

Čj.: UKZUZ 007409/2020

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

Oddělení výživy rostlin



**Srovnání vlivu rozdílných fosforečných hnojiv na růst a výnos polních
plodin**

Zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky za rok 2019

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, prosinec 2019

1. Úvod

Název zkoušky: Srovnání vlivu rozdílných fosforečných hnojiv na růst a výnos polních plodin

Účel zkoušky: Ve vegetační nádobové zkoušce byla srovnávána účinnost fosforečných hnojiv na bázi Struvitu a hnojiva Drafos s účinností hnojiva superfosfátu. Výroba Struvitu představuje jednu z možností recyklace fosforu obsaženého v odpadních vodách v podobě využitelné ke hnojení. Hnojivo Drafos je registrováno ke hnojení zahradních plodin, aplikuje se na list nebo záhlvkou.

Cíle zkoušky: Srovnání vlivu hnojiv na bázi Struvitu, hnojiva Drafosu a typového hnojiva trojitého superfosfátu na výnos vybrané polní plodiny.

Hypotézy a očekávané výsledky:

Aplikace zkoušených hnojiv zvýší výnos plodiny na úroveň srovnatelnou s výnosem po aplikaci ověřeného fosforečného hnojiva.

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

Délka trvání zkoušky: Vegetační roky 2019–2020.

Zadavatel zkoušky: Vlastní zkouška k získání údajů o vlivu materiálu na půdní vlastnosti a výnos plodiny.

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

Složení testovaných hnojiv je uvedeno v tabulce 1.

- Jako registrovaný zdroj P byl použit trojitý superfosfát, který obsahuje 20 % P.
- 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 například při zpracování čistírenských kalů a při anaerobní digesti.
- Drafos je hnojivo na bázi polyfosfátu draselného.

Tab. 1: Chemické složení testovaných hnojiv dle údajů výrobce

Parametry	Chemické složení hnojiv		
	Struvit 1	Struvit 2	Drafos
Sušina (%)	55,9	56,3	97
Celkový P (% sušiny)	13,1	12,3	20,5
Celkový K (% sušiny)	-	-	44,0
Celkový Mg (% sušiny)	10,3	9,0	-
Celkový N (% sušiny)	5,5	5,0	-
pH	9,2	8,5	9 - 10

Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity (kadmium v mg/kg P_2O_5 , ostatní v mg/kg hnojiva): kadmium 50, olovo 15, rtuť 1, arsen 20, chrom 150.

Výrobce:

Struvit 1: Amersfoort, Holandsko

Struvit 2: Amsterdam, Holandsko

Drafos: Vinařské potřeby s.r.o., Velké Bílovice

3. Vlastnosti použité půdy

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

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

Půda	půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg.kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií			
		P	K	Mg	Ca
Zbýšov	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 Sebastian2. rok: Kukuřice silážní (*Zea mays*) - odrůda Pesandor**5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky**

Schéma vegetační zkoušky a dávky hnojiv je uvedeno v tabulce 3. Dávky hnojiv jsou pak v tabulkách 4 a 5. Celková dávka fosforu byla stanovena na základě odhadované roční spotřeby fosforu na úrovni 30 kg P. ha⁻¹. Tabulky 6 a 7 uvádějí schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob.

Tab. 3: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin

Plodina		Varianta	Počet nádob	Objem nádob (l)	Dávka P (kg.ha ⁻¹)		Dávka N (kg.ha ⁻¹)	
1. rok	2. rok				1. rok	2. rok	1. rok	2. rok
Ječmen jarní	Kukuřice	1.Kontrola	6	10	0	0	0	0
		2.N	6	10	0	0	187,5	187,5
		3.NP-superfosfát	6	10	60	0	187,5	187,5
		4.NP-Struvit 1	6	10	60	0	187,5	187,5
		5.NP-Struvit 2	6	10	60	0	187,5	187,5
		6.Drafos na list	6	10	4,9	4,9	187,5	187,5
		7.Drafos do půdy	6	10	60	0	187,5	187,5

Tab. 4: Dávky hnojiv (kg.ha⁻¹) v 1. roce

Varianta	Dávka P	Hnojivo	Dávka hnojiva	Dávka N	Hnojivo	Dávka hnojiva
1.Kontrola	0	0	0	0	0	0
2.N	0	0	0	187,5	Ledek vápenatý	1250
3.NP-superfosfát	60	Superfosfát	306	187,5	Ledek vápenatý	1250
4.NP-Struvit 1	60	NP-Struvit 1	458	187,5	Ledek vápenatý	1250
5.NP-Struvit 2	60	NP-Struvit 2	488	187,5	Ledek vápenatý	1250
6.Drafos na list	4,9	Drafos	24	187,5	Ledek vápenatý	1250
7.Drafos do půdy	60	Drafos	293	187,5	Ledek vápenatý	1250

