

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

Oddělení výživy rostlin



**Dostupnost N pro následnou plodinu při rozdílné úrovni hnojení
předplodiny**

Zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky za rok 2022

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: Dostupnost N pro následnou plodinu při rozdílné úrovni hnojení předplodiny

Účel zkoušky: stanovení optimální dávky dusíku patří mezi největší problémy výživy rostlin. Z publikovaných údajů o dostupnosti N vyplývá, že dokud rostoucí dávka minerálního N zvyšuje výnos, je buď efektivně využit výnosem, nebo zadržen v půdě v organické formě. Množství dusíku, které zůstane dostupné pro následnou plodinu, bylo stanoveno ve vegetační nádobové zkoušce. Současně bylo zjišťováno, jak předchozí hnojení dusíkem ovlivní optimální dávku N.

Cíle zkoušky: objasnit, jak hnojení předplodiny ovlivní nároky následné plodiny na dusík. Zjistit množství N, které může být aplikováno k následné plodině, aniž by došlo k přehnojení. Ověřit možnosti hnojení pro potřeby nádobových zkoušek.

Hypotézy a očekávané výsledky:

- Výnos předplodiny roste s rostoucí dávkou N až do určité hranice
- Rostoucí množství N v půdě při rostoucí úrovni hnojení snižuje množství dusíku potřebné pro dosažení maximálního výnosu následné plodiny

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2022 ve vegetační hale ÚKZÚZ v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2022

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako zdroj dusíku v minerální formě byla použita močovina s obsahem 46 % N
- Jako zdroj hořčíku a síry v minerální formě byla použita hořká sůl s obsahem 10 % Mg a 13 % S

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. Zkoušená plodina:

Předplodina: Řepka jarní (*Brassica napus*) - odrůda Cleopatra

Následná plodina: Kukuřice (*Zea mays*) - odrůda Pesandor

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky jsou uvedeny v tabulce 2. K předplodině byl aplikován dusík ve čtyřech stupňovaných dávkách. Dávka 0 kg N ha⁻¹ odpovídala úrovni hnojení N0, dávky 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹ odpovídaly úrovním hnojení předplodiny N1, N2 a N3 (tab. 2). Po sklizni předplodiny (řepka) byly nádoby z každé ze 4 úrovní předchozího hnojení rozděleny na 4 varianty a každá z nich hnojena k následné plodině (kukuřice) odlišnou dávkou dusíku odpovídající 0, 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹. Tabulka 3 a 4 uvádí schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob.

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

Označení	Varianta	Počet opakování	Dávky živin k předplodině (kg ha ⁻¹)			Dávky dusíku k hlavní plodině
			N	Mg	S	
1	N0+0	4	0	45	57	0
2	N0+100	4	0	45	57	100
3	N0+200	4	0	45	57	200
4	N0+300	4	0	45	57	300
5	N1+0	4	100	45	57	0
6	N1+100	4	100	45	57	100
7	N1+200	4	100	45	57	200
8	N1+300	4	100	45	57	300
9	N2+0	4	200	45	57	0
10	N2+100	4	200	45	57	100
11	N2+200	4	200	45	57	200
12	N2+300	4	200	45	57	300
13	N3+0	4	300	45	57	0
14	N3+100	4	300	45	57	100
15	N3+200	4	300	45	57	200
16	N3+300	4	300	45	57	300

Tab. 3: Dávky hnojiv do nádob k předplodině

Označení	Varianta	Dávka hnojiva	
		Močovina (g nádoba ⁻¹)	Hořká sůl (g nádoba ⁻¹)
1	N0+0	0	2,2
2	N0+100	0	2,2
3	N0+200	0	2,2
4	N0+300	0	2,2
5	N1+0	1,1	2,2
6	N1+100	1,1	2,2
7	N1+200	1,1	2,2
8	N1+300	1,1	2,2
9	N2+0	2,1	2,2
10	N2+100	2,1	2,2
11	N2+200	2,1	2,2
12	N2+300	2,1	2,2
13	N3+0	3,2	2,2
14	N3+100	3,2	2,2
15	N3+200	3,2	2,2
16	N3+300	3,2	2,2

Tab. 4: Dávky hnojiv do nádob k následné plodině

Označení	Varianta	Dávka hnojiva
		Močovina (g nádoba ⁻¹)
1	N0+0	0
2	N0+100	1,1
3	N0+200	2,1
4	N0+300	3,2
5	N1+0	0
6	N1+100	1,1
7	N1+200	2,1
8	N1+300	3,2
9	N2+0	0
10	N2+100	1,1
11	N2+200	2,1
12	N2+300	3,2
13	N3+0	0
14	N3+100	1,1
15	N3+200	2,1
16	N3+300	3,2

