

Č.j.: UKZUZ 095849/2021

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



**Porovnání účinnosti digestátů s různými typy hnojiv
při hospodaření ve zranitelné oblasti**

Výroční zpráva o výsledcích přesné polní zkoušky
10. pokusný rok - 2020

Zpracoval: Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
Markéta Vodáková
Oddělení výživy rostlin

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

Brno

duben 2021



Obsah	strana
1 Úvod.....	3
1.1 Popis odrůdy.....	3
1.2 Agrotechnické záznamy	3
1.3 Klimatické podmínky	4
1.4 Hodnocené parametry	4
1.5 Charakteristika zkušebních stanovišť.....	5
1.6 Právní a metodická podpora.....	5
2 Způsob hnojení a dávky hnojiv.....	6
2.1 Dávky živin a použítá hnojiva.....	6
3 Sklizňové výsledky.....	7
3.1 Sklizňové výsledky zrna ječmene jarního	7
3.2 Sklizňové výsledky slámy ječmene jarního	9
3.3 Statistické zhodnocení výnosů	10
4 Anorganické rozborý rostlinných vzorků	12
4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků.....	12
4.2 Obsah základních živin v zrně a slámě ječmen jarního	12
4.3 Kvalitativní parametry zrna.....	14
4.4 Odběr živin zrnem	15
5 Agrochemické rozborý půdních vzorků.....	16
5.1 Popis chemických metod pro stanovení půdních vzorků	16
5.2 Obsah minerálního dusíku brzy na jaře.....	16
5.3 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny.....	18
5.4 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů	19
5.5 Hodnocení půdní organické hmoty	21
5.6 Půdní mikrobiologie.....	23
6 Bilance dusíku.....	25
7 Závěry.....	26
8 Použitá literatura.....	27



1 Úvod

Název zkoušky: Porovnání účinnosti digestátů s různými typy hnojiv při hospodaření ve zranitelné oblasti

Účel zkoušky: Porovnání hnojivé účinnosti digestátů, kejdy, kompostu na výnos a kvalitu produkce a půdní vlastnosti při hospodaření ve zranitelné oblasti.

Druh zkoušky: Polní zkouška byla založena v roce 2011 ve výrobním typu bramborářském v Lípě (LIP) u Havlíčkova Brodu na plochách výživářské báze jako přesná víceletá. V roce 2013 byla zkouška rozšířena a založena na dalších dvou stanicích, a to v Jaroměřicích nad Rokytnou (JAR) a Hradci nad Svitavou (HRA). Rok 2020 byl 4. rokem II. osevního postupu, pěstovanou plodinou byl ječmen jarní, odrůda Laudis 550.

Osevní postup a dávky hnojiv:

rok	osevní postup	dávka LAV, digestátů, kejdy kg/N ha	dávka kompostu kg/N ha
1. 2017	brambory rané ^{xx} (odr. Adéla)	120	240
2. 2018	pšenice ozimá ^{xx} (odr. Secese)	120	120
3. 2019	kukuřice na siláž ^{xx} (odr. Cebir)	150	300
4. 2020	ječmen jarní (odr. Laudis 550)	-	-
5. 2021	ozimá řepka ^{xx}	130	260
6. 2022	ozimá pšenice ^{xx}	120	240

^{xx} aplikace organických hnojiv

Varianty hnojení: v polní zkoušce je zařazeno 5 variant hnojení. Každá varianta je 4x opakována na jedné odrůdě.

Varianty hnojení	způsob/druh hnojení
1.	nehnojeno
2.	minerální dusíkatá hnojiva (bilanční dávka)
3.	kejda (bilanční dávka podle N)
4.	digestát I (bilanční dávka podle N)
5.	digestát II (bilanční dávka podle N)
6.	kompost Náměšť (bilanční dávka podle N x 2)

1.1 Popis odrůdy

Plodina: ječmen jarní, odrůda Laudis 550 je sladovnická odrůda doporučená pro „České pivo“, středně raná odrůda s velmi dobrou odnoživostí a středně vysokou hmotností tisíce zrn.

1.2 Agrotechnické záznamy

rok 2020 byl 4. pokusným rokem ve 2. osevním sledu

Hradec nad Svitavou: po srážkově podnormálním počátku vegetace (do poloviny května) byly srážky do sklizně pravidelné až nadnormální (červen 205 % normálu) .

