkový P	0,71	0,83	2,36	0,49	1,44	4,09	3,97	3,97	12,67	1,2
Celkový K	2,68	1,29	0,22	2,80	2,06	0,41	0,55	0,55	-	3,8
Celkový Mg	0,54	0,78	0,49	0,57	0,77	1,35	0,99	0,99	10,20	0,4
Celkový N	3,76	3,35	5,59	3,0	2,1	1,46	3,11	3,11	5,5	3,1
pH (H ₂ O)	9,1	8,5	8,22	-	-	11,7	7,99	7,99	9,2	-

* Pyrolyzovaný kal 1, k = následně využit pro kompostování

* Pyrolyzovaný kal 2, m = následně využit pro obohacení mykorhizou

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Modřice (49.1315611N, 16.8127056E) - černozem (tab. 2).

Tab. 2: Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich 3 (mg kg ⁻¹) a hodnocení dle kritérií				
	P	K	Mg	Ca	S
7,3	31,9	151,7	407,2	6 693	16,1
alkalická	nízký	vyhovující	velmi vysoký	velmi vysoký	nízký

Zdroj: vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd; Kulhánek a kol., 2018 (kritéria pro síru).

Tab. 3: Základní agrochemické vlastnosti půdy na počátku 2. pokusného roku (po sklizni kukuřice)

Varianta	P (mg.kg ⁻¹)	Hodnocení obsahu v půdě*
1. Kontrola	26,6	nízký
2. P0	24,2	nízký
3. P superfosfát	42,3	nízký
4. Hnůj	30,2	nízký
5. Drůbeží trus	30,6	nízký
6. Hnůj + P superfosfát	34,0	nízký
7. Čistírenský kal	27,0	nízký
8. Kompost	35,9	nízký
9. Pyrolyzovaný kal I	25,4	nízký
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal	26,2	nízký
11. Pyrolyzovaný kal II	25,0	nízký
12. Pyrolyzovaný kal II + mykorhiza	25,4	nízký
13. Struvit	32,5	nízký
14. Frass	56,9	vyhovující

*Zdroj: vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd

4. Zkoušené plodiny

1. rok: Kukuřice silážní (*Zea mays*) - odrůda Honoreen
 2. rok: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) – odrůda Laudis

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky hnojiv ve druhém roce pokusu jsou uvedeny v tabulkách 4-6. Celková dávka fosforu byla stanovena na základě odhadované roční spotřeby fosforu na úrovni 30 kg P. ha⁻¹

Tab. 4: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky čistých živin ve 2. roce

Varianta	Dávka v kg ha ⁻¹ čistých živin			
	P alternativní zdroj	P superfosfát	N síran amonný	K draselná sůl
1. Kontrola	0	0	0	0
2. P0	0	0	200	0
3. P superfosfát	0	0	200	0
4. Hnůj	0	0	200	0
5. Drůbeží trus	0	0	200	0
6. Hnůj + P superfosfát	0	0	200	0
7. Čistírenský kal	0	0	200	0
8. Kompost	0	0	200	0
9. Pyrolyzovaný kal I	0	0	200	0
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal	0	0	200	0
11. Pyrolyzovaný kal II	0	0	200	0
12. Pyrolyzovaný kal II + mykorhiza	0	0	200	0
13. Struvit	0	0	200	0
14. Frass	0	0	200	0

Tab. 5: Dávky hnojiv (kg ha⁻¹) ve 2. roce

Varianta	Alternativní zdroj	Superfosfát (21 % P)	Síran amonný (21 % N)	Draselná sůl (60 % K ₂ O)
1. Kontrola	0	0	0	0
2. P0	0	0	952	0
3. P superfosfát	0	0	952	0
4. Hnůj	0	0	952	0
5. Drůbeží trus	0	0	952	0
6. Hnůj + P superfosfát	0	0	952	0
7. Čistírenský kal	0	0	952	0
8. Kompost	0	0	952	0
9. Pyrolyzovaný kal I	0	0	952	0
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal	0	0	952	0
11. Pyrolyzovaný kal II	0	0	952	0
12. Pyrolyzovaný kal II + mykorhiza	0	0	952	0
13. Struvit	0	0	952	0
14. Frass	0	0	952	0

Tab. 6: Dávky hnojiv do nádob (g nádoba⁻¹) ve 2. roce

Varianta	Superfosfát (20 % P)	Alternativní zdroj	Síran amonný (21 % N)	Draselná sůl (60 % K ₂ O)
1. Kontrola	0	0	0	0
2. P0	0	0	4,8	0
3. P superfosfát	0	0	4,8	0
4. Hnůj	0	0	4,8	0
5. Drůbeží trus	0	0	4,8	0
6. Hnůj + P superfosfát	0	0	4,8	0
7. Čistírenský kal	0	0	4,8	0
8. Kompost	0	0	4,8	0
9. Pyrolyzovaný kal I	0	0	4,8	0
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal	0	0	4,8	0
11. Pyrolyzovaný kal II	0	0	4,8	0
12. Pyrolyzovaný kal II + mykorhiza	0	0	4,8	0
13. Struvit	0	0	4,8	0
14. Frass	0	0	4,8	0

6. Způsob hnojení a aplikace alternativních zdrojů P

Fosfor ve formě superfosfátu byl aplikován před výsevem kukuřice v dávce odpovídající předpokládanému odběru všech plodin, což je přibližně 90 kg/ha za 3 roky pokusu (30 kg P/ha za rok). Dávky alternativních zdrojů odpovídají množství P aplikovaného ve formě

superfosfátu, tedy 90 kg P/ha. Ke každé hnojené variantě byl přidán N a K v minerální formě tak, aby nebyly tyto živiny limitující, tj. v prvním roce zkoušky 300 kg N/ha ve formě síranu amonného a zásobně 400 kg K/ha formou draselné soli. Ve druhém roce bylo hnojeno pouze dusíkem v dávce 200 kg N/ha. Hnojiva byla promíchána s půdou při založení pokusu a síran amonný byl ve 2. roce pokusu aplikován v roztoku před výsevem ječmene. Dávky N a K budou v dalších letech případně upraveny na základě výsledků.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 1 plodina x 14 variant x 4 opakování
Celkem 56 vegetačních nádob

Technika provedení pokusu ve druhém pokusném roce:

- rostliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách o objemu 12 l s 12 kg zeminy, která byla zhomogenizována po sklizni předpolodiny (kukuřice)
- před výsevem bylo aplikováno dusíkaté hnojení (síran amonný v roztoku, 100 ml roztoku na nádobu)
- do každé nádoby bylo 13. 3. 2025 vyseto 28 zrn, po vzejití (24. 3. 2025) bylo 3. 4. 2025 provedeno vyjednocení na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro případné zachycení přebytečné závlivkové vody. Tato perkolovaná voda se navracela zpět do nádoby
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, proti houbovým chorobám byl 4. 6. 2025 aplikován přípravek Boogie (0,1 %)
- 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. 2025
- po sklizni ječmene byla půda v nádobách homogenizována a byly odebrány vzorky půdy

Hodnocené parametry:

- Měření obsahu chlorofylu 2 x v průběhu vegetace
- Výnos zrna ječmene, ze všech opakování a všech variant
- Analýza půdy: po sklizni byly odebrány vzorky půdy, ve kterých byly stanoveny vybrané parametry.
- **Obsah P, K, Mg, Ca a S** byl 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 byl 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, Cu, Fe, Zn, Mn a B** 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 byl 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).

