

Č.j.: UKZUZ 212104/2024

Česká republika - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Sekce zemědělských vstupů
Oddělení výživy rostlin



**Sledování vlivu různých intenzit hnojení na půdní úrodnost
a změny agrochemických vlastností půdy v podmínkách závlahy**
výroční zpráva za rok 2023

Zpracoval: Ing. Silvie Jančíková
Markéta Vodáková
Oddělení výživy rostlin

Schválil Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
vedoucí Oddělení výživy rostlin

Předkládá:
Ing. Josef Svoboda, Ph.D.

Brno

prosinec 2024

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Metodika zkoušky.....	1
2.1 Varianty hnojení	1
2.2 Hodnocené parametry	2
2.3 Lyzimetrické sledování.....	3
3 Charakteristika pokusného místa	3
4 Výsledky.....	3
4.1 Průběh počasí.....	3
4.2 Příprava pozemku a průběh vegetace	5
4.3 Výnosy.....	5
4.4 Technologické vlastnosti.....	8
4.5 Odběr živin, bilance.....	9
4.6 Půdní vlastnosti.....	12
4.6.1 Obsah přístupných živin v půdě	12
4.6.2 Obsah síry a mikroprvků v půdě.....	13
4.7 Půdní organická hmota	14
4.8 Lyzimetrické sledování.....	15
4.8.1 Agrochemické vlastnosti půdy lyzimetrických parcel.....	15
4.8.2 Průběh počasí, množství živin ve srážkové a závlahové vodě	15
4.8.3 Záchyt a analýzy eluátu	17
4.8.4 Dynamika minerálního dusíku v půdě.....	18
5 Závěr	20
6 Literatura	21

1 Úvod

Přesná dlouhodobá výživářská zkouška byla založena v roce 1977 v kukuřičném výrobním typu aridní oblasti jižní Moravy. Pro posouzení rozdílů mezi přirozenými a optimálními závlahovými podmínkami byl pokus založen i na ploše s doplňkovou závlahou, kde jediným rozdílem v podmínkách je počáteční zásoba živin v roce 1977 a závlaha dle požadavku plodiny.

Cílem pokusu je sledování vlivu různých intenzit hnojení na výnos, půdní úrodnost a změny agrochemických vlastností půdy, sledování odběru živin rostlinami a vzájemného vztahu mezi intenzitou hnojení a obsahem živin v půdě a v rostlinách. Dále pokus ověřuje efektivnost **zásobního a každoročního způsobu hnojení fosforem a draslíkem**.

2 Metodika zkoušky

Pokus byl založen na podzim roku 1977. V roce 1986 byl ukončen první devítiletý osevní sled, v roce 1994 druhý osmiletý sled, v roce 2002 třetí osmiletý sled, v roce 2010 čtvrtý osevní sled a v roce 2018 pátý osevní sled. Vyplynula z nich vždy nutnost úpravy metodiky, např. osevního sledu i dávek živin s ohledem na vývoj zásob živin v půdě a potřeby praxe. Účel pokusu zůstává v plném rozsahu beze změn. Tato závěrečná zpráva hodnotí výsledky pátého (2023) roku šestého osevního sledu (2019–2026). Z provozních důvodů byla namísto brambor do osevního sledu zařazena řepka ozimá.

Šestý osevní sled - přehled plodin a odrůd, zkrácené označení plodiny

2019 – pšenice ozimá odr. Sultan (PO)	2023 – řepka ozimá (ŘO), odrůda Cortéz
2020 – ječmen jarní, odr. Laudis 550 (JJ)	2024 – pšenice ozimá (PO)
2021 – kukuřice silážní (KS), odrůda Figaro	2025 – vojtěška čistý zásev (VO)
2022 – ječmen jarní (JJ), odrůda Laudis 550	2026 – vojtěška užitný rok (VO)

V pokusu je sledováno 9 variant hnojení ve 4 opakováních na ploše zavlažované (Z) a nezavlažované (BZ), t.j. celkem 72 pokusných parcel. Výměry hnojených a sklizňových parcel odpovídají zásadám metodiky polních zkoušek na výživářských bázích.

2.1 Varianty hnojení

1. hnůj..... hnojeno pouze hnojem
2. hnůj + N1P1K1....
3. hnůj + N2P2K2....
4. hnůj + N3P3K3....
5. hnůj + N2P1K2.... ... hnojeno hnojem a min. hnojivky s využitím **do zásoby**
6. hnůj + N2P3K2....
7. hnůj + N2P2K1....
8. hnůj + N2P2K3....
9. hnůj + N2P2K2..... hnojeno hnojem, minerální hnojiva aplikována **každoročně**

Pro stupňované úrovně hnojení fosforem je v grafech používáno označení P1, P2, P3 (pro varianty 5. hnůj+ N2P1K2, 3. hnůj+N2P2K2, 6. hnůj+N2P3K2) a pro stupňované úrovně hnojení draslíkem je to označení K1, K2, K3 (pro varianty 7. hnůj+N2P2K1, 3. hnůj+N2P2K2, 8. hnůj+N2P2K3)

Dávky živin

Tab. 1 Průměrné roční dávky živin

hladina živin	kg živin / ha (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O)	celkem kg živin / ha (N, P, K)
N1P1K1	41 + 50 + 145	236
N2P2K2	69 + 75 + 210	354
N3P3K3	97 + 100 + 275	472

Tab. 2 Přehled dávek živin (kg/ha) v minerálních hnojivech v osevním sledu

plodina	N1P1K1			N2P2K2			N3P3K3		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
pšenice ozimá	60	100	290	90	150	420	120	200	550
ječmen jarní	30	-	-	60	-	-	90	-	-
kukuřice	80	100	290	120	150	420	160	200	550
ječmen jarní	30	-	-	60	-	-	90	-	-
řepka ozimá	65	100	290	90	150	420	115	200	550
pšenice ozimá	60	-	-	90	-	-	120	-	-
vojtěška	-	100	290	20	150	420	40	200	550
vojtěška	-	-	-	20	-	-	40	-	-

Dusík se předset'ově aplikuje v síranu amonném (SA, 21 % N) a za vegetace v ledku amonném s vápencem (LAV, 27,5 % N). Předset'ově se aplikuje **fosfor** v superfosfátu granulovaném (SF, 19 % P₂O₅) a **draslík** v draselné soli (DS, 60 % K₂O).

Chlévským hnojem se hnojí na podzim 2 x za osevní postup v dávce 40 t/ha. Aplikován byl na podzim r. 2020 před kukuřicí a v roce 2022 k řepce.

Vápnění se provádí mletým vápencem v dávce určené agrochemickým rozbořem půdy. Poslední vápnění bylo provedeno z technických důvodů nestandardně na jaře 2020 namísto podzimu 2019.

2.2 Hodnocené parametry

Každoročně po sklizni plodiny se odebírá z každé varianty hnojení vzorek půdy z horizontu 0-30 cm pro stanovení **agrochemických vlastností půdy**: pH/CaCl₂ a potřeby vápnění, obsahu fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku. Základní stanovení obsahu živin se provádí metodou Mehlich 3 (dříve Mehlich 2). Toto základní stanovení bylo postupně rozšířeno o stanovení obsahu mikroelementů a přístupné síry (Mehlich 3). Hodnocen je rovněž poměr K/Mg.

Po ukončení každého osevního sledu se z každé varianty hnojení odebírají průměrné vzorky půdy o hmotnosti 1000 g a provádí se stejné rozbořování jako po sklizni každého roku, navíc se stanovují parametry půdní organické hmoty metodou NIRs (Cox, TOC, Glomalin, N_{tot}, Q4/Q6), zrnitostní složení a parametry půdního sorpčního komplexu (STV). Z podorničí se odebírají vzorky z variant 1, 2, 3 a 4 a v nich se provádí shodné analýzy jako u vzorků z ornice. Nad rámec metodiky po řepce v roce 2023 se rovněž stanoví parametry půdní organické hmoty.

U rostlin je každoročně sledován **výnos hlavního a vedlejšího produktu**. Jsou z nich odebírány vzorky na stanovení vlhkosti a obsahu základních živin pro porovnání závislosti jejich obsahu na intenzitě hnojení a pro výpočet bilance živin. Z technologických parametrů se u řepky stanovuje metodou NIRs: HTS, obsah N látek a obsah oleje v sušině.

Vegetační sledování je prováděno podle Prováděcí metodiky polních výživářských zkoušek č. 02/VR. **Ochrana rostlin** je prováděna podle metodik pro ochranu rostlin povolenými přípravky.

2.3 Lyzimetrické sledování

Pro detailnější sledování pohybu živin v půdě jsou od roku 1985 u stupňovaných dávek živin (varianty 1–4) na ploše zavlažované instalovány **lyzimetry** se sběrnými miskami v hloubce 40 cm a 60 cm. Sběrné oblasti lyzimetrů byly vytvořeny prodloužením parcel, takže původní hnojená plocha nebyla dotčena. Každý měsíc je sledován průsak vody do sběrných misek lyzimetrů a obsah živin v této vodě. V souvislosti s lyzimetry se sleduje i množství srážkové a závlahové vody, u nichž se, stejně jako u eluátů, provádí chemický rozbor na obsah živin a dalších prvků. Dále se provádí odběry půdních vzorků v průběhu roku na zjištění obsahu a pohybu minerálního dusíku. Jedná se o soubor sledování, která mají upřesnit bilanci živin s případným využitím při úpravě dávek hnojiv.

