

Č.j.: UKZUZ 162517/2025

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

Oddělení výživy rostlin



Vliv dostupnosti síry v půdě na výnos

Závěrečná zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky
za roky 2021- 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, říjen 2025

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv dostupnosti síry v půdě na výnos

Účel zkoušky: síra patří mezi základní živiny. Vzhledem ke klesajícímu obsahu síry v našich půdách je doporučována její aplikace formou hnojení. Vztah mezi obsahem S v půdě a výnosem však dosud není jednoznačně stanoven. Ve vegetační nádobové zkoušce je proto ověřován vliv rostoucí dostupnosti S na výnos pěstovaných plodin.

Cíle zkoušky: zjistit, jak rostoucí dostupnost síry ovlivní výnos pěstovaných plodin a využít data ke stanovení kritérií pro hodnocení obsahu S v půdě.

Hypotézy a očekávané výsledky:

Během prvního roku pokusu rostoucí dávka síry zvýší výnos, obsah síry ve sklizených produktech a obsah S v půdě. V dalších letech nebude dále sírou hnojeno a výnos bude zvyšován rostoucí dostupností síry po rostoucí dávce počátečního hnojení.

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

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2021- 2024

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

2. Chemické složení použitého hnojiva a agrouhlí

- Jako zdroj síry byl použit síran amonný s obsahem 21 % N a 24 % S
- Jako zdroj dusíku bez obsahu síry byla použita močovina s obsahem 46 % N a MgN-sol s obsahem 10 % N a 6 % Mg.
- Jako zdroj P a K bylo použito hnojivo Drafos s obsahem 20,5 % P a 44 % K.

Výrobce použitých hnojiv:

Síran amonný: Lovochemie a. s., Lovosice

Močovina: AB "Achema", Jonava, Litva

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Svitavy (tab. 1).

Tab. 1: 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	S
Svitavy	6,3	131,6	177,5	56,3	1926	15,9
	slabě kyselá	velmi vysoký	dobrý	nízký	vyhovující	nízký

4. Zkoušené plodiny

1. rok: Řepka jarní (*Brassica napus*) - odrůda Cleopatra
2. rok: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550
3. rok: Kukuřice (*Zea mays*) - odrůda Honoreen
4. rok: Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Ve 2. a 3. roce pokusu byla aplikována pouze močovina jako dusíkaté hnojení, aby se projevil vliv odlišného obsahu S v půdě rozdílně hnojených variant. Ve čtvrtém roce byl na základě výsledků analýzy půdy doplněn P a K formou hnojiva Drafos a část N byla aplikována ve formě hnojiva MgN-sol, který je současně zdrojem Mg. Zbývající N byl aplikován jako močovina. Schéma vegetační zkoušky a dávky hnojiv při založení pokusu jsou uvedeny v tabulce 2.

V tabulce 3 jsou uvedeny dávky hnojiv ve 2. a 3. roce pokusu, tabulka 4 uvádí dávky živin ve 4. roce pokusu a schéma aplikace hnojiv do nádob ve 4. roce pokusu je uvedeno v tabulce 5.

Tab. 2: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin při založení pokusu

Varianty hnojení	Počet nádob	dávka N (kg ha ⁻¹)	Dávka S (kg ha ⁻¹)	Použité hnojivo	
1. Kontrola	5	0	0	-	-
2. S0	5	200	0	-	močovina
3. S50	5	200	57	síran amonný	močovina
4. S100	5	200	114	síran amonný	močovina
5. S150	5	200	171	síran amonný	močovina
6. S200	5	200	229	síran amonný	močovina

Tab. 3: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin ve 2. a 3. roce pokusu

Varianty hnojení	Počet nádob	dávka N (kg ha ⁻¹)	Dávka S (kg ha ⁻¹)	Použité hnojivo
1. Kontrola	5	0	0	-
2. S0	5	200	0	močovina
3. S50	5	200	0	močovina
4. S100	5	200	0	močovina
5. S150	5	200	0	močovina
6. S200	5	200	0	močovina

Tab. 4: Dávky živin ve 4. roce pokusu (kg ha⁻¹)