- ve vzorcích sklizených produktů byl stanoven **obsah S** (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40032.1 a 40100.1 dle Zbírala a kol., 2014)

8. Výsledky

Výnos ječmene

Použitá hnojiva ovlivnila výnosy zrna i slámy. Výnos zrna i výnos slámy ječmene všech hnojených variant byl průkazně vyšší než výnos kontrolní varianty (tab. 7). Celkový výnos ječmene (zrno + sláma) byl průkazně vyšší oproti variantě fosforem nehnojené (varianta P0) po aplikaci superfosfátu, hnoje, kombinace superfosfátu a hnoje, slepičího trusu, čistírenského kalu, kompostu, struvitu a frassu. Nejvyšší výnos ječmene byl pozorován po aplikaci superfosfátu v kombinaci s hnojem, více byl ovlivněn výnos slámy této varianty. Zvýšení výnosu po aplikaci samotného superfosfátu proti variantě fosforem nehnojené dokládá, že výnos byl tímto prvkem limitován. Oproti superfosfátu se výnos dále průkazně zvýšil po aplikaci superfosfátu v kombinaci s hnojem, což může být způsobeno celou řadou látek v hnoji obsažených i dalšími efekty hnojiva (obsah živin, mikroprvků, změna půdní struktury, změna pH, obsah a kvalita organické hmoty). Naopak žádné zvýšení výnosu se neprokázalo u všech variant po aplikaci pyrolyzovaných kalů.

Tab. 7 Průměrný výnos ječmene, n=4

Varianta	výnos zrna (t ha ⁻¹)	výnos slámy (t ha ⁻¹)	výnos celkem (t ha ⁻¹)
1. Kontrola	1,4 ^a	2,5 ^a	4,0 ^a
2. P0	8,9 ^{bc}	9,5 ^{bc}	18,4 ^b
3. Superfosfát	9,7 ^{b^{cde}}	10,8 ^{de}	20,5 ^{cde}
4. Hnůj	10,4 ^{cde}	11,7 ^{ef}	22,1 ^{ef}
5. Slepičí trus	10,7 ^{de}	11,7 ^{ef}	22,4 ^{ef}
6. Hnůj + superfosfát	10,7 ^{de}	12,0 ^f	22,7 ^f
7. Čistírenský kal	10,4 ^{cde}	10,5 ^{cd}	20,8 ^{def}
8. Kompost	10,9 ^e	11,3 ^{def}	22,2 ^{ef}
9. Pyrolyzovaný kal 1	9,0 ^{bc}	9,4 ^{bc}	18,5 ^b
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	9,6 ^{b^{cde}}	9,7 ^{bc}	19,3 ^{bcd}
11. Pyrolyzovaný kal 2	8,7 ^b	9,4 ^b	18,0 ^b
12. Pyrolyzovaný kal 2 + mykorhiza	9,2 ^{bcd}	9,6 ^{bc}	18,8 ^{bc}
13. Struvit	10,1 ^{b^{cde}}	10,4 ^{bcd}	20,5 ^{cde}
14. Frass	11,1 ^e	11,2 ^{def}	22,3 ^{ef}

Varianty s průkazně vyšším výnosem než P0 jsou zvýrazněny

Obsah živin a mikroprvků v zrnu ječmene

V zrnu ječmene všech hnojených variant byl vyšší obsah N a S a nižší obsah P a K v porovnání s nehnojenou kontrolou. Nejvyšší obsah P v zrnu ječmene měla kontrolní varianta, což je důsledkem nízkého nárůstu biomasy. Všechny hnojené varianty měly obsah P v zrnu nižší než kontrola. Mezi hnojenými variantami měly nejvyšší pozorovanou koncentraci varianty 3. superfosfát a 5. drůbeží trus a tato koncentrace byla průkazně vyšší oproti variantě nehnojené fosforem (P0). Naopak po aplikaci pyrolyzovaných kalů včetně pyrolyzovaného kalu kompostovaného a také struvitu byly pozorovány koncentrace fosforu v zrnu obdobné jako měla varianta, která nebyla hnojena fosforem (varianta P0). Ostatní varianty (hnůj, hnůj+superfosfát, čistírenský kal a kompost měly obsah P v zrnu neprůkazně vyšší než varianta fosforem nehnojená. Složení hnojiv se projevilo i v obsahu mikroprvků v sušině. Varianty s

čistírenskými kaly obsahovaly vyšší obsah mědi. Přehled koncentrací živin a mikroprvků všech variant uvádí tabulky 8 a 9.

Tab. 8 Průměrný Obsah živin v zrně ječmene (%), n=4

Varianta	N	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola	1,133 ^a	0,386 ^f	0,463 ^d	0,138 ^d	<0,050	0,111 ^a
2. P0	1,610 ^{bc}	0,222 ^{abcd}	0,383 ^{abc}	0,123 ^{abc}	<0,050	0,155 ^b
3. Superfosfát	1,559 ^b	0,279 ^e	0,406 ^c	0,132 ^{cd}	<0,050	0,148 ^b
4. Hnůj	1,669 ^{bc}	0,254 ^{bcde}	0,382 ^{abc}	0,127 ^{abcd}	<0,050	0,155 ^b
5. Drůbeží trus	1,763 ^{bc}	0,270 ^e	0,381 ^{abc}	0,127 ^{abcd}	<0,050	0,161 ^b
6. Hnůj+superfosfát	1,614 ^{bc}	0,250 ^{bcde}	0,367 ^{abc}	0,126 ^{abcd}	<0,050	0,147 ^b
7. Čistírenský kal	1,646 ^{bc}	0,248 ^{bcde}	0,389 ^{bc}	0,127 ^{abcd}	<0,050	0,154 ^b
8. Kompost	1,806 ^c	0,255 ^{cde}	0,407 ^c	0,128 ^{abcd}	<0,050	0,157 ^b
9. Pyrolyzovaný kal 1	1,674 ^{bc}	0,217 ^{ab}	0,367 ^{abc}	0,122 ^{abc}	<0,050	0,155 ^b
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	1,642 ^{bc}	0,220 ^{abc}	0,360 ^{abc}	0,124 ^{abc}	<0,050	0,152 ^b
11. Pyrolyzovaný kal 2	1,681 ^{bc}	0,210 ^a	0,356 ^{abc}	0,120 ^{abc}	<0,050	0,156 ^b
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	1,606 ^{bc}	0,202 ^a	0,338 ^{ab}	0,117 ^{ab}	<0,050	0,149 ^b
13. Struvit	1,627 ^{bc}	0,218 ^{abc}	0,328 ^a	0,116 ^a	<0,050	0,150 ^b
14. Frass	1,625 ^{bc}	0,259 ^{de}	0,378 ^{abc}	0,129 ^{bcd}	<0,050	0,148 ^b

