

Č.j.: UKZUZ 018252/2024

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 roky 2021 a 2022

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

leden 2024

<u>Obsah.....</u>	<u>.....strana</u>
<i>1 Úvod.....</i>	<i>1</i>
<i>2 Metodika zkoušky.....</i>	<i>1</i>
2.1 Varianty hnojení	1
2.2 Hodnocené parametry	2
2.3 Lyzimetrické sledování.....	3
<i>3 Charakteristika pokusného místa</i>	<i>3</i>
<i>4 Výsledky.....</i>	<i>3</i>
4.1 Průběh počasí.....	3
4.2 Příprava pozemku a průběh vegetace	5
4.2.1 Silážní kukuřice	5
4.2.2 Ječmen jarní.....	5
4.3 Výnosy.....	6
4.3.1 Silážní kukuřice	6
4.3.2 Ječmen jarní.....	8
4.4 Technologické vlastnosti.....	11
4.5 Odběr živin, bilance.....	12
4.5.1 Odběr živin	13
4.5.2 Bilance živin.....	15
4.6 Půdní vlastnosti.....	16
4.6.1 Makroprvky	16
4.6.2 Mikroprvky.....	19
4.7 Lyzimetrické sledování v návaznosti na pokus	21
4.7.1 Agrochemické vlastnosti půdy	21
4.7.2 Průběh počasí, množství živin ve srážkové a závlahové vodě	22
4.7.3 Záchyt a analýzy eluátu	25
4.7.4 Dynamika minerálního dusíku v půdě.....	26
<i>5 Závěr</i>	<i>30</i>
5.1 Počasí.....	30
5.2 Výnosy	30
5.3 Kvalitativní parametry produkce	30
5.4 Bilance živin	30
5.5 Půdní vlastnosti.....	31
5.6 Lyzimetry.....	31
<i>6 Celkové shrnutí</i>	<i>32</i>
<i>7 Literatura</i>	<i>32</i>

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 ročního 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 pokusu – 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 třetího (2021) a čtvrtého (2022) roku šestého osevního sledu (2019–2026).

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

2019 – pšenice ozimá odr. Sultan (PO)	2023 – řepka ozimá (ŘO)
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.... | | hnojeno hnojem a min. hnojivy s využitím do zásoby |
| 3. hnůj + N2P2K2.... | | |
| 4. hnůj + N3P3K3.... | | |
| 5. hnůj + N2P1K2.... | | |
| 6. hnůj + N2P3K2.... | | |
| 7. hnůj + N2P2K1.... | | |
| 8. hnůj + N2P2K3.... | | |
| 9. hnůj + N2P2K2..... | hnojeno hnojem, minerální hnojiva aplikována každoročně | |

V textu jsou dále pro jednotlivé úrovně hnojení používány zkratky P1, P2, P3 (pro hnůj+ N2P1K2, hnůj+N2P2K2, hnůj+N2P3K2) a K1, K2, K3 (pro hnůj+N2P2K1, hnůj+N2P2K2, hnůj+N2P2K3)

Dávky živin

Tab. 1 Průměrné roční dávky živin (N, P₂O₅, K₂O)

hladina živin	kg živin / ha	celkem kg živin / ha
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	-	-
brambory rané	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 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 rozbořy jako po sklizni každého roku, navíc se stanovují parametry půdní organické hmoty metodou NIR (Cox, TOC, Glomalin, Ntot, 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.

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.

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. 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.

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

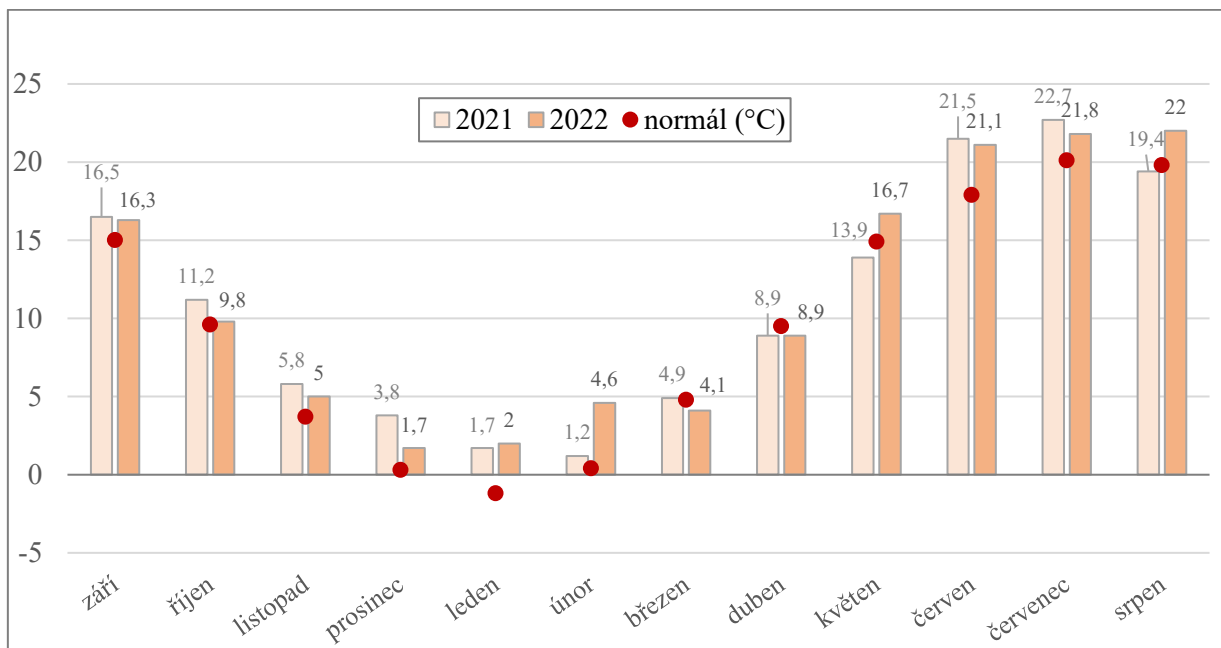
4.1 Průběh počasí

Pro posouzení povětrnostních podmínek v průběhu vegetačních období 2020/2021 a 2021/2022 byly zpracovány údaje o průměrných teplotách a úhrnech srážek v jednotlivých měsících. Teplotní a srážkové normály jsou uvedeny v tabulce 3, průběh teplot a srážkových úhrnů je uveden v grafech 2 a 3.

Tab. 3 Měsíční teplotní (°C) a srážkové normály (mm)

Sledování	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
teploty [°C]	15,0	9,6	3,7	0,3	-1,2	0,4	4,8	9,5	14,9	17,9	20,1	19,8
srážky [mm]	42	29	38	27	23	21	23	34	50	63	64	47

Graf 1 Průběh teplot na stanovišti Lednice, vegetační období 2021 a 2022



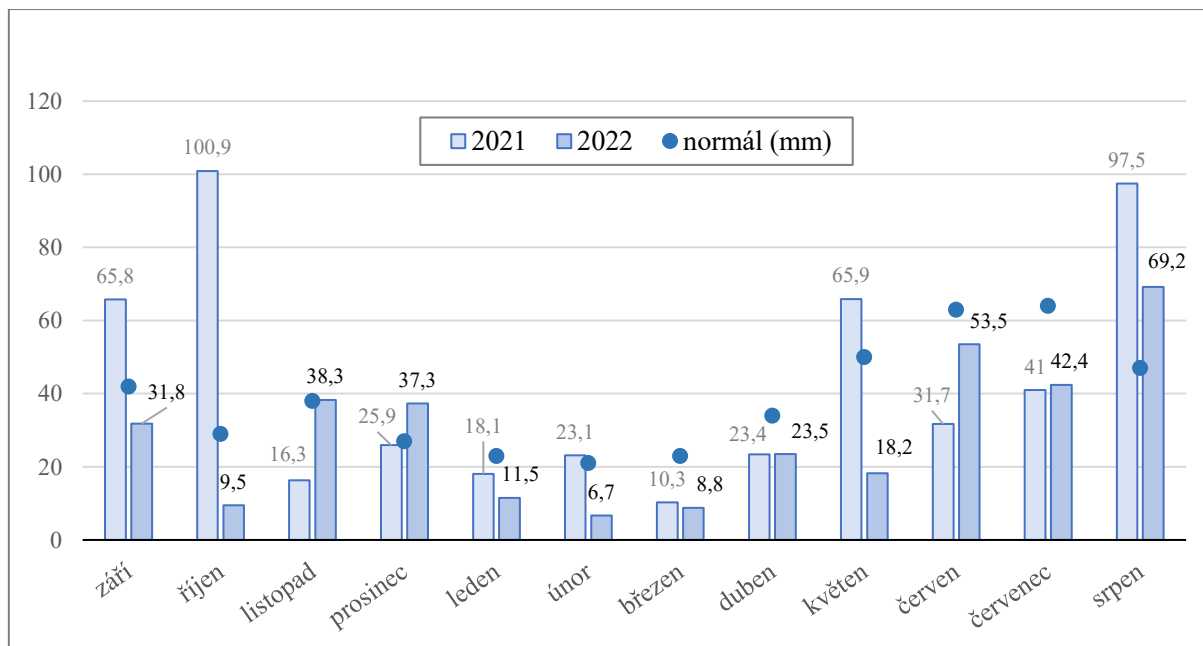
Průměrná roční teplota 2021: 11 °C; Průměrná roční teplota 2022: 11,2 °C Roční teplotní normál: 9,6 °C

Teplota

Vegetační období 2020/2021 bylo teplotně nadprůměrné, průměrná roční teplota byla o 1,4 °C vyšší než normál. Výrazně teplejší byly letní měsíce červen (+ 3,6 °C) a červenec (+ 2,6 °C), chladnější oproti dlouhodobému normálu byly naopak měsíce duben, květen a srpen.

Vegetační období 2021/2022 bylo teplotně nadprůměrné, průměrná roční teplota byla o 1,6 °C vyšší než dlouhodobý normál. Výrazně teplejší byly měsíce únor (+ 4,2 °C), červen (+ 3,2 °C) a srpen (+ 2,2 °C). Chladnější byly naopak měsíce říjen, březen a duben.

Graf 2 Průběh srážek na stanovišti Lednice, vegetační období 2021 a 2022



Roční srážkový úhm 2021: 520 mm; Roční srážkový úhm 2022: 351 mm; Roční srážkový normál: 461 mm

Srážky

Vegetační období 2020/2021 bylo srážkově nadprůměrné. Celkem spadlo 113 % srážkového normálu. Vysoké srážkové úhrny vegetačního období 2020/2021 byly především v říjnu (348 % normálu) a srpnu (207 % normálu). Nejnižší úhrny srážek byly zaznamenány v listopadu (43 % normálu) a březnu (45 % normálu). Vegetační období 2021/2022 bylo srážkově podprůměrné. Celkem spadlo 76 % srážkového normálu. V průběhu vegetačního období 2021/2022 byly srážkově nejvíce nadprůměrný srpen (147 % normálu), nejsušší byl říjen (33 % normálu) a květen (36 % normálu).

4.2 Příprava pozemku a průběh vegetace

4.2.1 Silážní kukuřice

Na podzim 2020 byl aplikován hnůj v dávce 40 t/ha a fosfor a draslík podle variant. Orba proběhla 22. 10. 2020. Na jaře byla hrubá brázda urovnána kompaktorem, seťové lůžko bylo připraveno rotačními branami a aplikováno bylo dusíkaté hnojení. K setí kukuřice byl použit maloparcelní přesný nesený secí stroj, setí proběhlo bezproblémově 28. 4. 2021, 29. 4. byl pozemek uválen. 30. 4. bylo provedeno preemergentně ošetření proti plevelům dvouděložným jednoletým a ježatce přípravkem Lumax v dávce 3,5 l/ha. Vzcházení porostu bylo vyrovnané a kompletní. Počáteční vláhový deficit byl vyrovnán v polovině května. Květnové teploty klesaly v noci hluboko pod 10 °C, porost byl žlutě zbarvený a neprosplával. Značně nadprůměrné teploty v červnu měly za následek rychlé odeznění nepříznivé reakce na chlad. I přes podprůměrné srážky v červnu a v červenci se porost vyvíjel velmi dobře. Metání lat i kvetení blizen bylo rychlé. Palice byly menší a hůře opylené. Srpen byl teplotně i vláhově pro porost příznivý. Porost zůstával dlouho zelený. Polovina září byla teplotně normální, se slabšími srážkami. Výskyt škůdců byl minimální. Významný byl výskyt sněti. Dne 24. 6. 2021 proběhla silná bouřka doprovázená silným větrem a kroupami, které poškodily listovou plochu. Sklizeň proběhla 14. 9. 2021. Dosažené výnosy odpovídaly ročníkovým podmínkám. Evidentní byl negativní vliv nedostatku srážek, nerovnoměrné množstevní a časové rozložení v průběhu vegetačního období.