Jaroměřice nad Rokytnou: období od 7.3. do 18.4. bylo téměř bez srážek, proto porost vzešel částečně nevyrovnaně, v období metání byl již vyrovnaný. Poslední dekáda dubna a květen



byly srážkově téměř normální, zbytek vegetace až do sklizně bylo srážkově nadnormální (červen 203 %, červenec 148 % a srpen 239 % normálu srážek).

Lípa: v březnu a dubnu byl výskyt srážek minimální a půda rychle vysychala. Nedostatek vláhy byl zčásti doplněn v květnu, kdy byly rovněž zaznamenány noční i ranní mrazy. Od června do srpna byly srážky nadnormální (od 161 % v červnu do 145 % v srpnu).

1.3 Klimatické podmínky

Průměrné měsíční teploty a měsíční úhrn srážek za rozhodující období pokusného roku byly porovnány s normálem a jsou uvedeny v tabulkách 1.1 a 1.2.

Tab.1.1: Průměrné měsíční srážky v r. 2019/2020

Stanice	Průměrné měsíční srážky (mm)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
suma denních srážek	85	44	43	38	16	87	31	11	50	164	77	131
měsíční normál	57	40	42	42	35	28	37	41	63	80	79	72
% normálu	149	110	102	90	46	311	84	27	79	205	97	182
Jaroměřice												
suma denních srážek	66	25	34	31	10	32	18	25	50	130	105	139
měsíční normál	40	29	32	27	24	22	25	32	57	71	71	58
% normálu	165	86	106	115	42	145	72	78	88	183	148	240
Lípa												
suma denních srážek	58	31	48	32	17	63	29	21	95	199	102	103
měsíční normál	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71
% normálu	114	86	114	82	47	225	76	58	161	258	126	145

Tab. 1.2: Průměrné měsíční teploty v r. 2019/2020

Stanice	Průměrné měsíční teploty (°C)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
Ø denní teplota (°C)	13,3	9,4	6,1	1,7	-0,2	3,7	3,8	8,4	10,7	16,5	17,5	19,1
měsíční normál (°C)	12,7	7,7	2,1	-0,9	-2,5	-1,2	2,7	7,0	12,5	15,2	17,0	16,8
Jaroměřice												
Ø denní teplota (°C)	14,3	9,6	5,9	1,4	-0,4	3,9	4,8	10	12,1	17,1	18,8	20,1
měsíční normál (°C)	13,4	8,0	2,3	-0,9	-2,4	-0,8	3,1	7,8	13,3	16,4	18,2	18,1
Lípa												
Ø denní teplota (°C)	13,5	9,6	6,0	2,2	0,5	3,9	4,3	10,0	11,2	16,4	17,9	19,1
měsíční normál (°C)	12,8	7,9	2,3	-0,6	-2,1	-1,0	2,8	6,7	12,5	15,3	17,0	16,9

1.4 Hodnocené parametry

Za účelem sledování změn agrochemických vlastností půdy se po sklizni plodin odebírají půdní vzorky z každé varianty hnojení na stanovení pH/CaCl₂, obsahu přístupných živin



a mikroelementů (metoda Mehlich 3) a dále pěti parametrů půdní organické hmoty. Sledování obsahu N_{min} v půdě se provádí u všech variant hnojení. Vzorky se odebírají vždy na jaře a na podzim po sklizni pokusné plodiny z ornice z horizontu 0-30 cm. V první dekádě května se vzorkovalo pro mikrobiologické analýzy pouze na jednom stanovišti v Jaroměřicích.

V rostlinných vzorcích je sledován obsah živin: sušina, N, P, K, Mg, Ca, vybrané technologické parametry (hmotnost tisíce semen a N látky). Na základě znalosti vstupních a výstupních údajů se počítá bilance dusíku.

