

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

Oddělení výživy rostlin



Vliv dostupnosti P v půdě na výnos
Zpráva o výsledcích dvouleté vegetační nádobové zkoušky

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, leden 2023

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv dostupnosti P v půdě na výnos

Účel zkoušky: fosfor patří mezi základní živiny. Vzhledem k jeho klesajícímu obsahu v našich půdách je doporučována aplikace formou hnojení. Vztah mezi obsahem P v půdě a výnosem však dosud není jednoznačně stanoven. Ve vegetační nádobové zkoušce je proto ověřován vliv rostoucí dostupnosti P na výnos ječmene a kukuřice.

Cíle zkoušky: zjistit, jak rostoucí dostupnost P ovlivní výnos a využít data k upřesnění kritérií obsahu P v půdě

Hypotézy a očekávané výsledky:

Rostoucí dávka P zvýší obsah P v půdě a výnos.

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2021 ve vegetační hale v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2021 - 2022

Zadavatel zkoušky: vlastní zkouška k získání údajů o vlivu hnojení na půdní vlastnosti a výnos

2. Chemické složení použitého hnojiva

- Jako zdroj P byl použit superfosfát s obsahem 20 % P
- Jako zdroj dusíku byla použita močovina s obsahem 46 % N

Výrobce použitých hnojiv:

Superfosfát : Amsterdam Fertilizers BV, Holandsko

Močovina: AB "Achema", Jonava, Litva

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla požitá ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Zbýšov (49.1315611N, 16.8127056E) - černozem (tab. 1).

Tab. 1: Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

Parametry	půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií			
		P	K	Mg	Ca
hodnocení	7,8	45,5	217,3	818,4	7894
	alkalická	nízký	dobrý	velmi vysoký	velmi vysoký

4. Zkoušené plodiny:

1. rok 2021: Kukuřice (*Zea Mays*) - odrůda Pesandor

2. rok 2022: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky hnojiv v 1. roce zkoušky jsou uvedeny v tabulce 2. V tabulce 3 je uvedeno schéma aplikace hnojiv do nádob v 1. roce zkoušky. Ve 2. roce pokusu bylo hnojeno pouze dusíkem ve formě močoviny, aby se projevil vliv obsahu P v půdě po sklizni předplodiny. V tabulkách 4 a 5 jsou uvedeny dávky a schéma aplikace hnojiv ve 2. roce pokusu.

Tab. 2: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin v 1. roce pokusu

Variety hnojení	Počet nádob	dávka N (kg ha ⁻¹)	Dávka P (kg ha ⁻¹)	Použité hnojivo	
1. Kontrola	5	0	0	-	-
2. P0	5	200	0	-	močovina
3. P30	5	200	30	superfosfát	močovina
4. P90	5	200	90	superfosfát	močovina
5. P120	5	200	120	superfosfát	močovina
6. P180	5	200	180	superfosfát	močovina

Tab. 3: Schéma aplikace hnojiv do nádob v 1. roce pokusu

Variety hnojení	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (kg ha ⁻¹)	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (kg ha ⁻¹)
1. Kontrola	-	0	-	0
2. P0	-	0	močovina	420
3. P30	superfosfát	150	močovina	420
4. P90	superfosfát	450	močovina	420
5. P120	superfosfát	600	močovina	420
6. P180	superfosfát	900	močovina	420

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

Variety hnojení	dávka N (kg ha ⁻¹)	Dávka P (kg ha ⁻¹)	Použité hnojivo	
1. Kontrola	0	0	-	-
2. P0	200	0	-	močovina
3. P30	200	0	-	močovina
4. P90	200	0	-	močovina
5. P120	200	0	-	močovina
6. P180	200	0	-	močovina

Tab. 5: Schéma aplikace hnojiv do nádob ve 2. roce

Variety hnojení	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (g nádoba ⁻¹)
1. Kontrola	-	0
2. P0	močovina	2,1
3. P30	močovina	2,1
4. P90	močovina	2,1
5. P120	močovina	2,1
6. P180	močovina	2,1

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: Aplikovaná hnojiva byla promíchána s půdou při založení pokusu. Ve druhém roce byla ke hnojeným variantám aplikována močovina 10 cm pod povrch půdy formou 200 ml roztoku.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 1 plodina x 6 variant x 5 opakování
Celkem 30 vegetačních nádob

Technika provedení zkoušky: 1. pokusný rok

- rostliny kukuřice byly pěstovány v plastových nádobách s 12 kg zhomogenizované zeminy
- do každé nádoby bylo 6. 5. 2021 vyseto 9 semen, po vzejití bylo 20. 5. 2021 provedeno vyjednocení na 4 vyrovnané rostliny 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, k ochraně proti bzunce ječné byl 24. 5. 2021 aplikován přípravek Karate Zeon v koncentraci 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 10. 8. 2021
- po sklizni byla půda v nádobách zhomogenizována, kořeny uloženy do spodní části nádoby a byly odebrány vzorky půdy k analýzám

