

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 ze stacionární polní zkoušky za rok 2019

Zpracoval: Ing. Silvie Jančíková
Markéta Vodáková
Oddělení výživy rostlin

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

Předkládá: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Metodika zkoušky	1
2.1	Varianty hnojení.....	1
2.2	Dávky živin	2
2.3	Vegetační sledování	3
2.4	Hodnocené parametry.....	3
2.5	Lyzimetrická sledování	3
3	Charakteristika pokusného místa.....	3
4	Výsledky.....	4
4.1	Průběh počasí	4
4.2	Zhodnocení výnosů za vegetační období 2018/2019	6
4.2.1	Výnos hlavního produktu	6
4.2.2	Výnos vedlejšího produktu.....	7
4.2.3	Statistické zpracování vlivu hnojení a vlivu závlahy	8
4.3	Produkce sušiny a odběr živin.....	9
4.4	Zhodnocení agrochemických rozborů půdy	13
4.4.1	Změna pH, potřeba vápnění	13
4.4.2	Hodnocení obsahu makroprvků.....	14
4.4.3	Hodnocení obsahu mikroprvků	15
4.5	Lyzimetry	16
4.5.1	Průměrné roční dávky živin variant s lyzimetry a průběh počasí v období I-XII	17
4.5.2	Agrochemické vlastnosti půdy	17
4.5.3	Množství eluátu, obsah živin a průvodních látek v zachyceném eluátu.....	17
4.5.4	Dynamika minerálního dusíku v půdě.....	18
5	Závěr.....	22
6	Literatura	23

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. Vyplývá 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 prvního roku (2019) 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 (JJ)	2024 – pšenice ozimá (PO)
2021 – kukuřice silážní (KS)	2025 – vojtěška čistý zásev (VO)
2022 – ječmen jarní (JJ)	2026 – vojtěška užitný rok (VO)

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

2.1 Varianty hnojení

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

2.2 Dávky živin

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

hladina živin	kg živin / ha	celkem kg živin / ha
N ₁ P ₁ K ₁	41 + 50 + 145	236
N ₂ P ₂ K ₂	69 + 75 + 210	354
N ₃ P ₃ K ₃	97 + 100 + 275	472

Tab. 2 Přehled dávek živin (kg/ha) v jednotlivých letech 6. osevního sledu (2019–2026)

Rok Plodina	Živina	Termín hnojení	Varianty hnojení, dávka živin kg/ha								
			1.CL.HN.	2.CHL.HN.+N1P1K1	3.CHL.HN.+N2P2K2	4.CHL.HN.+N3P3K3	5.CHL.HN.+N2P1K2	6.CHL.HN.+N2P3K2	7.CHL.HN.+N2P2K1	8.CHL.HN.+N2P2K3	9.CHL.HN.+N2P2K2
2019 Pšenice ozimá	P ₂ O ₅	Podzim 2018	0	100	150	200	100	200	150	150	75
	K ₂ O	Podzim 2018	0	290	420	550	420	420	290	550	210
	N	Podzim 2018	0	40	50	60	50	50	50	50	50
	N	Jaro 2019	0	20	25	40	25	25	25	25	25
	N	Jaro 2019	0	0	15	20	15	15	15	15	15
2020 Ječmen jarní	P ₂ O ₅	Podzim 2019	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	K ₂ O	Podzim 2019	0	0	0	0	0	0	0	0	210
	N	Jaro 2020	0	30	60	90	60	60	60	60	60
2021 Kukuřice na siláž	hnůj	Podzim 2020	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	P ₂ O ₅	Podzim 2020	0	100	150	200	100	200	150	150	75
	K ₂ O	Podzim 2020	0	290	420	550	420	420	290	550	210
	N	Jaro 2021	0	80	120	160	120	120	120	120	120
2022 Ječmen jarní	P ₂ O ₅	Podzim2021	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	K ₂ O	Podzim 2021	0	0	0	0	0	0	0	0	210
	N	Jaro 2022	0	30	60	90	60	60	60	60	60
2023 Řepka ozimá	hnůj	Podzim 2022	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	P ₂ O ₅	Podzim 2022	0	100	150	200	100	200	150	150	75
	K ₂ O	Podzim 2022	0	290	420	550	420	420	290	550	210
	N	Jaro 2023	0	65	90	115	90	90	90	90	90
2024 Pšenice ozimá	P ₂ O ₅	Podzim2023	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	K ₂ O	Podzim 2023	0	0	0	0	0	0	0	0	210
	N	Podzim 2023	0	40	50	60	50	50	50	50	50
	N	Jaro 2024	0	20	25	40	25	25	25	25	25
	N	Jaro 2024	0	0	15	20	15	15	15	15	15
2025 vojtěška	P ₂ O ₅	Podzim2025	0	100	150	200	100	200	150	150	75
	K ₂ O	Podzim 2025	0	290	420	550	420	420	290	550	210
	N	Jaro 2026	0	0	20	40	20	20	20	20	20
2026 vojtěška	P ₂ O ₅	Podzim 2026	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	K ₂ O	Podzim 2026	0	0	0	0	0	0	0	0	210
	N	Jaro 2026	0	0	20	40	20	20	20	20	20

Dusík se předset'ově aplikuje v síranu amonném a za vegetace v ledku amonném s vápencem. Předset'ově se též aplikuje **fosfor** v superfosfátu granulovaném a **draslík** v draselné soli.

Chlévský hnůj se aplikuje 2 x za osevní postup v dávce 40 t/ha. Naposledy byl aplikován na podzim r. 2014. V šestém osevším sledu bude aplikován ke kukuřici na podzim 2020 a k řepce na podzim 2022.

Vápnění se provádí mletým vápencem v dávce určené agrochemickým rozbořem půdy. Poslední vápnění bylo provedeno v r. 2003.

2.3 Vegetační sledování

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

2.4 Hodnocené parametry

Každoročně po sklizni plodiny se odebírá z každé varianty hnojení vzorek 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).

Po ukončení osevního postupu se z každé varianty hnojení odebírají průměrné vzorky o hmotnosti 1000 g a provádí se stejné rozbořování jako po sklizni každého roku, navíc se stanovují parametry půdní organické hmoty (Cox/NIR, TOC/NIR, Glom/NIR, N(NIR), Q4/Q6/NIR), zrnitostní složení a parametry půdního sorpčního komplexu (STV). Z podorničí se odebírají vzorky z kombinací 1, 2, 3 a 4 a v nich se provádí shodné analýzy jako u vzorků z ornice.

Po ukončení postupu se rovněž provede penetrometrické měření u kombinací 1, 2, 5 - vždy pět měření ze tří opakování kombinace pokusu (Penetrometr Eijkelkamp s GPS se sondou pro měření vlhkosti půdy).

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.

2.5 Lyzimetrická sledování

Pro detailnější sledování pohybu živin v půdě jsou od roku 1985 u stupňovaných dávek živin (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. Orniční vrstva 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 2018/2019 byly zpracovány údaje o průměrných teplotách a úhrnech srážek v jednotlivých měsících (datum setí 12.10.2018, sklizeň 31.7.2019). Následující tabulka (tab. 3) udává průběh povětrnostních podmínek a množství vody (mm) dodané závlahou.

Tab. 3 Průběh povětrnostních podmínek a množství dodané závlahy ve vegetačním období 2018/2019

rok měsíc	teploty (°C)			srážky (mm)			závlaha (mm)
	průměr	normál	Odchylka (°C)	měsíční suma	normál	Odchylka % normálu	
IX	16,7	15	+1,7	107	42	255	
X	12,0	9,6	+2,4	10	29	34	
XI	5,9	3,7	+2,2	15	38	39	
XII	2,3	0,3	+2,0	33	27	122	
I	-0,1	-1,2	+1,1	45	23	196	
II	3,2	0,4	+2,8	15	21	71	
III	7,7	4,8	+2,9	15	23	65	
IV	12,3	9,5	+2,8	26	34	76	30
V	13,1	14,9	-1,8	101	50	202	30
VI	23,1	17,9	+5,2	38	63	60	
VII	21,5	20,1	+1,4	85	64	133	
VIII	22,1	19,8	+2,3	43	47	91	
2018/19	11,7	9,6	+2,1	533	461	116	60

nadprůměrné teploty nadprůměrné srážky

Průměrná teplota v jednotlivých ročních vegetačních obdobích 2018/2019 se pohybovala nad dlouhodobým průměrem. Teploty překračovaly průměrnou teplotu o 1,1 (leden) až 5,2 °C (červen). Výjimkou je chladnější měsíc květen, kdy průměrná teplota byla o 1,8 °C nižší než dlouhodobý průměr v tomto měsíci. Průměrná teplota za celé vegetační období byla oproti dlouhodobému průměru vyšší o 2,1 °C.