Varianty hnojení a dávky živin k jednotlivým variantám s lyzimetry

Tab. 3 Dávky čistých živin (N, P, K) dodané minerálním hnojením a hnojem k řepce

živiny	hnůj	hnůj + N1P1K1 (lyzimetr 2)	Hnůj + N2P2K2 (lyzimetr 3)	Hnůj + N3P3K3 (lyzimetr 4)
	Lyzimetr 1	Lyzimetr 2	Lyzimetr 3	Lyzimetr 4
N	463	463+65	463+90	463+115
P	163	163+44	163+66	163+88
K	527	527+241	527+349	527+457

18. 8.2022 aplikován koňský hnůj, 40 t/ha

Kromě vstupů živin uvedených za vegetační období (tabulka 35) bylo ve sledovaném kalendářním roce na podzim aplikováno dusíkaté hnojení při přípravě půdy 20. 9. v síranu amonném, a to v dávkách N1 = 40 kg/ha, N2 = 50 kg/ha, N3 = 60 kg/ha.

3 Charakteristika pokusného místa

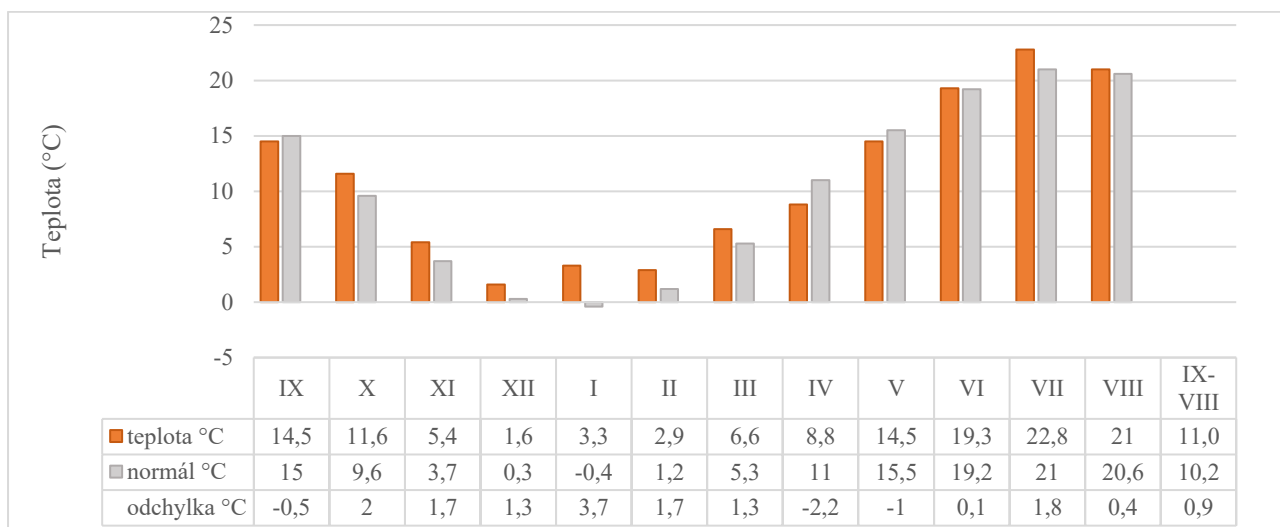
Stanice Lednice se nachází v nadmořské výšce 171 m, v kukuřičném výrobním typu, oblasti velmi teplé – suché. Dlouhodobý průměr teplot je 9,6 °C a průměrné roční množství srážek 461 mm. Pokusný pozemek má mírný sklon k severovýchodu. Hloubka orniční vrstvy je 35 cm, půda střední, hlinitá, půdní typ černozem na spraši (ČM-24). Hladina spodní vody je pod 6 m.

4 Výsledky

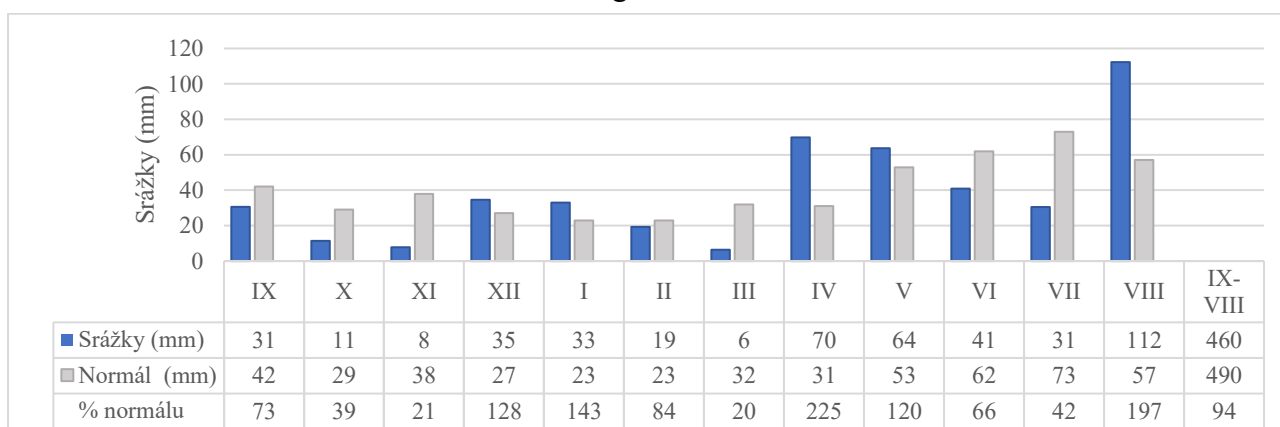
4.1 Průběh počasí

Pro posouzení povětrnostních podmínek v průběhu vegetačního období 2022/2023 byly zpracovány údaje o průměrných teplotách a úhrnech srážek v jednotlivých měsících. Průběh teplot a srážkových úhrnů je uveden v grafech 1 a 2.

Graf 1 Průběh teplot na stanovišti Lednice, vegetační období 2022/2023



Graf 2 Průběh srážek na stanovišti Lednice, vegetační období 2022/2023



Teplota

Vegetační období 2022/2023 bylo teplotně nadprůměrné, průměrná roční teplota byla o 0,9 °C vyšší než normál. Výrazně teplejší byl leden (+ 3,7 °C) a červenec (+ 1,8 °C), chladnější oproti dlouhodobému normálu byly naopak měsíce září a květen, výrazněji chladnější byl duben (-2,2 °C).

Srážkově bylo vegetační období 2022/2023 podprůměrné, celkem spadlo 94 % srážkového normálu. Vyšší srážkové úhrny oproti normálu byly především v dubnu (225 % normálu) a srpnu (197 % normálu), deštivější byly i zimní měsíce prosinec a leden. Sušší byl naopak podzim a nejnižší srážkové úhrny byly zaznamenány v březnu (20 % normálu).

Závlahová voda

Závlaha byla aplikována celkem ve třech termínech: 26. 5. – 30 mm, 2. 6. – 30 mm, 14. 6. -30 mm.

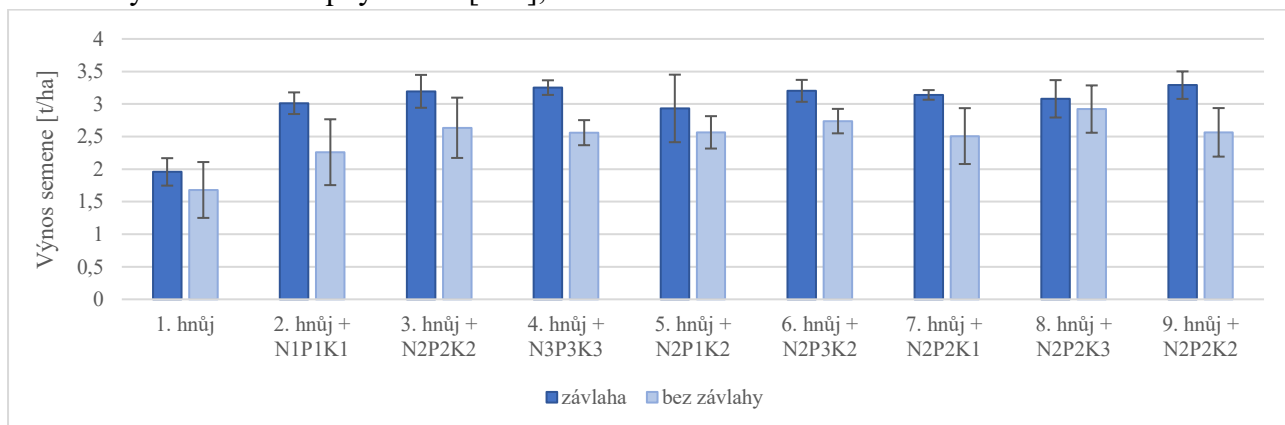
4.2 Příprava půdy a průběh vegetace

Na podzim 2022 byl aplikován koňský hnůj (18. 8.) v dávce 40 t/ha, 19. 8. proběhla orba a válení. 26. 8. byl pozemek připraven k setí rotačními bránami. Aplikován byl superfosfát (19 %) a draselná sůl 60 % v příslušném množství dle variant. Dne 31. 8. proběhlo setí a následné uválení. Seťové lůžko bylo suché s hrudovitou strukturou. Z důvodu špatného vzcházení rostlin proběhla 21. 9. opakovaně příprava pozemku rotačními bránami, následně proběhlo podruhé setí (22. 9.) a uválení. Seťové lůžko bylo vlhčí, přetrvávala hrudovitá struktura. Velká část opakování D byla téměř bez rostlin z důvodu poškození drátovci a fuzariózami, z toho důvodu bylo 1. 11. provedeno ruční podsévání vynechaných řádků, ale jen s částečným úspěchem. Dusík byl aplikován ve dvou dávkách, 2. 3. a 21. 3. (LAV 27 %). V průběhu vegetace byl porost ošetřován POR, použity byly 4 insekticidy, 1 herbicid, 1 fungicid. Celkem bylo k řepce aplikováno 7 účinných pesticidních látek (gamma-cyhalothrin, metazachlor, quinmerac, deltamethrin, acetamiprid, dimoxystrobin, boscalid). Aplikována byla též 1 pomocná látka (pinolen). Z důvodu chladnějšího počasí v dubnu řepka namrzla. V pozdějších fázích vegetace přetrvával nedostatek srážek a vyšší teploty. Trvale horší stav porostu byl v opakování „D“ u variant 1 až 6. Sklizeň proběhla bezproblémově 2. 8. 2023.