Variety hnojení	N	S	P	K	Mg
1. Kontrola	0	0	70	150	0
2. S0	200	0	70	150	83
3. S50	200	0	70	150	83
4. S100	200	0	70	150	83
5. S150	200	0	70	150	83
6. S200	200	0	70	150	83

Tab. 5: Schéma aplikace hnojiv do nádob ve 4. roce pokusu

Variety hnojení	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (g nádoba ⁻¹)	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (ml nádoba ⁻¹)	Použité hnojivo	Dávka hnojiva (g nádoba ⁻¹)
1. Kontrola	Drafos	1,7	-	0	-	0
2. S0	Drafos	1,7	MgN-sol	5	močovina	1,1
3. S50	Drafos	1,7	MgN-sol	5	močovina	1,1
4. S100	Drafos	1,7	MgN-sol	5	močovina	1,1
5. S150	Drafos	1,7	MgN-sol	5	močovina	1,1
6. S200	Drafos	1,7	MgN-sol	5	močovina	1,1

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: hnojiva Drafos a MgN-sol byla aplikována před výsevem plodin formou roztoku v dávce 100 ml roztoku na nádobu. Po vyjednání byla aplikována močovina v dávce 100 ml roztoku na nádobu.

7. Technika založení a průběh zkoušky

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

Technika provedení pokusu v posledním roce:

- rostliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách s 10 kg zhomogenizované zeminy
- po sklizni předplodiny (kukuřice) byla půda v nádobách zhomogenizována, kořeny uloženy do spodní části nádoby a byly odebrány vzorky půdy k analýzám
- do každé nádoby bylo 14. 3. 2024 vyseto 28 semen, po vzejití (23. 3. 2024) bylo 3. 4. 2024 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 se navracela zpět do nádoby
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, k ochraně proti padlí byl 17.4.2024 aplikován přípravek Boogie XPro a 9. 5. 2024 přípravek Seguris, oba v koncentraci 0,1 %.
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány

- v průběhu vegetace byla vlhkost zeminy v nádobách udržována pravidelnou zálivkou dle potřeby demineralizovanou vodou, upravenou reverzní osmózou MID 50 K (Pharmapur řady Aqua Complet) na hodnotu 60 % maximální vodní kapacity
- sklizeň byla provedena 4. 7. 2024
- po sklizni byla půda v nádobách zhomogenizována a byly odebrány vzorky půdy k analýzám

Hodnocené parametry:

- měření chlorofylu N testerem ve třicetidenních intervalech
- výnos zrna a slámy ječmene, ze všech opakování a všech variant
- po sklizni byl ze všech nádob odebrán vzorek půdy ke stanovení obsahu S ve výluhu dle Mehliche 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 sklizených produktů z každé nádoby byl stanoven obsah S (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40032.1 a 40100.1 dle Zbírala a kol., 2014)

8. Výsledky

Výnos sušiny

V prvním roce hnojení dusíkem bez přídavku síry zvýšilo výnos slámy, ale rostliny se nevyvíjely normálně a nevytvořily semena. Výnos varianty S50 v prvních dvou letech pokusu byl průkazně vyšší než výnos kontroly a varianty S0. Další zvyšování dávky už výnos dále nezvyšovalo. Ve třetím roce rostoucí úroveň předchozího hnojení sírou zvyšovala výnos až do dávky S100. Ve čtvrtém roce byl výnos zrna ječmene zvyšován do dávky S150 a výnos slámy do S100 (tab. 6). V průběhu pokusu tedy narůstala úroveň počáteční dávky, která byla potřebná pro dosažení nejvyššího výnosu.