Hnojené varianty s průkazně vyšším obsahem P v zrně, než P0 jsou zvýrazněny

Tab. 9 Průměrný Obsah mikroprvků v zrně ječmene (mg kg⁻¹), n=4

Varianta	Cu	Fe	Zn	Mn	B
1. Kontrola	5,272 ^{abc}	23,9 ^a	30,3 ^e	11,4 ^a	<3,50
2. P0	6,481 ^{fg}	30,2 ^{ab}	27,8 ^{bcde}	14,3 ^{abc}	<3,50
3. Superfosfát	5,094 ^{abc}	33,1 ^b	24,1 ^{ab}	15,6 ^c	<3,50
4. Hnůj	5,915 ^{cdefg}	30,2 ^{ab}	28,3 ^{bcde}	14,0 ^{abc}	<3,50
5. Drůbeží trus	5,544 ^{bcde}	30,2 ^{ab}	30,5 ^e	14,7 ^{abc}	<3,50
6. Hnůj+superfosfát	5,374 ^{bcd}	31,3 ^b	25,2 ^{abcd}	13,6 ^{abc}	<3,50
7. Čistírenský kal	6,164 ^{defg}	31,1 ^b	29,7 ^{de}	14,6 ^{abc}	<3,50
8. Kompost	5,402 ^{bcd}	32,1 ^b	29,3 ^{cde}	15,2 ^{bc}	<3,50
9. Pyrolyzovaný kal 1	6,627 ^g	31,2 ^b	30,3 ^e	14,7 ^{abc}	<3,50
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	6,354 ^{efg}	29,8 ^{ab}	28,5 ^{bcde}	14,9 ^{bc}	<3,50
11. Pyrolyzovaný kal 2	6,256 ^{efg}	30,2 ^{ab}	27,8 ^{bcde}	14,4 ^{abc}	<3,50
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	5,708 ^{bcdef}	26,9 ^{ab}	24,8 ^{abc}	11,9 ^{ab}	<3,50
13. Struvit	4,973 ^{ab}	28,5 ^{ab}	22,5 ^a	13,1 ^{abc}	<3,50
14. Frass	4,499 ^a	31,7 ^b	22,3 ^a	14,4 ^{abc}	<3,50

Obsah živin a mikroprvků ve slámě ječmene

Hnojené varianty obsahovaly ve slámě průkazně více N než nehnojená kontrola, což souvisí s jeho větší dostupností po vstupu N z hnojiv. Vyšší dostupnost N se projevila zvýšením výnosu i zvýšením koncentrace N v pletivech oproti kontrolní variantě. Naopak hnojené varianty obsahovaly průkazně méně P než nehnojená varianta. Koncentrace P v kontrolní variantě byla vyšší z důvodu nižšího výnosu daného limitací dusíkem, která vedla k hromadění

nevyužitého fosforu v biomase. V souvislosti s vyšším výnosem po hnojení se projevil ředící efekt. Obsah P ve slámě se oproti variantě bez fosforečného vstupu (P0) po aplikaci různých fosforečných zdrojů průkazně nezměnil. Nejvyšší koncentrace fosforu mezi různými fosforečnými zdroji byla pozorována u superfosfátu. Varianta s kompostem měla průkazně vyšší obsah K ve slámě než varianta P0. Varianta s nepyrolyzovaným kalem měla vyšší koncentraci mědi a zinku. Přehled koncentrací živin a mikroprvků všech variant uvádí tabulky 10 a 11.

Tab. 10 Průměrný obsah živin ve slámě ječmene (%), n=4

Varianta	N	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola	0,305 ^a	0,135 ^b	1,339 ^a	0,272 ^b	0,610 ^a	0,343 ^a
2. P0	0,473 ^b	0,023 ^a	1,750 ^{abcd}	0,225 ^a	0,532 ^a	0,496 ^d
3. Superfosfát	0,449 ^b	0,036 ^a	1,547 ^{ab}	0,209 ^a	0,538 ^a	0,380 ^{abc}
4. Hnůj	0,435 ^b	0,021 ^a	2,105 ^d	0,215 ^a	0,544 ^a	0,423 ^{abcd}
5. Drůbeží trus	0,465 ^b	0,022 ^a	1,757 ^{abcd}	0,203 ^a	0,503 ^a	0,389 ^{abc}
6. Hnůj+superfosfát	0,409 ^b	0,023 ^a	1,776 ^{abcd}	0,204 ^a	0,527 ^a	0,364 ^{ab}
7. Čistírenský kal	0,472 ^b	0,025 ^a	1,601 ^{abc}	0,247 ^{ab}	0,614 ^a	0,427 ^{abcd}
8. Kompost	0,459 ^b	0,025 ^a	2,874 ^e	0,216 ^a	0,547 ^a	0,400 ^{abc}
9. Pyrolyzovaný kal 1	0,451 ^b	0,021 ^a	2,020 ^{cd}	0,223 ^a	0,539 ^a	0,426 ^{abcd}
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	0,463 ^b	0,024 ^a	2,099 ^d	0,228 ^{ab}	0,568 ^a	0,436 ^{abcd}
11. Pyrolyzovaný kal 2	0,456 ^b	0,023 ^a	1,719 ^{abcd}	0,202 ^a	0,507 ^a	0,459 ^{cd}
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	0,438 ^b	0,019 ^a	1,909 ^{bcd}	0,212 ^a	0,531 ^a	0,444 ^{bcd}
13. Struvit	0,430 ^b	0,017 ^a	1,528 ^{ab}	0,207 ^a	0,509 ^a	0,384 ^{abc}
14. Frass	0,433 ^b	0,024 ^a	1,609 ^{abc}	0,204 ^a	0,526 ^a	0,355 ^{ab}