4.3 Výnosy

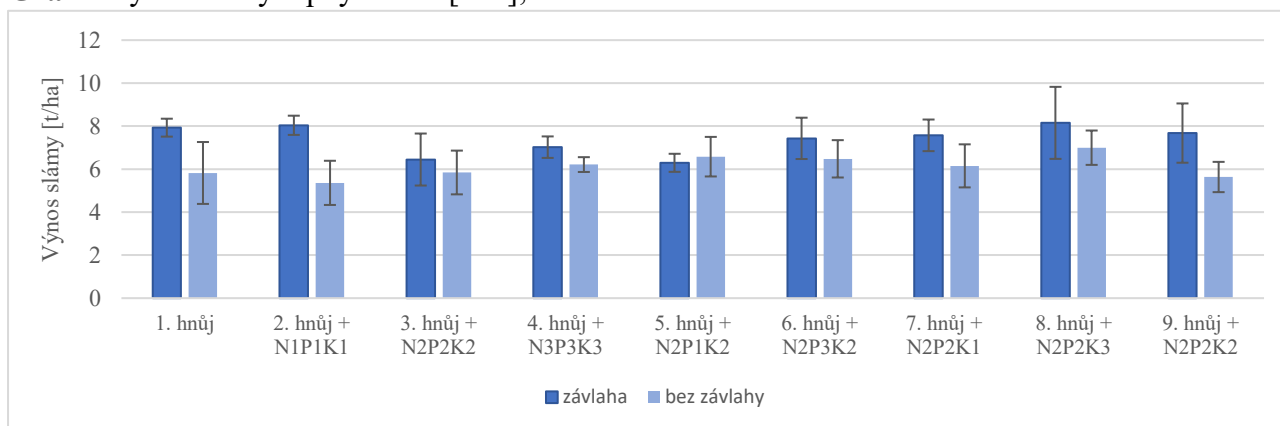
Výnosové rozdíly byly statisticky vyhodnoceny analýzou variance (ANOVA). Hodnoceny byly varianty v rámci jednotlivých skupin dle stupňované intenzity hnojení. K následnému mnohonásobnému porovnání byl použit Tukeyho test. Pro vyhodnocení vlivu závlahy a rozdílu mezi variantou hnojenou zásobně a každoročně byl použit dvouvýběrový t test pro každou jednotlivou variantu hnojení. Zvolená hladina významnosti byla $P < 0,05$. Statistické analýzy byly provedeny s využitím programu STATISTICA verze 12, StatSoft, Inc. (2013).

Graf 3 Výnos semene řepky ozimé [t/ha], n = 4



Chybové úsečky značí směrodatnou odchylku

Graf 4 Výnos slámy řepky ozimé [t/ha], n = 4



Chybové úsečky značí směrodatnou odchylku

Tab. 4 Výnosy semene řepky (t/ha) při stupňování dávky všech živin

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
1. hnůj	2,0 a	100	4	1,7 a	100	4
2. hnůj + N1P1K1	3,0 b	150	3	2,3 ab	135	3
3. hnůj + N2P2K2	3,2 b	160	2	2,6 b	153	1-2
4. hnůj + N3P3K3	3,3 b	165	1	2,6 b	153	1-2

Odlíšná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 5 Výnosy semene řepky při stupňování dávky fosforu

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
5. hnůj + N2P1K2	2,9 a	100	3	2,6 a	100	2-3
3. hnůj + N2P2K2	3,2 a	110	1-2	2,6 a	100	2-3
6. hnůj + N2P3K2	3,2 a	110	1-2	2,7 a	104	1

Odlíšná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 6 Výnosy semene řepky při stupňování dávky draslíku

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
7. hnůj + N2P2K1	3,1 a	100	2-3	2,5 a	100	3
3. hnůj + N2P2K2	3,2 a	103	1	2,6 a	104	2
8. hnůj + N2P2K3	3,1 a	100	2-3	2,9 a	116	1

Odlíšná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 7 Výnosy semene řepky při zásobním a každoročním hnojení

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
3. hnůj + N2P2K2	3,2 a	100	2	2,6 a	100	1-2
9. hnůj + N2P2K2	3,3 a	103	1	2,6 a	100	1-2

Odlíšná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 8 Výnosy slámy řepky (t/ha) při stupňování dávky **všech živin**

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
1. hnůj	7,9 ab	100	2	5,8 a	100	2-3
2. hnůj + N1P1K1	8,0 b	101	1	5,4 a	93	4
3. hnůj + N2P2K2	6,4 a	81	4	5,8 a	100	2-3
4. hnůj + N3P3K3	7,0 ab	89	3	6,2 a	107	1

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 9 Výnosy slámy řepky při stupňování dávky **fosforu**

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
5. hnůj + N2P1K2	6,3 a	100	3	6,6 a	100	1
3. hnůj + N2P2K2	6,4 a	102	2	5,8 a	88	3
6. hnůj + N2P3K2	7,4 a	117	1	6,5 a	98	2

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 10 Výnosy slámy řepky při stupňování dávky **draslíku**

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
7. hnůj + N2P2K1	7,6 a	100	2	6,2 a	100	2
3. hnůj + N2P2K2	6,4 a	84	3	5,8 a	94	3
8. hnůj + N2P2K3	8,2 a	108	1	7,0 a	113	1

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Tab. 11 Výnosy slámy řepky při **zásobním a každoročním hnojení**

Varianta hnojení	závlaha			bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí	t/ha	%	pořadí
3. hnůj + N2P2K2	6,4 a	100	2	5,8 a	100	1
9. hnůj + N2P2K2	7,7 a	120	1	5,6 a	97	2

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi variantami

Průměrný hektarový výnos semene řepky ozimé v ČR dosahoval v roce 2023 dle zdrojů ČSÚ 3,45 t/ha. Výnos větší než 3 t/ha mají téměř všechny minerálně hnojené varianty na ploše zavlažované, na ploše bez závlahy nedosahuje žádná z variant výnosu většího než 3 t/ha.

Výnos semene řepky se zvýšil již při aplikaci všech živin v nejnižší hladině, a to o 50 % na ploše zavlažované a o 35 % (statisticky neprůkazně) na ploše bez závlahy. Výnos dále statisticky neprůkazně rostl maximálně o 15 % při úrovni hnojení N3P3K3 na ploše se závlahou a o 18 % při úrovni hnojení N2P2K2 na ploše bez závlahy.

Hnojení fosforem ani draslíkem nemělo na výnos průkazný vliv, přesto lze sledovat zvýšení výnosu po aplikaci minerálního fosforečného hnojiva o 4 až 10 % a po aplikaci draselného hnojiva o 3 až 16 %.

Výnosy slámy řepky při stupňování minerálního hnojení značně kolísají, objevují se i výnosy nižší než výnos varianty hnojené pouze hnojem. Tato rozkolísanost může být dána problémy s dodržením výšky strniště při sklizni.

Rozdíl mezi vlivem zásobního a každoročního hnojení na výnos nebyl průkazný pro semeno ani slámu.

Tab. 12 Vliv závlahy na výnos semene řepky (%)

Výnos (%)	1. hnůj	2. hnůj +N1P1K1	3. hnůj +N2P2K2	4. hnůj +N3P3K3	5. hnůj +N2P1K2	6. hnůj +N2P3K2	7. hnůj +N2P2K1	8. hnůj +N2P2K3	9. hnůj +N2P2K2
závlaha	2,0 a	3,0 a	3,2 a	3,3 a	2,9 a	3,2 a	3,1 a	3,1 a	3,3 a
bez závlahy	1,7 a	2,3 b	2,6 a	2,6 b	2,6 a	2,7 b	2,5 b	2,9 a	2,6 b
Vliv závlahy (bez závlahy = 100 %)	118	130	123	127	112	119	124	107	127

Odlíšná písmena značí statisticky významný rozdíl mezi variantou zavlažovanou a nezavlažovanou v rámci stejné úrovně hnojení

Tab. 13 Vliv závlahy na výnos slámy řepky (%)

Výnos (%)	1. hnůj	2. hnůj +N1P1K1	3. hnůj +N2P2K2	4. hnůj +N3P3K3	5. hnůj +N2P1K2	6. hnůj +N2P3K2	7. hnůj +N2P2K1	8. hnůj +N2P2K3	9. hnůj +N2P2K2
závlaha	7,9 a	8,0 a	6,4 a	7,0 a	6,3 a	7,4 a	7,6 a	8,2 a	7,7 a
bez závlahy	5,8 b	5,4 b	5,8 a	6,2 b	6,6 a	6,5 a	6,2 a	7,0 a	5,6 b
Vliv závlahy (bez závlahy = 100 %)	136	148	110	113	95	114	123	117	138

Odlíšná písmena značí statisticky významný rozdíl mezi variantou zavlažovanou a nezavlažovanou v rámci stejné úrovně hnojení

Závlaha zvyšovala výnos semene řepky dle varianty o 7 až 30 %, tj. maximálně o 0,7 t/ha při nejnižší úrovni hnojení všemi živinami. Výnos slámy se vlivem závlahy zvýšil o 0 až 48 %, tj. maximálně o 2,6 t/ha rovněž při nejnižším vstupu minerálního hnojení. Vliv nebyl statisticky průkazný pro každou variantu.