1.5 Charakteristika zkušebních stanovišť

Charakteristika	Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokytou	Lípa
Kraj	Pardubický	Vysočina	Vysočina
Okres	Hradec n. Svit.	Třebíč	Havlíčkův Brod
Výrobní oblast	bramborářská	bramborářská	bramborářská
Nadmořská výška	460 m n. m.	425 m n. m.	505 m n. m.
Prům. roční teplota	7,4 °C	8,0 °C	7,5 °C
Roční úhrn srážek	616 mm	481 mm	594 mm
Půdní typ	kambizem luvická slabě oglejená	hnědozem modální slabě oglejená	kambizem modální mesobazická
Půdní druh	hlinitá	hlinitá	písčitohlinitá
Hloubka ornice	22-25 cm	25 cm	18-20 cm

1.6 Právní a metodická podpora

- Zákon č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 273/1998 Sb. o odběrech a chemických rozborech vzorků hnojiv, § 9 Biologické rozbory a biologické zkoušky
- Metodické pokyny, vydané a platné pro ÚKZÚZ
01/AZZP Jednotné pracovní postupy pro AZZP v České republice v období 2017 až 2022
01/VR Základní metodika přesných polních a nádobových zkoušek
02/VR Prováděcí metodiky polních stacionárních zkoušek



2 Způsob hnojení a dávky hnojiv

2.1 Dávky živin a použítá hnojiva

Rok 2020 je v časové řadě pokusných let výjimečný, protože pro ječmen jarní nebyla před přípravou půdy použita žádná organická ani minerální hnojiva. Hodnotí se tedy následné působení hnojiv aplikovaných v předešlých pokusných letech a vliv vynechání hnojení na produkci a další parametry.

Pro úplnost jsou uvedeny dávky dusíku dodané prostřednictvím všech hnojiv v běžných letech:

- brambory 120 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 30 t brambor/ha
- pro kukuřici 150 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 35 t hmoty/ha
- pro pšenici ozimou 120 kg/ha - při plánovaném výnosu zrna nad 5 t/ha
- ozimou řepku 130 kg/ha - při plánovaném výnosu semene nad 2,5 t/ha

Na tuto hladinu minerálního dusíkatého hnojení se dopočítávají aplikační dávky ostatních hnojiv, tj. kejdy, digestátů, kompostu (podle jejich aktuálního obsahu dusíku a sušiny). Nehnojí se dalšími živinami (P, K, Mg, Ca).

Kompost je zařazen v kategorii hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, proto vypočítaná aplikační dávka (podle obsahu N) se násobí 2x a finální aplikační dávka je tedy dvojnásobná. Kompost pocházel vždy z kompostárny z Náměště nad Oslavou a je registrován pod číslem rozhodnutí o registraci 2743.

U všech organických hnojiv (kejda, digestáty, kompost) se vždy stanovuje obsah základních živin (N, P, K, Ca), hodnota pH, organické látky a poměr C:N. Digestáty pocházejí z bioplynové stanice Lípa u Havlíčkova Brodu (zpracovává siláž, kejdu skotu) a z Opatova, které zpracovávají kukuřičnou siláž, hnůj skotu, kejdu prasat a GPS.



3 Sklizňové výsledky

3.1 Sklizňové výsledky zrna ječmene jarního

Půdní, klimatické a výživové podmínky ovlivnily výnosy bez ohledu na varianty v následujícím pořadí: Jaroměřice > Hradec > Líba. Po LAV byl zaznamenán nejvyšší průměrný výnos v Jaroměřicích (5,18 t/ha). V Hradci a Lípě byly průměrné výnosy po LAV shodné mezi 3,47 - 3,65 t/ha.

Kejda zvýšila výnosy mezi 8-33 % proti nehnojené kontrole, průměr zrna dosáhl 3,16 t/ha.

Po hnojení digestáty činilo rozpětí výnosu 4,13-4,32 t/ha (Jaroměřice) a 2,95-3,57 t/ha (Hradec). Na písčitohlinité kambizemi v Lípě byly podobně jako v předchozích letech výnosy nejnižší, a to v rozmezí od 2,66 do 2,96 t/ha (tab. 3.1-3.3).

Vliv kompostu aplikovaného na jaře 2019 se poměrně významně projevil v Jaroměřicích, zvýšení proti kontrole činilo 29,3 % a na Lípě 20,3 %.