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: minerální hnojivo bylo zapraveno do půdy vždy před výsevem každé plodiny.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 16 variant x 4 opakování
Celkem 64 vegetačních nádob

- rostliny řepky jarní byly pěstovány v plastových nádobách (objem 12 l) v 11 kg zhomogenizované zeminy
- do každé nádoby bylo 21. 3. 2022 vyseto 28 semen, po vzejití (30. 3. 2022) bylo provedeno vyjedení na 12 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro případné zachycení přebytečné závlivkové vody pro návrat zpět do nádoby.
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin,
- 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 řepky byla provedena ve fázi kvetení, 26. 5. 2022
- po sklizni byla půda v nádobách homogenizována a kořeny uloženy do spodní části nádoby, bylo provedeno hnojení dle varianty
- do každé nádoby bylo poté 2. 6. 2022 vyseto 9 semen kukuřice, po vzejití (6. 6. 2022) bylo 9. 6. 2022 provedeno vyjedení na 4 vyrovnané rostliny v každé nádobě

- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, proti bzunce byla 10. 6. 2022 aplikována směs přípravků Karate 0,1% a Mospilan 0,2%
- sklizeň kukuřice byla provedena 4. 8. 2022

Hodnocené parametry:

- Měření obsahu chlorofylu N testerem ve 30 denních intervalech
- Výnos sušiny řepky jarní, ze všech opakování a všech variant
- Výnos sušiny kukuřice, ze všech opakování a všech variant
- Analýza rostlin: 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).

8. Výsledky

Výnos sušiny řepky

Výnos sušiny byl průkazně zvyšován zvyšováním dávky dusíku (tab. 5).

Tab. 5 Vliv rostoucí dávky minerálního hnojiva na výnos řepky při různé úrovni organického hnojení

Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Výnos řepky (t ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
0	7,1a	100
100	11,5b	163
200	12,6bc	178
300	13,4c	190

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

Obsah živin v sušině řepky

Zvyšování dávky dusíku postupně zvyšovalo jeho obsah v sušině (tab. 6). Nárůst obsahu oproti kontrole byl průkazný po aplikaci dávky 100 kg N ha⁻¹, dávka 200 kg N ha⁻¹ ho dále průkazně zvýšila. S rostoucí dávkou N stoupal také obsah K a Mg. Obsah P byl naopak v dusíkem hnojených variantách nižší než v kontrole.

Tab. 6 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v sušině (%) při různé úrovni minerálního hnojení

Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
0	1,4a	0,368a	2,1a	0,105a	1,4a
100	1,9b	0,308b	2,1a	0,137b	1,6a
200	2,2c	0,329b	2,3b	0,150bc	1,6a
300	2,5c	0,328b	2,3b	0,157c	1,7a

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

Odběr živin výnosem řepky

Odběr všech živin se zvyšoval s rostoucí dávkou dusíku (tab. 7).

Tab. 7 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na odběr živin výnosem (kg ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
0	86a	23a	130a	7a	91a
100	196b	32b	218b	14b	163b
200	254c	37bc	262c	17bc	186b
300	305d	40c	276c	19c	209b

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

Obsah chlorofylu v listech řepky

Obsah chlorofylu se zvyšoval s rostoucí dávkou dusíku (tab. 8).

Tab. 8 Obsah chlorofylu v listech řepky při různých úrovních hnojení

Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)	Obsah chlorofylu (60 den po výsevu, fáze kvetení)
0	499
100	649
200	672
300	744

Výnos sušiny kukuřice

Výnos sušiny kukuřice byl zvyšován rostoucí dávkou živin aplikovaných přímo ke kukuřici, úroveň hnojení předplodiny neměla průkazný vliv (tab. 9). Neprůkazný pokles výnosu při nižších dávkách N by mohl být vysvětlen vyčerpáním N výnosem předplodiny. Naopak nejvyšší výnosy byly zaznamenány při nejvyšších dávkách N k předplodině i následné plodině (varianty N2+300 a N3+300), zvýšení však nebylo průkazné.