Odhad ekonomiky pěstování řepky pod závlahou: Použito bylo 90 mm závlahové vody, tj. 900 m³/ha. Průměrný výnos minerálně hnojených variant na ploše zavlažované je 3,1 t/ha a na ploše bez závlahy 2,6 t/ha. Cena za 1 m³ v roce 2023 byla 12 Kč. Výkupní cena řepka řepky od srpna 2023 po dobu 1 roku podle údajů ČSÚ kolísala od 10 308 Kč/t po 11 138 Kč/t. Zisk z 1 ha na ploše zavlažované by byl při průměrné ceně řepky 10 308 Kč/t 31 955 Kč a na ploše bez závlahy 26 801 Kč. Na ploše zavlažované by tedy zisk byl o 5 154 Kč/ha vyšší. Po odečtení ceny závlahové vody (900 x 12 = 10 800 Kč) by vznikla ztráta -5 646 Kč. Při započítání vyšší výkupní ceny (11 138 Kč) by ztráta byla asi o 400 Kč nižší. Za uvedených podmínek by tedy zavlažování řepky bylo ztrátové.

4.4 Technologické vlastnosti

Tab. 14 Technologické vlastnosti řepkového semene

Varianty hnojení	závlaha			bez závlahy		
	HTS (g)	N látky (%)	Olej (%)	HTS (g)	N látky (%)	Olej (%)
1. hnůj	6,15	20,34	46,34	5,85	19,32	47,46
2. hnůj + N1P1K1	6,68	20,75	46,01	6,63	20,47	46,28
3. hnůj + N2P2K2	6,67	20,70	46,31	6,35	21,62	45,04
4. hnůj + N3P3K3	6,87	20,34	44,49	6,18	23,41	43,89
5. hnůj + N2P1K2	6,51	21,03	45,93	6,52	22,32	44,72
6. hnůj + N2P3K2	6,74	21,50	45,58	6,04	22,65	44,04
7. hnůj + N2P2K1	6,74	21,15	45,84	6,22	22,69	44,02
8. hnůj + N2P2K3	6,55	20,98	45,95	6,30	22,08	44,51
9. hnůj + N2P2K2	6,33	20,76	46,01	6,48	22,25	44,19

Větší HTS má řepka na ploše zavlažované a větší HTS mají také varianty minerálně hnojené narozdíl od varianty hnojené pouze hnojem. Obsah N látek s rostoucí úrovní hnojení všemi živinami spíše roste, neboť se zvyšuje dávka dusíku, obsah oleje naopak s rostoucí úrovní hnojení všemi živinami spíše klesá, protože se zvyšuje výnos a projevuje se zřejmě zředovací efekt.

Mezi tržní požadavky na kvalitu řepky patří olejnatost minimálně 40 % při 8 % vlhkosti semene. Olejnatost je ovlivněna odrůdou (1-4 %), ročníkem a pěstitelskou oblastí (1-3 %), posklizňovým ošetřením (0,5-1 %), utužením půdy (0,5-1 %), komplexem agrotechnických vlivů (pod 0,5 %).

4.5 Odběr živin, bilance

Pro 5. rok osevního sledu bylo na straně vstupů započítáno pouze minerální hnojení aplikované na podzim 2022 a v průběhu vegetace 2023. Vstup živin v hnoji je vyjádřen zvlášť v tabulce 15.

Na základě výnosu sušiny (kg/ha) a analyzovaného obsahu prvků (% v sušině, tabulka obsahu prvků není ve zprávě pro obsáhlost uvedena) byl vypočítán celkový odběr živin produkcí (HP + VP).

Tab. 15 Analýza hnoje aplikovaného na podzim v roce 2022

Sušina (%)	N (% v sušině)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
50,78	2,28	8 024	25 960	7 363	14 880

Tab. 16 Množství sušiny (t/ha) a vstup živin v hnoji (kg/ha)

Sušina (t/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Ca (kg/ha)
20,3	463	163	527	150	302

Tab. 17 Celkový vstup čistých živin dodaných v minerálním hnojení (kg/ha)

Variety hnojení	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Ca (kg/ha)
1. hnůj	-	-	-	-	-
2. hnůj + N1P1K1	65	44	241	-	-
3. hnůj + N2P2K2	90	66	349	-	-
4. hnůj + N3P3K3	115	88	457	-	-
5. hnůj + N2P1K2	90	44	349	-	-
6. hnůj + N2P3K2	90	88	349	-	-
7. hnůj + N2P2K1	90	66	241	-	-
8. hnůj + N2P2K3	90	66	457	-	-
9. hnůj + N2P2K2	90	33	174	-	-

Tab. 18 Odběr živin produkcí, semeno řepky, závlaha

Variety hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	54	15	15	5	7
2. hnůj + N1P1K1	85	23	25	8	10
3. hnůj + N2P2K2	92	25	26	8	11
4. hnůj + N3P3K3	103	25	26	8	11
5. hnůj + N2P1K2	85	21	24	7	10
6. hnůj + N2P3K2	93	24	26	8	11
7. hnůj + N2P2K1	92	24	26	8	11
8. hnůj + N2P2K3	89	24	26	8	11
9. hnůj + N2P2K2	95	25	27	8	12

Tab. 19 Odběr živin produkcí, semeno řepky, bez závlahy

Varianty hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	44	13	13	4	6
2. hnůj + N1P1K1	65	17	19	6	8
3. hnůj + N2P2K2	81	21	22	6	8
4. hnůj + N3P3K3	84	20	23	6	9
5. hnůj + N2P1K2	77	20	21	6	9
6. hnůj + N2P3K2	84	22	24	7	10
7. hnůj + N2P2K1	78	19	21	6	9
8. hnůj + N2P2K3	87	22	24	7	10
9. hnůj + N2P2K2	79	19	21	6	9

Tab. 20 Odběr živin produkcí, sláma řepky, závlaha

Varianty hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	54	15	82	19	89
2. hnůj + N1P1K1	49	17	75	15	111
3. hnůj + N2P2K2	35	16	47	10	92
4. hnůj + N3P3K3	46	20	59	12	105
5. hnůj + N2P1K2	38	13	49	11	89
6. hnůj + N2P3K2	40	17	56	12	94
7. hnůj + N2P2K1	45	19	56	12	106
8. hnůj + N2P2K3	52	20	67	13	122
9. hnůj + N2P2K2	47	18	57	14	124

Tab. 21 Odběr živin produkcí, sláma řepky, bez závlahy

Varianty hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	27	11	39	10	70
2. hnůj + N1P1K1	24	11	27	7	55
3. hnůj + N2P2K2	25	14	28	5	55
4. hnůj + N3P3K3	41	21	44	7	81
5. hnůj + N2P1K2	37	18	39	7	70
6. hnůj + N2P3K2	36	18	43	8	66
7. hnůj + N2P2K1	37	16	31	6	63
8. hnůj + N2P2K3	38	21	43	7	79
9. hnůj + N2P2K2	28	15	34	6	69

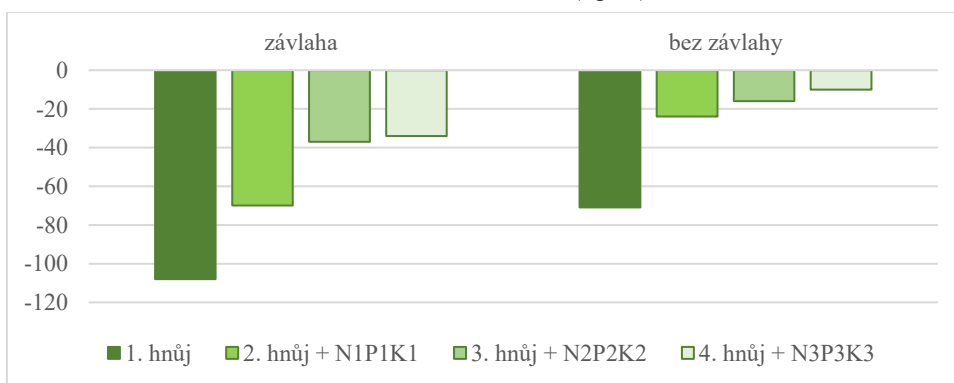
Tab. 22 Odběr živin produkcí, semeno + sláma, závlaha