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

Varianta	Dávka P	Hnojivo	Dávka hnojiva	Dávka N	Hnojivo	Dávka hnojiva
1.Kontrola	0	0	0	0	0	0
2.N	0	0	0	187,5	Ledek vápenatý	1250
3.NP-superfosfát	0	Superfosfát	0	187,5	Ledek vápenatý	1250
4.NP-Struvit 1	0	NP-Struvit 1	0	187,5	Ledek vápenatý	1250
5.NP-Struvit 2	0	NP-Struvit 2	0	187,5	Ledek vápenatý	1250
6.Drafos na list	4,9	Drafos	24	187,5	Ledek vápenatý	1250
7.Drafos do půdy	0	Drafos	0	187,5	Ledek vápenatý	1250

Tab. 6: Schéma aplikace hnojiv do nádob v 1. roce

Varianta	P Hnojivo	Dávka P hnojiva (g nádoba ⁻¹)	N Hnojivo	Dávka N hnojiva (g nádoba ⁻¹)
1.Kontrola	0	0	0	0
2.N	0	0	Ledek vápenatý	6,1
3.NP-superfosfát	Superfosfát	1,5	Ledek vápenatý	6,1
4.NP-Struvit 1	NP-Struvit 1	2,2	Ledek vápenatý	6,1
5.NP-Struvit 2	NP-Struvit 2	2,4	Ledek vápenatý	6,1
6.Drafos na list	Drafos	0,12	Ledek vápenatý	6,1
7.Drafos do půdy	Drafos	1,4	Ledek vápenatý	6,1

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

Varianta	P Hnojivo	Dávka P hnojiva (g nádoba ⁻¹)	N Hnojivo	Dávka N hnojiva (g nádoba ⁻¹)
1.Kontrola	0	0	0	0
2.N	0	0	Ledek vápenatý	6,1
3.NP-superfosfát	Superfosfát	0	Ledek vápenatý	6,1
4.NP-Struvit 1	NP-Struvit 1	0	Ledek vápenatý	6,1
5.NP-Struvit 2	NP-Struvit 2	0	Ledek vápenatý	6,1
6.Drafos na list	Drafos	0,12	Ledek vápenatý	6,1
7.Drafos do půdy	Drafos	0	Ledek vápenatý	6,1

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: fosforečná hnojiva superfosfát a Struvit byla aplikována do zásoby na dva roky a byla zapravena do půdy před výsevem 1. plodiny. Hnojivo bylo promícháno s celým objemem půdy.

Drafos byl aplikován na list formou postřiku roztokem o koncentraci 0,8 % ve třech termínech: na konci odnožování a poté dvě další dávky ve dvoutýdenních intervalech. Drafos do půdy byl aplikován formou roztoku o koncentraci 0,7 % na počátku odnožování ječmene. Dusíkaté hnojivo bylo zapraveno do půdy před výsevem.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 1 plodina x 7 variant x 6 opakování
Celkem 42 vegetačních nádob

Technika provedení pokusu:

- rostliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách s 10 kg zhomogenizované zeminy
- výsev byl proveden 20. 3. 2019, do každé nádoby bylo vyseto 28 semen. Po vzejití bylo 5. 4. 2019 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 byla navracena zpět do nádoby
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, použité přípravky na ochranu rostlin jsou uvedeny v tab. 8.
- bylo prováděno vegetační pozorování, zejména rozdíly v nástupu do hlavních fenologických fází a morfologie rostlin u jednotlivých variant hnojení
- 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

Tab. 8. Přípravky použité k ochraně proti chorobám a škůdcům ječmene jarního v průběhu zkoušky

Přípravek	datum	koncentrace (%)	Škůdce/choroba
Boogie XPro	24. 4. 2019	0,1	padlí
Seguris	20. 5. 2019	0,1	padlí
Boogie XPro	31. 5. 2019	0,1	padlí

Hodnocené parametry:

- měření chlorofylu N testerem ve třicetidenních intervalech
- výnos zrna a slámy ječmene, ze všech opakování a všech variant
- v průměrných homogenních vzorcích odebraných ze všech variant hnojení byl stanoven celkový obsah P v zrna i ve slámě podle JPP postup č. 40053.1 (Čižmárová E. a kol. 2014)
- Analýzy půdy: po sklizni ječmene byly odebrány vzorky půdy ke stanovení obsahu P dle Mehliche III, z každé varianty byl vytvořen průměrný vzorek

Statistické vyhodnocení výsledků

Rozdíly mezi jednotlivými variantami pokusu byly testovány s využitím jednofaktorové analýzy variance s následným mnohonásobným porovnáním pomocí Tukeyho testu. Ke statistickému zpracování dat byl použit program Statistica 13.