4.2.2 Ječmen jarní

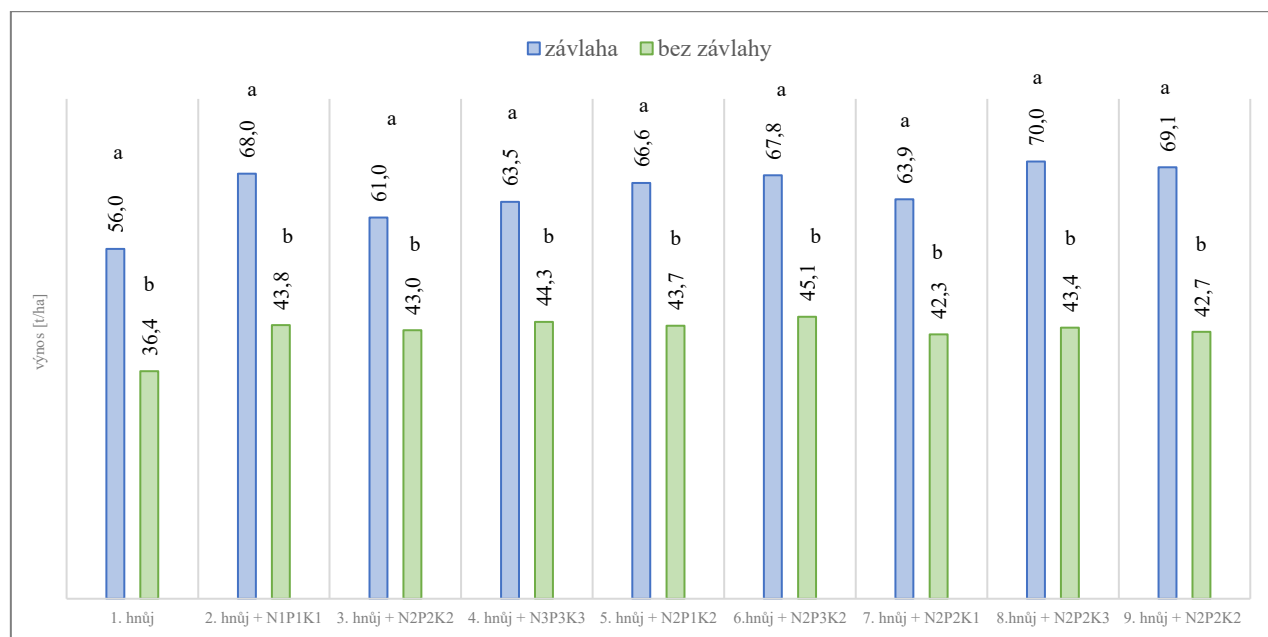
Orba proběhla dne 4. 12. 2021. Hrubá brázda byla srovnána rotačními bránami 25. 2. 2022, při níž proběhlo vybírání krčků kukuřic (předplodiny). Dne 2. 3. 2022 byl aplikován síran amonný a na variantě hnojené každoročně superfosfát a draselná sůl, hnojiva byla zapravena rotačními bránami. Setí proběhlo 14. 3. 2022 secím strojem Kubota. Po zasetí proběhlo válení pozemku. Pozemek byl pečlivě připraven, ale seťové lůžko bylo suché. Setí bylo bezproblémové s občasným výskytem kořenových krčků kukuřice. Porost byl ošetřen proti plevelům přípravkem Mustang 4. 5. 2022 a insekticidním přípravkem Fury 10 EW 27. 5. 2022. V průběhu vegetace byl výskyt škůdců potlačen, porost na ploše se závlahou měl velmi dobrý zdravotní stav. Rok 2022 byl mimořádně suchý s extrémně vysokými teplotami. Použitá závlahová voda do velké míry zmírnila dopad nepříznivých ročníkových podmínek. Na ploše bez závlahy byl dopad sucha na vegetaci značný, porost byl velmi nízký a řídký. Sklizeň proběhla 27. 7. 2022 bez problémů, porost nebyl poškozen zvěří.

4.3 Výnosy

Výnosové rozdíly byly statisticky vyhodnoceny analýzou variance (ANOVA). Hodnocena byla samostatně skupina variant se stupňováním všech živin (varianty 1-4), skupina se stupňovaným fosforem (varianty 5, 3, 6) a skupina se stupňovaným draslíkem (varianty 7, 3, 8). K následnému mnohonásobnému porovnání byl použit Tukeyho test. Pro vyhodnocení rozdílu ve výnosech varianty hnojené každoročně (9) a varianty hnojené zásobně (3) byl použit dvouvýběrový t test. Zvolená hladina významnosti byla $P < 0,05$. Statistické analýzy byly provedeny s využitím programu STATISTICA verze 12, StatSoft, Inc. (2013).

4.3.1 Silážní kukuřice

Graf 3 Výnosy silážní kukuřice [t/ha] v roce 2021, zelená hmota, vliv závlahy



Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi výnosem na ploše zavlažované a na ploše bez závlahy v rámci jedné varianty

Z celkového přehledu výnosů všech variant (graf 3) je jasně patrný pozitivní vliv minerálního hnojení a závlahy. Výnosy všech minerálně hnojených variant jsou vyšší než výnosy variant hnojených pouze hnojem. Na ploše zavlažované byl průměrný dosažený výnos 65,1 t/ha, na ploše bez závlahy 42,7 t/ha. Vlivem závlahy se výnos kukuřice zvýšil v průměru o 52 %.

Tab. 4 Vliv závlahy na výnos kukuřice (%)

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	153,7	155,3	141,9	143,3	152,3	150,2	151,0	161,2	161,8
bez závlahy	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Odhad ekonomiky pěstování kukuřice pod závlahou: jako náklady navíc oproti nezavlažované ploše jsou uvažovány pouze náklady na závlahu. Cena závlahové vody je 12 Kč/m³, v podmínkách pokusné stanice se jedná o konečnou cenu včetně všech nákladů spojených se závlahou.

Podle cen zemědělských výrobků (zdroj ČSÚ) byla průměrná cena kukuřičné siláže 893 Kč/t. Při průměrném výnosu silážní kukuřice 42,7 t/ha bez závlahy a 65,1 t/ha se závlahou je rozdíl ve výnosu 22,4 t/ha. Ke kukuřici bylo aplikováno 110 mm závlahové vody, tedy na hektar 100 m x 100 m x 0,1 m, tj. 1000 m³/ha. Cena použité závlahové vody je tedy 12 Kč x 1 000 = 12 000 Kč. Při závlaze by byl zisk z hektaru o 22,4 x 893 Kč/t vyšší než bez závlahy, tedy asi o 20 000 Kč vyšší. Při závlaze by tedy celkový zisk z hektaru byl o 8 000 Kč vyšší než bez použití závlahy (20 000 Kč – 12 000 Kč). Uvedené ceny jsou bez DPH. Ceny silážní kukuřice se vztahují ke kukuřici s obsahem sušiny menším než 35 %, zde je ve sklizené kukuřici v roce 2021 obsah sušiny vyšší. V případě variant s největším rozdílem ve výnosech v podmínkách bez závlahy a se závlahou (varianty 8. hnůj + N2P2K3 a 9. hnůj + N2P2K2, by zisk v případě závlahy byl přibližně o 11 600 Kč/ha vyšší než bez závlahy.

Tab. 5 Výnosy kukuřice při stupňování všech živin

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
1. hnůj	56,0 a	100	4	1. hnůj	36,4 a	100	4
2. hnůj + N1P1K1	68,0 c	121	1	2. hnůj + N1P1K1	43,8 b	120	2
3. hnůj + N2P2K2	61,0 ab	109	3	3. hnůj + N2P2K2	43,0 b	118	3
4. hnůj + N3P3K3	63,5 bc	113	2	4. hnůj + N3P3K3	44,3 b	122	1

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly

Tab. 6 Výnosy kukuřice při stupňování fosforu

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
5. hnůj + N2P1K2	66,6 a	100	2	5. hnůj + N2P1K2	43,7 a	100	2
3. hnůj + N2P2K2	61,0 b	92	3	3. hnůj + N2P2K2	43,0 a	98	3
6. hnůj + N2P3K2	67,8 a	102	1	6. hnůj + N2P3K2	45,1 a	103	1

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly

Tab. 7 Výnosy kukuřice při stupňování draslíku

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
7. hnůj + N2P2K1	63,9 a	100	2	7. hnůj + N2P2K1	42,3 a	100	3
3. hnůj + N2P2K2	61,0 a	95	3	3. hnůj + N2P2K2	43,0 a	102	2
8. hnůj + N2P2K3	70,0 b	110	1	8. hnůj + N2P2K3	43,4 a	103	1

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly

Tab. 8 Výnosy kukuřice při zásobním a každoročním hnojení

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
3. hnůj + N2P2K2	61,0 a	100	2	3. hnůj + N2P2K2	43,0 a	100	1
9. hnůj + N2P2K2	69,1 b	113	1	9. hnůj + N2P2K2	42,7 a	99	2

Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly

Při stupňování dávky všech živin se výnos průkazně zvýšil při nejnižším vstupu všech živin na obou plochách oproti variantě hnojené pouze hnojem, a to o 12 t/ha oproti variantě hnojené pouze hnojem na ploše se závlahou a o 7,4 t/ha na ploše bez závlahy. Dalším stupňováním všech živin se výnos nezvyšoval.

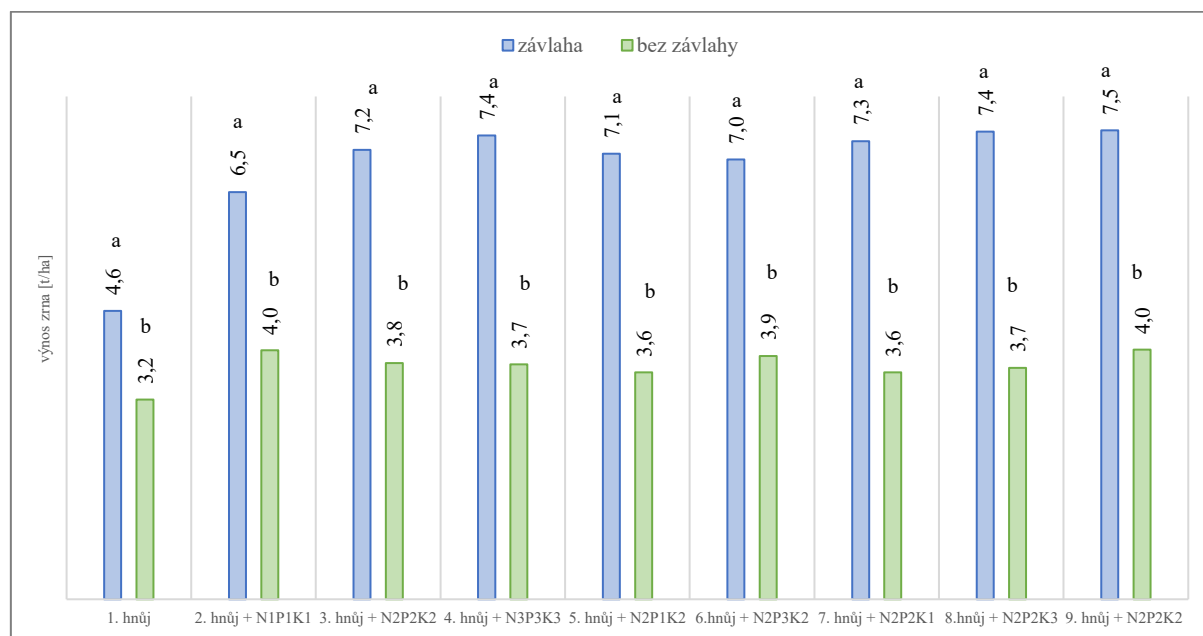
Při stupňování dávky fosforu byl výnos na ploše se závlahou průkazně nižší při úrovni vstupu P2 oproti vstupům P1 a P3 (přibližně o 6 t/ha). Na ploše bez závlahy nemělo stupňování fosforu na výnos vliv.

Stupňované draselné hnojení na ploše se závlahou zvýšilo výnos při úrovni nejvyšší (K3) o 6,1 t/ha oproti úrovni K1. Na ploše bez závlahy nemělo stupňování draslíku na výnos vliv.

Každoroční hnojení průkazně zvýšilo výnos oproti hnojení zásobnímu na ploše zavlažované o 8,1 t/ha, na ploše bez závlahy se rozdíl neprojevil.

4.3.2 Ječmen jarní

Graf 4 Výnosy zrna ječmene [t/ha] v roce 2022, vliv závlahy



Odlišná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi výnosem na ploše zavlažované a na ploše bez závlahy v rámci jedné varianty

Z celkového přehledu výnosů je jasně patrný pozitivní vliv závlahy a pozitivní vliv minerálního hnojení. Varianty zavlažované dosahují vyššího výnosu zrna než varianty bez závlahy. Varianty hnojené hnojem i minerálně dosahují vyššího výnosu zrna než varianty hnojené pouze hnojem na ploše zavlažované i na ploše bez závlahy. Průměrný výnos zrna při závlaze byl 6,9 t/ha, na ploše bez závlahy 3,7 t/ha. Výnos při závlaze byl tedy v průměru o 86 % vyšší.

Odhad ekonomiky pěstování ječmene pod závlahou: v roce 2022 se závlaha ječmene projevila nejen vyšším výnosem, ale i rozdílem v technologických parametrech, kdy na ploše se závlahou dosáhl ječmen sladovnické kvality na většině variant (varianty 4-9, viz kapitola 4.4). Na ploše bez závlahy byl obsah N-látek příliš vysoký a sladovnické kvalitě by vyhověla pouze jedna varianta (varianta 2). Průměrný výnos variant 4-9 se závlahou byl 7,3 t/ha, bez závlahy byl 3,8 t/ha. Průměrná cena zemědělských výrobků v roce 2023 (leden až říjen) byla 7 020 Kč/t pro sladovnický ječmen a 4 706 Kč/t pro potravinářský ječmen. Použito bylo 60 mm závlahové vody, tj. 600 m³/ha. Zisk z ječmene zavlažovaného (který by byl obchodován jako sladovnický) by byl 7,3 x 7 020 Kč, tj. 51 000 Kč/ha. Zisk z ječmene bez závlahy (obchodován jako krmný) by byl 3,8 x 4 706, tj. přibližně 17 900 Kč/ha. Rozdíl mezi ziskem z hektaru je tedy asi 33 000 Kč ve prospěch závlahy. Cena aplikované závlahy je 600 x 12 Kč, tj. 7 200. Zisk z hektaru je po odečtení ceny závlahové vody o 25 800 Kč vyšší při zavlažování (Uvedené ceny jsou bez DPH.). V případě nejvyššího rozdílu mezi výnosem na ploše zavlažované a na ploše bez závlahy (varianta 8. hnůj + N2P2K3), by byl zisk při závlaze o 27 300 Kč/ha vyšší.