Tab. 11 Průměrný Obsah mikroprvků ve slámě ječmene (mg kg⁻¹), n=4

Varianta	Cu	Fe	Zn	Mn	B
1. Kontrola	4,082 ^a	73,0 ^a	14,0 ^e	48,8 ^a	18,3 ^b
2. P0	3,468 ^a	57,6 ^a	11,6 ^{de}	63,8 ^{ab}	10,4 ^a
3. Superfosfát	3,301 ^a	57,7 ^a	6,1 ^{abc}	61,2 ^{ab}	11,4 ^a
4. Hnůj	3,150 ^a	50,8 ^a	13,2 ^e	62,2 ^{ab}	8,7 ^a
5. Drůbeží trus	2,981 ^a	50,9 ^a	12,0 ^e	58,9 ^{ab}	9,3 ^a
6. Hnůj+superfosfát	2,850 ^a	49,3 ^a	6,5 ^{abcd}	55,4 ^{ab}	7,5 ^a
7. Čistírenský kal	4,160 ^a	69,7 ^a	14,7 ^e	70,8 ^b	10,2 ^a
8. Kompost	3,119 ^a	72,5 ^a	9,7 ^{abcd}	67,8 ^b	7,3 ^a
9. Pyrolyzovaný kal 1	2,981 ^a	58,3 ^a	11,5 ^{de}	59,9 ^{ab}	9,7 ^a
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	3,266 ^a	53,1 ^a	10,9 ^{bcde}	65,7 ^b	8,7 ^a
11. Pyrolyzovaný kal 2	3,088 ^a	44,6 ^a	10,8 ^{bcde}	62,8 ^{ab}	9,5 ^a
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	3,675 ^a	48,2 ^a	11,0 ^{cde}	60,6 ^{ab}	9,6 ^a
13. Struvit	2,900 ^a	57,5 ^a	5,8 ^{ab}	61,4 ^{ab}	11,1 ^a
14. Frass	2,764 ^a	57,7 ^a	5,4 ^a	65,8 ^b	7,5 ^a

Obsah chlorofylu v listech ječmene

Rozdíly v obsahu chlorofylu byly více patrné při druhém měření 17. 6. Všechny hnojené varianty vykazovaly vyšší obsah chlorofylu než varianta se superfosfátem, což pravděpodobně souviselo s jejich vyšším přísunem dusíku a jeho dostupností pro rostliny. Vyšší hodnoty byly pozorovány po aplikaci struvitu a kalů, kromě kalu kompostovaného, kde však kal tvořil pouze 10 % zakládky. Vyšší obsah chlorofylu v listech u variant s kaly a struvitem lze pravděpodobně vysvětlit nižším nárůstem biomasy, kdy v době měření byla při nižším výnosu vyšší koncentrace dusíku v listových pletivech, a tím i vyšší obsah chlorofylu. Vyhníly čistírenský kal a struvit navíc obsahovaly vyšší množství dusíku, což mohlo přispět k jeho vyšší dostupnosti pro rostliny a tím i k vyššímu odběru dusíku. Vedle toho mohla hrát roli i odlišná alokace dusíku, kdy relativně vyšší podíl byl využit pro tvorbu fotosyntetického aparátu (včetně chlorofylu), zatímco menší část směřovala do strukturálních a reprodukčních orgánů.

Tabulka 12 Průměrný obsah chlorofylu v listech ječmene, n=3

Varianta	Termín měření	
	12. 5.	17. 6.
1. Kontrola	261 ^a	238 ^a
2. P0	551 ^b	354 ^{def}
3. Superfosfát	552 ^b	248 ^{ab}
4. Hnůj	541 ^b	383 ^{efg}
5. Drůbeží trus	539 ^b	374 ^{efg}
6. Hnůj+superfosfát	517 ^b	284 ^{abc}
7. Čistírenský kal	543 ^b	398 ^{fgh}
8. Kompost	541 ^b	379 ^{efg}
9. Pyrolyzovaný kal 1	553 ^b	412 ^{gh}
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	588 ^b	333 ^{cde}
11. Pyrolyzovaný kal 2	571 ^b	442 ^h
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	559 ^b	368 ^{efg}
13. Struvit	581 ^b	447 ^h
14. Frass	534 ^b	300 ^{bcd}

Odběr živin výnosem-zrno

Odběr všech živin nehnojené kontroly byl v důsledku nízkého výnosu biomasy nižší, než odběr hnojených variant (tab. 12). Odběr P výnosem se průkazně zvýšil oproti nehnojené variantě po hnojení na úrovni P0. Oproti úrovni hnojení P0 se odběr P dále průkazně zvýšil po aplikaci superfosfátu, hnoje, hnoje v kombinaci se superfosfátem, drůbežího trusu, čistírenského kalu, kompostu a frassu. Pozorovaný odběr fosforu variant s pyrolyzovanými kaly a struvitem byl podobný jako odběr fosforu varianty P0.

Tab. 13 Průměrný Odběr živin výnosem ječmene, zrno (kg ha⁻¹), n=4

Varianta	N	P	K	Mg	S
1. Kontrola	15 ^a	5 ^a	6 ^a	2 ^a	1 ^a
2. P0	131 ^b	18 ^b	31 ^{bc}	10 ^{bc}	13 ^b
3. Superfosfát	140 ^{bcd}	25 ^{de}	36 ^{bcd}	12 ^{bcd}	13 ^{bc}
4. Hnůj	159 ^{cdef}	24 ^{cde}	36 ^{bcd}	12 ^{bcd}	15 ^{bcd}
5. Drůbeží trus	173 ^{ef}	26 ^e	38 ^{bcd}	13 ^{cd}	16 ^d
6. Hnůj+superfosfát	159 ^{cdef}	25 ^{de}	36 ^{bcd}	12 ^{cd}	14 ^{bcd}
7. Čistírenský kal	157 ^{bcd}	24 ^{cde}	37 ^{bcd}	12 ^{bcd}	15 ^{bcd}
8. Kompost	182 ^f	26 ^e	41 ^d	13 ^d	16 ^d
9. Pyrolyzovaný kal 1	140 ^{bcd}	18 ^b	31 ^{bc}	10 ^{bc}	13 ^{bc}
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	146 ^{bcd}	19 ^{bc}	32 ^{bc}	11 ^{bcd}	13 ^{bcd}
11. Pyrolyzovaný kal 2	135 ^{bc}	17 ^b	29 ^b	10 ^b	13 ^b
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	136 ^{bc}	17 ^b	29 ^b	10 ^{bc}	13 ^b
13. Struvit	153 ^{bcd}	20 ^{bcd}	31 ^{bc}	11 ^{bcd}	14 ^{bcd}
14. Frass	166 ^{def}	27 ^e	39 ^{cd}	13 ^d	15 ^{cd}

Průkazně vyšší odběr P oproti variantě P0 je zvýrazněn

Odběr živin výnosem-sláma

Rozdíly v odběru P slámou byly statisticky neprůkazné. V důsledku nízkého výnosu biomasy měla nejnižší pozorovaný odběr fosforu výnosem slámy nehnojená varianta.