Varianty hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	108	29	97	24	96
2. hnůj + N1P1K1	135	41	100	23	122
3. hnůj + N2P2K2	127	41	74	18	103
4. hnůj + N3P3K3	149	45	85	20	116
5. hnůj + N2P1K2	124	34	73	18	99
6. hnůj + N2P3K2	133	42	82	20	105
7. hnůj + N2P2K1	136	43	82	20	117
8. hnůj + N2P2K3	141	44	93	21	133
9. hnůj + N2P2K2	142	42	84	22	137

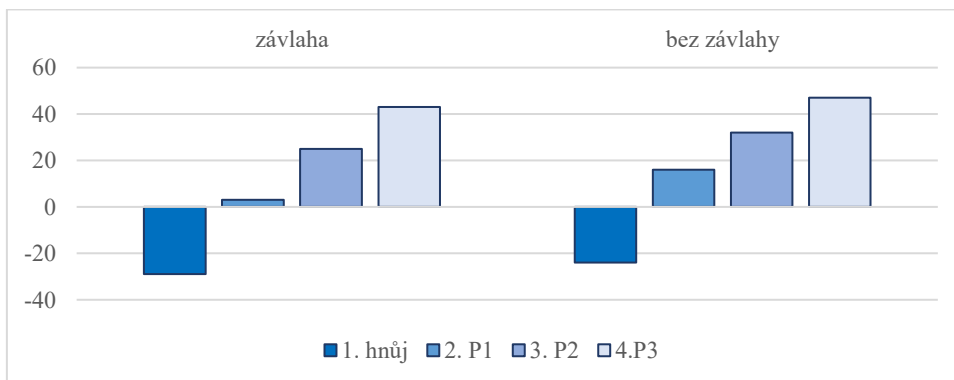
Tab. 23 Odběr živin produkcí, semeno + sláma, bez závlahy

Varianty hnojení	odběr živin v kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	71	24	52	14	75
2. hnůj + N1P1K1	89	28	46	12	63
3. hnůj + N2P2K2	106	34	50	12	63
4. hnůj + N3P3K3	125	41	67	14	89
5. hnůj + N2P1K2	114	37	60	13	79
6. hnůj + N2P3K2	121	40	66	14	76
7. hnůj + N2P2K1	114	35	51	12	72
8. hnůj + N2P2K3	125	43	67	15	89
9. hnůj + N2P2K2	106	34	55	12	78

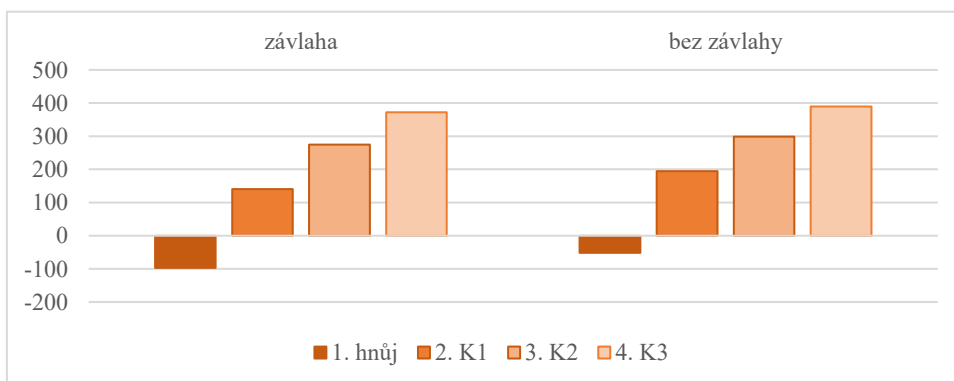
Graf 5 Bilance dusíku (kg/ha)



Graf 6 Bilance fosforu (kg/ha)



Graf 7 Bilance draslíku (kg/ha)



Bilance dusíku je záporná až do nejvyšší úrovně minerálního hnojení všemi živinami, bilance fosforu je na ploše zavlažované při nejnižší úrovni hnojení fosforem téměř vyrovnaná, na ploše bez závlahy je bilance při nejnižší úrovni minerálního hnojení kladná. Varianty hnojené střední a nejvyšší úrovní fosforu mají na obou plochách bilanci kladnou. Bilance draslíku je kladná při všech úrovních minerálního hnojení draslíkem. Další živiny a mikroelementy jsou doplňovány hnojem.

4.6 Půdní vlastnosti

4.6.1 Obsah přístupných živin v půdě

Tab. 24 Obsah přístupných živin (mg/kg) po sklizni 2023, 0-30 cm, **závlaha**

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,9	97	293	450	3693
2. hnůj + N1P1K1	6,6	97	327	431	3443
3. hnůj + N2P2K2	6,8	115	405	422	3793
4. hnůj + N3P3K3	6,2	147	465	397	3333
5. hnůj + N2P1K2	6,5	111	473	392	3523
6. hnůj + N2P3K2	6,2	144	392	396	3243
7. hnůj + N2P2K1	6,4	107	309	427	3473
8. hnůj + N2P2K3	6,8	107	422	424	4243
9. hnůj + N2P2K2	6,4	120	380	406	3393

Tab. 25 Obsah přístupných živin (mg/kg) po sklizni 2023, 0-30 cm, **bez závlahy**

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,3	136	352	267	3553
2. hnůj + N1P1K1	6,1	162	516	247	3363
3. hnůj + N2P2K2	5,9	201	593	230	3203
4. hnůj + N3P3K3	5,8	194	578	227	3043
5. hnůj + N2P1K2	6,0	158	498	235	3113
6. hnůj + N2P3K2	5,9	183	504	234	3053
7. hnůj + N2P2K1	5,9	185	479	242	3223
8. hnůj + N2P2K3	5,9	188	650	206	2843
9. hnůj + N2P2K2	6,0	171	522	254	3083

Tab. 26 Kritéria hodnocení půdní reakce (pH)

do 4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,5	6,6-7,2
extrémně kyselá	silně kyselá	kyselá	slabě kyselá	neutrální

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

Tab. 27 Kritéria hodnocení přístupných živin (Mehlich 3), středně těžké půdy

obsah	fosfor (mg/kg)	draslík (mg/kg)	hořčík (mg/kg)	vápník (mg/kg)
nízký	do 50	do 105	do 105	do 1100
vyhovující	51-80	106-170	106-160	1101-2000
dobrý	81-115	171-310	161-265	2001-3300
vysoký	116-185	311-420	266-330	3301-5400
velmi vysoký	nad 185	nad 420	nad 330	nad 5400

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

Na ploše zavlažované se udržují vyšší hodnoty pH pravděpodobně díky závlahou dodávaným bazickým kationtům Mg^{2+} a Ca^{2+} . Na obou plochách se projevuje okyselující účinek minerálního hnojení, nejnižší hodnoty pH vykazuje varianta hnojená všemi živinami v nejvyšší úrovni, tj. varianta 4. Naopak varianta hnojená pouze hnojem má hodnotu pH nejvyšší. Na ploše bez závlahy je vyšší obsah P a K, z hlediska hodnotících kritérií je obsah těchto prvků vysoký až velmi vysoký. Důvodem je pozitivní průměrná roční bilance všech variant hnojení fosforem (+ 23 až + 38 kg/ha) a téměř všech variant hnojení draslíkem (+ 76 až + 178 kg/ha, kromě varianty kontrolní), viz závěrečná zpráva 2011-2018, a současně menší odběr živin produkcí než na ploše zavlažované. Vyšší obsah vápníku a hořčíku je naopak na ploše zavlažované pravděpodobně důsledkem vyššího obsahu těchto prvků v závlahové vodě. Odhad množství Mg dodaného v roce 2023 závlahovou vodou je 3,7 mg/kg a pro vápník by odhad dodaného množství v roce 2023 činil 10, 8 mg/kg (viz kapitola 4.8.2).

Tab. 28 Poměr K/Mg po sklizni roku 2023

varianta	1 hnůj	2 hnůj + N1P1K1	3 hnůj + N2P2K2	4 hnůj + N3P3K3	5 hnůj + N2P1K2	6 hnůj + N2P3K2	7 hnůj + N2P2K1	8 hnůj + N2P2K3	9 hnůj + N2P2K2
závlaha	0,7	0,8	1,0	1,2	1,2	1,0	0,7	1,0	0,9
bez závlahy	1,3	2,1	2,6	2,5	2,1	2,2	2,0	3,2	2,1

Tab. 29 Kritéria hodnocení poměru K:Mg

dobry	vyhovující	nevyhovující
< 1,6	1,6 – 3,2	> 3,2

Poměr K/Mg se hodnotí z důvodu možných problémů s příjmem hořčíku. Na ploše bez závlahy je tento poměr vyšší. Při nejvyšší intenzitě draselného hnojení (varianta 8) je poměr K/Mg na hranici nevyhovujícího obsahu a je proto v budoucnu možné očekávat problémy s příjmem hořčíku.

4.6.2 Obsah síry a mikroprvků v půdě

Tab. 30 Kritéria pro hodnocení obsahu mikroprvků, metoda Mehlich 3

Mikroelement	Půdní druh	Obsah (mg/kg)		
		nizký	dobry	vysoky
Bor (B)	L	do 0,55	0,56 – 0,75	nad 0,75
	S	do 0,70	0,71 – 1,00	nad 1,00
	T	do 0,85	0,86 – 1,40	nad 1,40
Měď (Cu)	L, S, T	do 1,6	1,61 – 4,5	nad 4,5
Zinek (Zn)	L, S, T	do 2,2 ¹⁾	2,21 – 5,0	nad 5,0
Mangan (Mn)	L, S, T	do 30,0 (< 45,0) ²⁾	30,1 - 200	nad 200
Železo (Fe)	L, S, T	do 60,0	60,0 - 420	nad 420

Zdroj: Čermák a kol., 2017.