Tab. 9 Vliv závlahy na výnos zrna ječmene (%)

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	144,3	163,6	190,2	197,3	196,4	180,9	201,9	202,2	187,9
bez závlahy	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 10 Výnosy zrna ječmene (t/ha) při stupňování všech živin

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
1. hnůj	4,59 a	100	4	1. hnůj	3,18 a	100	4
2. hnůj + N1P1K1	6,48 b	141	3	2. hnůj + N1P1K1	3,96 b	125	1
3. hnůj + N2P2K2	7,15 bc	156	2	3. hnůj + N2P2K2	3,76 b	118	2-3
4. hnůj + N3P3K3	7,38 c	161	1	4. hnůj + N3P3K3	3,74 ab	118	2-3

Tab. 11 Výnosy zrna ječmene při stupňování fosforu

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
5. hnůj + N2P1K2	7,09 a	100	2	5. hnůj + N2P1K2	3,61 a	100	3
3. hnůj + N2P2K2	7,15 a	101	1	3. hnůj + N2P2K2	3,76 a	104	2
6. hnůj + N2P3K2	7,00 a	99	3	6. hnůj + N2P3K2	3,87 a	107	1

Tab. 12 Výnosy zrna ječmene při stupňování draslíku

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
7. hnůj + N2P2K1	7,29 a	100	2	7. hnůj + N2P2K1	3,61 a	100	3
3. hnůj + N2P2K2	7,15 a	98	3	3. hnůj + N2P2K2	3,76 a	104	1
8. hnůj + N2P2K3	7,44 a	102	1	8. hnůj + N2P2K3	3,68 a	102	2

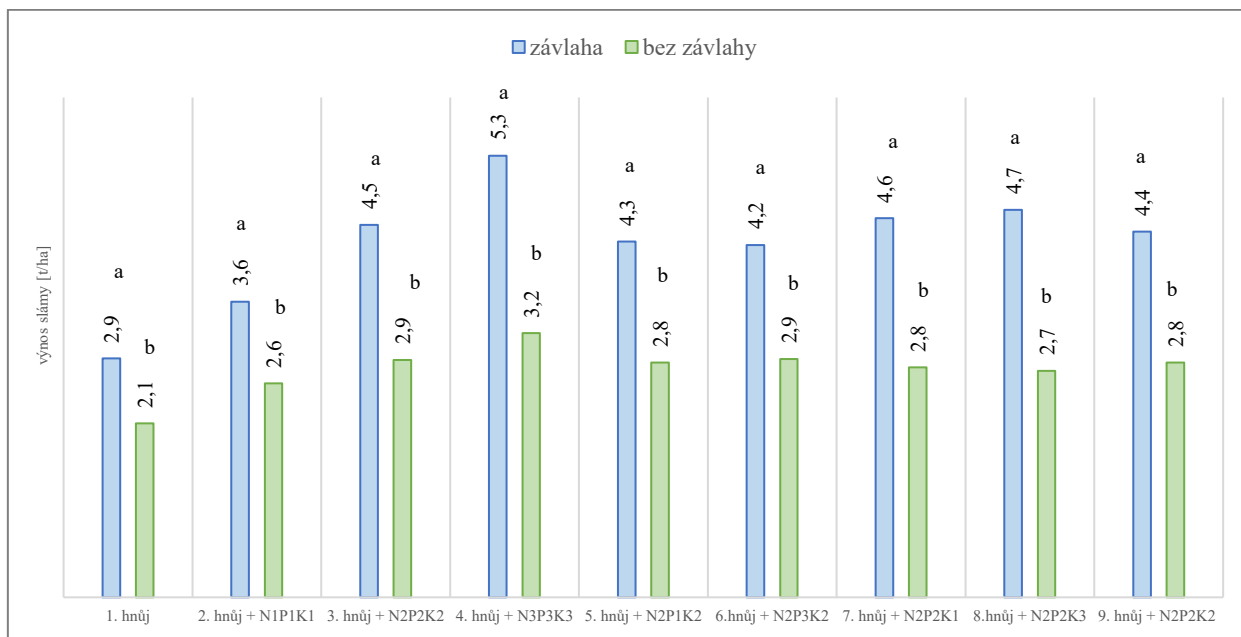
Tab. 13 Výnosy zrna ječmene při zásobním a každoročním hnojení

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
3. hnůj + N2P2K2	7,15 a	100	2	3. hnůj + N2P2K2	3,76 a	100	2
9. hnůj + N2P2K2	7,46 a	104	1	9. hnůj + N2P2K2	3,97 a	106	1

První úroveň hnojení všemi živinami průkazně zvýšila výnos na obou plochách, a to oproti variantě hnojené pouze hnojem o 1,9 t/ha na ploše se závlahou a o 0,8 t/ha na ploše bez závlahy. Na ploše se závlahou se výnos průkazně zvýšil ještě při nejvyšším vstupu všech živin (+ 0,9 t/ha oproti nejnižšímu vstupu všech živin. Na ploše bez závlahy nemělo další stupňování všech živin průkazný vliv.

Stupňování fosforečného ani draselného hnojení nemělo na obou plochách na výnos průkazný vliv. Statisticky průkazný rozdíl ve výnosu zrna ječmene nebyl zjištěn ani mezi zásobním a každoročním hnojením.

Graf 5 Výnosy slámy ječmene [t/ha] v roce 2022, vliv závlahy



Odlíšná písmena značí statisticky významné rozdíly mezi výnosem na ploše zavlažované a na ploše bez závlahy v rámci jedné varianty

Z přehledu výnosu slámy všech variant je zřetelný pozitivní vliv závlahy a pozitivní vliv minerálního hnojení. Sláma ječmene dosahuje v průměru 4,3 t/ha na ploše zavlažované a 2,7 t na ploše bez závlahy, v průměru je tedy výnos na závlaze o 59 % vyšší.

Tab. 14 Vliv závlahy na výnos slámy ječmene (%)

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	137	138	157	167	151	148	165	171	156
bez závlahy	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 15 Výnosy slámy ječmene při stupňování všech živin

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
1. hnůj	2,87 a	100	4	1. hnůj	2,09 a	100	4
2. hnůj+N1P1K1	3,55 ab	124	3	2. hnůj+N1P1K1	2,57 b	123	3
3. hnůj+N2P2K2	4,47 bc	156	2	3. hnůj+N2P2K2	2,85 bc	136	2
4. hnůj+N3P3K3	5,30 c	185	1	4. hnůj+N3P3K3	3,17 c	152	1

Tab. 16 Výnosy slámy ječmene při stupňování fosforu

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
5. hnůj+N2P1K2	4,27 a	100	2	5. hnůj+N2P1K2	2,82 a	100	3
3. hnůj+N2P2K2	4,47 a	105	1	3. hnůj+N2P2K2	2,85 a	101	1-2
6. hnůj+N2P3K2	4,23 a	99	3	6. hnůj+N2P3K2	2,86 a	101	1-2

Tab. 17 Výnosy slámy ječmene při stupňování draslíku

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
7. hnůj+N2P2K1	4,55 a	100	2	7. hnůj+N2P2K1	2,76 a	100	2
3. hnůj+N2P2K2	4,47 a	98	3	3. hnůj+N2P2K2	2,85 a	103	1
8. hnůj+N2P2K3	4,65 a	102	1	8. hnůj+N2P2K3	2,72 a	99	3

Tab. 18 Výnosy slámy ječmene při zásobního a každoročního hnojení

Varianta hnojení	závlaha			Varianta hnojení	bez závlahy		
	t/ha	%	pořadí		t/ha	%	pořadí
3. hnůj+N2P2K2	4,47 a	100	1	3. hnůj+N2P2K2	2,85 a	100	1
9. hnůj+N2P2K2	4,39 a	98	2	9. hnůj+N2P2K2	2,82 a	99	2

Stupňování všech živin na ploše se závlahou bylo účinné při střední hladině všech živin (průkazné zvýšení výnosu o 1,6 t/ha oproti variantě hnojené pouze hnojem), nejvyšší úroveň všech živin dále výnos neprůkazně zvýšila přibližně o 0,8 t/ha. Na ploše bez závlahy výnos průkazně zvýšila již první úroveň hnojení všemi živinami (+ 0,48 t/ha) a výnos se dále zvýšil při nejvyšší úrovni hnojení (+ 0,6 t/ha oproti nejnižší úrovni hnojení). Stupňování fosforečného ani draselného hnojení nemělo na výnos na obou plochách průkazný vliv. Rozdíl mezi zásobním a každoročním hnojením také nebyl průkazný.

4.4 Technologické vlastnosti

Kukuřice – stanovovány byly metodou NIRS parametry: obsah N látek, cukrů, škrobu, celulózy, ADF/NDF vlákniny, stravitelnost.

Z pohledu živin je kukuřice celkem chudá na obsah dusíkatých látek (7–9 %), ale bohatá na vlákninu (18–25 %) a její doménou je obsah škrobu. *Škrob* – je hlavním zdrojem energie v krmných dávkách určených pro skot. Tato živina v kukuřičné siláži zajišťuje až 45 % energie. Dále se na obsahu energie podílí 25 % mikrobiální rozklad *celulózy* a *hemicelulózy* v bachoru a 30 % zajišťují ve vodě rozpustné *cukry*, *pektin*, *dusíkaté látky* a *tuk*. *Lignin* se nachází převážně ve spodní části stébla kukuřice, se stárnutím rostliny se jeho obsah zvyšuje. V trávicím traktu je prakticky nestravitelný (Tyrolová, 2021).

ADF a NDF vláknina – k přesnějšímu určení skutečného obsahu vlákniny v krmivech se používá stanovení neutrálně detergentní vlákniny (NDF) a acidodetergentní vlákniny (ADF). Acidodetergentní vláknina obsahuje celulózu a lignin, jde o lignocelulózový zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv. Neutrálně detergentní vláknina zahrnuje celkový obsah celulózy, hemicelulóz a ligninu (Smatanová, 2020).

Tab. 19 Technologické vlastnosti kukuřice (%)

Varianta	závlaha				bez závlahy			
	Sušina	N látky	Cukry	Škrob	Sušina	N látky	Cukry	Škrob
1. hnůj	43	6,92	11,4	33,9	49	5,86	11,0	30,9
2. hnůj + N1P1K1	42	6,72	12,1	31,9	46	6,58	12,1	29,7
3. hnůj + N2P2K2	44	6,12	11,3	31,7	44	7,17	12,9	27,4
4. hnůj + N3P3K3	42	6,69	13,4	27,5	45	7,21	13,0	25,5
5. hnůj + N2P1K2	41	6,85	12,8	30,3	45	7,17	12,3	30,6
6. hnůj + N2P3K2	42	6,73	11,7	32,7	44	7,35	12,7	28,3
7. hnůj + N2P2K1	42	6,66	12,3	31,0	44	7,23	12,8	26,1
8. hnůj + N2P2K3	40	6,90	12,2	30,3	47	7,21	11,5	33,2
9. hnůj + N2P2K2	42	6,81	12,0	32,4	45	6,89	13,3	25,7

Varianta	závlaha				bez závlahy			
	Vláknina	Stravitelnost vlákniny	ADF	NDF	Vláknina	Stravitelnost vlákniny	ADF	NDF
1. hnůj	15,9	76,2	20,9	39,8	17,4	74,8	22,2	43,5
2. hnůj + N1P1K1	17,1	74,5	22,2	41,6	16,7	75,0	22,5	44,3
3. hnůj + N2P2K2	18,2	72,8	23,1	43,1	16,2	76,7	21,9	43,7
4. hnůj + N3P3K3	17,2	75,7	22,6	42,9	16,9	75,5	22,6	44,6
5. hnůj + N2P1K2	17,0	75,0	22,8	41,6	15,4	77,1	21,0	41,6
6. hnůj + N2P3K2	16,1	75,7	21,5	40,8	16,1	75,6	21,9	42,4
7. hnůj + N2P2K1	16,9	74,8	22,3	41,6	17,1	75,1	22,6	44,7
8. hnůj + N2P2K3	17,0	75,1	22,6	41,7	15,3	76,2	20,7	41,7
9. hnůj + N2P2K2	16,4	75,6	21,2	41,2	17,3	74,6	23,2	45,3

Tab. 20 Technologické vlastnosti kukuřice (%)

Kukuřice na ploše bez závlahy obsahuje vyšší množství sušiny, varianty hnojené dusíkem v dávce vyšší, než N1 mají vyšší obsah N-látek než shodné varianty na ploše zavlažované, bez závlahy obsahuje kukuřice převážně méně škrobu a spíše nižší obsah vlákniny a vyšší podíl je vlákniny NDF.

Ječmen - z kvalitativních parametrů byla stanovena HTZ a obsah N-látek. Sladovnický ječmen by měl podle normy ČSN 46 1100-5 obsahovat 10-12 % dusíkatých látek v sušině (N x 6,25).