Celkový úhrn srážek za celé vegetační období byl nad dlouhodobým průměrem (533 mm srážek, tj. 116 % dlouhodobého srážkového normálu). Nejvíce srážkově nadprůměrné bylo září (107 mm, tj. 255 % dlouhodobého normálu) a květen (101 mm, 202 % dlouhodobého normálu), vyskytovaly se ale i měsíce srážkově podprůměrné.

Z průběhu počasí na ZS Lednice je patrné, že nedochází k poklesu ročních srážkových úhrnů, ale kolísá množství srážek v jednotlivých měsících. Zřetelně se zvyšuje teplota v průběhu celého roku, která může být příčinou nedostatku půdní vláhy z důvodu zvýšené evapotranspirace.

Vliv počasí na stav porostu

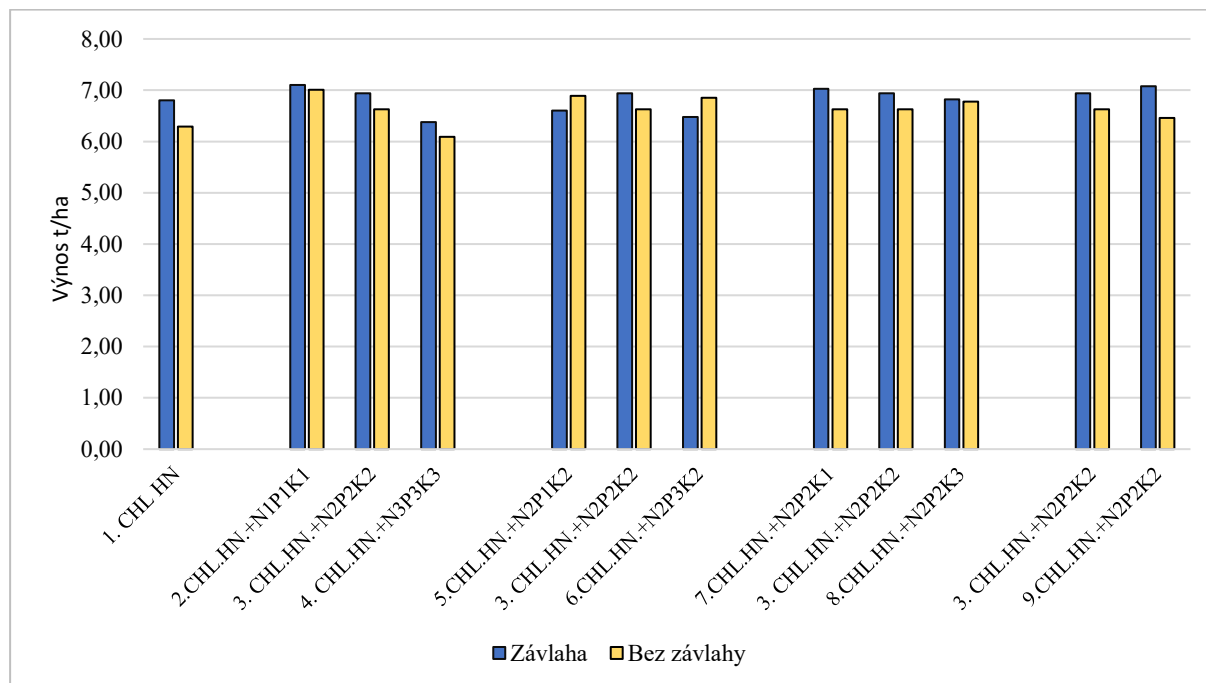
I když bylo září 2019 vláhově nadprůměrné, půdní vláha byla silně nedostačující již na začátku října. V dalších měsících se deficit ještě prohluboval. Porostu velmi prospěly až vydatnější srážky a nižší teploty v květnu. Červencové vydatní srážky a vysoké teploty pozitivně ovlivnily

nalévání zrn, ale mírně oddálily sklizeň a spolu se závlahou oslabily pevnost stébla - u některých variant došlo k polehnutí.

4.2 Zhodnocení výnosů za vegetační období 2018/2019

4.2.1 Výnos hlavního produktu

Graf 1 Výnos zrna pšenice ozimé, vliv minerálního hnojení, vliv závlahy (r. 2019)



Tab. 4 Vliv hnojení a závlahy na výnos zrna pšenice ozimé (r. 2019)

Varianta	1	2	3	4	5	3	6	7	3	8	3	9
Výnos Z* (t/ha)	6,80	7,10	6,94	6,38	6,60	6,94	6,48	7,03	6,94	6,82	6,94	7,08
Vliv hnojení Z (%)	100,0	104,4	102,1	93,8	97,1	102,1	95,3	103,4	102,1	100,3	102,1	104,1
Výnos BZ* (t/ha)	6,29	7,01	6,63	6,09	6,89	6,63	6,85	6,63	6,63	6,78	6,63	6,46
Vliv hnojení BZ (%)	100,0	111,5	105,4	96,8	109,5	105,4	108,9	105,4	105,4	107,8	105,4	102,7
Vliv závlahy (%) BZ = 100 %	108,1	101,3	104,7	104,8	95,8	104,7	95,3	106,0	104,7	107,8	104,7	109,6

*Z – závlaha, BZ – bez závlahy

Vliv minerálního hnojení

Vliv minerálního hnojení na obou plochách je patrný, většinou ale pro dosažení maximálního nárůstu výnosu oproti variantě hnojené pouze hnojem postačuje poměrně nízký vsup dalších živin a jejich stupňování již nepřináší významný efekt. V případě stupňování všech živin (varianty 2 až 4) dochází dokonce k poklesu výnosu zrna. Jako možné vysvětlení poklesu výnosu lze uvést případné zasolení půdy nadbytkem minerálního hnojení. Na ploše se závlahou bylo zaznamenáno zvyšování i snižování výnosu variant hnojených i minerálně oproti variantě hnojené pouze hnojem. Výnos hlavního produktu (zrna) pšenice ozimé byl u minerálně hnojených variant zvýšen o 2,1 až 4,4 % a snížení výnosu bylo v obdobném rozsahu. Také na

ploše bez závlahy se výnos vlivem minerálního hnojení zvyšoval (o 2,7 až 11,5 %), pokles výnosu o 3,2 % byl zaznamenán u varianty 4. (CHL.HN. + N3P3K3).

HTS, obsah N-látek

Tab. 5 HTS, obsah N-látek, pšenice ozimá (r. 2019)

Varianta	1	2	3	4	5	3	6	7	3	8	3	9
HTS Z* (g)	42,26	37,77	36,52	35,51	37,61	36,52	38,17	36,70	36,52	37,11	36,52	35,92
N-látky Z (%)	10,77	12,79	13,79	14,42	13,73	13,79	13,77	13,57	13,79	13,63	13,79	13,26
HTS BZ (g)	41,30	39,74	37,65	36,29	37,60	37,65	37,30	37,54	37,65	36,01	37,65	37,26
N-látky BZ (%)	10,25	11,47	12,46	14,06	13,22	12,46	13,17	13,28	12,46	13,25	12,46	12,96