Tab. 14 Průměrný Odběr živin výnosem ječmene, sláma (kg ha⁻¹), n=4

Varianta	N	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola	7 ^a	2,9 ^a	29 ^a	6 ^a	13 ^a	7 ^a
2. P0	41 ^{bc}	2,0 ^a	151 ^{bc}	19 ^{bc}	46 ^{bc}	43 ^b
3. Superfosfát	44 ^{bc}	3,6 ^a	152 ^{bc}	21 ^{bc}	53 ^{bc}	38 ^b
4. Hnůj	47 ^{bc}	2,1 ^a	227 ^d	23 ^c	59 ^c	46 ^b
5. Drůbeží trus	50 ^c	2,2 ^a	189 ^{bcd}	22 ^{bc}	54 ^{bc}	42 ^b
6. Hnůj+superfosfát	45 ^{bc}	2,0 ^a	194 ^{cd}	22 ^{bc}	58 ^c	40 ^b
7. Čistírenský kal	45 ^{bc}	2,4 ^a	152 ^{bc}	24 ^c	58 ^c	41 ^b
8. Kompost	47 ^{bc}	2,6 ^a	297 ^e	22 ^{bc}	57 ^{bc}	41 ^b
9. Pyrolyzovaný kal 1	39 ^b	1,8 ^a	173 ^{bc}	19 ^{bc}	46 ^{bc}	37 ^b
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	41 ^{bc}	2,1 ^a	185 ^{bcd}	20 ^{bc}	50 ^{bc}	39 ^b
11. Pyrolyzovaný kal 2	39 ^b	1,8 ^a	147 ^b	17 ^b	43 ^b	40 ^b
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	39 ^b	1,6 ^a	168 ^{bc}	19 ^{bc}	47 ^{bc}	39 ^b
13. Struvit	41 ^{bc}	1,6 ^a	145 ^b	20 ^{bc}	49 ^{bc}	37 ^b
14. Frass	45 ^{bc}	2,5 ^a	167 ^{bc}	21 ^{bc}	55 ^{bc}	37 ^b

Tab. 15 Průměrný Odběr živin výnosem ječmene, zrno + sláma ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), $n=4$

Varianta	N	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola	21 ^a	8 ^a	35 ^a	8 ^a	13 ^a	9 ^a
2. P0	172 ^b	20 ^b	183 ^b	29 ^{bcd}	46 ^b	56 ^{bc}
3. Superfosfát	184 ^{bcde}	29 ^e	188 ^{bc}	32 ^{cde}	53 ^{bc}	51 ^{bc}
4. Hnůj	206 ^{def}	26 ^{de}	264 ^d	35 ^e	59 ^c	60 ^c
5. Drůbeží trus	223 ^f	29 ^e	226 ^{cd}	34 ^{de}	54 ^{bc}	58 ^{bc}
6. Hnůj+superfosfát	204 ^{def}	27 ^{de}	230 ^{cd}	35 ^e	58 ^c	54 ^{bc}
7. Čistírenský kal	202 ^{cdef}	26 ^{cde}	190 ^{bc}	36 ^e	58 ^c	56 ^{bc}
8. Kompost	229 ^f	28 ^e	338 ^e	35 ^e	57 ^{bc}	57 ^{bc}
9. Pyrolyzovaný kal 1	178 ^{bcd}	20 ^b	204 ^{bc}	29 ^{bcd}	46 ^{bc}	50 ^b
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	187 ^{bcde}	22 ^{bc}	217 ^{bc}	31 ^{bcde}	50 ^{bc}	52 ^{bc}
11. Pyrolyzovaný kal 2	174 ^{bc}	19 ^b	176 ^b	27 ^b	43 ^b	52 ^{bc}
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	175 ^{bc}	19 ^b	197 ^{bc}	29 ^{bc}	47 ^{bc}	52 ^{bc}
13. Struvit	193 ^{bcde}	22 ^{bcd}	176 ^b	31 ^{bcde}	49 ^{bc}	51 ^{bc}
14. Frass	211 ^{ef}	29 ^e	206 ^{bc}	34 ^b	55 ^{bc}	52 ^{bc}

Průkazně vyšší odběr P oproti variantě P0 je zvýrazněn

Z hodnot odběru fosforu zrnem i slámou byl vypočítán odběr celkový. Statisticky byl potvrzen průkazně vyšší odběr fosforu po vstupu N a K u všech hnojených variant oproti nehnojené kontrole (varianta P0), což je důsledkem vyššího výnosu těchto variant. Oproti variantě P0 byl odběr P dále průkazně vyšší po aplikaci superfosfátu, hnoje, hnoje v kombinaci se superfosfátem, drůbežního trusu, čistírenského kalu, kompostu a frassu, což bylo pravděpodobně způsobeno vstupem fosforu z těchto zdrojů a zároveň tyto zdroje umožňovaly další mírné navýšení výnosu. Naopak nebylo prokázáno zvýšení odběru fosforu oproti P0 po aplikaci všech pyrolyzovaných kalů a struvitu.

Obsah živin v půdě a hodnota pH

Průměrné hodnoty pH všech hnojených variant byly 7,6. To je pozorovaný nárůst pH oproti hodnotám na počátku pokusu o 0,3. Mezi jednotlivými variantami nebyly průkazné rozdíly (tab. 15).

Obsah P v půdě kontrolní varianty byl průkazně vyšší oproti variantě P0 v důsledku nižšího výnosu při absenci hnojení, a tedy nižšího odběru P produkcí. Varianta na úrovni hnojení P0 měla v důsledku vyššího výnosu, a tedy vyššího odběru P rostlinou, obsah přístupného P v půdě velmi nízký. Průkazně vyšší oproti variantě P0 byl obsah přístupného P po aplikaci superfosfátu, drůbežního trusu, hnoje v kombinaci se superfosfátem, kompostu, struvitu a frassu. Mezi těmito variantami byl průkazně nejvyšší obsah přístupného P v půdě po aplikaci frassu.

Obsah přístupného draslíku a hořčíku v půdě byl podobný jako před založením pokusu, pozorovány byly mírné rozdíly mezi variantami. Nejvyšší obsah přístupného draslíku v půdě byl pozorován po aplikaci kompostu, nejvyšší obsah hořčíku byl pozorován po aplikaci struvitu, který obsahuje asi 10 % Mg. Byl pozorován nárůst přístupného Ca v půdě všech variant v průměru o 1 600 mg/kg. Podstatně se zvýšil obsah přístupné síry. Obsah síry hnojených variant byl v důsledku hnojení síranem amonným v průměru asi o 290 mg/kg vyšší než před založením pokusu. Oproti variantě hnojené s úrovní P0 zvyšovala obsah v půdě hnojiva superfosfát, drůbeží trus, hnůj v kombinaci se superfosfátem, kompost, struvit a frass.

Kromě struvitu se jedná o hnojiva, která zároveň zvyšovala také odběr fosforu výnosem. Průkazně nejvyšší obsah přístupného fosforu v půdě byl zjištěn po aplikaci frassu.