Tab. 21 Technologické vlastnosti ječmene

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	HTZ (g)	47,9	51,0	51,2	50,2	50,0	51,1	50,8	51,2	51,1
	N látky (%)	8,0	8,7	9,6	11,5	10,4	10,3	10,0	10,2	10,2
Bez závlahy	HTZ (g)	48,0	47,9	46,3	44,7	48,9	46,5	46,7	46,2	46,1
	N látky (g)	9,7	11,8	14,5	15,5	15,7	14,1	14,3	14,0	13,7

HTZ je vyšší na ploše se závlahou, obsah N látek je naopak vyšší bez závlahy. Obsah N látek u kontroly je z hlediska sladovnické kvality nízký na obou plochách. Sladovnické kvalitě by vyhovělo zrno ječmene na ploše se závlahou při úrovních hnojení N2 a N3 (s výjimkou varianty 3, kde je obsah N látek nižší). Na ploše bez závlahy by naopak sladovnické kvalitě vyhověla pouze varianta 2 s nejnižší úrovní dusíkatého hnojení, obsah N látek při vyšších úrovních hnojení N je příliš vysoký.

4.5 Odběr živin, bilance

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. 22 Analýza hnoje aplikovaného v roce 2020

Sušina (%)	N (% v sušině)	P ₂ O ₅ (% v sušině)	K ₂ O (% v sušině)
52,97	1,02	0,57	1,32

4.5.1 Odběr živin

Tab. 23 Odběr živin produkci, závlaha, kukuřice

závlaha	sušina t/ha	odběr živin v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	24,1	314	59	238	32	34
2. hnůj + N1P1K1	28,6	305	59	283	36	43
3. hnůj + N2P2K2	26,8	270	50	221	43	48
4. hnůj + N3P3K3	26,7	299	67	299	35	45
5. hnůj + N2P1K2	27,3	309	58	298	34	43
6. hnůj + N2P3K2	28,5	337	67	274	37	43
7. hnůj + N2P2K1	26,8	297	56	259	35	44
8. hnůj + N2P2K3	28,0	323	60	302	35	46
9. hnůj + N2P2K2	29,0	337	57	267	35	43

Tab. 24 Odběr živin produkci, bez závlahy, kukuřice

bez závlahy	sušina t/ha	odběr živin v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	17,8	198	40	146	41	48
2. hnůj + N1P1K1	20,1	256	38	175	33	45
3. hnůj + N2P2K2	18,9	260	40	180	28	38
4. hnůj + N3P3K3	19,9	273	47	209	30	42
5. hnůj + N2P1K2	19,7	259	42	182	30	37
6. hnůj + N2P3K2	19,9	259	45	186	29	37
7. hnůj + N2P2K1	18,6	244	40	177	30	40
8. hnůj + N2P2K3	20,4	250	39	190	27	32
9. hnůj + N2P2K2	19,2	257	40	193	32	45

Tab. 25 Odběr živin produkci, závlaha, ječmen zrno

závlaha	sušina t/ha	odběr živin ZRNEM v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	3,9	50,5	14,5	19,8	4,7	1,8
2. hnůj + N1P1K1	5,6	77,3	19,3	28,0	6,6	2,3
3. hnůj + N2P2K2	6,1	94,4	21,9	30,7	7,4	2,9
4. hnůj + N3P3K3	6,3	116,9	23,5	32,1	7,6	3,0
5. hnůj + N2P1K2	6,1	101,5	21,3	30,1	7,1	2,6
6. hnůj + N2P3K2	6,0	99,2	22,1	29,1	7,2	2,7
7. hnůj + N2P2K1	6,3	100,2	22,9	30,9	7,5	2,6
8. hnůj + N2P2K3	6,4	104,2	23,0	31,2	7,5	2,6
9. hnůj + N2P2K2	6,4	105,0	23,0	30,4	7,6	2,6

Tab. 26 Odběr živin produkci, bez závlahy, ječmen zrno

Bez závlahy	sušina t/ha	odběr živin ZRNEM v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	2,7	42,3	10,3	13,0	3,5	1,5
2. hnůj + N1P1K1	3,4	64,3	12,6	16,0	4,3	1,6
3. hnůj + N2P2K2	3,2	75,2	12,9	15,6	4,3	1,7
4. hnůj + N3P3K3	3,2	79,6	13,5	15,9	4,3	1,8
5. hnůj + N2P1K2	3,1	77,7	12,0	14,6	4,0	1,5
6. hnůj + N2P3K2	3,3	75,3	13,5	16,0	4,3	1,7
7. hnůj + N2P2K1	3,1	70,9	12,3	14,8	4,0	1,6
8. hnůj + N2P2K3	3,2	70,7	12,3	15,0	4,1	1,6
9. hnůj + N2P2K2	3,4	74,6	13,0	15,9	4,4	1,6

Tab. 27 Odběr živin produkci, závlaha, ječmen sláma

závlaha	sušina t/ha	odběr živin SLÁMOU v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	2,5	7,6	2,6	22,8	2,7	11,2
2. hnůj + N1P1K1	3,1	10,4	2,5	30,9	3,2	13,9
3. hnůj + N2P2K2	3,8	16,1	3,2	45,3	3,3	15,6
4. hnůj + N3P3K3	4,6	17,8	3,4	64,4	3,5	18,5
5. hnůj + N2P1K2	3,7	13,6	2,6	40,7	3,2	15,1
6. hnůj + N2P3K2	3,6	14,5	3,4	43,9	3,0	16,7
7. hnůj + N2P2K1	3,9	16,4	3,4	42,8	3,4	16,7
8. hnůj + N2P2K3	4,0	12,5	3,1	45,5	3,3	16,2
9. hnůj + N2P2K2	3,8	16,4	2,7	45,6	2,9	14,7

Tab. 28 Odběr živin produkci, bez závlahy, ječmen sláma

Bez závlahy	sušina t/ha	odběr živin SLÁMOU v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	1,8	7,5	2,1	13,7	2,4	7,7
2. hnůj + N1P1K1	2,2	9,9	2,0	18,3	2,9	9,2
3. hnůj + N2P2K2	2,5	18,5	2,2	26,8	3,4	12,2
4. hnůj + N3P3K3	2,7	20,2	2,7	32,2	3,9	14,1
5. hnůj + N2P1K2	2,4	17,6	2,2	29,0	3,6	13,1
6. hnůj + N2P3K2	2,5	16,9	3,0	28,9	3,1	11,1
7. hnůj + N2P2K1	2,4	16,7	2,3	24,0	3,4	11,8
8. hnůj + N2P2K3	2,3	17,1	2,6	28,0	3,1	12,6
9. hnůj + N2P2K2	2,4	18,6	2,3	27,4	3,2	11,6

Tab. 29 Odběr živin produkci, závlaha, ječmen zrno + sláma

závlaha	sušina t/ha	odběr živin ZRNEM a SLÁMOU v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,4	58,1	17,1	42,6	7,4	13,0
2. hnůj + N1P1K1	8,6	87,7	21,8	58,9	9,8	16,2
3. hnůj + N2P2K2	10,0	110,6	25,1	76,1	10,7	18,5
4. hnůj + N3P3K3	10,9	134,7	26,9	96,4	11,1	21,4
5. hnůj + N2P1K2	9,8	115,1	23,9	70,7	10,3	17,6
6. hnůj + N2P3K2	9,6	113,7	25,5	73,0	10,1	19,4
7. hnůj + N2P2K1	10,2	116,7	26,3	73,8	10,9	19,3
8. hnůj + N2P2K3	10,4	116,7	26,2	76,7	10,8	18,8
9. hnůj + N2P2K2	10,2	121,3	25,7	76,0	10,5	17,3

Tab. 30 Odběr živin produkci, bez závlahy, ječmen, zrno + sláma

Bez závlahy	sušina t/ha	odběr živin ZRNEM + SLÁMOU v kg/ha				
		N	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	4,5	49,8	12,4	26,8	5,9	9,2
2. hnůj + N1P1K1	5,6	74,2	14,7	34,2	7,2	10,8
3. hnůj + N2P2K2	5,7	93,7	15,1	42,4	7,7	14,0
4. hnůj + N3P3K3	5,9	99,8	16,3	48,1	8,2	16,0
5. hnůj + N2P1K2	5,5	95,3	14,2	43,5	7,6	14,6
6. hnůj + N2P3K2	5,8	92,2	16,5	45,0	7,5	12,8
7. hnůj + N2P2K1	5,5	87,6	14,5	38,9	7,4	13,4
8. hnůj + N2P2K3	5,5	87,8	14,9	43,0	7,1	14,1
9. hnůj + N2P2K2	5,8	93,2	15,3	43,3	7,5	13,2

Kukuřice odebírá poměrně značné množství živin. Ječmen akumuluje N, P a Mg především v zrně, K je akumulován spíše ve slámě a slámou je také více odebírán Ca. Nižší produkci sušiny na ploše bez závlahy odpovídá i nižší odběr živin produkcí než na ploše zavlažované.

4.5.2 Bilance živin

Bilance je vypočítána jako prostá bilance, zohledňující pouze vstupy dodané hnojivy a odběr produkcí. Do vstupů jsou započítány veškeré vstupy, které byly k dané plodině aplikovány hnojením, bez ohledu na předpokládané využití živin po delší období (aplikace hnoje, aplikace zásobního hnojení).

Tab. 31 Bilance živin, vstupy a odběr živin (kg/ha) v roce 2021

vstupy čistých živin	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
vstup N hnůj	216	216	216	216	216	216	216	216	216
vstup N min. hnojení	-	80	120	160	120	120	120	120	120
vstup N celkem	216	296	336	376	336	336	336	336	336
odběr N sklizní Z	314	305	270	299	309	337	297	323	337
odběr N sklizní BZ	198	256	260	273	259	259	244	250	257
bilance N Z	-98	-9	66	77	27	-1	39	13	-1
bilance N BZ	18	40	76	103	77	77	92	86	79
vstup P hnůj	53	53	53	53	53	53	53	53	53
vstup P min. hnojení	-	44	66	88	44	88	66	66	66
vstup P celkem	53	97	119	141	97	141	119	119	119
odběr P sklizní Z	59	59	50	67	58	67	56	60	57
odběr P sklizní BZ	40	38	40	47	42	45	40	39	40
bilance P Z	-6	38	69	74	39	74	63	59	62
bilance P BZ	13	59	79	94	55	96	79	80	79
vstup K hnůj	232	232	232	232	232	232	232	232	232
vstup K min. hnojení	-	241	349	457	349	349	241	457	349
vstup K celkem	232	473	581	689	581	581	473	689	581
odběr K sklizní Z	238	283	221	299	298	274	259	302	267
odběr K sklizní BZ	146	175	180	209	182	186	177	190	193
bilance K Z	-6	190	360	390	283	307	214	387	314
bilance K BZ	86	298	401	480	399	395	296	499	388

Ke kukuřici byl na podzim aplikován hnůj a zásobní hnojení. Proto je bilance živin převážně kladná. Bilance dusíku nabývá záporných hodnot pouze na ploše se závlahou, kde je oproti ploše bez závlahy vyšší odběr živin produkcí. Zápornou bilanci N na ploše se závlahou má varianta hnojená pouze hnojem (var. 1), varianta hnojená hnojem a nejnižší úrovní všech živin (var. 2) a téměř vyrovnaná je bilance dusíku variant 6 a 9. Zápornou bilanci fosforu a draslíku mají pouze varianty hnojené samotným hnojem na zavlažované ploše. Na ploše bez závlahy je bilance všech živin (N, P, K) kladná.

Tab. 32 Bilance živin, vstupy a odběr živin (kg/ha) v roce 2022

vstupy v čistých živinách	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
vstup N hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vstup N min. hnojení	0	30	60	90	60	60	60	60	60
vstup N celkem	0	30	60	90	60	60	60	60	60
odběr N sklizní Z	58	88	111	135	115	114	117	117	121
odběr N sklizní BZ	50	74	94	100	95	92	88	88	93
bilance N Z	-58	-58	-51	-45	-55	-54	-57	-57	-61
bilance N BZ	-50	-44	-34	-10	-35	-32	-28	-28	-33
vstup P hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vstup P min. hnojení	0	0	0	0	0	0	0	0	33
vstup P celkem	0	0	0	0	0	0	0	0	33
odběr P sklizní Z	17	22	25	27	24	26	26	26	26
odběr P sklizní BZ	12	15	15	16	14	17	15	15	15
bilance P Z	-17	-22	-25	-27	-24	-26	-26	-26	7
bilance P BZ	-12	-15	-15	-16	-14	-17	-15	-15	18
vstup K hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vstup K min. hnojení	0	0	0	0	0	0	0	0	174
vstup K celkem	0	0	0	0	0	0	0	0	174
odběr K sklizní Z	43	59	76	96	71	73	74	77	76
odběr K sklizní BZ	27	34	42	48	44	45	39	43	43
bilance K Z	-43	-59	-76	-96	-71	-73	-74	-77	98
bilance K BZ	-27	-34	-42	-48	-44	-45	-39	-43	131

Do bilancí v roce 2022 je započítáno pouze minerální hnojení dusíkem k ječmeni na jaře, kromě každoročně hnojené varianty, kde je započítáno i minerální hnojení P a K. Bilance všech živin je na obou plochách záporná, pouze bilance P a K každoročně hnojené varianty je na obou plochách kladná.