Technika provedení zkoušky: 2. pokusný rok

- do každé nádoby byl 21. 3. 2022 vyset ječmen jarní, počet vysetých zrn byl 28. Po vzejití (28. 3. 2022) bylo 7. 4. 2022 provedeno vyjednocení na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, k ochraně proti padlí byl 27. 5. 2022 aplikován přípravek Boogie Xpro v koncentraci 0,1 %
- sklizeň byla provedena 7. 7. 2022

Hodnocené parametry

- měření obsahu chlorofylu N testerem ve třicetidenních intervalech
- výnos sušiny kukuřice, ze všech opakování a všech variant
- výnos zrna a slámy ječmene, ze všech opakování a všech variant
- po sklizni kukuřice i ječmene byl z každé nádoby odebrán vzorek půdy ke stanovení obsahu P ve výluhu dle Mehlicha III (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 vzorcích sušiny kukuřice a zrna a slámy ječmene z každé nádoby byl stanoven celkový obsah P podle JPP postup č. 40053.1 (Čížmárová, a kol. 2014).

8. Výsledky

Výnos sušiny kukuřice v 1. roce

Výnos sušiny byl neprůkazně zvyšován dusíkatým hnojením (varianta P0) a průkazně zvyšován hnojením v dávce 30 kg P ha⁻¹. Další zvyšování dávky už výnos průkazně neovlivnilo (tab. 6).

Tab. 6: Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na výnos kukuřice při různé úrovni hnojení

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	dávka N (kg ha ⁻¹)	Výnos sušiny kukuřice (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	0	19,6a	100
2. P0	0	200	23,2ab	118
3. P30	30	200	25,8b	132
4. P90	90	200	23,8b	122
5.P120	120	200	25,6b	131
6.P180	180	200	24,6b	126

Výnos ječmene ve 2. roce

Výnos zrna byl zvyšován hnojením předplodiny až do úrovně hnojení P90. Výnos slámy byl průkazně zvyšován hnojením na úrovni P0, další zvyšování dávky nemělo vliv. (Tab. 7).

Tab. 7 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na výnos ječmene při různé úrovni hnojení

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	Výnos zrna (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	0,9a	100	1,8a	100
2. P0	0	8,4b	899	12,5b	705
3. P30	30	9,0bc	963	13,1b	740
4. P90	90	9,3c	997	13,2b	743
5.P120	120	9,2bc	978	14,9b	841
6.P180	180	9,5c	1010	15,4b	866

Obsah chlorofylu v listech kukuřice v 1. roce

Obsah chlorofylu v listech se snižoval v průběhu vegetace (tab. 8), kromě varianty P0, kde byl nejvyšší obsah chlorofylu naměřen ve druhém termínu měření. Nižší hodnoty byly naměřeny v kontrole, při prvním termínu měření byla nejnižší hodnota zaznamenána u varianty P0. V dalších termínech byly nejnižší hodnoty zjištěny u kontroly, hnojené varianty měly hodnoty vyšší, ale jednoznačný trend obsahu nebyl zaznamenán.

Tab. 8: Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu v listech kukuřice při různé úrovni hnojení (1. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	dávka N (kg ha ⁻¹)	Dny po výsevu		
			54	67	75
1. Kontrola	0	0	436	370	202
2. P0	0	200	393	462	387
3. P30	30	200	480	435	366
4. P90	90	200	466	442	394
5.P120	120	200	463	420	370
6.P180	180	200	486	396	354

Obsah chlorofylu v listech ječmene ve 2. roce

V prvním termínu měření rostl obsah chlorofylu s rostoucí dávkou P k předplodině s nejvyšší hodnotou při úrovni hnojení P120 (tab. 9). Ve druhém termínu byla nejvyšší hodnota naměřena při dávce P0.

Tab. 9 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu v listech ječmene při různé úrovni hnojení (2. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	53 dní po výsevu	77 dní po výsevu
1. Kontrola	0	264	234
2. P0	0	484	516
3. P30	30	535	507
4. P90	90	593	446
5.P120	120	641	408
6.P180	180	601	458

Obsah P v sušině kukuřice v 1. roce

Obsah v sušině byl srovnatelný s kontrolou při dávce 0 a 30 kg P ha⁻¹ a průkazně vyšší při dávkách P nad 90 kg P ha⁻¹ (tab. 10).