Tab. 3.1: Průměrný výnos (t/ha) ZRNA ječmene, stanice **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	3,14	3,43	3,19	2,97	3,18	87,3	100
2.LAV	3,94	3,78	3,38	3,48	3,65	100	114,5
3.Kejda Líba	3,07	3,62	3,63	3,47	3,45	94,6	108,3
4.DG Líba	3,33	3,80	3,65	3,51	3,57	98,0	112,3
5.DG Opatov	2,81	3,06	3,09	2,85	2,95	81,0	92,8
6.Kompost	3,08	3,39	3,25	3,20	3,23	88,6	101,5

Tab. 3.2: Průměrný výnos (t/ha) ZRNA ječmene, stanice **Jaroměřice n. Rokytou**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	3,31	3,44	3,43	3,15	3,33	64,3	100
2.LAV	5,28	5,27	5,02	5,15	5,18	100	155,4
3.Kejda Líba	4,53	4,50	4,42	4,36	4,45	86,0	133,6
4.DG Líba	4,35	4,36	4,28	4,29	4,32	83,4	129,6
5.DG Opatov	4,35	4,00	3,96	4,19	4,13	79,6	123,8
6.Kompost	4,34	4,38	4,46	4,06	4,31	83,2	129,3



Tab. 3.3: Průměrný výnos (t/ha) ZRNA ječmene, stanice **Lípa**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	2,50	2,35	2,53	2,31	2,42	72,0	100
2.LAV	3,34	3,38	3,17	3,57	3,37	100	138,9
3.Kejda Lípa	3,01	3,35	3,19	3,10	3,16	94,0	130,5
4.DG Lípa	2,94	3,11	2,88	2,92	2,96	88,0	122,3
5.DG Opatov	2,78	2,73	2,60	2,52	2,66	79,0	109,7
6.Kompost	2,91	3,10	2,81	2,84	2,92	86,6	120,3

Písmena A, B, C, D označují 4 opakování každé varianty.

Tab. 3.4: Průměrný výnos ZRNA ječmene, **všechna stanoviště**

Varianty hnojení	Výnos zrna ječmene (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	3,18	3,33	2,42	2,98	73,2	100
2.LAV	3,65	5,18	3,37	4,07	100	136,6
3.Kejda Lípa	3,45	4,45	3,16	3,69	90,7	123,9
4.DG Lípa	3,57	4,32	2,96	3,62	88,9	121,5
5.DG Opatov	2,95	4,13	2,66	3,24	79,8	109,1
6.Kompost	3,23	4,31	2,92	3,49	85,7	117,1

Souhrnné hodnocení tří pokusných stanovišť (tab. 3.4) ukazuje na přetrvávající vliv minerálního dusíku dodávaného v předešlých letech. Varianty 3-6 hnojené obvykle organicky dosáhly výnosy v roce, kdy tato hnojiva nebyla použita, v průměru mezi 3,24 - 3,69 t/ha. Následné působení kejdy a digestátu Lípa se projevilo shodně, proti minerálnímu hnojivu byl výnos nižší přibližně jen o 10 %. Varianta s kompostem výnos zvýšila proti trvale nehnojené kontrole o 17 %.

Při porovnání výnosu těžé odrůdy (Laudis 550), jako v našem pokusu, s výsledky zkoušek užitné hodnoty (Národní odrůdový úřad ÚKZÚZ) v roce 2020 vyplývá, že výnosy bez hnojení jsou o více než polovinu nižší. K ječmeni bylo v odrůdových pokusech použito 60 kg N/ha. Průměrný výnos odrůdy Laudis 550 v Hradci dosáhl 5 t/ha, v Jaroměřicích 7,5 t/ha, na Lípě 6,85 t/ha.



3.2 Sklizňové výsledky slámy ječmene jarního

Nejvyšší výnos slámy dosáhla varianta LAV (5,05 t/ha) v Jaroměřicích, naopak nejnižší byl na variantě s digestátem Opatov 2,58 t/ha v Hradci, což odpovídá řidšímu a slaběji odnoženému porostu při vegetačním hodnocení ve fázi metání. Po digestátech a kejdě byl výnos slámy velmi podobný, v průměru všech tří stanic od 3,15 do 3,35 t/ha.