Tab. 9 Vliv odlišných cest recyklace na výnos sušiny kukuřice (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení předplodiny

Úroveň hnojení předplodiny	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
N0	11,6a	28,3b	27,0b	28,1b
N1	10,9a	26,5b	25,2b	26,4b
N2	10,3a	25,9b	26,9b	30,4b
N3	11,1a	27,7b	27,2b	30,3b

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

Obsah živin v sušině kukuřice

Obsah N byl ovlivňován především dávkou N aplikovanou přímo ke kukuřici. Vliv hnojení předplodiny byl menší. Byl pozorován neprůkazný pokles při nejnižší dávce hnojení (100 kg N ha⁻¹, tab. 10). Dostupnost N pro obě plodiny byla zřejmě dostatečná pro urychlení růstu, ale nestačila už plně zásobovat rostlinu dusíkem v pozdějších fázích vegetace. Pokles obsahu N však byl zaznamenán i při nejvyšších dávkách hnojení (varianty N2+300 a N3+300). Tato úroveň hnojení podpořila více růst (tab. 9), než čerpání N, což může souviset s rychlejším rozkladem posklizňových zbytků a následně lepší synchronizací mezi dostupností N a růstem kukuřice. Obsah fosforu dosahoval nejvyšších hodnot v nehnojených variantách, hnojení

dusíkem jeho obsah snižovalo. Také obsah K dosahoval nejvyšších hodnot v nehnojených variantách, s rostoucí dávkou N se jeho obsah snižoval. Stejný trend byl pozorován při všech úrovních předchozího hnojení. Při vyšších dávkách N byl obsah K zvyšován rostoucí úrovní hnojení předplodiny.

Tab. 10 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v sušině (%) při různých úrovních hnojení

Úroveň předchozího hnojení	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
N0	0	0,496ab	0,312e	1,8f	0,136a	0,304a
	100	0,452a	0,124c	0,7bcde	0,149abc	0,321a
	200	0,614abc	0,093abc	0,5ab	0,202ef	0,405ab
	300	0,792cd	0,091abc	0,4a	0,218f	0,426b
N1	0	0,511ab	0,292de	1,8f	0,147abc	0,346ab
	100	0,462a	0,114bc	0,7cde	0,156abcd	0,307a
	200	0,688bcd	0,096abc	0,5abc	0,216f	0,397ab
	300	0,848d	0,099abc	0,5abc	0,210f	0,382ab
N2	0	0,498ab	0,302de	1,7f	0,131a	0,332ab
	100	0,502ab	0,117bc	0,7de	0,150abc	0,323a
	200	0,615abc	0,104abc	0,6abcd	0,178cde	0,335ab
	300	0,739cd	0,106abc	0,5abc	0,187def	0,345ab
N3	0	0,500ab	0,268d	1,7f	0,127a	0,323a
	100	0,412a	0,105abc	0,8e	0,146ab	0,314a
	200	0,600abc	0,075a	0,7bcde	0,175bcde	0,367ab
	300	0,733cd	0,080ab	0,7cde	0,205ef	0,397ab

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

Odběr živin výnosem kukuřice

Odběr dusíku byl průkazně zvyšován rostoucí dávkou N aplikovanou ke kukuřici, hnojení předplodiny nemělo vliv. Poměrně značný vliv mělo hnojení na odběr K. Odběr při nižších úrovních hnojení předplodiny (N0 – N1) výrazně klesal s rostoucí dávkou N ke kukuřici, při nejvyšší úrovni hnojení (N3) však dávka neměla vliv. Při vyšších dávkách N ke kukuřici odběr značně narůstal s rostoucí dávkou N k předplodině. Nárůst dostupnosti K při nejvyšší úrovni hnojení by mohl do jisté míry vysvětlovat zvýšení výnosu variantou N3+300. Odběr P byl hnojením předplodiny i následné plodiny snižován. Odběr Mg a Ca se zvyšoval s rostoucí dávkou N při všech úrovních předchozího hnojení.

Tab. 11 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na odběr živin výnosem kukuřice při různých úrovních hnojení

Úroveň předchozího hnojení	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
N0	0	52a	33d	187fg	14a	32a
	100	114bc	32cd	172defg	38b	81bc
	200	149bcd	23ab	120ab	50cd	99cd
	300	198de	23abc	112a	55d	106d
N1	0	50a	29bcd	178efg	14a	34a
	100	111bc	27bcd	169defg	38b	74b
	200	157cde	22ab	122abc	49cd	90bcd
	300	203e	24abcd	131abcd	50cd	92bcd
N2	0	46a	28bcd	160bcdefg	12,a	30a
	100	117bc	27abcd	173defg	35b	75bc
	200	148bcd	25abcd	138abcde	43bc	81bc
	300	199e	28bcd	145abcdef	51cd	93bcd
N3	0	50a	27abcd	165bcdefg	13a	32a
	100	103b	26abcd	197g	37b	79bc
	200	146bc	18a	166cdefg	43bc	90bcd
	300	201e	22ab	193g	56d	108d