Tab. 31 Kritéria pro hodnocení obsahu síry, metoda Mehlich 3

Obsah síry (mg/kg)	Kategorie	Doporučení pro hnojení S
<10	velmi nizká	Aplikovat 100 % celkového odběru S
11-20	nizká	Aplikovat 75 % celkového odběru S
21-30	vyhovující	Aplikovat 50 % celkového odběru s
31-40	dobrá	Hnojit pouze náročné plodiny při předpokladu vysokého výnosu
> 40	vysoká	Není potřeba hnojit S, doporučeno alespoň 1x za 3 roky sledovat obsah v půdě

Zdroj: Kulhánek a kol., 2018.

Tab. 32 Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg) po sklizni 2023, 0-30 cm, **závlaha**

Varianty hnojení	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	1,7	4,3	4,8	249,9	189,7	23,3
2. hnůj + N1P1K1	1,8	4,4	4,9	256,9	194,7	21,1
3. hnůj + N2P2K2	1,6	4,2	4,6	247,9	210,7	26,6
4. hnůj + N3P3K3	1,5	4,2	4,1	237,9	222,7	28,3
5. hnůj + N2P1K2	1,7	4,3	4,3	241,9	199,7	23,5
6. hnůj + N2P3K2	1,5	4,3	4,5	239,9	200,7	27,9
7. hnůj + N2P2K1	1,6	4,4	4,4	256,9	204,7	24,2
8. hnůj + N2P2K3	1,7	4,3	4,6	268,9	198,7	25,7
9. hnůj + N2P2K2	1,6	4,3	4,5	255,9	218,7	26,0

Tab. 33 Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg) po sklizni 2023, 0-30 cm, **bez závlahy**

Varianty hnojení	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	1,3	5,4	*	218,9	239,7	13,6
2. hnůj + N1P1K1	1,3	5,2	4,1	224,9	221,7	25,9
3. hnůj + N2P2K2	1,2	5,1	4,3	204,9	246,7	33,6
4. hnůj + N3P3K3	1,1	4,8	4,1	185,9	233,7	33,2
5. hnůj + N2P1K2	1,1	5,0	4,7	206,9	234,7	22,6
6. hnůj + N2P3K2	1,1	5,1	3,9	210,9	246,7	22,0
7. hnůj + N2P2K1	1,1	5,0	4,2	214,9	239,7	25,6
8. hnůj + N2P2K3	1,0	4,7	3,7	193,9	234,7	27,7
9. hnůj + N2P2K2	1,2	4,8	3,7	201,9	219,7	26,1

*Chybně naměřená hodnota

V závislosti na variantě hnojení lze sledovat změnu obsahu síry. Značné množství síry je obsaženo v síranu amonném (24 %), dále je síra obsažena v superfosfátu (10 %). Proto je obsah síry minerálně hnojených variant převážně vyšší než obsah síry variant kontrolních a varianta nejintenzivněji hnojená (varianta 4) má obsahy síry vyšší v porovnání s ostatními variantami. Na ploše zavlažované jsou vyšší obsahy manganu, zinku a boru. Plocha bez závlahy obsahuje více mědi a železa. Vyšší obsahy některých prvků na ploše zavlažované lze vysvětlit jejich vstupem v závlahové vodě. Naopak na ploše bez závlahy může být vysvětlením pro vyšší obsah některých prvků v půdě jejich nižší odběr produkcí. Obsah mikroprvků v závlahové vodě není analyzován.

4.7 Půdní organická hmota

Tab. 34 Obsah a kvalita půdní organické hmoty po sklizni 2023, **závlaha**

Varianty hnojení	Cox (%)	N (%)	C/N	Glomalin (mg/g)	Q 4/6
1. hnůj	1,10	0,16	6,88	4,73	3,83
2. hnůj + N1P1K1	1,10	0,16	6,88	4,99	3,84
3. hnůj + N2P2K2	1,09	0,15	7,27	4,80	3,87
4. hnůj + N3P3K3	1,10	0,15	7,33	4,75	3,90
5. hnůj + N2P1K2	1,11	0,16	6,94	4,72	3,88
6. hnůj + N2P3K2	1,09	0,15	7,27	4,84	3,87
7. hnůj + N2P2K1	1,07	0,15	7,13	4,73	3,84
8. hnůj + N2P2K3	1,11	0,16	6,94	4,78	3,86
9. hnůj + N2P2K2	1,12	0,16	7,00	4,73	3,88

Tab. 35 Parametry půdní organické hmoty po sklizni 2023, **bez závlahy**

Variety hnojení	Cox (%)	N (%)	C/N	Glomalin (mg/g)	Q 4/6
1. hnůj	1,06	0,15	7,07	4,14	4,04
2. hnůj + N1P1K1	1,08	0,15	7,20	4,15	4,07
3. hnůj + N2P2K2	1,07	0,15	7,13	4,13	4,10
4. hnůj + N3P3K3	1,03	0,15	6,87	4,10	4,11
5. hnůj + N2P1K2	1,03	0,15	6,87	4,14	4,05
6. hnůj + N2P3K2	1,06	0,15	7,07	4,02	4,12
7. hnůj + N2P2K1	1,04	0,15	6,93	4,28	4,04
8. hnůj + N2P2K3	1,06	0,15	7,07	4,11	4,10
9. hnůj + N2P2K2	1,08	0,15	7,20	4,25	4,04

Pravděpodobně díky posklizňovým zbytkům (kořenové hmotě, sklizňový produkt se z pozemku odváží) je obsah organické hmoty vyjádřený jako Cox (%) mírně vyšší na ploše se závlahou. Poměr C/N, který je používaným indikátorem kvality humusu (užší poměr = vyšší kvalita humusu) je na obou plochách přibližně stejný. Dalším indikátorem kvality humusu je barevný kvocient (Q 4/6). Jeho nižší hodnota ukazuje na vyšší stupeň polymerace a kondenzace, a tedy na větší kvalitu humusových látek z hlediska jejich stálosti v půdě (Zoubková, 2014). Vyšší kvalita humusu dle hodnot Q4/6 kvocientu je na ploše se závlahou. Na ploše se závlahou je rovněž vyšší obsah glomalínu, který příznivě ovlivňuje půdní strukturu a zvyšuje retenci vody v půdě.

4.8 Lyzimetrické sledování

4.8.1 Agrochemické vlastnosti půdy lyzimetrických parcel

Tab. 36 Obsah živin v půdě (mg/kg) a pH před hnojením na jaře 2023

Horizont 0-40 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,9	47	235	459	3213
2. hnůj + N1P1K1	6,9	120	480	423	3313
3. hnůj + N2P2K2	6,2	120	498	351	2713
4. hnůj + N3P3K3	5,8	121	450	329	2606
Horizont 40-60 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	7,2	26	159	440	3407
2. hnůj + N1P1K1	7,2	63	273	473	3530
3. hnůj + N2P2K2	6,5	69	289	396	3012
4. hnůj + N3P3K3	6,5	49	235	397	3106

Obsah fosforu a draslíku ve svrchním horizontu (0-40 cm) je oproti spodnímu horizontu téměř dvojnásobný, obsah hořčíku a vápníku, tedy živin, kterými není intenzivně minerálně hnojeno, je v obou horizontech velmi vyrovnaný s poněkud větší akumulací ve spodním horizontu. V horizontu 40-60 cm je pH půdy zásaditější, pravděpodobně díky vyššímu obsahu Mg a Ca.

4.8.2 Průběh počasí, množství živin ve srážkové a závlahové vodě

Rok 2023 byl převážně teplotně nadprůměrný. Chladnější počasí oproti normálu bylo pouze na jaře (duben a květen). Srážkově byl rok 2023 průměrný. Výrazněji srážkově nadprůměrný byl duben, srpen a prosinec.