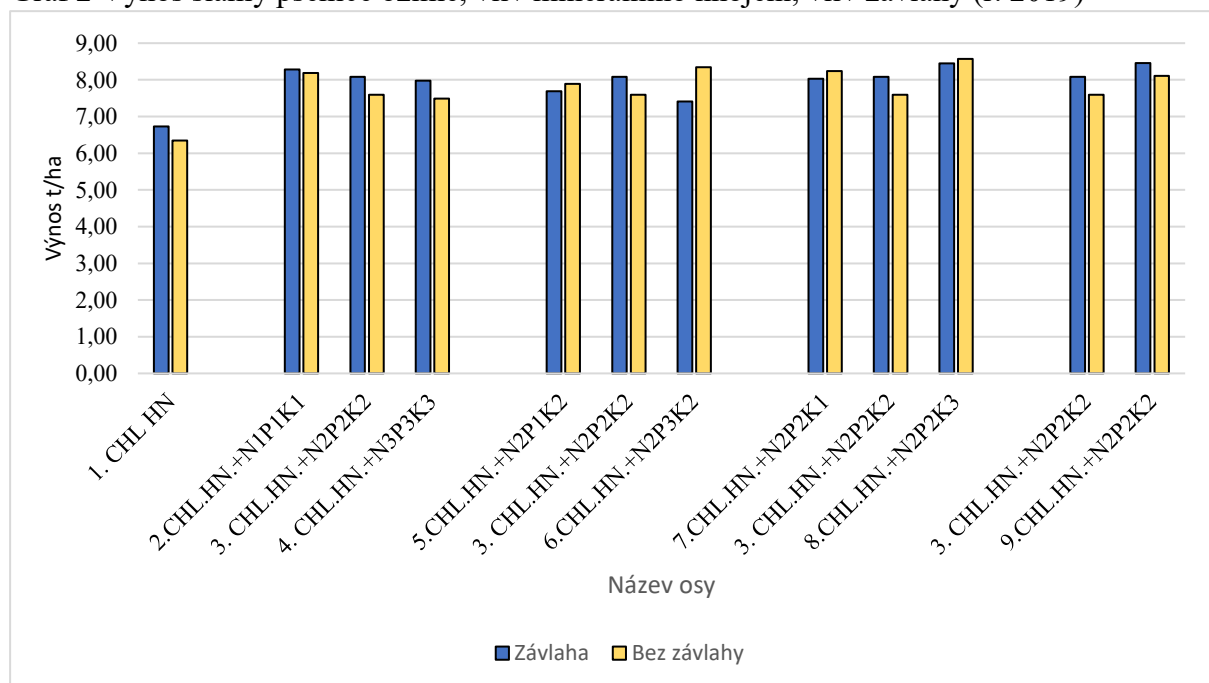
Nejvyšší HTS (na obou plochách) má varianta hnojená pouze chlévským hnojem, ale při srovnání s ostatními variantami má nejnižší obsah N-látek. Vliv minerálního hnojení není patrný a vliv závlahy na HTS se spíše neprojevil.

Vliv závlahy

Pozitivní vliv závlahy na výnos zrna pšenice je patrný u většiny variant, ale není příliš velký. Závlahou byl výnos zrna navýšen o 1,3 až 9,6 %. U dvou variant byl naopak zaznamenán na ploše se závlahou pokles výnosu okolo 4 % (5 CHL.HN. + N2P1K2 a 6.CHL.HN. + N2P3K2).

4.2.2 Výnos vedlejšího produktu

Graf 2 Výnos slámy pšenice ozimé, vliv minerálního hnojení, vliv závlahy (r. 2019)



Tab. 6 Vliv hnojení a závlahy na výnos slámy pšenice ozimé (r. 2019)

Varianta	1	2	3	4	5	3	6	7	3	8	3	9
Výnos Z* (t/ha)	6,73	8,28	8,08	7,98	7,69	8,08	7,41	8,03	8,08	8,45	8,08	8,46
Vliv hnojení Z (%)	100,0	123,0	120,1	118,6	114,3	120,1	110,1	119,3	120,1	125,6	120,1	125,7
Výnos BZ* (t/ha)	6,35	8,19	7,59	7,49	7,89	7,59	8,34	8,24	7,59	8,57	7,59	8,11
Vliv hnojení BZ	100,0	129,0	119,5	118,0	124,3	119,5	131,3	129,8	119,5	135,0	119,5	127,7
Vliv závlahy (%), BZ =	106,0	101,1	106,5	106,5	97,5	106,5	88,9	97,5	106,5	98,6	106,5	104,3

Vliv minerálního hnojení

Výnos slámy se v případě aplikace minerálního hnojení zvýšil u všech variant, a to výrazněji než výnos zrna (až o 25,7 % na ploše zavlažované a až o 35 % na ploše bez závlahy, tj. asi o 1,73 a 2,2 t). Podobně jako pro výnos zrna přináší i pro výnos slámy dostatečný efekt již nízká úroveň minerálního hnojení a je také patrný pokles výnosu při zvyšování vstupů všech živin (varianty 2 až 4).

Vliv závlahy

Vliv závlahy na výnos slámy je malý, podobně jako na výnos zrna. Vlivem závlahy se výnos slámy zvýšil o 1,1 až 6,5 %, na zavlažované ploše byl ale zaznamenán i pokles výnosu oproti ploše nezavlažované.

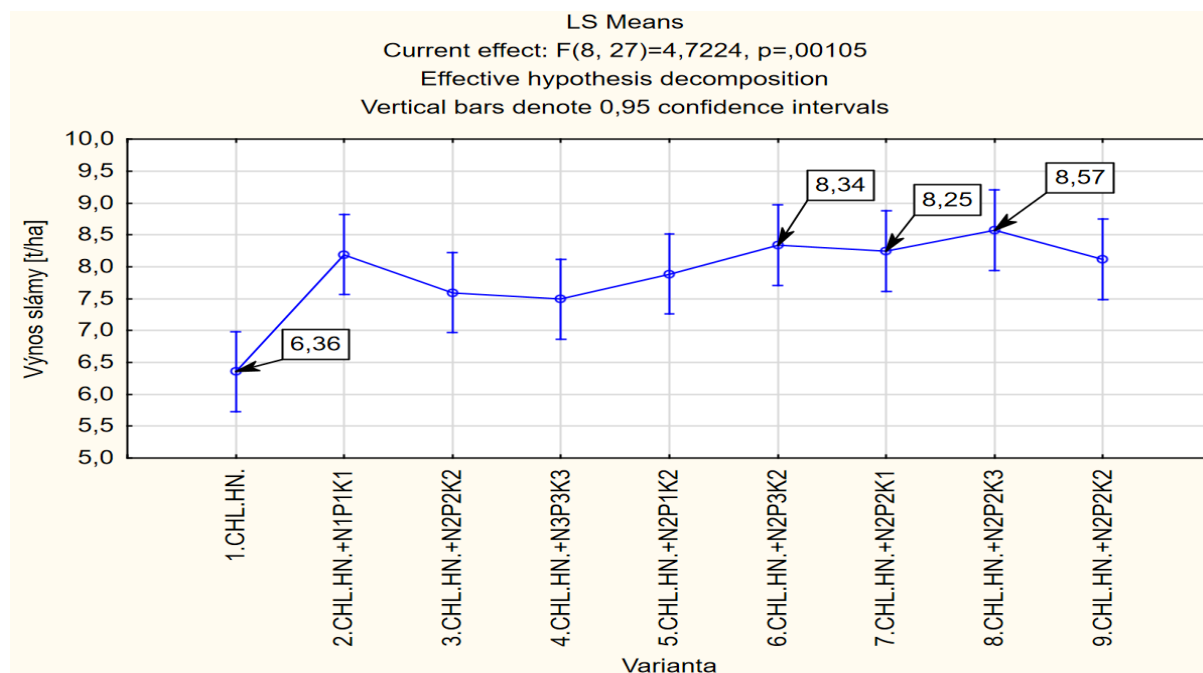
Srovnání varianty hnojené zásobně a každoročně

Varianta 9 (CHL. HN.+N2P2K2) hnojená každoročně dosahovala na ploše zavlažované vyšších výnosů zrna i slámy než varianta hnojená zásobně (var. 3 CHL. HN.+N2P2K2). Je patrné, že rostliny pšenice dokáží nejlépe využít živiny v případě každoročního hnojení a v podmínkách optimální závlahy.

4.2.3 Statistické zpracování vlivu hnojení a vlivu závlahy

Pro statistické zpracování výsledků byl použit program Statistica, verze 13.5. K vyhodnocení vlivu minerálního hnojení na výnos hlavního produktu byla použita analýza rozptylu jednofaktorová ANOVA pro hladinu významnosti α 0,05 a následně Scheffeho test. Pro vyhodnocení vlivu závlahy byl použit t-test. Jako statisticky významný byl vyhodnocen vliv min. hnojení na výnos slámy pšenice ozimé na ploše bez závlahy. Vliv závlahy se neprokázal.