8. Výsledky**Výnos zrna a slámy ječmene**

Výnos zrna byl průkazně zvyšován aplikací dusíku ve srovnání s kontrolou (tab. 9). Hnojení fosforem ve formě superfosfátu výnos dále průkazně zvýšilo. Při použití Struvitu 1, Struvitu 2 a Drafosu ve formě postřiku byl výnos průkazně vyšší než v kontrole, ale průkazně se nelišil od varianty hnojené pouze dusíkem a varianty hnojené superfosfátem. Nejvyšší výnos byl zaznamenán po aplikaci hnojiva Drafos závlivkou do půdy, kde průkazně převyšoval výnos všech ostatních variant.

Výnos slámy byl průkazně zvyšován aplikací dusíkatého hnojiva, hnojení fosforem výnos průkazně neovlivnilo.

Tab. 9 Výnosy zrna a slámy ječmene

Varianta	Výnos zrna (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1.Kontrola	4,0a	100	5,9a	100
2.N	8,6b	215	9,8b	167
3.NP-superfosfát	10,2c	253	11,0b	187
4.NP-Struvit 1	9,6bc	239	10,8b	185
5.NP-Struvit 2	9,5bc	237	10,8b	185
6.Drafos na list	9,6bc	239	10,5b	179
7.Drafos do půdy	11,5d	286	11,4b	194

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

Obsah P v zrnu a slámě ječmene

Obsah P v zrnu byl hnojením snižován zhruba na polovinu ve srovnání s kontrolou (tab. 10). Příčinou pozorovaného poklesu by mohlo být ředění obsahu P ve větší hmotnosti zrna u hnojených variant. Pouze varianta hnojená hnojivem Drafos ve formě závlivky měla obsah P v zrnu srovnatelný s kontrolou. Obsah P ve slámě byl zvyšován aplikací hnojiva Drafos na list, ostatní varianty měly obsah srovnatelný s kontrolou.

Tab. 10 Obsah P v zrnu a slámě ječmene

Varianta	Obsah P v zrnu (% sušiny)	Relativní srovnání (%)	Obsah P ve slámě (% sušiny)	Relativní srovnání (%)
1.Kontrola	0,32	100	0,02	100
2.N	0,17	53	0,02	100
3.NP-superfosfát	0,19	59	0,02	100
4.NP-Struvit 1	0,17	53	0,02	100
5.NP-Struvit 2	0,18	56	0,02	100
6.Drafos na list	0,19	59	0,07	350
7.Drafos do půdy	0,31	97	0,02	100

Odběr P výnosem

Odběr P výnosem byl zvyšován dusíkatým hnojením a dále narůstal po aplikaci P hnojiv (tab. 11). Odběr P byl nižší po aplikaci hnojiv Struvit 1 a Struvit 2 než po aplikaci Superfosfátu. Naopak hnojivo Drafos aplikované na list zvýšilo odběr P ve srovnání s variantou hnojenou Superfosfátem, částečně díky zvýšenému obsahu P ve slámě. Nejvyšší hodnota odběru P byla zaznamenána po aplikaci hnojiva Drafos do půdy a téměř dvakrát převyšovala odběr P po aplikaci ostatních fosforečných hnojiv.

Tab. 11 Odběr P výnosem zrna a slámy ječmene

Varianta	Odběr P výnosem zrna (kg ha ⁻¹)	Odběr P výnosem slámy (kg ha ⁻¹)	Celkový odběr P výnosem (kg ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1.Kontrola	12,9	1,2	14,0	100
2.N	14,7	2,0	16,6	119
3.NP-superfosfát	19,3	2,2	21,5	153
4.NP-Struvit 1	16,3	2,2	18,5	132
5.NP-Struvit 2	17,2	2,2	19,3	138
6.Drafos na list	18,2	7,4	25,6	183
7.Drafos do půdy	35,7	2,3	38,0	271

Obsah P v půdě

Obsah P v půdě byl vyšší po aplikaci Struvitu 1 než po aplikaci Superfosfátu, nejvyšší hodnota byla zaznamenána po aplikaci hnojiva Struvit 2 (tab. 12).

Tab. 12 Obsah P v půdě po sklizni ječmene

Varianta	Obsah P v půdě (mg kg ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1.Kontrola	23,5	100
2.N	25,0	106
3.NP-superfosfát	27,5	117
4.NP-Struvit 1	30,8	131
5.NP-Struvit 2	38,6	164
6.Drafos na list	24,9	106
7.Drafos do půdy	27,0	115

Obsah chlorofylu

Obsah chlorofylu byl ve fázi sloupkování i na počátku kvetení zvyšován aplikací dusíku a dále i fosforečných hnojiv (tab. 13). Poněkud nižší obsah byl zaznamenán v rostlinách po aplikaci hnojiva Drafos do půdy a ve fázi kvetení i po aplikaci hnojiva Drafos na list. Snížený obsah chlorofylu by mohl být způsoben limitací růstu dusíkem v rostlinách lépe zásobených fosforem.