Tab. 37 Průběh povětrnostních podmínek a množství dodané závlahy v období I-XII /2023

rok měsíc	teploty (°C)			srážky (mm)			závlaha (mm)
	průměr	normál	odchylka	měsíční suma	normál	Odchylka % normálu	
I	3,3	-0,4	3,7	33	23	143	
II	2,9	1,2	1,7	19	23	84	
III	6,6	5,3	1,3	6	32	20	
IV	8,8	11	-2,2	70	31	225	
V	14,5	15,5	-1	64	53	120	30
VI	19,3	19,2	0,1	41	62	66	30 + 30
VII	22,8	21	1,8	31	73	42	
VIII	21	20,6	0,4	112	57	197	
IX	18,6	15,3	3,3	42,9	55,0	78	
X	13,2	9,9	3,3	35,3	34	104	
XI	5,8	5	0,8	44,2	34	130	
XII	2,5	0,7	1,8	68,2	27	253	
2023	11,6	10,4	1,3	567	504	112	

nadprůměrné teploty, nadprůměrné srážky

Tab. 38 Obsahy živin, průvodních látek a pH ve srážkové a závlahové vodě r. 2023 (kg/ha)

měsíc	mm	normál	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ²⁻
1	33,0	23	0,17	0,76	0,21	6,72	0,23	0,34	0,00	0,57	0,13	0,58
2	19,3	21	0,13	0,13	0,21	5,92	0,01	0,06	0,00	0,19	0,06	0,25
3	6,4	23	0,12	0,13	0,15	6,62	0,00	0,03	0,02	0,41	0,05	0,23
4	69,8	34	0,35	0,38	0,35	6,97	0,03	0,21	0,00	0,73	0,21	0,86
5	63,7	50	0,32	0,06	0,32	6,73	0,02	0,19	0,00	0,95	0,19	0,32
6	40,9	63	0,21	0,26	0,20	6,74	0,02	0,12	0,03	0,68	0,12	0,40
7	30,5	64	0,25	0,25	0,34	6,67	0,01	0,14	0,10	0,86	0,16	0,49
8	112,3	47	0,56	0,28	0,56	5,94	0,05	0,34	0,01	0,59	0,34	0,72
9	42,9	42	0,21	0,22	0,00	7,99	0,00	0,13	0,00	0,47	0,13	0,21
10	35,3	29	0,18	0,38	0,28	6,22	0,01	0,11	0,00	0,52	0,11	0,21
11	44,2	38	0,37	0,15	0,22	4,74	0,03	0,13	0,07	0,32	0,13	0,23
12	68,2	27	0,34	0,25	0,34	6,33	0,04	0,20	0,08	0,38	0,20	0,34
srážky celkem/rok	566,5	461	3,21	3,26	3,20	6,43	0,46	2,00	0,32	6,68	1,83	4,84
závlaha V	30,0	-	1,20	0,00	11,50	7,70	0,10	1,80	4,80	15,10	7,60	22,60
závlaha VI	30,0	-	0,90	0,10	12,80	7,71	0,10	2,20	5,20	15,00	8,90	25,60
závlaha VI	30,0	-	1,00	0,00	12,60	7,68	0,10	2,10	5,40	15,40	8,70	25,70
závlaha celkem/rok	90,0	-	3,10	0,10	36,90	7,30	0,30	6,10	15,40	45,50	25,20	73,90
srážky a závlaha celkem/rok	656,5	-	6,31	3,36	40,1	6,6	0,76	8,10	15,72	52,18	27,03	78,74

Největší vstup ve srážkové vodě představuje dusík celkem 9,67 kg/ha/rok (NO₃⁻ a NH₄⁺), vápník 6,68 kg/ha/rok a síra (SO₄²⁻) 4,84 kg/ha/rok. Nejmenší vstup představuje naopak fosfor 0,46 kg/ha/rok a hořčík (0,32 kg/ha/rok). Vstup živin a průvodních látek v závlahové vodě je vyšší než ve vodě srážkové. Závlahou je nejvíce dodávána síra jako SO₄²⁻ (73,90 kg/ha/rok), vápník (45,50 kg/ha/rok) a chlor (36,90 kg/ha/rok).

Oproti ploše bez závlahy je na ploše zavlažované větší vstup hořčíku prostřednictvím závlahové vody 15,40 kg/ha v roce 2023 (srážková voda jen 0,32 kg/ha/rok), což může být pravděpodobně důvodem vyššího obsahu Mg v půdě, který pozorujeme na ploše zavlažované. Závlaha tak může příznivě ovlivňovat poměr K/Mg, který je bez závlahy méně vyhovující.

Přepočet obsahu hořčíku dodávaného závlahou při uvažovaném průměrném množství 15,40 (kg/ha) na mg/kg: 1 ha = 3000 m³, objemová hmotnost redukována = 1 400 kg/m³. Hmotnost 1 ha = 3000 x 1400 = 4 200 000 kg. Hmotnost Mg/ha = 15,40 kg = 15 400 000 mg.

Obsah Mg v mg/kg = 15 400 000/4 200 000 = 3,7 mg/kg. 3,7 mg/kg Mg bylo dodáno závlahovou vodou v roce 2023.

(Vypočítaný vstup vápníku při dodaném množství 45,50 kg/ha závlahovou vodou by představoval vstup vyšší o 10,8 mg/kg oproti ploše bez závlahy.)

4.8.3 Záchyt a analýzy eluátu

Tab. 39 Záchyt eluátu v roce 2023

lyzimetr č./horizont	datum	eluát (ml)	průsak (l/ha)	Ekvivalent (mm)
1/00 – 40 cm	30. 5.	1 160	58 000	5,8
1/00 – 40 cm	15. 8.	1 075	53 750	5,4
1/00 – 40 cm celkem		2 235	111 750	11,2
1/00 – 60 cm	15. 8.	355	17 750	1,8
1/00 – 60 cm celkem		355	17 750	1,8
2/00 – 40 cm	21.02.	260	13 000	1,3
2/00 – 40 cm	30.05.	1 770	88 500	8,9
2/00 – 40 cm	15.08.	1 780	89 000	8,9
2/00 – 40 cm celkem		3 810	190 500	19,1
2/00 – 60 cm	30.05.	240	12 000	1,2
2/00 – 60 cm celkem		240	12 000	1,2
3/00 – 40 cm	21.02.	4 020	201 000	20,1
3/00 – 40 cm	30.05.	11 680	584 000	58,4
3/00 – 40 cm	15.08.	10 000	500 000	50,0
3/00 – 40 cm celkem		25 700	1 285 000	128,5
3/00 – 60 cm	30.05.	2 080	104 000	10,4
3/00 – 60 cm	15.08.	7 060	353 000	35,3
3/00 – 60 cm celkem		9140,0	457 000	45,7
4/00 – 40 cm	21.02.	1 300	65 000	6,5
4/00 – 40 cm	30.05.	380	19 000	1,9
4/00 – 40 cm	15.08.	490	24 500	2,5
4/00 – 40 cm celkem		2 170	108 500	10,9

Tab. 40/a Obsah živin a průvodních látek v eluátu (kg/ha) v roce 2023

lyzimetr č./horizont	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ²⁻
1/00 – 40 cm	2,70	0,00	3,30	8,3	0,10	0,70	2,00	10,70	2,20	10,80
1/00 – 40 cm	0,30	0,00	1,50	8,6	0,10	0,50	1,30	7,20	1,90	4,40
1/00 – 40 cm celkem	3,00	0,00	4,80		0,20	1,20	3,30	17,90	4,10	15,20
1/00 – 60 cm	0,00	0,00	0,80	8,3	0,00	0,20	0,30	1,50	0,40	1,70
1/00 – 60 cm celkem	0,00	0,00	0,80	8,3	0,00	0,20	0,30	1,50	0,40	1,70
2/00 – 40 cm	1,40	0,00	0,70	8,0	0,00	0,00	0,50	2,70	0,50	1,80
2/00 – 40 cm	2,50	0,00	0,60	8,3	0,10	0,20	1,50	8,40	1,90	3,00
2/00 – 40 cm	1,60	0,00	3,10	8,4	0,10	0,20	1,70	10,20	2,10	5,80
2/00 – 40 cm celkem	5,50	0,00	4,40		0,20	0,40	3,70	21,30	4,50	10,60
2/00 – 60 cm	0,90	0,00	0,70	8,2	0,00	0,10	0,50	2,30	0,30	1,80
2/00 – 60 cm celkem	0,90	0,00	0,70	8,2	0,00	0,10	0,50	2,30	0,30	1,80

Tab. 40/b Obsah živin a průvodních látek v eluátu (kg/ha) v roce 2023

3/00 – 40 cm	22,00	0,00	13,20	7,6	0,20	0,60	8,00	42,90	4,70	42,70
3/00 – 40 cm	8,40	0,10	14,00	7,7	1,30	2,80	6,90	37,20	8,50	33,50
3/00 – 40 cm	8,40	0,10	20,50	8,0	1,10	4,60	7,00	36,60	11,40	42,80
3/00 – 40 cm celkem	38,80	0,20	47,70		2,60	8,00	21,90	116,7	24,60	119
3/00 – 60 cm	0,90	0,00	2,40	8,4	0,10	0,80	2,70	17,10	1,90	17,40
3/00 – 60 cm	9,20	0,00	15,40	8,3	0,30	1,60	7,10	46,50	6,60	36,90
3/00 – 60 cm celkem	10,10	0,00	17,80		0,40	2,40	9,80	63,60	8,50	54,30
4/00 – 40 cm	1,50	0,00	32,60	7,5	0,10	0,50	6,10	36,60	3,20	38,10
4/00 – 40 cm	0,10	0,00	4,70	8,1	0,00	0,10	1,50	8,50	0,90	16,90
4/00 – 40 cm	0,10	0,00	1,50	8,1	0,00	0,10	0,40	2,50	0,50	3,30
4/00 – 40 cm celkem	1,70	0,00	38,80		0,10	0,70	8,00	47,60	4,60	58,30

Eluát byl zachycen v květnu (64 mm) a srpnu (112 mm) v lyzimetru č. 1, v únoru (19 mm srážek), květnu a srpnu byl zaznamenán průsak v lyzimetrech č. 2, 3 a 4. Všechny termíny byly mimo aplikaci závlahové vody, srpnový záchyt byl již po sklizni plodiny. Nejvyšší množství eluátu bylo zachyceno v květnu a srpnu v lyzimetru č. 3, kdy průsak do horizontu 40 cm činil asi 12 a 10 litrů. Mezi prvky, které jsou nejvíce vyplavovány patří vápník, síra, chlor a dusičnanový anion. Nejméně jsou naopak vyplavovány fosfor, draslík a amonný kation.