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

Množství chlorofylu

Množství chlorofylu v listech kukuřice byl při úrovni hnojení N0 zvyšován dávkou N (tab. 12). Při všech úrovních hnojení předplodiny byl zaznamenán pokles obsahu chlorofylu po aplikaci dávky 100 kg N ha⁻¹ ke kukuřici ve srovnání s nehnojenou variantou. Nejnižších hodnot dosahovala varianta N1+100, což je do jisté míry v souladu s nižším obsahem N v sušině. Zvyšování dávky N na 300 kg N ha⁻¹ při úrovních N2 a N3 množství chlorofylu zvyšovalo na nejvyšší zaznamenané hodnoty pro kukuřici, zvýšení odpovídalo vyššímu výnosu těchto variant.

Tab. 12 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu v listech kukuřice (40 den po výsevu) při různých úrovních hnojení

Úroveň hnojení	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
N0	241	247	298	263
N1	316	211	296	228
N2	328	246	321	432
N3	341	248	309	554

9. Závěry

S rostoucí dávkou dusíku narůstal výnos předplodiny i odběr aplikovaného dusíku. Dusík dodaný hnojením byl i při vysokých dávkách odčerpán výnosem, a proto byla dostupnost N pro následnou plodinu podobná při všech úrovních hnojení předplodiny. Výnos předplodiny i následné plodiny byl významně zvyšován dávkou dusíku odpovídající 100 kg N ha⁻¹. Další

zvyšování bylo méně efektivní a nárůst dávky 2 – 3 krát zvýšil výnos kukuřice pouze o 9 – 16 %. Z hlediska výnosu tak lze za optimální považovat dávku 100 kg N ha⁻¹ k předplodině i následné plodině.

Hypotéza o zvyšování dostupnosti N s rostoucí intenzitou hnojení předplodiny se tedy nepotvrdila. Při nižší úrovni hnojení předplodiny (N1 - 100 kg N ha⁻¹) však byl zaznamenán pokles výnosu ve srovnání s variantou po nehnojené předplodině. Také obsah dusíku a množství chlorofylu byly rostoucí dávkou N zvyšovány při úrovni hnojení N1 méně než po nehnojené kontrole. Pozorovaný efekt byl neprůkazný, ale naznačuje určitý pokles dostupnosti dusíku. Možným vysvětlením by mohla být stimulace růstu předplodiny nižší dávkou dusíku, která vedla k jeho vyčerpání v pozdější fázi vegetace, což se následně projevilo i omezením růstu následné plodiny. Dusík mohl být také spotřebován rozkladem kořenů. A hnojení dusíkem navíc značně ovlivnilo příjem ostatních prvků, zejména fosforu a draslíku.

Další zvyšování dávky N k předplodině však vyrovnalo deficit N a nejvyšší dávky dokonce zvýšily výnos natolik, že růst byl rychlejší než příjem dusíku a v biomase poněkud klesl obsah N. Možným vysvětlením je rychlejší rozklad kořenů při vyšší dostupnosti N v půdě, který mohl urychlit růst na počátku vegetace. Je proto možné, že by i další zvyšování dávky N mohlo zvyšovat výnos, což by mohlo zpochybnit stanovené optimum na úrovni 100 kg N ha⁻¹. Pozorované odchylky by tak mohly posunout nároky následně pěstovaných plodin na dusík směrem k vyšším hodnotám a tím ovlivnit i stanovení jeho optimální dávky. Z dosažených výsledků však nelze tuto možnost ověřit. Vliv dávky N na rozklad posklizňových zbytků, změny dostupnosti během roku a vliv na příjem dalších živin jsou zřejmě důležitými faktory při stanovení optimální dávky dusíku.

10. Použitá literatura

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 řepky ve fázi butonizace. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídají dávkám N k předplodině na úrovni 0, 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹.



Obr. 2 Rostliny řepky před sklizní. Číslo nádoby 1, 5, 9, 13 odpovídají dávkám N k předplodině na úrovni 0, 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹.



Obr. 3 Rostliny kukuřice před sklizní. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídá variantám N0+0, N0+100, N0+200 a N0+300



Obr. 4 Rostliny kukuřice před sklizní. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídá variantám N1+0, N1+100, N1+200 a N1+300



Obr. 5 Rostliny kukuřice před sklizní. Čísla nádob 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám N2+0, N2+100, N2+200 a N2+300



Obr. 6 Rostliny kukuřice před sklizní. Čísla nádob 13, 14, 15, 16 odpovídají variantám N3+0, N3+100, N3+200 a N3+300