Graf 3 Vliv intenzity hnojení na výnos slámy pšenice ozimé na ploše bez závlahy (2018/2019)



Oproti variantě hnojené pouze hnojem se statisticky lišily varianty 6, 7 a 8 (zvýšení výnosu o 1,98; 1,89 a 2,21 t/ha.

4.3 Produkce sušiny a odběr živin

Tab. 7 Produkce sušiny (t/ha) a odběr živin (kg/ha) HP +VP, pšenice

Varianta hnojení		1	2	3	4	5	3	6	7	3	8	3	9
Závlaha	Sušina	11,64	13,23	12,92	12,35	12,29	12,92	11,95	12,95	12,92	13,13	12,92	13,36
	N	126,2	161,7	171,6	172,8	162,2	171,6	162,3	176,5	171,6	172,1	171,6	171,9
	P	28,7	33,7	35,0	35,0	32,8	35,0	34,1	37,3	35,0	35,7	35,0	35,6
	K	55,0	66,7	71,3	68,2	66,9	71,3	65,4	69,8	71,3	74,2	71,3	75,2
	Mg	12,8	13,5	12,4	13,0	12,3	12,4	12,3	13,78	12,4	13,4	12,4	13,2
	Ca	14,5	18,2	19,5	23,5	18,8	19,5	19,9	20,7	19,5	23,0	19,5	22,0
Bez závlahy	Sušina	10,87	13,07	12,23	11,68	12,71	12,23	13,06	12,79	12,23	13,20	12,23	12,53
	N	113,3	149,0	155,7	158,7	165,4	155,7	168,6	165,7	155,7	168,2	155,7	157,2
	P	25,0	33,4	32,0	32,4	34,2	32,0	36,6	35,5	32,0	35,8	32,0	33,2
	K	53,4	74,3	64,7	73,4	82,8	64,7	84,9	82,3	64,7	82,3	64,7	66,7
	Mg	11,2	12,1	10,8	10,6	11,8	10,8	12,0	12,5	10,8	12,0	10,8	12,0
	Ca	14,9	25,6	24,3	20,2	21,1	24,3	24,9	25,7	24,3	25,1	24,3	24,9

Na ploše se závlahou je produkce sušiny vyšší. Na ploše se závlahou je i vyšší odběr živin N, P a Mg. Naopak odběr Ca je vyšší na ploše bez závlahy.

Bilance živin

V prvním roce šestého osevního sledu bylo provedeno zásobní hnojení fosforem a draslíkem k pšenici (kromě varianty 9 hnojené každoročně). Do bilance N, P a K je započítáno minerální hnojení těmito prvky, dále pak vstup těchto živin ve srážkové a závlahové vodě. Hořčíkem a vápníkem není minerálně hnojeno, v bilanci živin je tedy započítán pouze vstup ve srážkové a závlahové vodě. Hnůj do bilance v r. 2019 započítán není. Hnůj byl použit naposled na podzim v r. 2014 a počítá se s jeho využitelností plodinou po dobu 2 let. Detailní přehled o vstupech živin uvádí tabulka 8 (vstupy živin jsou uvedeny pouze pro plochu zavlažovanou, na ploše bez závlahy jsou vstupy živin dodané závlahou odečteny). V případě bilance dusíku je třeba zohlednit také vliv předplodiny (vojtěška), a tedy vstup N jeho symbiotickou fixací. Tento vstup dusíku není uveden. Uvažované množství N poutaného z ovzduší vojtěškou činí asi 240 kg/ha.

Živiny ve srážkové a závlahové vodě

Závlahová voda obsahuje oproti vodě srážkové větší množství K, Mg a Ca, dále značné množství S, Na a Cl. Přehled obsahu živin ve srážkové a závlahové vodě uvádí tabulka 9.

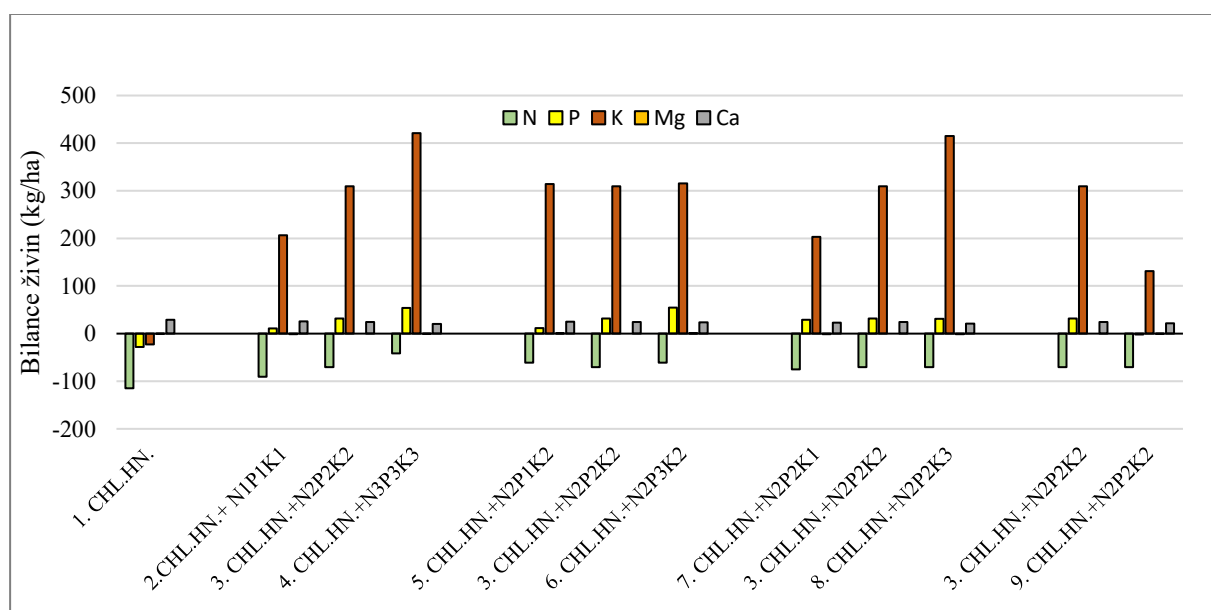
Tab. 8 Vstupy živin, odběry a bilance (kg/ha) 2018/2019 (pšenice ozimá)

Varianta hnojení	1. CHL.HN.	2.CHLHN. +N1P1K1	3.CHLHN. +N2P2K2	4.CHLHN. +N3P3K3	5.CHLHN. +N2P1K2	6.CHLHN. +N2P3K2	7.CHLHN. +N2P2K1	8.CHLHN. +N2P2K3	9.CHLHN. +N2P2K2
N čistých živin	0	60	90	120	90	90	90	90	90
N hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N srážky	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
N závlaha	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
N celkem	11,4	71,4	101,4	131,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4
Odběr Z	126,2	161,7	171,6	172,8	162,2	162,3	176,5	172,1	171,9
Bilance Z	-114,8	-90,3	-70,2	-41,4	-60,8	-60,9	-75,1	-70,7	-70,5
Odběr BZ	113,3	149,0	155,7	158,7	165,4	168,6	165,7	168,2	157,2
Bilance BZ	-107,9	-83,6	-60,3	-33,3	-70,0	-73,2	-70,3	-72,8	-61,8
P čistých živin	0	44	66	88	44	88	66	66	33
P hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P srážky	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
P závlaha	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P celkem	0,6	44,6	66,6	88,6	44,6	88,6	66,6	66,6	33,6
Odběr Z	28,7	33,7	35	35	32,8	34,1	37,3	35,7	35,6
Bilance Z	-28,1	10,9	31,6	53,6	11,8	54,5	29,3	30,9	-2,0
Odběr BZ	25,0	33,4	32,0	32,4	34,2	36,6	35,5	35,5	33,2
Bilance BZ	-24,6	11,0	34,4	56,0	10,2	51,8	30,9	30,9	0,2
K čistých živin	0	240,7	348,6	456,5	348,6	348,6	240,7	456,5	174,3
K hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K srážky	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
K závlaha	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7
K celkem	32,4	273,1	381,0	488,9	381,0	381,0	273,1	488,9	206,7
Odběr Z	55,0	66,7	71,3	68,2	66,9	65,4	69,8	74,2	75,2
Bilance Z	-22,6	206,4	309,7	420,7	314,1	315,6	203,3	414,7	131,5
Odběr BZ	53,4	74,3	64,7	73,4	82,8	84,9	82,3	85,2	66,7
Bilance BZ	-51,7	168,1	285,6	384,8	267,5	265,4	160,1	373,0	109,3
Mg hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg srážky	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Mg závlaha	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
Mg celkem	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Odběr Z	12,8	13,5	12,4	13,0	12,3	12,3	13,8	13,4	13,2
Bilance Z	-0,4	-1,1	0,0	-0,6	0,1	0,1	-1,4	-1,0	-0,8
Odběr BZ	11,2	12,1	10,8	10,6	11,8	12,0	12,5	12,0	12,0
Bilance BZ	-10,9	-11,8	-10,5	-10,3	-11,5	-11,7	-12,2	-11,7	-11,7
Ca hnůj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca srážky	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Ca závlaha	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8	35,8
Ca celkem	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
Odběr Z	14,5	18,2	19,5	23,5	18,8	19,9	20,7	23,0	22,0
Bilance Z	29,3	25,6	24,3	20,3	25,0	23,9	23,1	20,8	21,8
Odběr BZ	14,9	25,6	24,3	20,2	21,1	24,9	25,7	25,1	24,9
Bilance BZ	-6,9	-17,6	-16,3	-12,2	-13,1	-16,9	-17,7	-17,1	-16,9