Pro vyjádření výrobnosti byl u vedlejšího produktu použit přepočet (koeficient 0,15) na obilní jednotky (OJ), které slouží k hodnocení produktivnosti plodin odlišných botanických druhů.

Tab. 3.5: Průměrný výnos SLÁMY ječmene jarního, všechna stanoviště

Varianty hnojení	Průměrný výnos (OJ/ha)	Výnos slámy ječmene (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
		Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokytinou	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	0,43	3,02	2,83	2,68	2,84	71,9	100
2.LAV	0,59	3,39	5,05	3,43	3,96	100	139,2
3.Kejda Lípa	0,50	3,27	3,81	2,97	3,35	84,7	117,8
4.DG Lípa	0,48	2,99	3,52	3,10	3,20	81,0	112,7
5.DG Opatov	0,47	2,58	3,82	3,06	3,15	79,7	110,9
6.Kompost	0,46	2,70	3,39	3,14	3,08	77,8	108,2



3.3 Statistické zhodnocení výnosů

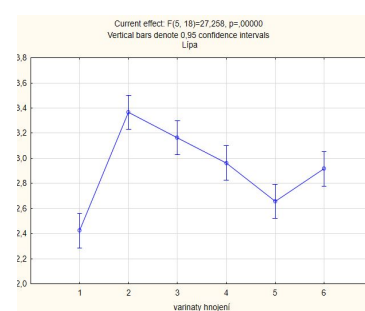
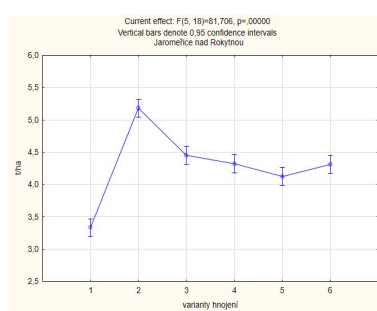
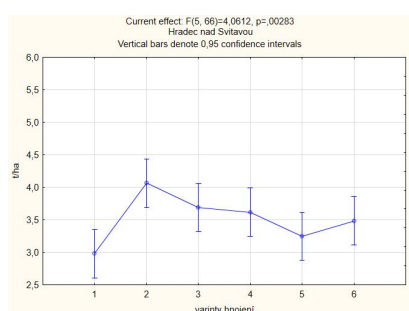
Výnosy byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance s testováním průkaznosti rozdílů Sheffeho testem na hladině spolehlivosti 95 %. Výsledky byly zpracovány ANOVA StatSoft, Inc. (2013) STATISTICA data analysis software system, version 12. Statisticky významné rozdíly mezi variantami jsou znázorněny pomocí grafů (obr.1) zobrazujících medián a horní a dolní kvantil. Deskriptivní statistiky a směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulkách 3.6-3.8.

Obr. 1: Krabicový graf vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos ječmene

Hradec n. Svitavou

Jaroměřice n. Rokytou

Lípa



Analýza variance prokázala statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi kontrolou a mezi všemi variantami u všech tří stanic. V Hradci a Jaroměřicích mezi variantami 2-6 nebyly zjištěny průkazné rozdíly, statisticky průkazný rozdíl byl mezi kontrolou a LAVem. Vysoce průkazné rozdíly byly v Jaroměřicích a Lípě mezi LAVem a ostatním variantami.

Tab. 3.6: Rozkladová tabulka popisných statistik výnosu (t/ha) **Hradec n. Svitavou**

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	3,18	0,19	2,97	3,43	3,10	3,17	3,18
2.LAV	3,65	0,26	3,38	3,94	3,46	3,63	3,52
3.Kejda Lípa	3,45	0,26	3,07	3,63	3,37	3,55	3,51
4.DG Lípa	3,57	0,20	3,33	3,80	3,47	3,58	3,59
5.DG Opatov	2,95	0,14	2,81	3,09	2,84	2,96	2,99
6.Kompost	3,23	0,13	3,08	3,39	3,17	3,23	3,24



Tab. 3.7: Rozkladová tabulka popisných statistik výnosu (t/ha) **Jaroměřice n. Rokytnou**