Tab. 6 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na výnos (t ha⁻¹)

Varianta	Řepka 2021		Ječmen 2022		Kukuřice 2023	Ječmen 2024	
	semeno	sláma	zrno	sláma	sušina	zrno	sláma
1. Kontrola	1,1 a	2,0 a	3,6a	5,6a	12,8a	2,2a	2,7a
2. S0	0,0 a	9,6 b	3,6a	10,5c	14,8a	2,3a	7,3b
3. S50	4,5 b	10,6 b	6,8b	7,9b	19,9b	2,3a	7,0b
4. S100	4,5 b	10,1 b	7,1b	8,2b	25,3c	8,1b	10,0c
5. S150	4,7 b	10,1 b	7,1b	8,0b	24,2c	9,6c	10,3c
6. S200	4,5 b	10,6 b	6,6b	7,8b	25,5c	9,2bc	10,2c

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, (Tukey, $P \leq 0,05$)

Obsah síry v sušině

V prvním roce pokusu nemělo hnojení vliv na obsah S v semeni řepky. Obsah S v dalších produktech a v dalších letech pokusu se zvyšoval s rostoucí počáteční dávkou S (tab. 7). Poměrně vysoké hodnoty obsahu S u nehnojené kontroly jsou pravděpodobně důsledkem nízkého výnosu této varianty. V průběhu pokusu rostla hranice, od které byl nárůst obsahu S v sušině průkazný, což souvisí s postupným vyčerpáním síry z hnojiva aplikovaného na počátku pokusu.

Tab. 7 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah síry v sušině plodin (mg kg⁻¹)

Varianta	Řepka 2021		Ječmen 2022		Kukuřice 2023	Ječmen 2024	
	semeno	sláma	zrno	sláma	sušina	zrno	sláma
1. Kontrola	3 067 a	2 821 bc	1 084 b	1 159 b	438 a	967 b	2 146 c
2. S0	-	759 a	799 a	423 a	411 a	639 a	343 a
3. S50	3 384 a	2 436 b	1 320 c	824 ab	433 a	640 a	338 a
4. S100	3 509 a	2 541 bc	1 737 d	2 671 c	690 b	682 a	327 a
5. S150	3 417 a	3 456 d	1 747 d	3 272 d	1032 c	1138 c	1348 b
6. S200	3 699 a	3 118 cd	1 823 d	3 363 d	1093 c	1261 d	2133 c

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, (Tukey, $P \leq 0,05$)

Odběr síry výnosem

V prvním roce pokusu měla varianta S50 odběr S výnosem průkazně vyšší než kontrola a varianta S0. Ve druhém roce rostoucí úroveň předchozího hnojení sírou zvyšovala odběr S až do dávky S100, ve třetím roce do S150 a ve čtvrtém roce do S200 (tab. 8). Hodnoty odběru klesaly v průběhu pokusu, což je vysvětlitelné postupným vyčerpáním síry z hnojiva, které bylo aplikováno v prvním roce.

Tab. 8 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na odběr síry výnosem (kg S ha⁻¹)

Varianta	Řepka 2021	Ječmen 2022	Kukuřice 2023	Ječmen 2024
1. Kontrola	8,2 a	9,2 ab	5,0 a	7,3 ab
2. S0	6,8 a	6,6 a	5,3 a	3,6 a
3. S50	38,8 b	13,9 b	7,6 a	3,5 a
4. S100	38,9 b	31,0 c	15,7 b	8,2 b
5. S150	47,7 b	34,9 c	22,6 c	23,2 c
6. S200	46,9 b	34,5 c	25,1 c	31,2 d

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, (Tukey, $P \leq 0,05$)

Obsah S v půdě

V prvním roce pokusu se obsah S v půdě po předplodině s rostoucí dávkou síry příliš neměnil do úrovně hnojení S50 (tab. 9), až při vyšších dávkách byl zaznamenán průkazný nárůst.

V dalších letech byl nárůst obsahu průkazný od úrovně hnojení S150. V průběhu tří pokusných let obsah síry postupně klesal (tab. 9). Úbytek síry v půdě byl větší při jejích vyšších dávkách na počátku pokusu. Při vyšší dostupnosti síry v půdě je vyšší výnos a obsah S v rostlině a více síry je tak odčerpáno výnosem (tab. 8).

Ve druhém až čtvrtém roce pokusu rostl výnos až do obsahu 16 - 28 mg S kg⁻¹ po předplodině. Bez dalšího hnojení je zřejmě kritická hodnota obsahu S v půdě přibližně 20 mg kg⁻¹, ale není jasné, jak velký je vliv S z posklizňových zbytků a kořenů, ve kterých zřejmě zůstává část síry (aplikované na začátku pokusu) uložena ve formě nestanovitelné metodou dle Mehlich.