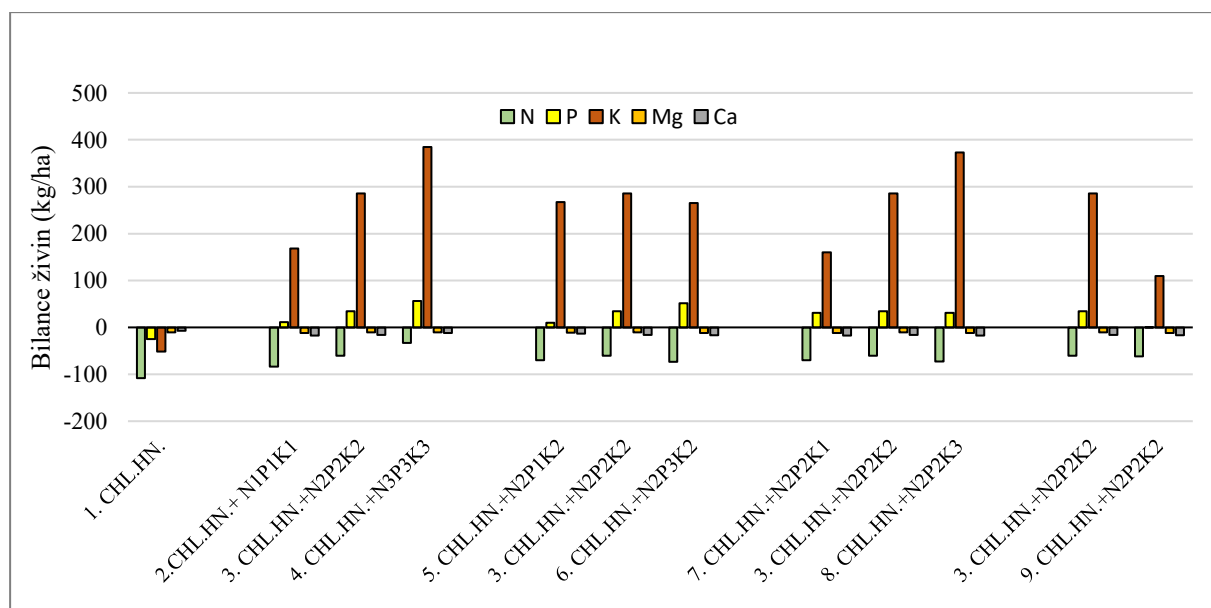
Tab. 9 Průměrný roční obsah živin a průvodních látek ve srážkové a závlahové vodě v kg/ha (I-XII)

	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ⁻
Srážková voda	5,4	1,5	2,8	5,0	0,4	1,7	0,3	8,0	1,6	7,1
Závlahová voda	6,0	0,1	38,9	7,6	0,2	30,7	12,1	35,8	30,7	63,0

Graf 4 Bilance živin, pšenice 2018/2019, závlaha



Graf 5 Bilance živin, pšenice 2018/2019, bez závlahy



Zhodnocení bilance živin (na ploše se závlahou i na ploše bez závlahy)

Bilance **dusíku** bez zohlednění jeho vstupu symbiotickou fixací předplodiny je u všech variant záporná, nejvíce záporná je u varianty se závlahou hnojené pouze hnojem (var. 1; -114,8 kg/ha). Jak uvádí Čermák a kol. (2007), předpokládaný vstup dusíku dodaný předplodinou (vojtěška) je asi 240 kg/ha. Po započítání tohoto vstupu je již u varianty 1 (s absencí minerálního hnojení) bilance kladná a dosahuje 125 kg/ha.

Bilance **fosforu** je záporná u varianty hnojené pouze hnojem (var. 1, nejvíce záporná je na ploše se závlahou -28,1 kg/ha). U varianty, která není hnojena zásobně (9. N2P2K2) je bilance fosforu téměř vyrovnaná -2,0 (závlaha) a 0,2 kg/ha (bez závlahy), jinak je bilance kladná.

Bilance **draslíku** je, podobně jako bilance fosforu, záporná u varianty hnojené pouze hnojem (var. 1; nejvíce záporná na ploše bez závlahy, -51,7 kg/ha, jinak je bilance kladná i u varianty, která není hnojena zásobně. V každoroční dávce minerálního hnojení je dodáváno množství draslíku (174,3 kg/ha, tab. 8) které výrazně převyšuje odběr živin pšenicí (asi 70 kg/ha, tab. 8).

Bilance **hořčíku** je téměř vyrovnaná na ploše se závlahou, na pokrytí spotřeby hořčíku rostlinou pšenice by bylo dostačující jeho množství dodávané v závlahové vodě. Na ploše bez závlahy je jeho bilance mírně záporná (-10,9 až -12,2 kg/ha).

Bilance **vápníku** je u všech variant na ploše se závlahou kladná, množství vápníku dodávané závlahovou a srážkovou vodou je větší než jeho spotřeba rostlinou. Na ploše bez závlahy je jeho bilance mírně záporná u všech variant (-6,9 až -17,6 kg/ha).

4.4 Zhodnocení agrochemických rozborů půdy

4.4.1 Změna pH, potřeba vápnění

Tab. 10 Hodnota pH na podzim 2019 (poslední vápnění v r. 2003)

Závlaha			Bez závlahy		
Varianta	2004	2019	Varianta	2004	2019
1. CHL.HN.	7	6,4	1. CHL.HN.	6,7	6,1
2. CHL.HN.+N1P1K1	6,9	6,3	2. CHL.HN.+N1P1K1	6,7	6,0
3. CHL.HN.+N2P2K2	6,7	6,0	3. CHL.HN.+N2P2K2	6,5	5,8
4. CHL.HN.+N3P3K3	6,5	5,9	4. CHL.HN.+N3P3K3	6,3	5,7
5. CHL.HN.+N2P1K2	6,7	6,3	5. CHL.HN.+N2P1K2	6,4	5,7
3. CHL.HN.+N2P2K2	6,7	6,0	3. CHL.HN.+N2P2K2	6,5	5,8
6. CHL.HN.+N2P3K2	6,7	6,1	6. CHL.HN.+N2P3K2	6,4	5,7
7. CHL.HN.+N2P2K1	6,9	6,2	7. CHL.HN.+N2P2K1	6,4	5,8
3. CHL.HN.+N2P2K2	6,7	6,0	3. CHL.HN.+N2P2K2	6,5	5,8
8. CHL.HN.+N2P2K3	6,9	6,4	8. CHL.HN.+N2P2K3	6,5	5,8
3. CHL.HN.+N2P2K2	6,7	6,0	3. CHL.HN.+N2P2K2	6,5	5,8
9. CHL.HN.+N2P2K2	6,8	6,3	9. CHL.HN.+N2P2K2	6,5	5,8

V průběhu 15 let došlo k významnému poklesu pH na ploše se závlahou i bez závlahy, což je patrné především na minerálně hnojených variantách. Vápnění vyžadují všechny varianty (pH < 6,5) (Trávník a kol., 2014). Zřetelně se projevil pokles pH v závislosti na stupňování hnojení všemi živinami (varianty 2 až 4) – varianta s nejvyšší intenzitou hnojení (4. CHL.HN.+N3P3K3) vykazuje nejnižší pH (5,9 a 5,7).