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	3,33	0,14	3,15	3,44	3,27	3,37	3,36
2.LAV	5,18	0,12	5,02	5,28	5,12	5,21	5,16
3.Kejda Lípa	4,45	0,08	4,36	4,53	4,41	4,46	4,43
4.DG Lípa	4,32	0,04	4,28	4,36	4,29	4,32	4,30
5.DG Opatov	4,13	0,18	3,96	4,35	3,99	4,10	4,14
6.Kompost	4,31	0,17	4,06	4,46	4,27	4,36	4,35

Tab. 3.8: Rozkladová tabulka popisných statistik výnosu (t/ha) **Lípa**

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	2,42	0,11	2,31	2,53	2,34	2,43	2,45
2.LAV	3,37	0,16	3,17	3,57	3,30	3,36	3,42
3.Kejda Lípa	3,16	0,15	3,01	3,35	3,08	3,15	3,17
4.DG Lípa	2,96	0,10	2,88	3,11	2,91	2,93	2,93
5.DG Opatov	2,66	0,12	2,52	2,78	2,58	2,67	2,61
6.Kompost	2,92	0,13	2,81	3,10	2,83	2,88	2,86



4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků

Anorganické rozborů byly provedeny v reprezentativních vzorcích zrna a slámy ječmene, které byly odebrány z každého ze čtyř opakování a všech pokusných variant při sklizni. Analýzy provedla akreditovaná laboratoř NRL ÚKZÚZ Brno.

4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků

Stanovení dusíku, fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku: při mineralizaci na mokré cestě byly rostlinné vzorky oxidovány H_2O_2 v H_2SO_4 za katalytického působení selenu. Stanovení bylo provedeno metodou ICP-OES (atomový optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem), (ZBÍRAL, 2005). Nejistota stanovení vyjadřující pološíři intervalu, ve kterém se s 95 % pravděpodobností nachází výsledek, činí pro P, K, Mg 10 %, N 4,5 %. N látky byly přepočítány z výsledku stanovení obsahu N a vynásobeny koeficientem 6,25.

4.2 Obsah základních živin v zrně a slámě ječmen jarního

Tab. 4.1: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ječmene, stanice Hradec n. Svitavou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,0	1,55	0,44	0,47	0,12	0,05
2.LAV	88,1	1,65	0,44	0,45	0,12	0,05
3.Kejda Lípa	87,6	1,63	0,45	0,46	0,12	0,05
4.DG Lípa	87,5	1,65	0,46	0,47	0,12	0,05
5.DG Opatov	88,0	1,59	0,44	0,46	0,12	0,05
6.CMC kompost	88,6	1,63	0,45	0,45	0,12	0,05

Tab. 4.2: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ječmene, stanice Jaroměřice n. Rokytinou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,9	1,39	0,46	0,49	0,13	0,07
2.LAV	90,2	1,72	0,44	0,46	0,14	0,07
3.Kejda Lípa	89,8	1,48	0,47	0,47	0,13	0,06
4.DG Lípa	89,8	1,47	0,45	0,47	0,13	0,05
5.DG Opatov	90,0	1,48	0,46	0,47	0,13	0,05
6.CMC kompost	88,9	1,52	0,47	0,48	0,13	0,05

Rozdíly mezi variantami i mezi třemi pokusnými stanovišti z pohledu obsahu fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku v zrně ječmene byly zanedbatelné. Pouze v Jaroměřicích se pomítá vliv předchozí pravidelné každoroční aplikace minerálního hnojiva mírně vyšším (1,72 % N) obsahem dusíku v zrně ve srovnání s ostatními variantami (tab. 4.2).



Tab. 4.3: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ječmene, stanice **Lípa**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,0	1,42	0,40	0,48	0,11	0,05
2.LAV	86,8	1,44	0,37	0,45	0,11	0,05
3.Kejda Lípa	87,3	1,47	0,39	0,43	0,11	0,05
4.DG Lípa	86,9	1,47	0,39	0,45	0,11	0,05
5.DG Opatov	86,8	1,44	0,41	0,44	0,11	0,05
6.CMC kompost	86,6	1,47	0,40	0,44	0,11	0,05