Tab. 13 Obsah chlorofylu v listech ječmene (relativní jednotky)

Varianta	Sloupkování	Počátek kvetení
1.Kontrola	331	358
2.N	478	495
3.NP-superfosfát	517	468
4.NP-Struvit 1	543	521
5.NP-Struvit 2	529	486
6.Drafos na list	517	333
7.Drafos do půdy	504	409

9. Závěr

Hnojiva Struvit 1, Struvit 2 a Drafos aplikovaný na list zvýšila výnos, ale méně než aplikace Superfosfátu. Nejvyšší výnos byl zaznamenán po aplikaci hnojiva Drafos závlivkou do půdy a průkazně převyšoval výnos dosažený po aplikaci Superfosfátu.

Hnojivo Drafos aplikované do půdy také výrazně zvýšilo obsah P v zrna a odběr P výnosem oproti ostatním hnojeným variantám. Obsah P v půdě zvyšovala hnojiva Struvit 1 a Struvit 2 více než Superfosfát a Drafos.

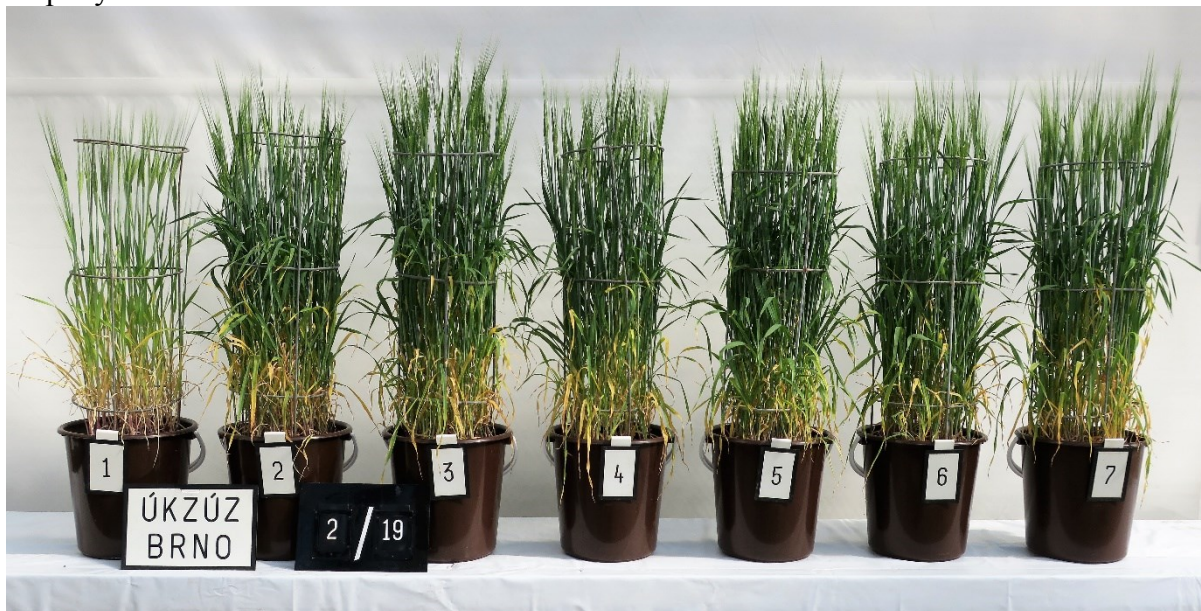
Hnojiva Struvit 1 a Struvit 2 zvyšují obsah dostupného P v půdě, ale jejich využitelnost plodinou je zřejmě omezená. Hnojivo Drafos je naopak zdrojem lehce přijatelného P, který je velmi rychle čerpán plodinou.

10. Fotodokumentace

Obr. 1 Rostliny ječmene na konci sloupkování. Čísla nádob 1 – 7 odpovídají variantám pokusu 1.Kontrola, 2.N, 3.NP-superfosfát, 4.NP-Struvit 1, 5.NP-Struvit 2, 6.Drafos na list, 7.Drafos do půdy.



Obr. 2 Rostliny ječmene ve fázi metání. Číslo nádoby 1 – 7 odpovídá variantám pokusu 1.Kontrola, 2.N, 3.NP-superfosfát, 4.NP-Struvit 1, 5.NP-Struvit 2, 6.Drafos na list, 7.Drafos do půdy.



Obr. 3 Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 1 – 7 odpovídá variantám pokusu 1.Kontrola, 2.N, 3.NP-superfosfát, 4.NP-Struvit 1, 5.NP-Struvit 2, 6.Drafos na list, 7.Drafos do půdy.