Na ploše se závlahou dosahuje pH vyšších hodnot než na ploše bez závlahy, což může být způsobeno bazickými kationty dodávanými v závlahové vodě. Vyšší hodnoty pH na ploše se závlahou jsou zjištěny také u varianty hnojené každoročně než u varianty, která je hnojena zásobně.

4.4.2 Hodnocení obsahu makroprvků

Tab. 11 Kritéria hodnocení přístupného fosforu, draslíku a hořčíku (Mehlich 3) pro střední půdy

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

Tab. 12 Hodnocení poměru draslíku a hořčíku

poměr	Hodnota K/Mg
dobrý	do 1,6
vyhovující	1,6 – 3,2
nevyhovující	nad 3,2

Zdroj: Trávník a kol., 2014

Tab. 13 Obsah přístupných živin po sklizni, r. 2019, horizont 0-30 cm

varianta hnojení závlaha	pH/CaCl ₂	obsah přístupných živin v mg/kg (Mehlich 3)				
		P	K	Mg	K/Mg	Ca
1. CHM	6,4	80	246	402	0,6	3020
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	6,3	102	315	383	0,8	2963
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,0	123	369	363	1,0	2829
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	5,9	152	452	352	1,3	2818
5. CHM + N ₂ P ₁ K ₂	6,3	106	411	368	1,1	3088
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,0	123	369	363	1,0	2829
6. CHM + N ₂ P ₃ K ₂	6,1	147	406	378	1,1	2946
7. CHM + N ₂ P ₂ K ₁	6,2	116	307	385	0,8	3034
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,0	123	369	363	1,0	2829
8. CHM + N ₂ P ₂ K ₃	6,4	119	457	358	1,3	3216
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,0	123	369	363	1,0	2829
9. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,3	119	366	373	1,0	3103
bez závlahy						
1. CHM	6,1	107	272	245	1,1	3019
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	6,0	140	386	237	1,6	2929
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	5,8	170	490	208	2,4	2805
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	5,7	180	553	206	2,7	2679
5. CHM + N ₂ P ₁ K ₂	5,7	157	514	210	2,4	2691
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	5,8	170	490	208	2,4	2805
6. CHM + N ₂ P ₃ K ₂	5,7	211	542	217	2,5	2804
7. CHM + N ₂ P ₂ K ₁	5,8	163	429	231	1,9	2858
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	5,8	170	490	208	2,4	2805
8. CHM + N ₂ P ₂ K ₃	5,8	189	618	212	2,9	2827
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	5,8	170	490	208	2,4	2805
9. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	5,8	169	454	218	2,1	2841

Na ploše zavlažované jsou nižší obsahy fosforu a draslíku než na ploše bez závlahy (možné odčerpání výnosy, vyplavování závlahami). Obsah hořčíku a vápníku je na ploše se závlahou naopak vyšší, což může být způsobeno značným obsahem těchto prvků v závlahové vodě.

Zásobenost půdy fosforem, draslíkem a hořčíkem vykazuje dle hodnotících kritérií (tab. 13) vysokých až velmi vysokých obsahů.

Poměr draslíku a hořčíku na ploše se závlahou dosahuje hodnot do 1,6 a řadí se tedy do kategorie „dobrý“ (tab. 13). Na ploše bez závlahy je tento poměr širší, většina hodnot se pohybuje v rozmezí kategorie „vyhovující“. Důvodem tohoto širšího poměru je skutečnost, že na ploše bez závlahy není dodáván hořčík, který závlahová voda ve značném množství obsahuje. Na ploše bez závlahy hnojené nejvyšší dávkou draslíku - varianty 4 (CHL.HN.+N3P3K3) a 8 (CHL.HN.+N2P2K3) dosahuje poměr K/Mg hodnot nejvyšších (2,7 a 2,9) a lze tedy v budoucnu očekávat problémy s příjmem hořčíku.

4.4.3 Hodnocení obsahu mikroprvků

Tab.14 Kritéria pro hodnocení obsahu mikroprvků v půdách stanovených metodou 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

¹⁾ Doporučeno pro obiloviny

²⁾ Je doporučeno hnojit na půdách obsahujících méně Cu než 45 mg/kg

Zdroj: Čermák a kol., 2017

Tab. 15 Kritéria pro hodnocení obsahu síry v půdách stanovených metodou Mehlich 3

Obsah síry (mg/kg)	Kategorie	Doporučení pro hnojení S
<10	velmi nízká	Aplikovat 100 % celkového odběru
11-20	nízká	Aplikovat 75 % celkového odběru
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

Zdroj: Kulhánek a kol., 2018

Následující tabulka (tab. 16) uvádí obsah mikroprvků a přístupné síry v půdě po sklizni pšenice ozimé, barevně jsou zvýrazněny obsahy dle hodnotících kritérií uvedených v tabulkách výše (tab. 14 a 15).

Tab. 16 Obsah mikroprvků a přístupné síry po sklizni, r. 2019, horizont 0 – 30 cm

varianta hnojení závlaha	Obsah mikroprvků a přístupné síry (mg/kg)					
	B	Cu	Zn	Mn	Fe	S
1. CHM	1,47	5,18	4,99	251	191	13
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	1,46	5,18	5,41	252	186	15
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	1,26	4,90	9,79	240	204	19
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	1,23	4,89	5,04	225	207	27
5. CHM + N ₂ P ₁ K ₂	1,38	5,03	4,65	245	191	20
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	1,26	4,90	9,79	240	204	19
6. CHM + N ₂ P ₃ K ₂	1,38	4,94	5,45	238	198	24
7. CHM + N ₂ P ₂ K ₁	1,44	5,00	6,34	252	187	19
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	1,26	4,90	9,79	240	204	19
8. CHM + N ₂ P ₂ K ₃	1,41	4,83	5,74	242	177	20
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	1,26	4,90	9,79	240	204	19
9. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	1,45	5,09	7,32	249	192	18
Bez závlahy						
1. CHM	1,10	6,17	4,78	219	203	12
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	1,05	6,00	4,84	220	212	15
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	0,93	5,78	4,36	193	215	17
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	0,86	6,01	3,71	194	232	20
5. CHM + N ₂ P ₁ K ₂	0,90	5,66	5,30	202	217	17
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	0,93	5,78	4,36	193	215	17
6. CHM + N ₂ P ₃ K ₂	0,97	6,09	5,47	214	244	21
7. CHM + N ₂ P ₂ K ₁	0,97	5,78	7,48	211	228	18
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	0,93	5,78	4,36	193	215	17
8. CHM + N ₂ P ₂ K ₃	1,01	5,84	3,92	200	234	21
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	0,93	5,78	4,36	193	215	17
9. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	0,95	5,86	3,62	197	216	17

Obsahy mikroprvků dosahují na obou plochách dobrého až vysokého obsahu. Na ploše se závlahou jsou vyšší obsahy B, Zn a Mn a nižší obsahy Fe a Cu než na ploše bez závlahy.

Obsah síry v půdě vykazuje převážně obsah nízký, vyšší obsahy jsou na ploše se závlahou, což je zřejmě způsobeno dodáváním síry závlahovou vodou.

4.5 Lyzimetry

Lyzimetrické sledování je zpracováváno za kalendářní rok u variant 1 (var. pouze chlévský hnůj) 2, 3 a 4 (stupňování všech živin). V zachyceném eluátu se stanovuje obsah živin, v půdních horizontech 0-40 a 40-60 cm se sleduje obsah živin a zásoba minerálního dusíku ve stanovených termínech (dynamika minerálního dusíku v půdě).

Je spočítána bilance dusíku za období I-XII zohledňující minerální zásobu dusíku v půdě a jeho ztráty vyplavením.