Lze předpokládat, že ke ztrátám živin z důvodu vyplavování nedochází, neboť půda na stanovišti Lednice v podmínkách suššího klimatu spadá do nepromyvného vodního režimu a voda neproniká do hloubky 80 cm, která se považuje za hloubku, která je již mimo dosah kořenové zóny rostlin.

4.8.4 Dynamika minerálního dusíku v půdě

Pro sezónní variabilitu obsahu minerálního dusíku v půdě je charakteristické jarní maximum v důsledku oteplování půdy a zintenzivnění činnosti mikroorganismů a letní (posklizňové minimum) v důsledku odběru dusíku rostlinami a poklesu mineralizace. Z hlediska vyplavování dusíku je rozhodující půdní druh, úhrn srážek a hloubka prokořenění. Nejrizikovějším obdobím z hlediska ztráty dusíku vyplavením je mimovegetační období.

Tab. 41 Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg/kg), Lednice, 171 m. n. m (Trávník, 1995)

Obsah N-NO ₃	do 450 m nadmořské výšky	nad 450 m nadmořské výšky
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20	nad 16

Rizikové obsahy NO₃ jsou označeny barevně (rizikové obsahy se vztahují k hodnotám před zámrzem).

Tab. 42 Dynamika minerálního dusíku v půdě, varianta hnůj, 2023

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2022 před zámrazem	13,70	0,20	13,90	83,40
2023 před hnojením	3,24	1,44	4,69	28,13
2023 po sklizni	1,53	0,94	2,47	14,82
2023 před zámrazem	11,57	0,20	11,77	70,62
Horizont 40-60 cm				
2022 před zámrazem	8,83	0,20	9,03	27,09
2023 před hnojením	7,03	1,56	8,59	25,77
2023 po sklizni	2,28	1,27	3,55	21,28
2023 před zámrazem	9,62	0,20	9,82	29,45

Tab. 43 Dynamika minerálního dusíku v půdě, varianta hnůj + N1P1K1, 2023

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2022 před zámrazem	16,18	0,2	16,38	98,28
2023 před hnojením	5,85	1,05	6,90	41,40
2023 po sklizni	5,80	0,99	6,79	40,76
2023 před zámrazem	20,28	0,20	20,48	122,88
Horizont 40-60 cm				
2022 před zámrazem	10,34	0,2	10,54	31,62
2023 před vyhnojením	8,23	0,91	9,14	27,41
2023 po sklizni	3,46	1,63	5,10	15,29
2023 před zámrazem	12,90	0,20	13,10	39,30

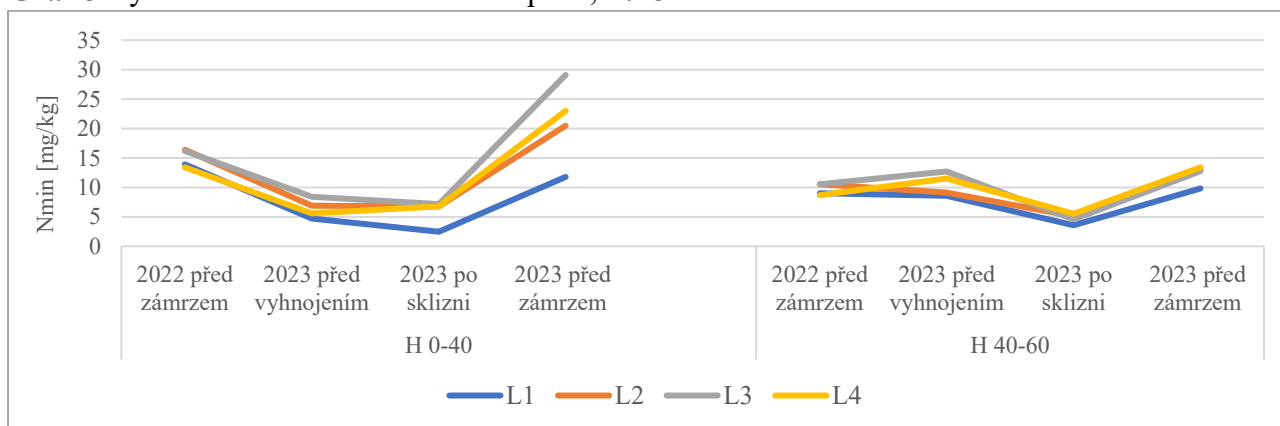
Tab. 44 Dynamika minerálního dusíku v půdě, varianta hnůj + N2P2K2, 2023

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2022 před zámrazem	15,98	0,20	16,18	97,08
2023 před hnojením	7,12	1,26	8,38	50,28
2023 po sklizni	5,42	1,75	7,17	43,01
2023 před zámrazem	28,89	0,20	29,09	174,54
Horizont 40-60 cm				
2022 před zámrazem	10,32	0,20	10,52	31,56
2023 před hnojením	11,87	0,85	12,72	38,15
2023 po sklizni	3,45	1,11	4,57	13,70
2023 před zámrazem	12,57	0,20	12,77	38,31

Tab. 45 Dynamika minerálního dusíku v půdě, varianta hnůj + N₃P₃K₃, 2023

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2022 před zámrazem	13,22	0,20	13,42	80,52
2023 před hnojením	4,35	1,23	5,58	33,46
2023 po sklizni	4,50	2,28	6,78	40,67
2023 před zámrazem	22,79	0,20	22,99	137,94
Horizont 40-60 cm				
2022 před zámrazem	8,46	0,20	8,66	25,98
2023 před hnojením	10,67	0,81	11,48	34,43
2023 po sklizni	4,22	1,30	5,52	16,55
2023 před zámrazem	13,19	0,20	13,39	40,17

Graf 8 Dynamika minerálního dusíku v půdě, 2023



Množství minerálního dusíku v půdě odpovídá přibližně úrovni dusíkatého hnojení. Nejnižší obsahy jsou na lyzimetrických parcelách hnojených pouze hnojem a nejvyšší úrovně minerálního hnojení, nejvyšší obsahy jsou naopak na lyzimetrických parcelách hnojených střední a nejvyšší úrovně minerálního hnojení. V obou horizontech se v dynamice minerálního dusíku zřetelně projevuje posklizňové minimum a vyšší hodnoty před zámrzem, kdy hodnoty Nmin minerálně hnojených parcel (lyzimetry 2, 3 a 4) dosahují rizikových obsahů v horizontu 0-40 cm. Na jaře před vyhnojením byly ve spodním horizontu zjištěny hodnoty Nmin vyšší než ve svrchním horizontu. Důvodem může být intenzivnější odběr řepkou na jaře ve svrchnějším horizontu, nebo vyplavení dusíku do spodního horizontu na jaře po intenzivnější mineralizaci.

Po zohlednění zásoby minerálního dusíku v půdě na jaře by se roční bilance dusíku snížily o 54, 69, 88 a 68 kg/ha (údaje dle výpočtů z lyzimetrického zápisníku pro rok 2023, lyzimetry L1-14, horizont 0-60 cm). Pozitivní bilance N by tedy bylo dosaženo při střední úrovni hnojení dusíkem.

5 Závěr

Výnos řepky byl pozitivně ovlivněn závlahou a minerálním hnojením. Na základě výpočtu ekonomické bilance bylo zavlažování řepky za podmínek pokusu hodnoceno jako ekonomicky ztrátové. Stupňování úrovně minerálního hnojení nemělo na výnos průkazný vliv. V důsledku kladné bilance živin minerálně hnojených variant (Závěrečná zpráva za osevní sled 2011-2018) a pravděpodobně i díky přirozené půdní úrodnosti i příznivým hodnotám pH je obsah živin v půdě na obou plochách dobrý až velmi vysoký. Bilance dusíku ve vegetačním období 2022/2023 je záporná až do nejvyšší úrovně hnojení. Při zohlednění zásoby N v půdě na jaře by kladné bilance N bylo dosaženo již při střední úrovni hnojení všemi živinami. Závlahová voda příznivě ovlivňuje pH, poměr K/Mg, obsah Cox a glomalinu. Nejvyšší obsahy N v půdě byly zjištěny před zámrzem 2023, zřejmě v důsledku aplikace dusíkatého hnojení na podzim.

6 Literatura

BEČKA, David a kol. 2007. *Řepka ozimá – Pěstitelský rádce*. Praha: FAPPZ, ČZU. ISBN 978-80-87111-05-5.

VEŘEJNÁ DATABÁZE ČESKÉHO STATISTICKÉHO ÚŘADU. <https://vdb.czso.cz>

KULHÁNEK, Martin et al. 2018. *Stanovení přístupné síry v půdě metodou Mehlich 3. Certifikovaná metodika*. 32 s. ČZU. Praha. ISBN: 978-80-213-2893-8.

ČERMÁK, Pavel at al. 2017. *Metodický postup pro stanovení obsahu mikroelementů metodou Mehlich 3 a návrh kritérií hodnocení jejich obsahu v zemědělských půdách*. 20 s. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha 6 – Ruzyně. ISBN: 978-80-7427-266-0.

Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. In: *Sbírka zákonů*. 30. 11. 1998, částka 97/1998.

ZOUBKOVÁ, Lenka. 2014. *Návody k laboratorním cvičením z pedologie*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7414-842-2.