4.6 Půdní vlastnosti

4.6.1 Makroprvky

Tab. 33 Obsah přístupných živin (mg/kg) na konci roku 2021 po kukuřici 0-30 cm

závlaha	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,6	64	219	435	3377
2. hnůj + N1P1K1	6,3	97	302	398	3169
3. hnůj + N2P2K2	6,0	131	410	355	2882
4. hnůj + N3P3K3	5,9	151	466	353	2887
5. hnůj + N2P1K2	6,4	116	433	359	3265
6. hnůj + N2P3K2	6,1	149	394	393	3166
7. hnůj + N2P2K1	6,1	116	353	392	3068
8. hnůj + N2P2K3	6,3	131	496	355	3215
9. hnůj + N2P2K2	6,2	129	383	386	3218

Tab. 34 Obsah přístupných živin (mg/kg) na konci roku 2021 po kukuřici 0-30 cm

bez závlahy	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,3	114	312	251	3189
2. hnůj + N1P1K1	6,1	135	374	227	2956
3. hnůj + N2P2K2	5,7	189	525	206	2755
4. hnůj + N3P3K3	5,6	209	615	205	2634
5. hnůj + N2P1K2	5,7	166	531	204	2733
6. hnůj + N2P3K2	5,8	190	506	220	2901
7. hnůj + N2P2K1	5,8	171	458	230	2921
8. hnůj + N2P2K3	5,9	200	649	208	2959
9. hnůj + N2P2K2	5,8	164	475	215	2904

Tab. 35 Obsah přístupných živin na konci roku 2022 po ječmeni (mg/kg), 0-30 cm

závlaha	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,5	70	241	449	3258
2. hnůj + N1P1K1	6,2	90	293	427	3078
3. hnůj + N2P2K2	6,1	137	442	398	3028
4. hnůj + N3P3K3	6,1	168	480	400	3088
5. hnůj + N2P1K2	6,6	120	472	405	3518
6. hnůj + N2P3K2	6,1	158	431	413	3118
7. hnůj + N2P2K1	6,2	143	374	439	3278
8. hnůj + N2P2K3	6,6	134	528	374	3628
9. hnůj + N2P2K2	6,4	133	446	411	3318

Tab. 36 Obsah přístupných živin na konci roku 2022 po ječmeni (mg/kg), 0-30 cm

bez závlahy	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,5	89	238	248	3338
2. hnůj + N1P1K1	5,9	147	434	228	2878
3. hnůj + N2P2K2	6,1	187	613	220	3038
4. hnůj + N3P3K3	5,7	205	692	214	2738
5. hnůj + N2P1K2	6,1	170	670	223	2928
6. hnůj + N2P3K2	5,9	232	660	219	2838
7. hnůj + N2P2K1	6,1	166	423	253	2968
8. hnůj + N2P2K3	5,8	204	666	231	2908
9. hnůj + N2P2K2	6,1	181	534	248	3148

Tab. 37 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

Tab. 38 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

Tab. 39 Kritéria hodnocení hmotnostního poměru K:Mg

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

Nejvyšší hodnoty pH mají varianty hnojené pouze hnojem, nejnižší pH mají varianty hnojené nejvyšší úrovní všech živin. Hodnoty pH jsou vyšší na ploše zavlažované. Nejméně P a K obsahuje půda variant hnojených pouze hnojem, nejvyšší obsahy P a K v půdě mají varianty hnojené nejvyšší úrovní těchto živin. Zavlažovaná plocha obsahuje méně fosforu a draslíku než plocha bez závlahy. Vstup Mg prostřednictvím hnoje je u všech variant stejný (dalším vstupem může být vápnění – směs MgCO_3 a CaCO_3). Nejvyšší obsah Mg mají varianty hnojené pouze hnojem, vyšší obsah Mg mají i varianty hnojené nejnižší úrovní všech živin. Vápník vstupuje prostřednictvím vápnění, Ca obsahuje i LAV a superfosfátu. Je patrný nejvyšší obsah přístupného vápníku variant kontrolních v roce 2021 na ploše zavlažované i na ploše bez závlahy a v roce 2022 na ploše bez závlahy. Mezi roky 2021 a 2022 lze sledovat na obou plochách převážně zvýšení obsahu všech přístupných živin. Zavlažovaná plocha obsahuje více hořčíku a vápníku než plocha bez závlahy.

Na základě hodnotících kritérií dle vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, je pH všech variant slabě kyselé s výjimkou varianty hnojené pouze hnojem na ploše zavlažované v roce 2021, kde je pH neutrální. Obsah P, K a Mg (Mg pouze na ploše zavlažované) je v kategoriích „vysoký“ a „velmi vysoký“ obsah, výjimkou jsou varianty hnojené pouze hnojem a v některých případech i hnojené hnojem a nejnižší úrovní všech živin na ploše zavlažované, kde je obsah P a K „vyhovující nebo dobrý“. „Vyhovující nebo dobrý“ je také převážně obsah hořčíku (pouze na ploše bez závlahy) a vápníku.

Tab. 40 Poměr K/Mg na konci roku 2021 po kukuřici

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	0,5	0,8	1,2	1,3	1,2	1,0	0,9	1,4	1,0
bez závlahy	1,2	1,6	2,5	3,0	2,6	2,3	2,0	3,1	2,2

Tab. 41 Poměr K/Mg na konci roku 2022 po ječmeni

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	0,5	0,7	1,1	1,2	1,2	1,0	0,9	1,4	1,1
bez závlahy	1,0	1,9	2,8	3,2	3,0	3,0	1,7	2,9	2,2

Poměr K/Mg se hodnotí z důvodu možných problémů s příjmem hořčíku. V kategorii „dobrý“ je poměr K/Mg všech variant na zavlažované ploše a také variant hnojených pouze hnojem na ploše bez závlahy. Všechny ostatní varianty na ploše bez závlahy mají poměr K/Mg „vyhovující“ s výjimkou varianty hnojené nejvyšší úrovní všech živin. Tato varianta již dosáhla hraniční hodnoty pro kategorii „nevyhovujícího“ poměru, a je proto možné očekávat problémy s příjmem hořčíku.

4.6.2 Mikroprvky

Tab. 42 Kritéria pro hodnocení obsahu mikroprvků, metoda Mehlich 3

Mikroelement	Půdní druh	Obsah (mg/kg)		
		nízký	dobrý	vysoký
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

Tab. 43 Kritéria pro hodnocení obsahu síry, metoda Mehlich 3 (Kulháněk a kol, 2018)

Obsah síry (mg/kg)	Kategorie	Doporučení pro hnojení S
<10	velmi nízká	Aplikovat 100 % celkového odběru S
11-20	nízká	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

Tab. 44 Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg) po sklizni, r. 2021

závlaha	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	1,66	4,60	4,22	243,2	238,2	17,6
2. hnůj + N1P1K1	1,56	4,42	4,30	239,5	191,3	28,1
3. hnůj + N2P2K2	1,24	4,30	3,80	227,3	223,6	33,0
4. hnůj + N3P3K3	1,18	4,29	3,63	209,8	201,5	57,8
5. hnůj + N2P1K2	1,38	4,31	3,77	219,7	178,4	48,2
6. hnůj + N2P3K2	1,44	4,36	3,94	222,8	232,1	71,6
7. hnůj + N2P2K1	1,31	4,54	4,15	231,2	215,8	32,2
8. hnůj + N2P2K3	1,41	4,21	4,25	231,5	226,8	31,1
9. hnůj + N2P2K2	1,47	4,46	4,63	235,4	217,9	33,0

Tab. 45 Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg) po sklizni, r. 2021

bez závlahy	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	1,35	5,73	4,10	216,7	271,1	13,0
2. hnůj + N1P1K1	1,18	5,32	3,75	204,7	218,8	28,5
3. hnůj + N2P2K2	0,95	5,41	3,64	186,8	244,4	33,8
4. hnůj + N3P3K3	0,93	5,09	7,07	175,4	226,6	75,9
5. hnůj + N2P1K2	1,00	5,16	3,65	182,1	213,5	29,5
6. hnůj + N2P3K2	1,01	5,27	3,64	196,9	240,7	36,8
7. hnůj + N2P2K1	1,07	5,17	3,58	194,5	229,2	39,8
8. hnůj + N2P2K3	1,09	5,09	5,36	189,6	226,3	51,6
9. hnůj + N2P2K2	1,07	5,12	3,49	188,4	223,5	40,1

V roce 2021 byl obsah mikroprvků převážně na dobré až vysoké úrovni. Nízké jsou pouze obsahy boru variant 3, 4 a 5 na ploše bez závlahy. Nejnížší jsou obsahy boru hnojené hnojem a nejvyšší úrovní všech živin – na obou plochách (var. 4). Nejvyšší jsou naopak obsahy boru po hnojení na obou plochách (var. 1). Plocha zavlažovaná vykazuje více boru, zinku (kromě variant 4 a 8), manganu a méně mědi a železa než plocha bez závlahy. Obsah síry je variabilní v rámci jednotlivých variant. Patrné jsou nízké obsahy síry variant hnojených pouze hnojem a hnojených hnojem a nejnížší intenzitou minerálního hnojení. Vlivem vyšší intenzity hnojení, kdy síra je dodávána v síranu amonném a superfosfátu, je obsah síry na všech ostatních variantách vyšší.

Tab. 46 Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg) po sklizni, r. 2022

závlaha	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	2,00	4,44	4,53	266,9	180,7	22,2
2. hnůj + N1P1K1	1,93	4,27	4,61	264,9	195,7	39,7
3. hnůj + N2P2K2	1,67	4,01	4,09	262,9	201,7	45,5
4. hnůj + N3P3K3	1,76	4,09	4,50	266,9	203,7	62,8
5. hnůj + N2P1K2	2,13	4,44	5,13	273,9	171,7	43,7
6. hnůj + N2P3K2	1,88	4,36	4,60	269,9	206,7	46,8
7. hnůj + N2P2K1	1,85	4,47	5,97	270,9	215,7	46,4
8. hnůj + N2P2K3	1,91	3,94	4,57	262,9	178,7	49,0
9. hnůj + N2P2K2	1,94	4,18	4,71	270,9	178,7	46,0

Tab. 47 Obsah mikroprvků a přístupné síry po sklizni, r. 2022

bez závlahy	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. hnůj	1,59	5,22	3,94	252,9	173,7	12,9
2. hnůj + N1P1K1	1,27	5,11	3,85	225,9	206,7	28,4
3. hnůj + N2P2K2	1,44	5,27	4,27	259,9	209,7	44,2
4. hnůj + N3P3K3	1,20	5	3,80	223,9	240,7	58,0
5. hnůj + N2P1K2	1,46	5,23	4,56	259,9	208,7	43,8
6. hnůj + N2P3K2	1,33	5,22	4,80	247,9	244,7	41,5
7. hnůj + N2P2K1	1,44	4,86	4,23	261,9	214,7	47,9
8. hnůj + N2P2K3	1,29	4,98	3,97	231,9	237,7	64,7
9. hnůj + N2P2K2	1,42	5,03	4,20	253,9	217,7	51,6

V roce 2022 byl obsah mikroprvků na obou plochách v kategoriích dobrého a vysokého obsahu, nízký byl obsah síry varianty hnojené pouze hnojem na ploše bez závlahy, varianty hnojené hnojem a nejnižší úrovní všech živin mají na obou plochách obsahy síry nižší než ostatní varianty s vyšší intenzitou. Na těchto variantách jsou obsahy síry hodnoceny kategorií „vysokého“ obsahu.

4.7 Lyzimetrické sledování v návaznosti na pokus

V průběhu roku 1985 byly u stacionárního pokusu na ploše zavlažované vybudovány lyzimetry na variantách stupňované intenzity hnojení (1–4). Jedná se o soubor sledování, která mají upřesnit bilanci živin a případně upravit hnojení. V blízkosti lyzimetrických šachet se sleduje množství srážek. V závlahové vodě, která je využita je hodnocen obsah živin a dalších prvků, dále se provádí odběry půdních vzorků v průběhu roku na zjištění obsahu a pohybu minerálního dusíku. Každý měsíc je sledován průsak vody do sběrných misek lyzimetrů a živiny v této vodě obsažené. Sběrné misky jsou umístěny v rostlém terénu v hloubce 40 cm a 60 cm. Lyzimetrické sledování je hodnoceno za kalendářní rok.

Průměrné roční dávky živin variant s lyzimetry

Tab. 48 Dávky živin (N, P₂O₅, K₂O) dodané minerálním hnojením a hnojem ke kukuřici

živiny	hnůj	hnůj + N1P1K1	Hnůj + N2P2K2	Hnůj + N3P3K3
	Lyzimetr 1	Lyzimetr 2	Lyzimetr 3	Lyzimetr 4
N	69	80	120	160
P	14	100	150	200
K	63	290	420	550

1. 10. 2020 aplikován koňský hnůj, 40 t/ha

N (SA 21 %, aplikace 21. 4. 2021), P (SF, 19 %, P₂O₅, aplikace 21. 10. 2020), K₂O (DS, 60 %, K₂O, aplikace 21. 10. 2020)

Tab. 49 Dávky živin (N, P₂O₅, K₂O) dodané minerálním hnojením a hnojem k ječmeni

živiny	hnůj	hnůj + N1P1K1	Hnůj + N2P2K2	Hnůj + N3P3K3
	Lyzimetr 1	Lyzimetr 2	Lyzimetr 3	Lyzimetr 4
N	-	30	60	90
P	-	-	-	-
K	-	-	-	-

N (SA 21 %, aplikace 2. 3. 2022)

4.7.1 Agrochemické vlastnosti půdy

Tab. 50 Obsah živin v půdě (mg/kg) a pH před hnojením na jaře 2021

Horizont 0-40 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	7,2	33,5	187	443	3410
2. hnůj + N1P1K1	7,1	104	413	430	3250
3. hnůj + N2P2K2	6,3	117	418	348	2680
4. hnůj + N3P3K3	6,0	90,3	326	355	2820
Horizont 40-60 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	7,4	14,6	131	395	3550
2. hnůj + N1P1K1	7,4	32,9	194	468	4520
3. hnůj + N2P2K2	6,9	22,4	171	408	3150
4. hnůj + N3P3K3	7,0	20,0	148	426	3440

Fosfor a draslík se akumuluje ve svrchním horizontu (0-40 cm), hořčík a vápník ve spodním horizontu (40-60 cm). Pouze kontrolní varianta má obsah hořčíku vyšší ve svrchním horizontu. V horizontu 40-60 cm je pH půdy zásaditější. Nejvyšší rozdíl v hodnotě pH mezi horizonty má varianta hnojená nejvyšší intenzitou všech živin.