4.5.1 Průměrné roční dávky živin variant s lyzimetry

Tab. 17 Průměrné roční dávky živin dodané minerálním hnojením a hnojem za osevní sled

živiny	CHL.HN.	CHL.HN. + N ₁ P ₁ K ₁	CHL.HN. + N ₂ P ₂ K ₂	CHL.HN. + N ₃ P ₃ K ₃
	Lyzimetr 1	Lyzimetr 2	Lyzimetr 3	Lyzimetr 4
N	31	72	100	348
P	11	61	86	111
K	34,5	180	244,5	309,5

Hnůj – aplikován 2 x za osevní sled v dávce 40 t/ha, průměrný roční vstup Mg = 13 kg/ha, Ca = 56 kg/ha

4.5.2 Agrochemické vlastnosti půdy

Tab. 18 Obsah živin v půdě (mg/kg) a pH před hnojením na jaře 2019, Mehlich 3

Horizont	pH	P	K	Mg	Ca
0-40 cm					
1. CHM	7,0	42	242	486	3600
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	6,9	126	500	482	3450
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,1	93	360	319	2550
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	5,6	147	515	366	5750
40-60 cm					
1. CHM	7,0	19	185	459	3690
2. CHM + N ₁ P ₁ K ₁	7,0	55	284	509	3720
3. CHM + N ₂ P ₂ K ₂	6,5	40	260	456	4140
4. CHM + N ₃ P ₃ K ₃	6,4	43	260	437	3610

Ve spodním horizontu je větší koncentrace hořčíku a vápníku, proto je také pH spodního horizontu vyšší.

4.5.3 Množství eluátu, obsah živin a průvodních látek v zachyceném eluátu, průběh počasí v období I-XII

Tab. 19 Množství zachyceného eluátu za rok 2019 (I-XII)

rok	lyzimetr č.	horizont (cm)	datum	eluát (ml)	průsak (l/ha)	ekvivalent (mm)	% roční sumy srážek
2019	1	0-40	8.2.2019	1425,0	71250,0	7,1	1,3
	1	0-60	-	-	-	-	-
	2	0-40	18.9.2019	1910,0	95500,0	9,6	1,8
	2	0-60	-	-	-	-	-
	3	0-40	8.2.2019	6098,0	304900,0	30,5	5,6
	3		18.9.2019	2950,0	147500,0	14,8	2,7
	3	0-60	18.9.2019	2000,0	100000,0	10,0	1,9
	4	0-40	-	-	-	-	-
4	0-60	-	-	-	-	-	

Eluát byl zachycen v měsíci únoru (měsíční suma srážek 15 mm) a září (měsíční suma srážek 50 mm, 30 mm závlahové vody), (tab. 20). V horizontu 0-60 cm byl eluát zachycen pouze 1 x (v září).

Tab. 20 Průběh povětrnostních podmínek a množství dodané závlahy v období I-XII /2019

rok měsíc	teploty (°C)			srážky (mm)			závlaha (mm)
	průměr	normál	Odchylka (°C)	měsíční suma	normál	Odchylka % normálu	
I	-0,1	-1,2	+1,1	45	23	197	
II	3,2	0,4	+2,8	15	21	72	
III	7,7	4,8	+2,9	15	23	66	
IV	12,3	9,5	+2,8	26	34	76	
V	13,1	14,9	-1,8	101	50	202	
VI	23,1	17,9	+5,2	38	63	60	
VII	21,5	20,1	+1,4	85	64	133	
VIII	22,1	19,8	+2,3	43	47	90	30
IX	16,2	15,0	+1,2	50	42	119	30
X	11,3	9,6	+1,7	39	29	133	
XI	8,1	3,7	+3,7	39	38	103	
XII	3,0	0,3	+0,3	44	27	163	
2019	11,8	9,6	+2,2	540	461	117	60

nadprůměrné teploty nadprůměrné srážky

Tab.21 Přehled obsahu živin a průvodních látek v zachyceném eluátu (kg/ha), r. 2019 (I-XII)

Lyzimetr č.	Horizont	mm	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	pH	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄ ⁻
1. CHL.HN.	0-40	7,1	1,6	0,0	7,5	7,8	0,0	0,4	2,3	12,1	3,0	11,0
2. CHL.HN. + N ₁ P ₁ K ₁	0-40	9,6	1,3	0,0	1,0	7,4	0,3	0,6	0,9	5,3	1,5	9,8
3. CHL.HN. + N ₂ P ₂ K ₂	0-40	45,2	12,6	0,0	10,0	7,1	0,2	1,3	5,3	28,7	4,2	20,9
	0-60	10,0	0,3	0,0	1,1	7,9	0,0	0,6	1,4	1,1	1,3	7,3

Nejvíce je vyplavován vápník, síra a chlor, nejméně naopak fosfor a draslík. Ke ztrátám živin nedochází, neboť voda neproniká do odběrové hloubky 80 cm, která se považuje za nedostupnou pro rostliny.

4.5.4 Dynamika minerálního dusíku v půdě

Tab. 22 Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg/kg), zkušební stanice Lednice, 171 m. n. m

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 20,1	nad 16,1

Zdroj: Trávník, 1995

Obsah minerálního dusíku v půdě v jednotlivých horizontech příslušných variant

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

Tab. 23 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 1 CHL.HN.

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2018 před zámrzem	20,8	0,2	21	126
2019 před vyhnojením	5,8	0,2	6,0	36,2
2019 po sklizni	9,9	0,5	10,4	62,8
2019 před zámrzem	6,0	0,2	6,2	37,0
Horizont 40-60 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2018 před zámrzem	15,8	0,2	16,0	48,1
2019 před vyhnojením	9,7	0,2	9,9	29,8
2019 po sklizni	6,2	0,2	6,4	19,3
2019 před zámrzem	2,1	0,4	2,5	7,4

Tab. 24 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 2 CHL.HN. + N1P1K1

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2018 před zámrzem	25,6	1,4	27,0	161,6
2019 před vyhnojením	10,0	0,2	10,2	61,4
2019 po sklizni	16,9	0,2	17,1	102,5
2019 před zámrzem	12,2	0,2	12,4	74,2
Horizont 40-60 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N kg/ha
2018 před zámrzem	21,9	0,2	22,1	66,3
2019 před vyhnojením	22,9	0,2	23,1	69,4
2019 po sklizni	11,9	0,3	12,2	36,6
2019 před zámrzem	4,4	0,5	4,9	14,7

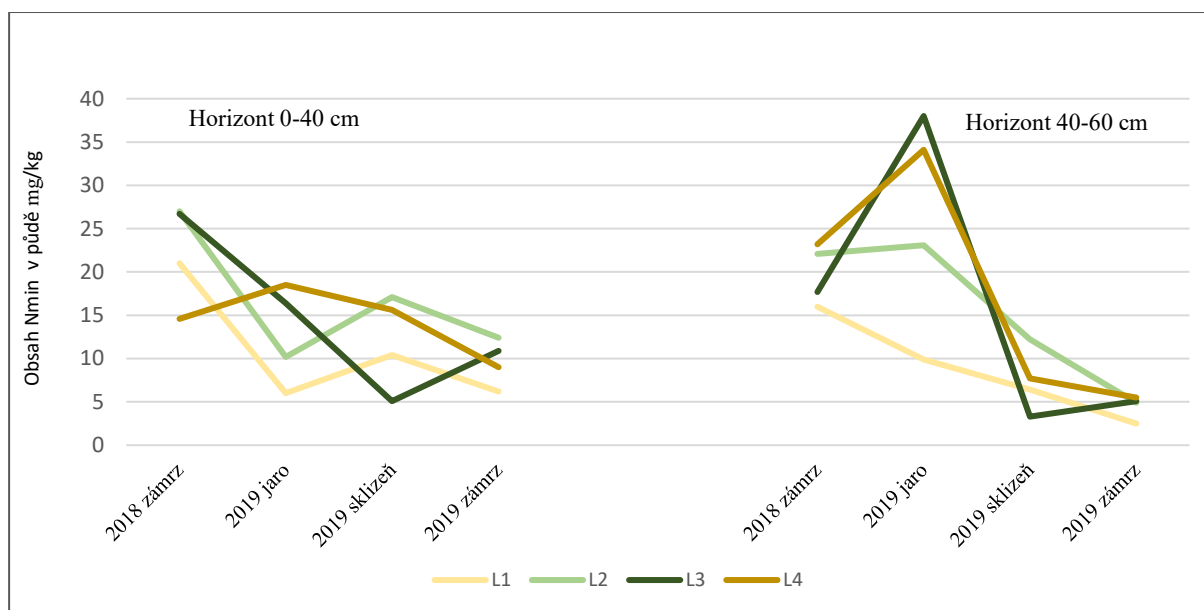
Tab. 25 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 3 CHL.HN. + N2P2K2