Rostliny však dokáží využít i vyšší obsah až do 60 mg kg⁻¹, kdy ještě narůstá obsah S v sušině.

Tab. 9 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na obsah S v půdě (mg kg^{-1})

Varianta	Řepka 2021	Ječmen 2022	Kukuřice 2023	Ječmen 2024
1. Kontrola	10 a	10,6a	9,6a	10,3a
2. S0	10 a	9,9a	8,9a	9,3a
3. S50	16 a	11,9a	9,4a	9,5a
4. S100	49 b	23,9a	12,5a	10,9a
5. S150	61 b	49,6b	28,3b	18,5b
6. S200	118 c	75,4c	45,4c	31,1c

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, (Tukey, $P \leq 0,05$)

9. Závěry

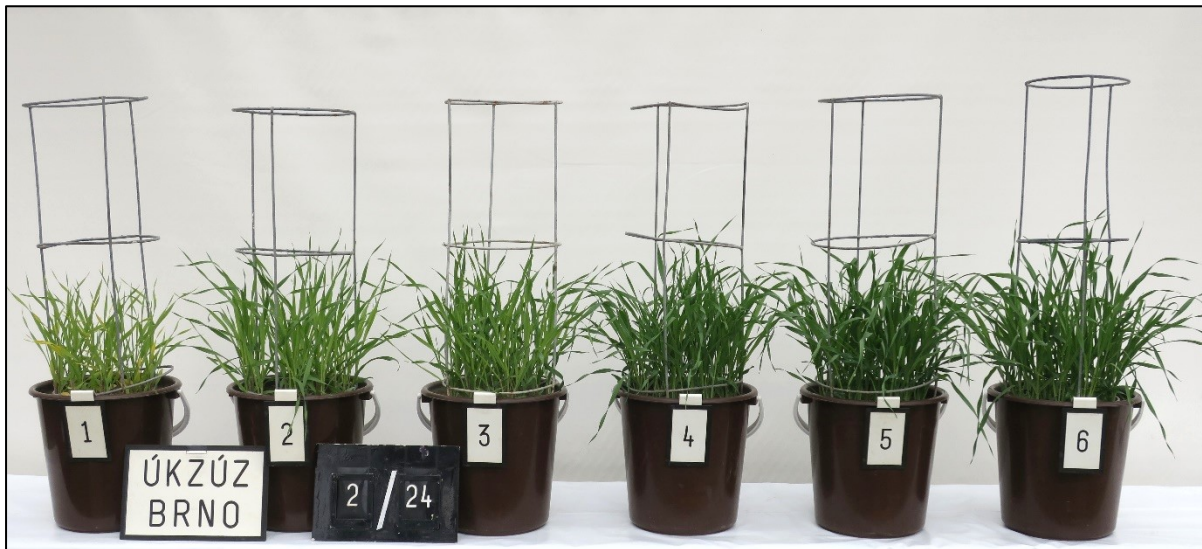
Aplikace stupňované dávky S velmi výrazně zvyšovala výnos pěstovaných plodin. Síra byla aplikována pouze v 1. roce a v dalších letech byl výnos ovlivňován jen obsahem S v půdě. Půda měla jen malou schopnost udržovat dostupnost S, bez hnojení rostliny získaly jen 4 – 7 kg S ha^{-1} a výnos rychle vyčerpal S dodanou v hnojivu na počátku pokusu. Obsah S v půdě proto v průběhu pokusu výrazně klesal a pokles byl tím vyšší, čím vyšší byl obsah S po počátečním hnojení. Z tohoto pohledu je lepší síru aplikovat v menších dávkách a pravidelně. Zvyšování obsahu S po předplodině z 10 na 20 mg S kg^{-1} velmi výrazně zvyšovalo výnos a kritická hodnota obsahu S pro nejvyšší výnos byla v rozmezí 16 – 28 mg S kg^{-1} . Přesněji nelze tuto hodnotu určit a může být poměrně značně ovlivněna zpřístupňováním S z posklizňových zbytků během vegetace, pro které je zdrojem síra nestanovitelná dle Mehlicha. Dávka dostačující na udržení výnosu však může být nízká pro udržení úrodnosti. Z výsledků vyplývá, že k udržení výnosu i obsahu S v půdě by v podmínkách pokusu bylo zapotřebí pravidelné hnojení v dávkách, které umožní dostatečné nasycení rostlin sírou, ale nepřekročí jejich spotřebu. Přesnou dávku nelze jednoznačně určit, ale pravděpodobně dosáhne zhruba 20 – 30 kg S ha^{-1} za rok.