Tab. 51 Obsah živin v půdě (mg/kg) a pH před hnojením na jaře 2022

Horizont 0-40 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,8	45,9	229	446	3360
2. hnůj + N1P1K1	6,8	103	396	445	3160
3. hnůj + N2P2K2	6,2	134	484	334	2630
4. hnůj + N3P3K3	5,8	117	374	332	2620
Horizont 40-60 cm	pH	P	K	Mg	Ca
1. hnůj	6,8	27,9	166	420	3430
2. hnůj + N1P1K1	6,8	67,1	258	449	3250
3. hnůj + N2P2K2	6,2	98,7	354	361	2830
4. hnůj + N3P3K3	6,3	53	219	384	3090

Rozložení živin v jednotlivých horizontech je obdobné jako v roce 2021, zjištěné pH bylo v roce 2022 mezi horizonty vyrovnané, pouze varianta hnojená nejvyšší úrovní všech živin měla pH ve spodním horizontu vyšší než v horizontu svrchním.

4.7.2 Průběh počasí, množství živin ve srážkové a závlahové vodě

Rok 2021 byl převážně teplotně nadprůměrný. Chladnější oproti normálu bylo pouze na jaře (duben a květen) a v létě (srpen). Srážkově byl rok 2021 převážně podprůměrný. Výrazněji srážkově nadprůměrný byl srpen, kdy spadlo 97, 5 mm srážek.

Tab. 52 Průběh povětrnostních podmínek a množství dodané závlahy v období I-XII /2021

rok měsíc	teploty (°C)			srážky (mm)			závlaha (mm)
	průměr	normál	odchylka	měsíční suma	normál	Odchylka % normálu	
I	1,7	-1,2	2,9	18,1	23	79	
II	1,2	0,4	0,8	23,1	21	110	
III	4,9	4,8	0,1	10,3	23	45	
IV	8,9	9,5	-0,6	23,4	34	69	
V	13,9	14,9	-1,0	65,9	50	132	
VI	21,5	17,9	3,6	31,7	63	50	20+30+30
VII	22,7	20,1	2,6	41,0	64	64	30
VIII	19,4	19,8	-0,4	97,5	47	207	
IX	16,3	15,0	1,3	31,8	42	76	
X	9,8	9,6	0,2	9,5	29	33	
XI	5,0	3,7	1,3	38,3	38	101	
XII	1,7	0,3	1,4	37,3	27	138	
2021	10,6	9,6	1,0	428	461	93	

nadprůměrné teploty, nadprůměrné srážky

Závlaha byla aplikována 5. 6. 2021, 20 mm; 18. 6. 2021, 30 mm; 28. 6. 2021, 30 mm; 7. 7. 2021, 30 mm.

Tab. 53 Obsahy živin, průvodních látek a pH ve srážkové a závlahové vodě r. 2021 (kg/ha)

měsíc	mm	normál	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ²⁻
1	18,1	23	0,26	0,07	0,21	3,96	0,01	0,05	0,01	0,23	0,12	0,34
2	23,1	21	0,28	0,11	0,14	6,14	0,01	0,07	0,13	0,63	0,08	0,52
3	10,3	23	0,12	0,03	0,05	4,16	0,01	0,03	0,01	0,24	0,03	0,14
4	23,4	34	0,41	0,07	0,12	4,45	0,00	0,07	0,04	0,38	0,07	0,36
5	65,9	50	0,49	0,12	0,33	4,99	0,01	0,20	0,05	0,99	0,20	0,37
6	31,7	63	0,47	0,03	0,25	6,18	0,01	0,10	0,05	0,98	0,10	0,51
7	41,0	64	0,55	0,04	0,21	6,25	0,01	0,12	0,09	1,67	0,15	1,29
8	97,5	47	0,49	0,45	0,49	5,93	0,02	0,29	0,05	1,10	0,29	0,54
9	31,8	42	0,16	0,15	0,00	6,70	0,00	0,10	0,03	0,74	0,10	0,53
10	9,5	29	0,06	0,06	0,05	6,35	0,00	0,03	0,00	0,15	0,03	0,18
11	38,3	38	0,19	0,14	0,19	6,33	0,01	0,11	0,00	0,15	0,11	0,52
12	37,3	27	0,22	0,17	0,19	6,13	0,01	0,11	0,01	0,31	0,11	0,34
srážky celkem/rok	428	461	3,70	1,44	2,21	5,76*	0,10	1,28	0,47	7,56	1,39	5,65
závlaha VI	20	-	1	0	9,9	7,3	0	1,4	4,2	11,6	7,6	22,3
závlaha VI	30	-	1,3	0	14,8	7,1	0	2,2	6,4	16,5	11,2	35,8
závlaha VI	30	-	1	0,1	14,6	7,2	0	2,3	6,3	16,3	10,8	34,6
závlaha VII	30	-	0,6	0	14,4	7,7	0	2,4	6,3	16,7	11,3	31,7
závlaha celkem/rok	110	-	3,9	0	53,7	7,3*	0	8,3	23,2	61,1	40,9	124,4
srážky a závlaha celkem/rok	538	-	7,6	1,44	55,9	6,1*	0	9,58	23,7	68,7	42,3	130,1

* průměrné pH/rok, vážený průměr

Největší vstup ve srážkové vodě představuje dusík celkem 5,14 kg /ha/rok (NO₃⁻ a NH₄⁺), vápník 7,56 kg/ha/rok a síra 5,65 kg/ha/rok. Nejmenší vstup představuje naopak fosfor 0,1 kg/ha/rok a hořčík (0,47 kg/ha/rok). Vstup živin a průvodních látek v závlahové vodě je vyšší než ve vodě srážkové. Závlahou je nejvíce dodávána síra jako SO₄²⁻ (124,4 kg/ha/rok), vápník (61,1 kg/ha/rok) a chlor (53,7 kg/ha/rok), fosfor se téměř nevyskytuje (tab. 53).

Prostřednictvím srážek a závlahy (na ploše se závlahou) do půdy vstupuje poměrně značné množství síry, celkem 130 kg/ha/rok SO₄²⁻, vápníku (68,7 kg/ha/rok) a chloru (55,9 kg/ha/rok). Oproti ploše bez závlahy je zde i větší vstup hořčíku prostřednictvím závlahové vody 23,2 kg/ha/rok (srážková voda jen 0,47 kg/ha/rok), což může být pravděpodobně důvodem vyššího obsahu Mg v půdě, který pozorujeme na ploše se závlahou. Závlaha tak může příznivě ovlivňovat poměr K/Mg, který je na ploše bez závlahy méně vyhovující.

Přepočet obsahu hořčíku dodávaného závlahou při uvažovaném průměrném množství 23,2 (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 = 23,2 kg = 23 200 000 mg.

Obsah Mg v mg/kg = 23 200 000/4 200 000 = 5,5 mg/kg. 5,5 mg/kg Mg je dodáno závlahovou vodou v průměru za rok. Rok 2021 je 44. rok pokusu → za 44 let dodáno 5,5 x 44 mg/kg Mg = 242 mg/kg.

V roce 2021 je obsah Mg na ploše se závlahou o 160 mg/kg vyšší než na ploše bez závlahy. Spočítané množství dodaného Mg závlahou za 44 let je 242 mg/kg. Množství Mg v závlahové vodě i množství aplikované dávky závlahové vody se meziročně mírně liší. Z použitých hodnot z roku 2021 však vyplývá, že rozdíl v obsahu Mg mezi oběma plochami může být důsledkem aplikovaného Mg prostřednictvím závlah.

Tab. 54 Průběh povětrnostních podmínek a množství dodané závlahy v období I-XII /2022

rok měsíc	teploty (°C)			srážky (mm)			závlaha (mm)
	průměr	normál	odchylka (°C)	měsíční suma	normál	odchylka % normálu	
I	2,0	-1,2	3,2	11,5	23	50	
II	4,6	0,4	4,2	6,7	21	32	
III	4,1	4,8	-0,7	8,8	23	38	
IV	8,9	9,5	-0,6	23,5	34	69	
V	16,7	14,9	1,8	18,2	50	36	30 + 30
VI	21,1	17,9	3,2	53,5	63	85	
VII	21,8	20,1	1,7	42,4	64	66	
VIII	22,0	19,8	2,2	69,2	47	147	
IX	14,5	15,0	-0,5	30,6	42	73	
X	11,6	9,6	2,0	11,4	29	39	
XI	5,4	3,7	1,7	7,8	38	21	
XII	1,6	0,3	1,3	34,6	27	128	
2022	11,2	9,6	1,6	318	461	69	

nadprůměrné teploty, nadprůměrné srážky

Závlaha byla aplikována 11. 5. a 20. 5.

Rok 2022 byl během vegetace teplotně nadprůměrný. Chladnější oproti normálu byly na jaře měsíce březen a duben a na podzim měsíc září. Srážkově byla rok 2022 podprůměrný, nadprůměrný byl pouze v létě srpen a v zimě prosinec.

Tab. 55 Obsahy živin, průvodních látek a pH ve srážkové a závlahové vodě r. 2022 (kg/ha)

měsíc	mm	normál	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ²⁻
1	2,0	-1,2	0,10	0,03	0,71	6,23	0,00	0,06	0,03	0,54	0,32	0,24
2	4,6	0,4	0,08	0,04	0,21	7,15	0,00	0,02	0,01	0,30	0,10	0,12
3	4,1	4,8	0,08	0,13	0,11	6,97	0,01	0,04	0,02	0,63	0,05	0,21
4	8,9	9,5	0,25	0,37	0,26	6,40	0,01	0,08	0,10	0,64	0,10	0,48
5	16,7	14,9	0,22	0,33	0,25	6,34	0,01	0,19	0,08	0,53	0,11	0,77
6	21,1	17,9	0,28	0,42	0,27	6,23	0,01	0,16	0,12	0,60	0,16	0,59
7	21,8	20,1	0,30	0,32	0,45	6,07	0,01	0,13	0,13	1,15	0,26	0,41
8	22,0	19,8	0,35	0,17	0,38	7,49	0,01	0,21	0,13	11,78	0,24	1,03
9	14,5	15,0	0,24	0,27	0,24	6,28	0,01	0,09	0,05	0,44	0,13	0,29
10	11,6	9,6	0,19	0,20	0,23	6,97	0,00	0,04	0,04	0,46	0,10	0,32
11	5,4	3,7	0,11	0,11	0,21	6,90	0,00	0,02	0,01	0,77	0,09	0,25
12	1,6	0,3	0,19	0,51	0,26	6,20	0,11	0,16	0,01	0,63	0,12	0,71
srážky celkem/rok	11,2	9,6	2,38	2,90	3,57	6,59	0,19	1,19	0,71	18,48	1,78	5,42
závlaha V	30	-	0,37	0,10	18,03	7,43	0,02	2,72	6,22	15,15	14,45	31,89
závlaha V	30	-	0,29	0,03	18,89	7,75	0,04	2,73	6,59	17,38	14,99	32,67
závlaha celkem/rok	60	-	0,66	0,14	36,92	7,59	0,06	5,45	12,81	32,53	29,44	64,56
srážky a závlaha celkem/rok	71,2	-	3,04	3,04	40,49	7,43	0,25	6,64	13,52	51,01	31,22	69,98

Shrnutí: dusík, vápník a síra představují nejvyšší vstup ve srážkové vodě. V roce 2022 byl obsah těchto prvků ve srážkové vodě: N (NO₃⁻ + NH₄⁺): 5,28 kg/ha, Ca: 18,48 kg/ha, SO₄²⁻: 5,42 kg/ha.

Nejmenší vstup představuje fosfor a hořčík, v roce 2022 byly vstupy P 0,19 kg/ha a vstupy Mg 0,71 kg/ha. Vstup živin a průvodních látek v závlahové vodě je vyšší než ve vodě srážkové. Závlahou je nejvíce dodávána síra (SO_4^{2-}), vápník a chlor. Vstup těchto prvků v roce 2022 byl (SO_4^{2-}): 64,56 kg/ha/rok, Ca: 32,53 kg/ha/rok a Cl: 36,92 kg/ha/rok). Nejméně je v závlahové vodě obsažen fosfor (0,06 kg/ha v roce 2022). Obsah hořčíku v závlahové vodě byl v roce 2022 12,81 kg/ha, tedy podstatně více než ve srážkové vodě (srážková voda 0,71 kg/ha).