Tab. 16 Hodnota pH a průměrný obsah živin (mg kg⁻¹) v půdě, n=4

Varianta	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola	7,5 ^a	25,7 ^{cde}	148 ^{ab}	410 ^{ab}	8327 ^a	15 ^a
2. P0	7,6 ^a	19,9 ^{ab}	141 ^{ab}	393 ^{ab}	8262 ^a	327 ^b
3. Superfosfát	7,6 ^a	30,4 ^c	136 ^a	372 ^a	7870 ^a	283 ^b
4. Hnůj	7,6 ^a	24,7 ^{bcd}	154 ^{bc}	405 ^{ab}	8245 ^a	348 ^b
5. Drůbeží trus	7,6 ^a	28,7 ^{de}	153 ^{bc}	408 ^{ab}	8455 ^a	289 ^b
6. Hnůj+superfosfát	7,6 ^a	27,8 ^{de}	154 ^{bc}	403 ^{ab}	8407 ^a	314 ^b
7. Čistírenský kal	7,6 ^a	22,2 ^{abc}	144 ^{ab}	394 ^{ab}	8382 ^a	286 ^b
8. Kompost	7,6 ^a	27,6 ^{de}	164 ^c	407 ^{ab}	8072 ^a	289 ^b
9. Pyrolyzovaný kal 1	7,6 ^a	19,1 ^a	147 ^{ab}	401 ^{ab}	8530 ^a	357 ^b
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	7,6 ^a	20,0 ^{ab}	152 ^{abc}	410 ^{ab}	8610 ^a	403 ^b
11. Pyrolyzovaný kal 2	7,6 ^a	20,0 ^{ab}	144 ^{ab}	392 ^{ab}	8267 ^a	274 ^b
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	7,6 ^a	19,5 ^a	145 ^{ab}	386 ^{ab}	8125 ^a	295 ^b
13. Struvit	7,6 ^a	26,5 ^{cde}	148 ^{ab}	422 ^b	8390 ^a	281 ^b
14. Frass	7,6 ^a	40,8 ^f	149 ^{abc}	404 ^{ab}	8132 ^a	295 ^b

Průkazně vyšší obsah živin v půdě, než při úrovni hnojení P0 je zvýrazněn

Tab. 17 Průměrný Obsah mikroprvků v půdě (mg kg⁻¹), n=4

Varianta	Cu	Zn	Fe	Mn	B
1. Kontrola	3,9 ^a	2,3 ^a	119	202 ^{ab}	2,12 ^a
2. P0	3,8 ^a	2,1 ^a	119	204 ^{ab}	2,05 ^a
3. Superfosfát	3,8 ^a	2,2 ^a	117	197 ^a	2,10 ^a
4. Hnůj	3,9 ^a	2,5 ^a	121	207 ^{ab}	1,73 ^a
5. Drůbeží trus	4,0 ^a	2,8 ^a	124	208 ^{ab}	2,00 ^a
6. Hnůj+superfosfát	3,9 ^a	2,3 ^a	123	207 ^{ab}	2,03 ^a
7. Čistírenský kal	3,9 ^a	2,3 ^a	122	206 ^{ab}	2,07 ^a
8. Kompost	3,9 ^a	2,4 ^a	123	200 ^{ab}	2,07 ^a
9. Pyrolyzovaný kal 1	4,0 ^a	2,3 ^a	125	205 ^{ab}	2,14 ^a
10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal 1	3,9 ^a	2,2 ^a	124	209 ^{ab}	2,04 ^a
11. Pyrolyzovaný kal 2	3,9 ^a	2,2 ^a	126	204 ^{ab}	2,01 ^a
12. Pyrolyzovaný kal 2+mykorhiza	3,9 ^a	3,3 ^a	126	203 ^{ab}	2,06 ^a
13. Struvit	4,0 ^a	2,2 ^a	124	209 ^b	2,23 ^a
14. Frass	3,8 ^a	2,3 ^a	123	200 ^{ab}	2,10 ^a

9. Závěry

Byly zjištěny rozdíly ve výnosu ječmene po aplikaci různých fosforečných hnojiv. Hnojení vyššími dávkami kvalitních organických hnojiv (hnůj, drůbeží trus, čistírenský kal, kompost a frass) bylo ve druhém roce pokusu zdrojem dusíku, který zvyšoval výnos. I když bylo poměrně velké množství dusíku dodáváno formou minerálních hnojiv, dusík byl stále limitujícím prvkem a jeho zpřístupňování z organických zdrojů proto podpořilo růst rostlin. Současně byly tyto organické vstupy zdrojem fosforu a vyšší výnos v důsledku vyšší dostupnosti dusíku zvýšil odběr fosforu z půdy. Kromě podpoření odběru fosforu biomasou organická hnojiva zpřístupňovala fosfor z půdy a hnojiv, a proto narůstal obsah fosforu také v půdě. Pozitivní vliv organických vstupů na dostupnost živin lze vysvětlit vyšší biologickou aktivitou v půdě organicky hnojené. Tato biologická aktivita mohla být zvýšena organickou hmotou jako zdrojem živin a uhlíku pro půdní organismy. Také podpora růstu rostlin dusíkem z organických zdrojů mohla mít pozitivní dopad na půdní organismy – pokud dusík podporuje nárůst biomasy, může zvyšovat vstupy uhlíku do rhizosféry, kde urychluje biologické procesy, které rostlinám zpřístupňují živiny. Vyšší dávky lehce přijatelného dusíku a vstupy kvalitní organické hmoty by mohly podpořit využití fosforu ze zdrojů, které byly méně využitelné v podmínkách pokusu (pyrolyzovaný kal, struvit).

Vyšší výnos i vyšší odběr fosforu a vyšší obsah přístupného P v půdě se při porovnání různých fosforečných hnojiv projevil po aplikaci frassu. Z druhého roku pokusu vyplývá, frass by mohl vykazovat podobnou účinnost jako superfosfát.

10. Použitá literatura

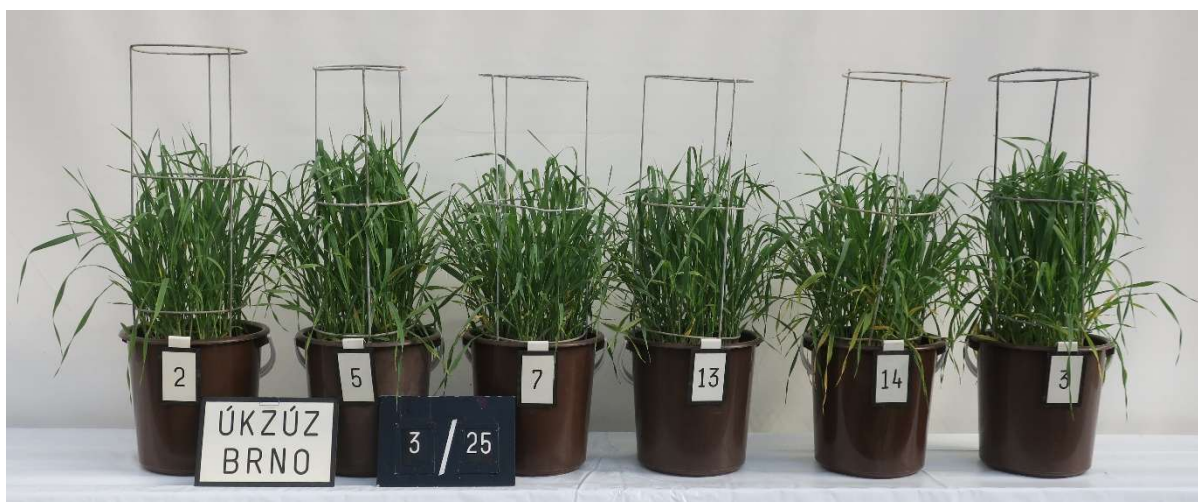
- Zbíral, J., Čižmárová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014. Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.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