Tab. 10: Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah P v sušině kukuřice při různé úrovni hnojení (1. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	dávka N (kg ha ⁻¹)	Obsah P v sušině kukuřice	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	0	0,080a	100
2. P0	0	200	0,080a	100
3. P30	30	200	0,082a	103
4. P90	90	200	0,098b	123
5.P120	120	200	0,094b	118
6.P180	180	200	0,096b	120

Obsah P v zrně a slámě ječmene ve 2. roce

Obsah P v sušině zrna byl průkazně snižován dusíkatým hnojením bez přídatku P k předplodině (varianta P0, tab. 11). Rostoucí úroveň hnojení však obsah P průkazně zvyšovala. Obsah P ve slámě byl průkazně nižší ve všech hnojených variantách ve srovnání s kontrolou. Možným vysvětlením je zředění obsahu ve větší biomase hnojených rostlin.

Tab. 11 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah P v zrně a slámě ječmene při různé úrovni hnojení (2. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	Obsah P v zrně (%)	Obsah P ve slámě (%)
1. Kontrola	0	0,404d	0,128b
2. P0	0	0,211a	0,034a
3. P30	30	0,236ab	0,036a
4. P90	90	0,298bc	0,040a
5.P120	120	0,279bc	0,034a
6.P180	180	0,314c	0,041a

Odběr P výnosem kukuřice v 1. roce

Odběr P výnosem byl průkazně zvýšen dávkou 30 kg P ha⁻¹, další zvyšování dávky P už nemělo vliv (tab. 12).

Tab. 12: Vliv rostoucí dávky P na odběr P výnosem kukuřice při různé úrovni hnojení (1. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	dávka N (kg ha ⁻¹)	Odběr P výnosem (kg P ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	0	14,8a	100
2. P0	0	200	17,2ab	116
3. P30	30	200	19,8bc	134
4. P90	90	200	21,8c	147
5.P120	120	200	22,5c	152
6.P180	180	200	22,2c	150

Odběr P výnosem ječmene ve 2. roce

Odběr P výnosem byl zvyšován rostoucí dávkou P k předplodině až do úrovně hnojení P90 (Tab. 13).

Tab. 13: Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na odběr P výnosem ječmene při různé úrovni hnojení (2. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	Odběr P výnosem (kg P ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	5,4a	100
2. P0	0	20,0b	372
3. P30	30	23,3bc	434
4. P90	90	29,8d	555
5.P120	120	27,5cd	513
6.P180	180	32,3d	601

Obsah P v půdě po sklizni kukuřice v 1. roce

Obsah P v půdě variant P0 a P30 byl srovnatelný s kontrolou (tab. 14). Dávka 90 kg P ha⁻¹ obsah P neprůkazně zvýšila ve srovnání s kontrolou, při aplikaci nejvyšších dávek 120 a 180 kg ha⁻¹ bylo zvýšení průkazné.

Tab. 14: Vliv rostoucí dávky P na obsah P v půdě po sklizni kukuřice při různé úrovni hnojení (1. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	dávka N (kg ha ⁻¹)	Obsah P v půdě (mg P kg ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	0	33a	100
2. P0	0	200	33a	101
3. P30	30	200	38a	114
4. P90	90	200	49ab	149
5.P120	120	200	67c	204
6.P180	180	200	61bc	185

Obsah P v půdě po sklizni ječmene ve 2. roce

Obsah P v půdě variant P0 a P30 byl srovnatelný s kontrolou (tab. 15). Hnojení předplodiny dávkou 90 kg P ha⁻¹ obsah P neprůkazně zvýšilo ve srovnání s kontrolou, při aplikaci dávky 120 kg ha⁻¹ bylo zvýšení průkazné a nejvyšší dávka obsah P dále průkazně zvýšila.

Tab. 15 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah P v půdě po sklizni ječmene při různé úrovni hnojení (2. rok)

Varianta	Dávka P (kg P ha ⁻¹)	Obsah P v půdě (mg P kg ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola	0	32ab	100
2. P0	0	28a	86
3. P30	30	30a	93
4. P90	90	36bc	112
5. P120	120	41c	125
6. P180	180	48d	149

9. Závěry

V prvním roce pokusu byl při výchozím obsahu 45 mg P kg⁻¹ výnos omezeně zvyšován dávkou 30 kg P ha⁻¹, další zvyšování nemělo vliv. Ve druhém roce byl maximální výnos zaznamenán při úrovni hnojení P 90, kdy obsah P v půdě po sklizni předplodiny dosahoval 49 mg P kg⁻¹. Obsah P 45 – 50 mg P kg⁻¹ tak zřejmě představuje kritickou hodnotu obsahu P, nad kterou už zvyšování obsahu P hnojením nemá vliv na výnos, alespoň v použitém typu zeminy za podmínek pokusu.

10. Použitá literatura

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.

Zbiral, 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 kukuřice před sklizní. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. P0, 3. P30, 4. P90, 5. P120 a 6. P180.



Obr.2 Rostliny ječmene na konci sloupkování. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. P0, 3. P30, 4. P90, 5. P120 a 6. P180.



Obr.3 Rostliny ječmene 7 dní před sklizní. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. P0, 3. P30, 4. P90, 5. P120 a 6. P180.