4.7.3 Záchyt a analýzy eluátu

Tab. 56 Přehled záchytu eluátu v roce 2021

lyzimetr č./horizont	datum	eluát (ml)	průsak (l/ha)	ekvivalent (mm)
1/00 – 40 cm	30. 6.	5110	255500	25,6
1/00 – 60 cm	30. 6.	1320	66000	6,6
2/00 – 40 cm	30. 6.	6030	301500	30,2
3/00 – 40 cm	30. 6.	5180	259000	25,9

Tab. 57 Obsahy živin průvodních látek v eluátu (kg/ha) v roce 2021

lyzimetr č./horizont	NO_3^-	NH_4^+	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO_4^{2-}
1/00 – 40 cm	8,00	0,00	10,20	7,80	0,60	4,90	6,40	35,00	8,10	24,00
1/00 – 60 cm	6,60	0,30	0,00	3,40	7,50	0,10	0,60	1,10	5,00	2,50
2/00 – 40 cm	26,00	0,00	12,70	7,90	0,40	1,60	10,30	60,60	10,70	28,00
3/00 – 40 cm	18,00	0,00	9,40	8,00	0,40	1,30	6,80	36,20	5,70	18,10

* průměrné pH/horizont, vážený průměr

Eluát byl zachycen pouze v červnu, kdy spadlo 31,7 mm srážek (pouze 50 % srážkového normálu), byla však aplikována závlaha ve 4 termínech v celkovém úhrnu 110 mm. V lyzimetru 1 (varianta hnůj) byl zjištěn průsak z horizontů 0-40 a 0-60 cm, srážkový ekvivalent 25,6 ml a 6,6 ml, v lyzimetru 2 (varianta hnůj + N1P1K1) pouze z horizontu 0-40 cm, 30,2 ml a v lyzimetru 3 (varianta hnůj + N2P2K2) pouze z horizontu 0-40 cm, 25,9 ml. Ve 4. lyzimetru (hnůj + N3P3K3) eluát v roce 2021 zachycen nebyl. Nejvíce jsou vyplavovány: vápník, síra, dusík a chlor.

Tab. 58 Přehled záchytu eluátu 2022

lyzimetr č./horizont	datum	eluát (ml)	průsak (l/ha)	ekvivalent (mm)
1/00 – 40 cm	31. 5. 2022	5 200	260 000	26
1/00 – 60 cm	31. 5. 2022	640	32 000	3,2
2/00 – 40 cm	31. 5. 2022	3 010	150 500	15,1
2/00 – 60 cm	31. 5. 2022	1 040	52 000	5,2
3/00 – 40 cm	31. 5. 2022	975	48 750	4,9
3/00 – 60 cm	31. 5. 2022	220	11 000	1,1

Tab. 59 Obsahy živin průvodních látek v eluátu (kg/ha) v roce 2022

lyzimetr č./horizont	NO_3^-	NH_4^+	Cl	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO_4^-
1/00 – 40 cm	0,40	0,00	4,00	7,6	0,10	0,80	1,50	8,80	2,80	10,70
1/00 – 60 cm	0,40	0,00	0,60	7,7	0,00	0,10	0,40	2,10	0,40	0,90
2/00 – 40 cm	1,80	0,00	2,40	7,9	0,10	0,20	1,30	7,60	1,40	5,80
2/00 – 60 cm	1,10	0,00	0,80	7,8	0,00	0,10	0,70	3,20	0,40	1,60
3/00 – 40 cm	1,00	0,00	0,40	7,6	0,00	0,10	0,30	2,10	0,30	1,20
3/00 – 60 cm	0,10	0,00	0,10	8,0	0,00	0,00	0,10	0,50	0,00	0,40

* průměrné pH/horizont, vážený průměr

Eluát byl zachycen pouze v květnu, kdy spadlo 18,2 mm srážek (36 % normálu). Průsak do lyzimetrů byl pravděpodobně způsoben aplikací závlahy, podobně jako v roce 2021. Závlahou bylo

dodáno v květnu 60 mm vody. Průsak byl zjištěn v horizontech 0-40 a 0-60 cm lyzimetrech 1 (pouze hnůj, srážkový ekvivalent 26 mm a 3,2 mm), 2 (hnůj + N1P1K1, srážkový ekvivalent 5,8 a 1,6 mm) a 3 (hnůj + N2P2K2, srážkový ekvivalent 1,2 a 0,4 mm). Pouze v lyzimetru 4, který je umístěn pod parcelou hnojenou nejvyšší intenzitou všech živin (hnůj + N3P3K3), průsak zjištěn nebyl. Důvodem je zřejmě vyšší nárůst biomasy při nejvyšší intenzitě hnojení a s tím spojená vyšší transpirace porostu. V roce 2022 bylo množství vyplavovaných prvků z horizontů 0-40 cm a 0-60 cm nižší než v roce 2021. Důvodem vyššího množství vyplavovaných látek může být aplikace vyššího množství živin a ostatních prvků na podzim 2020 prostřednictvím hnoje a zásobního hnojení ke kukuřici.

4.7.4 Dynamika minerálního dusíku v půdě

Tab. 60 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

Tab. 61 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 1 hnůj, 2021

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2020 před zámrzem	10,34	0,20	10,54	63,24
2021 před vyhnojením	11,69	0,59	12,28	73,68
2021 po sklizni	3,58	0,55	4,13	24,78
2021 před zámrzem	7,46	0,20	7,66	45,96
Horizont 40-60 cm				
2020 před zámrzem	7,86	0,26	8,12	24,36
2021 před vyhnojením	7,68	0,39	8,07	24,21
2021 po sklizni	2,23	0,20	2,43	7,29
2021 před zámrzem	3,46	0,20	3,66	10,98

Tab. 62 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 1 hnůj + N1P1K1, 2021

lyzimetr č./horizont	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ²⁻
1/00 – 40 cm	0,40	0,00	4,00	7,6	0,10	0,80	1,50	8,80	2,80	10,70
1/00 – 60 cm	0,40	0,00	0,60	7,7	0,00	0,10	0,40	2,10	0,40	0,90
2/00 – 40 cm	1,80	0,00	2,40	7,9	0,10	0,20	1,30	7,60	1,40	5,80
2/00 – 60 cm	1,10	0,00	0,80	7,8	0,00	0,10	0,70	3,20	0,40	1,60
3/00 – 40 cm	1,00	0,00	0,40	7,6	0,00	0,10	0,30	2,10	0,30	1,20
3/00 – 60 cm	0,10	0,00	0,10	8,0	0,00	0,00	0,10	0,50	0,00	0,40

Tab. 63 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 2 hnůj + N1P1K1, 2021

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2020 před zámrzem	11,60	0,32	11,92	71,50
2021 před	11,05	0,35	11,40	68,40
2021 po sklizni	6,02	0,20	6,22	37,32
2021 před zámrzem	8,47	0,20	8,67	52,02
Horizont 40-60 cm				
2020 před zámrzem	5,86	0,20	6,06	18,19
2021 před	9,22	1,98	11,20	33,60
2021 po sklizni	2,49	0,20	2,69	8,07
2021 před zámrzem	4,23	0,20	4,43	13,29

Tab. 64 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 3 hnůj + N2P2K2, 2021

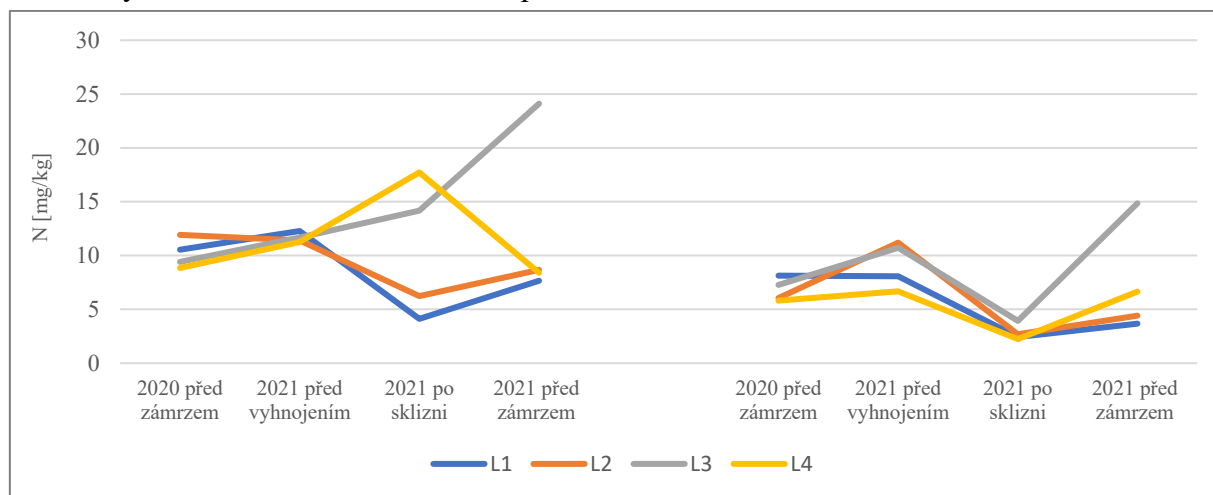
Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2020 před zámrzem	9,02	0,40	9,42	56,53
2021 před	9,72	1,95	11,67	70,02
2021 po sklizni	13,84	0,32	14,16	84,96
2021 před zámrzem	23,09	1,02	24,11	144,66
Horizont 40-60 cm				
2020 před zámrzem	6,66	0,61	7,27	21,81
2021 před	8,91	1,80	10,71	32,13
2021 po sklizni	3,73	0,20	3,93	11,79
2021 před zámrzem	13,74	1,11	14,85	44,55

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

Tab. 65 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 4 hnůj + N₃P₃K₃, 2021

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2020 před zámrzem	7,91	0,93	8,84	53,06
2021 před vyhnojením	9,41	1,85	11,26	67,56
2021 po sklizni	17,27	0,45	17,72	106,32
2021 před zámrzem	7,62	0,79	8,41	50,46
Horizont 40-60 cm				
2020 před zámrzem	4,74	1,07	5,81	17,43
2021 před vyhnojením	4,73	1,95	6,68	20,04
2021 po sklizni	2,04	0,20	2,24	6,72
2021 před zámrzem	6,02	0,64	6,66	19,98

Ve vzorcích odebraných ze spodního horizontu (40-60 cm) je obsah Nmin nižší než v horizontu svrchním. Ze všech hodnot horizontů 0-40 a 40-60 cm byly spočítány průměrné hodnoty. Průměrné obsahy Nmin za vegetační období vzrůstaly v pořadí 7,11 mg/kg (L1, pouze hnůj), 7,82 mg/kg (L2, hnůj + N1P1K1), 8,45 mg/kg (L4, hnůj + N3P3K3), 12,02 mg/kg (L3, hnůj + N2P2K2). Obsah Nmin před zámrzem v půdě lyzimetru 3 (hnůj + N2P2K2) je hodnocen jako rizikový (Trávník, 1995). Dynamiku minerálního dusíku v průběhu vegetačního období popisuje graf 6.

Graf 6 Dynamika minerálního dusíku v půdě, 2021

Sezónní variabilita v obsahu minerálního dusíku v půdě je charakterizována jarním maximem v důsledku oteplování půdy a zintenzivnění činnosti mikroorganismů a letním (posklizňovým minimem) v důsledku odběru dusíku rostlinami a poklesu mineralizace. Od tohoto průběhu se liší dynamika minerálního dusíku lyzimetrů se střední a nejvyšší intenzitou hnojení dusíkem (L3 a L4) v horizontu 0-40 cm. Důvodem vysokých posklizňových hodnot a hodnot Nmin před zámrazem je zřejmě postupná mineralizace hnoje z podzimní aplikace v roce 2020 a jarní aplikace minerálního hnojení ve střední a nejvyšší intenzitě.

Tab. 66 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 1 hnůj, 2022

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2021 před zámrazem	7,46	0,2	7,66	45,96
2022 před	5,23	0,36	5,59	33,54
2022 po sklizni	2,09	1,56	3,65	21,9
2022 před zámrazem	13,7	0,2	13,9	83,4
Horizont 40-60 cm				
2021 před zámrazem	3,46	0,2	3,66	10,98
2022 před	5,34	0,46	5,8	17,4
2022 po sklizni	0,62	0,2	0,82	2,46
2022 před zámrazem	8,83	0,2	9,03	27,09

Tab. 67 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 2 hnůj + N1P1K1, 2022

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2021 před zámrazem	8,47	0,20	8,67	52,02
2022 před	7,40	0,48	7,88	47,28
2022 po sklizni	2,99	1,11	4,10	24,60
2022 před zámrazem	16,18	0,20	16,38	98,28
Horizont 40-60 cm				
2021 před zámrazem	4,23	0,2	4,43	13,29
2022 před	6,40	0,46	6,86	20,58
2022 po sklizni	2,45	0,20	2,65	7,95
2022 před zámrazem	10,34	0,20	10,54	31,62