10. Použitá literatura

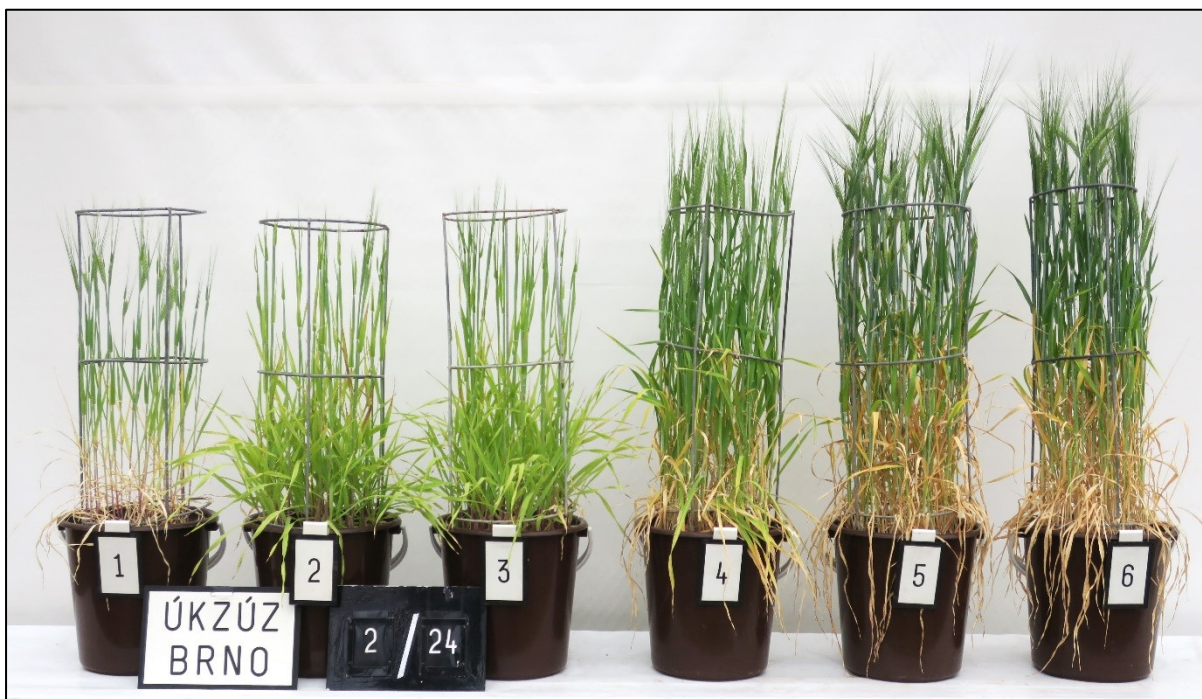
- Zbíral, J., Čižmarová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A., 2016. Jednotné pracovní postupy – analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
- Zbíral, J., Čižmarová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, 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 na počátku sloupkování. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. S0, 3. S50, 4. S100, 5. S150 a 6. S200.



Obr.2 Rostliny ječmene ve fázi kvetení. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. S0, 3. S50, 4. S100, 5. S150 a 6. S200.



Obr.3 Rostliny ječmene před sklizní. Čísla nádob 1 – 6 odpovídají variantám pokusu 1. kontrola, 2. S0, 3. S50, 4. S100, 5. S150 a 6. S200.