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2018 před zámrzem	26,5	0,2	26,7	160,4
2019 před vyhnojením	16,2	0,2	16,4	98,4
2019 po sklizni	4,6	0,5	5,1	30,7
2019 před zámrzem	9,8	1,1	10,9	65,5
Horizont 40-60 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N kg/ha
2018 před zámrzem	17,3	0,4	17,7	53,1
2019 před vyhnojením	37,8	0,2	38,0	114,1
2019 po sklizni	2,9	0,4	3,3	9,7
2019 před zámrzem	4,7	0,4	5,1	15,4

Tab. 26 Dynamika minerálního dusíku v půdě, lyzimetr 4 CHL.HN. + N3P3K3

Horizont 0-40 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N (kg/ha)
2018 před zámrzem	14,2	0,4	14,6	88,0
2019 před vyhnojením	18,3	0,2	18,5	110,7
2019 po sklizni	14,5	1,1	15,6	93,7
2019 před zámrzem	8,8	0,2	9,0	54,0
Horizont 40-60 cm	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Nmin (mg/kg)	N kg/ha
2018 před zámrzem	22,5	0,7	23,2	69,3
2019 před vyhnojením	33,9	0,2	34,1	102,3
2019 po sklizni	6,9	0,8	7,7	23,0
2019 před zámrzem	5,3	0,2	5,5	16,5

Graf 6 Dynamika minerálního dusíku v půdě (2018/2019)



Maximální obsahy Nmin byly naměřeny na jaře 2019 v horizontu 40-60 cm. Dusík, který nebyl na odčerpán vegetací pšenice ozimé na podzim 2018 se zřejmě posunul do spodního horizontu a spolu se zvýšenou mineralizací organické hmoty v jarním období přispěl k vysokým hodnotám Nmin v podorníci (až 38 mg/kg u varianty 3. CHL.HN. + N2P2K2). Z hlediska rizika vyplavování nitrátů jsou rozhodující především hodnoty Nmin zjištěné na podzim, kdy již není dusík odčerpáván vegetací a dochází k jeho pohybu do spodních horizontů. Z tohoto hlediska je kritické období před zámrzem 2018, rizikových obsahů (v horizontu 40-60 cm) dosahují varianty 2. CHL.HN.+N1P1K1 a 4. CHL.HN.+N3P3K3. Důvodem těchto vysokých hodnot Nmin může být mineralizace kořenů vojtěšky (předplodina) bohatých na dusík.

Tab. 27 Bilance dusíku zohledňující zásobu Nmin v půdě (kg/ha)

Vstup a odběr živin	L1 (CHL.HN.)	L2 (CHL.HN.+N1P1K1)	L3 (CHL.HN.+N2P2K2)	L4 (CHL.HN.+N3P3K3)
Zásoba v půdě jaro (0-60 cm)	66,0	130,8	212,5	213,0
Hnojení	0,0	20,0	40,0	60,0
Srážky	7,4	7,4	7,4	7,4
Závlaha	6,0	6,0	6,0	6,0
Celkem +	79,4	164,2	262,9	286,4
Odběr sklizní	126,2	161,7	171,6	172,8
Ztráty vyplavením	1,6	1,3	12,9	0,0
Celkem -	127,8	163,0	184,5	172,8
Bilance	-48,4	1,2	78,4	113,6

Stanovení obsahu minerálního dusíku v půdě u lyzimetrického sledování zpřesňuje údaje o bilanci dusíku. Prostá bilance živin vykazuje záporné hodnoty dusíku u všech čtyř variant (tab. 8). Při zohlednění minerální zásoby dusíku je záporná bilance pouze u varianty bez minerálního hnojení, varianta s nejnižší úrovní všech živin má bilanci téměř vyrovnanou a varianty se střední a nejvyšší úrovní všech živin mají bilanci dusíku kladnou.

5 Závěr

Vegetační období 2018/2019 bylo nadprůměrné teplotně i srážkově. Negativně se projevil především nadprůměrné teploty a nerovnoměrné rozložení srážek během roku. Zřetelný nedostatek vláhy se projevil již v říjnu, příznivý vliv na vegetaci měly květnové nižší teploty a vydatnější srážky.

Vliv závlahy na výnos zrna pšenice je malý a statisticky neprůkazný (- 4,7 až 9,6 %). Ostatní plodiny zařazené do osevního sledu reagují na závlahu lépe (především jařiny (viz „Závěrečná zpráva ze stacionární polní zkoušky za osevní sled 2011 – 2018“).

Ani na výnos slámy neměla závlaha větší vliv (- 11,1 až 6,5 %, statisticky neprůkazné).

Vliv minerálního hnojení na výnos zrna byl rovněž statisticky neprůkazný (- 4,7 až 11,5 % pro obě plochy, se závlahou i bez závlahy.

Na výnos slámy mělo minerální hnojení větší vliv než na výnos zrna, výnos slámy byl min. hnojením ovlivněn v rozsahu + 10,1 až 35 % pro obě plochy. Více se vliv min. hnojení projevil na ploše bez závlahy, kde byl i statisticky průkazný. Oproti variantě hnojené pouze hnojem měly statisticky vyšší výnos varianty **6** (CHL.HN.+N2P3K2), **7** (CHL.HN.+N2P2K1) a **8** (CHL.HN.+N2P2K3).

Porovnání výnosů varianty hnojené zásobně a každoročně ukazuje, že nejlepších výsledků je dosaženo v případě každoročního hnojení a závlahy.

Bilance všech živin na ploše se závlahou je kladná. Na ploše bez závlahy vykazuje zápornou bilanci pouze hořčík a vápník. Důvodem je absence vstupu těchto živin v závlahové vodě. (Bilance dusíku na obou plochách je kladná po zohlednění vstupu N symbiotickou fixací předplodiny).

Poslední vápnění bylo provedeno v roce 2003. Hodnota pH půdy všech variant poklesla pod 6,5 a všechny varianty vyžadují vápnění. Vyšší pokles vykazuje plocha bez závlahy (absence kationtů v závlahové vodě) a varianty s vyšší úrovní minerálního hnojení.

Zásobenost půdy P, K, Mg je dobrá až vysoká. Rovněž obsah mikroprvků je dobrý až vysoký. Nízkou zásobu v půdě vykazuje pouze síra.

Eluát byl zachycen v roce 2019 dvakrát, a to v měsíci únoru a v září lyzimetry 1, 2 a 3. Do odběrové hloubky 60 cm pronikl eluát pouze v září u lyzimetru 3. V největším množství je vyplavován Ca, S a Cl. Nejvyšší množství prvků bylo vyplaveno u lyzimetru 3 z horizontu 0 – 40 cm (množství zachyceného eluátu za rok odpovídá 45 mm srážek), vyplavené množství prvků: Ca 28,7 kg/ha, S 20,9 kg/ha, Cl 10 kg/ha, NO₃⁻ 12,6 kg/ha, Mg 5,3 kg/ha, Na 4,2 kg/ha, K 1,3 kg/ha, P 0,2 kg/ha).

Rizikové obsahy minerálního dusíku (nad 20,1 mg/kg před zámrzem v horizontu 40-60 cm) byly naměřeny u variant 2. CHL.HN.+N1P1K1 a 4. CHL.HN.+N3P3K3 (21,9 a 22,5 mg/kg). Důvodem může být obsah posklizňových zbytků (kořeny) vojtěšky (předplodina) bohaté na dusík.

6 Literatura

Čermák, P., Dvorský, J., Klír, J., Kunzová, E., Rozsypal, R., Hejátková, K. 2007. Bilance živin v ekologicky hospodařícím podniku. 43 s. ISBN: 80-903548-4-X

Čermák, P., Mühlbachová, G., Káš, M., Vavera, R., Pechová, M. 2017. Metodický postup pro stanovení obsahu mikroelementů metodou Mehlich 3 a návrh kritérií hodnocení jejich obsahu v zemědělských půdách. ISBN: 978-80-7427-266-0.

Kulhánek, M., Balík, J., Sedlář, O., Zbiral, J., Smatanová, M., Suran, P. 2018. Stanovení přístupné síry v půdě metodou Mehlich 3. Certifikovaná metodika. ISBN: 978-80-213-2893-8.

Trávník a kol., 2014. Metodický návod pro hnojení plodin. 26 s. ISBN: 978-80-7401-024-8

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.

Zbiral, J., Čižmárová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A. 2016. Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ - Analýza půd I.