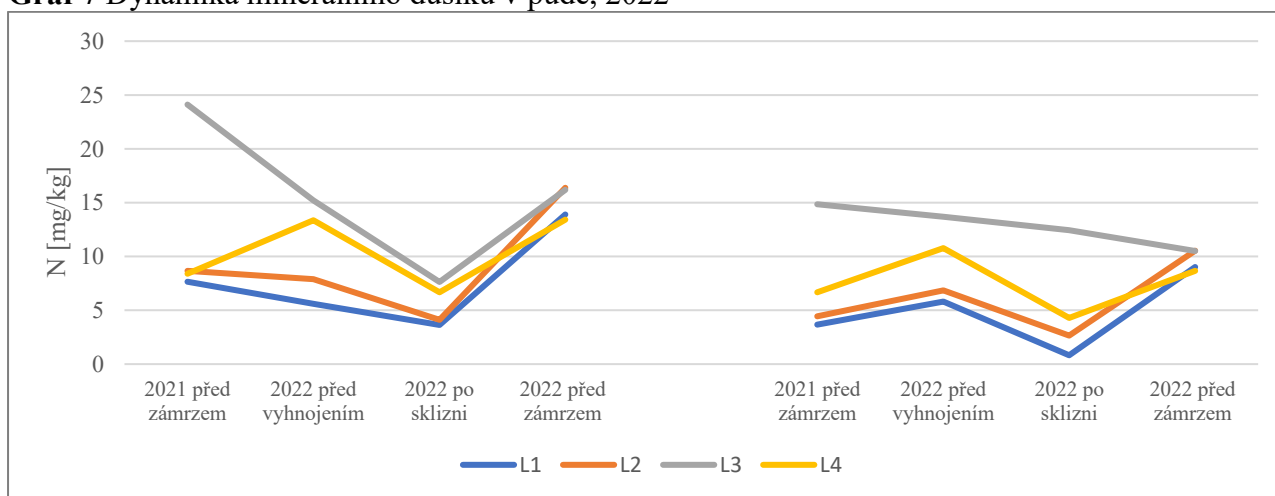
Tab. 68 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 3 hnůj + N2P2K2, 2022

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2021 před zámrazem	23,09	1,02	24,11	144,66
2022 před	13,87	1,34	15,21	91,26
2022 po sklizni	7,11	0,52	7,63	45,78
2022 před zámrazem	15,98	0,2	16,18	97,08
Horizont 40-60 cm				
2021 před zámrazem	13,74	1,11	14,85	44,55
2022 před	12,38	1,32	13,7	41,1
2022 po sklizni	10,54	1,9	12,44	37,32
2022 před zámrazem	10,32	0,2	10,52	31,56

Tab. 69 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 4 hnůj + N3P3K3, 2022

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2021 před zámrazem	7,62	0,79	8,41	50,46
2022 před	12,00	1,35	13,35	80,1
2022 po sklizni	6,48	0,2	6,68	40,08
2022 před zámrazem	13,22	0,2	13,42	80,52
Horizont 40-60 cm				
2021 před zámrazem	6,02	0,64	6,66	19,98
2022 před	9,66	1,12	10,78	32,34
2022 po sklizni	4,09	0,2	4,29	12,87
2022 před zámrazem	8,46	0,2	8,66	25,98

Ve vzorcích odebraných z hlubšího horizontu (40-60 cm) je obsah N min nižší než v horizontu svrchním. Ze všech hodnot horizontů 0-40 a 40-60 cm byly spočítány průměrné hodnoty obsahu Nmin v horizontu 0-60 cm. Průměrné obsahy Nmin za vegetační období vzrůstaly v pořadí 6,26 mg/kg (L1, pouze hnůj), 7,69 mg/kg (L2, hnůj + N1P1K1), 9,03 mg/kg (L4, hnůj + N3P3K3), 14,33 mg/kg (L3, hnůj + N2P2K2). Obsah Nmin v půdě lyzimetru 3 (hnůj + N2P2K2) před zámrazem v roce 2021 je hodnocen jako rizikový, jak je uvedeno výše. Dynamiku minerálního dusíku v půdě v průběhu vegetačního období popisuje graf 7.

Graf 7 Dynamika minerálního dusíku v půdě, 2022

V roce 2022 je jarní maximum a letní minimum patrné v obou horizontech na lyzimetrických stanovištích hnojených pouze hnojem, hnojem + nejnižší a hnojem + nejvyšší úrovní dusíkatého hnojení (L1, L2, L4). Na lyzimetrickém stanovišti L3, hnojeném střední úrovní dusíkatého hnojení

(hnůj + N2P2K2), kde byly zjištěny vysoké obsahy N min po sklizni 2021, přetrvávají v horizontu 0-40 cm vysoké hodnoty Nmin i před zámrzem.

5 Závěr

5.1 Počasí

Vegetační období 2020/2021 bylo teplotně i srážkově nadprůměrné. Vegetační období 2021/2022 bylo teplotně nadprůměrné a srážkově podprůměrné.

5.2 Výnosy

Stupňování všech živin

Kukuřice - pozitivně se projevuje vliv minerálního hnojení již v nejnižší hladině – výnos se zvyšuje oproti variantě hnojené pouze hnojem na obou plochách. Další stupňování všech živin nemělo na výnos průkazný vliv. *Ječmen zrna* - vstup minerálního hnojení v nejnižší hladině zvýšil výnos zrna oproti variantě hnojené pouze hnojem na obou plochách. Další stupňování všech živin bylo účinné pouze na ploše se závlahou, kde se výnos zvýšil při nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami. *Sláma ječmene* na ploše se závlahou se průkazně zvýšila při střední úrovni hnojení všemi živinami. Další stupňování všech živin nemělo na výnos průkazný vliv. Na ploše bez závlahy byla účinná již první úroveň hnojení všemi živinami, výnos dále vzrostl při nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami.

Stupňování fosforu a draslíku, zásobní a každoroční hnojení

Stupňování dávek fosforu a draslíku převážně nemělo na výnos průkazný vliv, stejně tak se průkazně neprojevil vliv zásobního ani každoročního hnojení. Výjimkou je průkazné zvýšení výnosu kukuřice při úrovni hnojení K3 (oproti úrovni K1). Výnos kukuřice byl také průkazně vyšší při každoročním hnojením.

Vliv závlahy

Vliv závlahy na výnos všech hodnocených plodin byl průkazný pro každou hodnocenou variantu. Průměrný výnos všech variant byl průkazně vyšší při závlaze o 52 % v případě kukuřice, o 85 % v případě zrna ječmene a o 54 % v případě slámy ječmene.

5.3 Kvalitativní parametry produkce

U kukuřice byl při závlaze vyšší obsah škrobu v rostlině, a naopak nižší obsah sušiny a N-látek. V případě ječmene byla při závlaze dosažena vyšší HTZ, což příznivě ovlivnilo obsah dusíkatých látek z hlediska sladovnické kvality. Při úrovních dusíkatého hnojení N2 a N3 bylo zrna převážně ve sladovnické kvalitě. Bez závlahy byl obsah N-látek v zrna z hlediska sladovnické kvality příliš vysoký.

5.4 Bilance živin

Ke kukuřici byl započítán vstup v hnoji aplikovaném na podzim 2020 a minerální hnojení dusíkem na jaře 2021 (kromě každoročně hnojené varianty). Záporná byla bilance dusíku variant hnojených pouze hnojem a hnojem + nejnižší úrovní minerálního hnojení, při závlaze. Bilance P a K byla záporná jen při hnojení samotným hnojem, při závlaze.

K ječmeni bylo započítáno pouze minerální hnojení dusíkem na jaře 2022 (kromě každoročně hnojené varianty). Bilance všech živin na obou plochách byla záporná. Kladná byla pouze bilance P a K při každoročním hnojení (při závlaze i bez závlahy).

5.5 Půdní vlastnosti

Makroprvky

pH – nejvyšší pH mají varianty hnojené pouze hnojem, nejnižší pH mají varianty hnojené nejvyšší úrovní všech živin. Zavlažované varianty mají pH vyšší.

P a K – nejnižší obsahy mají varianty hnojené pouze hnojem, nejvyšší obsahy mají varianty hnojené úrovněmi P3 a K3, zavlažované varianty mají obsah P a K nižší.

Mg – nejvyšší obsahy Mg v půdě mají varianty hnojené pouze hnojem a vysoké obsahy mají také varianty hnojené hnojem a nejnižší hladinou všech živin.

Ca – nejvíce Ca mají varianty kontrolní

Plocha zavlažovaná obsahuje více Mg, Ca a má vyšší hodnoty pH, plocha bez závlahy má vyšší obsah P a K.

Z hlediska začlenění do kategorií obsahu přístupných živin je obsah P a K kromě variant hnojených hnojem, případně hnojem a nejnižší úrovní všech živin vyšší, „vysoký“ až „velmi vysoký“. Obsah Ca je převážně „vyhovující“ až „dobrý“. Obsah Mg je „vyhovující“ až „dobrý“ na ploše bez závlahy, na ploše zavlažované je „velmi vysoký“. Příčinou vyššího obsahu Mg na ploše zavlažované může být značný vstup Mg prostřednictvím závlahové vody.

Mikroprvky a síra

Obsah mikroprvků je převážně na „dobré“ a „vysoké“ úrovni. Zavlažovaná plocha obsahuje více B, Zn, Mn. Plocha bez závlahy obsahuje více Cu a Fe.

Síra vstupuje prostřednictvím minerálního hnojení, proto jsou nejnižší obsahy síry variant hnojených pouze hnojem a hnojem + nejnižší úrovní všech živin. Varianty hnojené pouze hnojem mají obsahy síry v kategorii „nízkého“ obsahu. V roce 2022 byl obsah síry kromě variant hnojených pouze hnojem a hnojem + nejnižší úrovní minerálního hnojení v kategorii „vysokého obsahu“ na obou plochách.

5.6 Lyzimetry

Obsah živin

P a K se akumuluje více v horizontu 0-40 cm, Mg a Ca se akumuluje více v horizontu 40-60 cm.

Eluát

V roce 2021 byl eluát zachycen pouze v červnu, kdy byla aplikována závlaha. srážkami a závlahou vodou bylo dodáno celkem 141,7 mm vody. Průsak byl zachycen v obou horizontech (0-40 a 40-60 mm) v lyzimetru 1 ve svrchním horizontu lyzimetrů 2-3, v lyzimetru č. 4 eluát zachycen nebyl.

V roce 2022 byl eluát zachycen pouze v květnu, rovněž při aplikaci závlahy. Závlahou a srážkami bylo dodáno celkem 78,2 mm závlahové vody. Průsak byl zachycen v obou horizontech lyzimetrů 1-3, v lyzimetru 4 eluát zachycen nebyl.

Srážkami jsou nejvíce dodávány N, Ca, S, závlahou jsou nejvíce dodávány Ca, S a Cl. Nejvíce jsou vyplavovány Ca, S, N a Cl.

Dynamika minerálního dusíku v půdě

V horizontu 0-40 cm je obsah N_{min} vyšší než v horizontu 40-60 cm. Obsah N_{min} vzrůstal v pořadí L1 (pouze hnůj), L2 (hnůj + N1P1K1), L4 (hnůj + N3P3K3), L3 (hnůj + N2P2K2).

Od obvyklého jarního maxima a letního minima se dynamika minerálního dusíku odlišuje vysokými hodnotami N_{min} v roce 2021, kdy hodnota NO_3^- dosahuje rizikových hodnot (23 mg/kg). Tyto vysoké hodnoty mohou být v důsledku aplikace hnojiva na podzim 2020.

6 Celkové shrnutí

Minerální hnojení i závlaha výrazně ovlivnily výnosy i další sledované parametry. Minerální hnojení zvyšovalo výnos obou plodin již v nejnižší hladině oproti variantě hnojené pouze hnojem. Další stupňování dávek všech živin nemělo vliv na výnos kukuřice, ale zvyšovalo výnos ječmene. Stupňování fosforu a draslíku nemělo na výnos průkazný vliv, stejně tak se průkazně neprojevil vliv zásobního ani každoročního hnojení.

Vliv závlahy na výnos obou hodnocených plodin byl průkazný pro všechny varianty. Průměrný výnos všech variant byl průkazně vyšší při závlaze o 52 % v případě kukuřice, o 85 % v případě zrna ječmene a o 54 % v případě slámy ječmene. Závlaha také podpořila nárůst výnosu zrna ječmene až do nejvyšší úrovně hnojení všemi živinami, zatímco na ploše bez závlahy výnos zrna rostl pouze do nejnižší úrovně hnojení.

Kromě výnosu byly závlahou ovlivněny také kvalitativní parametry produkce. Závlaha snížila obsah N látek u obou plodin, a naopak zvýšila obsah škrobu v zrna kukuřice a HTZ ječmene. Bez závlahy byl obsah N-látek v zrna z hlediska sladovnické kvality příliš vysoký.

Rostoucí dávky NPK snižují hodnotu pH a zvyšují obsah P, K a S v půdě. Zavlažované varianty mají obsah P a K nižší. Závlaha také ovlivňuje obsah mikroprvků, zavlažovaná plocha obsahuje více B, Zn, Mn, zatímco plocha bez závlahy obsahuje více Cu a Fe. Síra vstupuje prostřednictvím minerálního hnojení, proto je obsahy síry nejvyšší u nejvíce hnojených variant.

7 Literatura

1. Zbíral, J. 2016. Determination of plant-available micronutrients by Mehlich 3. soil extractant – a proposal of critical values. *Plant, Soil and Environment*. 62. (11). 527-531.
2. Kulháněk, M., Balík, J., Sedlář, O., Zbíral, J., Smatanová, M., Suran, P. 2018. Stanovení přístupné síry v půdě metodou Mehlich 3. Certifikovaná metodika. ISBN: 978-80-213-2893-8.
3. Trávník, K. 1995. Stanovení ekologicky únosných obsahů minerálního dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů. Čermák, P., Dvorský, J., Klír, J., Kunzová, E., Rozsypal, R., Hejátková, K. 2007.
4. Smatanová, M. 2020. Porovnání účinnosti digestátů s různými typy hnojiv při hospodaření ve zranitelné oblasti. Výroční zpráva o výsledcích přesné polní zkoušky, 9. pokusný rok - 2019.
5. Tyrolová, Y. Co ovlivňuje kvalitu kukuřice pro siláž. [online]. *Agromanuál*. 1. 3. 2021 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky%2Fsklizen-a-skladovani%2Fsklizen-1%2Fco-ovlivnuje-kvalitu-kukurice-pro-silaz>>.