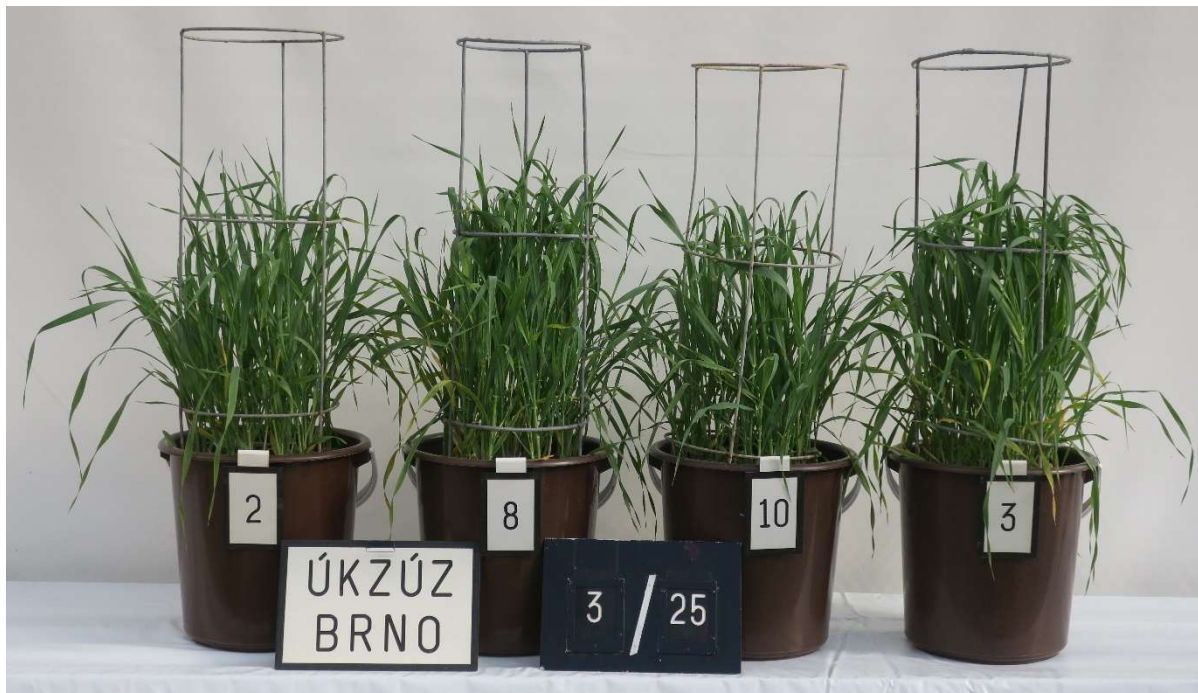
Obr. 1 Rostliny ječmene ve fázi intenzivního růstu (foto 7. 5.) Číslo nádob 1, 2, 4, 6 a 3 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. P₀, 4. Hnůj, 6. Hnůj+Superfosfát a 3. Superfosfát



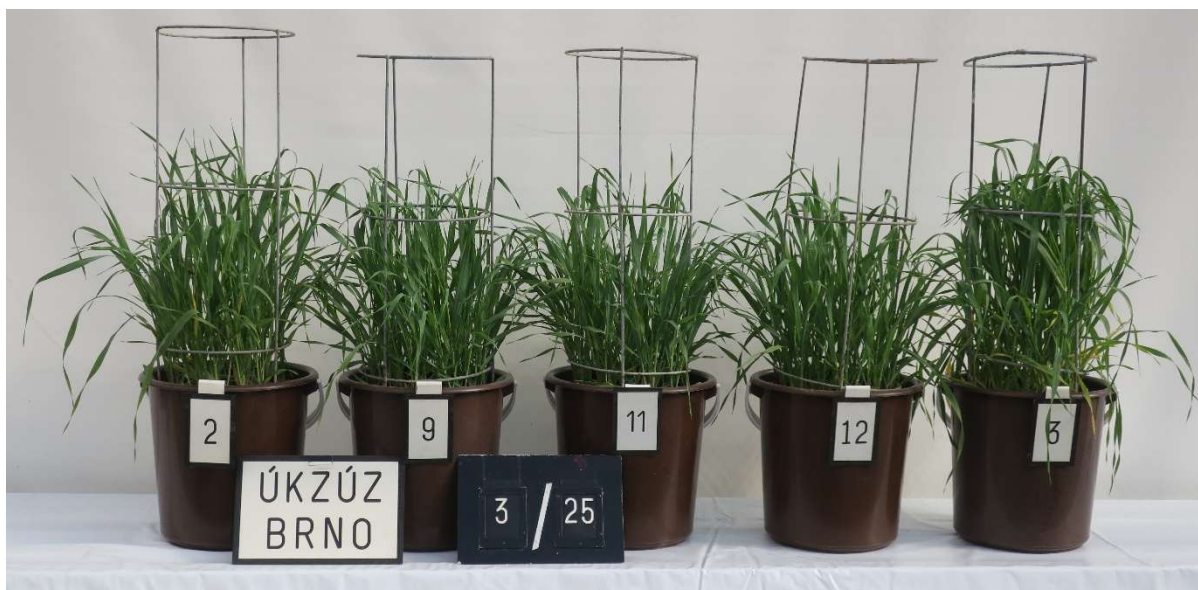
Obr. 2 Rostliny ječmene ve fázi intenzivního růstu. Číslo nádob 2, 5, 7, 13, 14 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P₀, 5. Drůbeží trus, 7. Čistírenský kal, 13. Struvit, 14. Frass a 3. Superfosfát



Obr. 3 Rostliny ječmene ve fázi intenzivního růstu. Číslo nádob 2, 8, 10 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P0, 8. Kompost, 10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal I a 3. Superfosfát



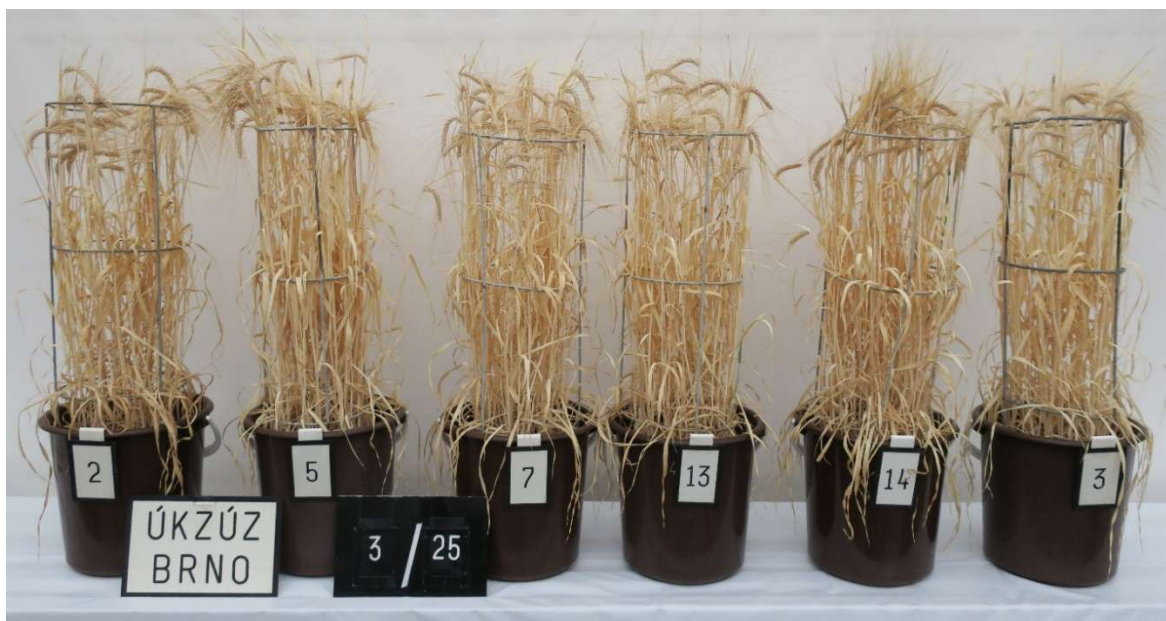
Obr. 4 Rostliny ječmene ve fázi intenzivního růstu. Číslo nádob 2, 9, 11, 12 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P0, 9. Pyrolyzovaný kal I, 11. Pyrolyzovaný kal II, 12. Pyrolyzovaný kal II+mykorhiza a 3. Superfosfát



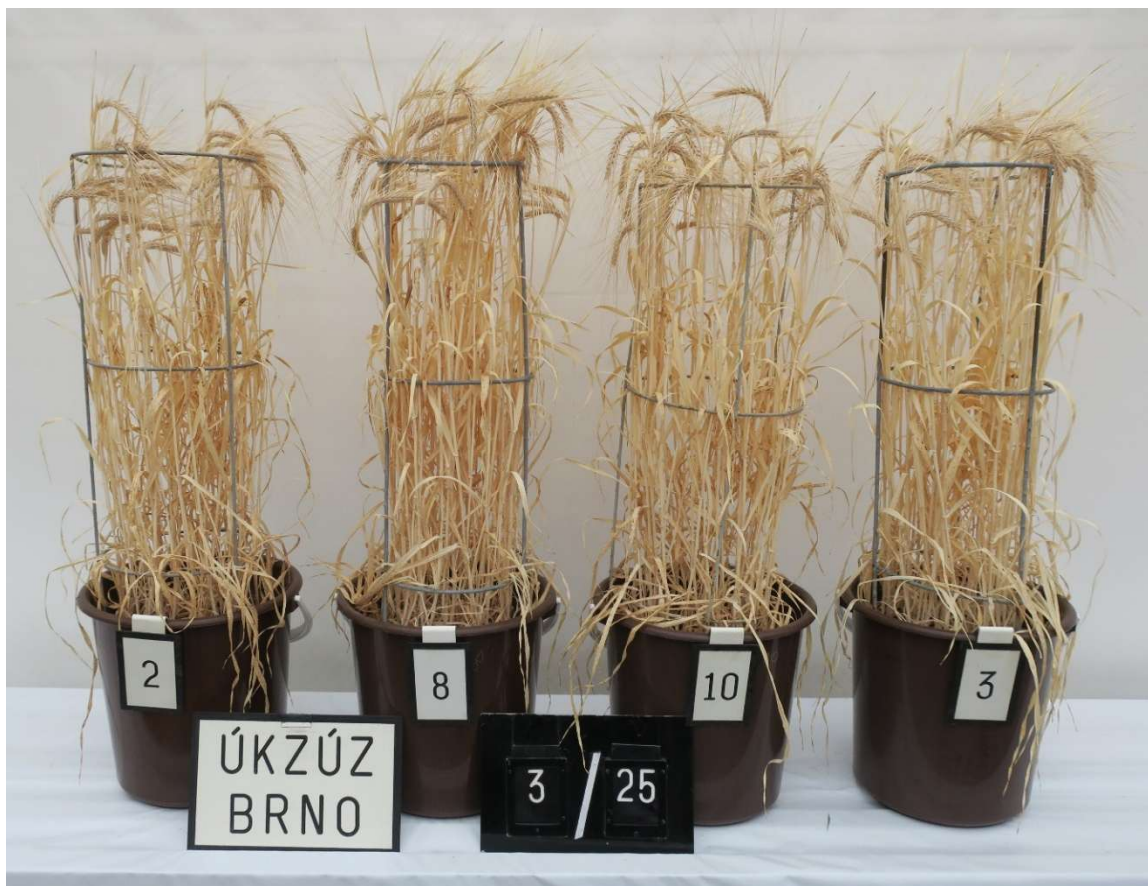
Obr. 5 Rostliny ječmene 1 měsíc před sklizní (foto 7. 7.) Číslo nádob 1, 2, 4, 6 a 3 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. P₀, 4. Hnůj, 6. Hnůj+Superfosfát a 3. Superfosfát



Obr. 6 Rostliny ječmene 1 měsíc před sklizní. Číslo nádob 2, 5, 7, 13, 14 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P₀, 5. Drůbeží trus, 7. Čistírenský kal, 13. Struvit, 14. Frass a 3. Superfosfát



Obr. 7 Rostliny ječmene 1 měsíc před sklizní. Čísla nádob 2, 8, 10 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P₀, 8. Kompost, 10. Kompostovaný pyrolyzovaný kal I a 3. Superfosfát



Obr. 8 Rostliny ječmene 1 měsíc před sklizní. Čísla nádob 2, 9, 11, 12 a 3 odpovídají variantám pokusu 2. P₀, 9. Pyrolyzovaný kal I, 11. Pyrolyzovaný kal II, 12. Pyrolyzovaný kal II+mykorhiza a 3. Superfosfát