Tab. 4.4: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ječmene, **všechny stanice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,0	1,45	0,43	0,48	0,12	0,06
2.LAV	88,4	1,60	0,41	0,45	0,12	0,06
3.Kejda Lípa	88,2	1,53	0,44	0,45	0,12	0,05
4.DG Lípa	88,1	1,53	0,43	0,46	0,12	0,05
5.DG Opatov	88,3	1,50	0,44	0,45	0,12	0,05
6.CMC kompost	88,0	1,54	0,44	0,46	0,12	0,05

Tab. 4.5: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ ječmene, stanice **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,9	0,57	0,20	0,72	0,06	0,47
2.LAV	88,8	0,57	0,17	0,72	0,05	0,48
3.Kejda Lípa	88,8	0,61	0,19	0,80	0,06	0,46
4.DG Lípa	88,9	0,55	0,17	0,82	0,06	0,42
5.DG Opatov	89,2	0,56	0,18	0,72	0,06	0,47
6.CMC kompost	89,3	0,58	0,20	0,79	0,07	0,46

Tab. 4.6: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ ječmene, stanice **Jaroměřice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,8	0,46	0,11	0,39	0,07	0,33
2.LAV	89,8	0,50	0,09	0,42	0,07	0,31
3.Kejda Lípa	89,9	0,44	0,09	0,40	0,07	0,31
4.DG Lípa	89,6	0,44	0,10	0,39	0,07	0,30
5.DG Opatov	89,6	0,44	0,11	0,44	0,07	0,32
6.CMC kompost	89,8	0,45	0,13	0,40	0,07	0,32



Tab. 4.7: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ ječmene, stanice **Lípa**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,0	0,72	0,16	0,58	0,08	0,36
2.LAV	88,9	0,74	0,13	0,60	0,08	0,34
3.Kejda Lípa	88,8	0,65	0,15	0,61	0,07	0,32
4.DG Lípa	88,9	0,62	0,15	0,59	0,07	0,35
5.DG Opatov	89,9	0,74	0,17	0,59	0,08	0,31
6.CMC kompost	89,0	0,68	0,18	0,71	0,09	0,40

Tab. 4.8: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ ječmene, **všechny stanice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,9	0,58	0,16	0,56	0,07	0,39
2.LAV	89,2	0,60	0,13	0,58	0,07	0,38
3.Kejda Lípa	89,2	0,57	0,14	0,60	0,07	0,36
4.DG Lípa	89,1	0,54	0,14	0,60	0,07	0,36
5.DG Opatov	89,6	0,58	0,15	0,58	0,07	0,37
6.CMC kompost	89,4	0,57	0,17	0,63	0,08	0,39

Z důvodu vynechání všech typů hnojiv se obsah sledovaných živin ve slámě lišil minimálně.

4.3 Kvalitativní parametry zrna

Do hmotnosti tisíce semen ječmene se negativně promítlo opakované minerální hnojení varianty 2 (v průměru 37,28 g). Na rozdíl od předchozích ročníků se lépe projevilo v HTS hnojení digestáty a kompostem.

Tab. 4.9: Průměrné obsahy HTS a obsah N látek

Varianty hnojení	HTS (g)				N látky (%) (n=4)			
	HRA	JAR	LIP	Ø	HRA	JAR	LIP	Ø
1. Nehnojeno	40,46	43,30	32,82	38,86	9,66	8,69	8,88	9,07
2. LAV	42,54	39,62	29,68	37,28	10,30	10,72	9,00	10,01
3. Kejda Lípa	43,60	43,07	31,68	39,45	10,19	9,27	9,16	9,54
4. DG Lípa	45,30	42,81	31,91	40,01	10,28	9,19	9,16	9,54
5. DG Opatov	44,62	43,99	32,45	40,35	9,95	9,25	8,98	9,40
6. CMC kompost	41,42	43,92	31,70	39,01	10,19	9,48	9,19	9,62

Optimální obsah dusíkatých látek v sušině (N x 6,25) u sladovnického ječmene podle ČSN 46 1100-5 se nachází v rozmezí nejméně 10 % a nejvýše 12 %. Vyšší obsah dusíkatých látek je pro sladovnické účely nepřijatelný, naopak pro krmné účely je z nutričního hlediska žádoucí vyšší hladina. V zrně ječmene, který nebyl v roce 2020 hnojen, byla hranice 10 %



N látek překročena nepatrně pouze v Hradci u variant 2-4 a po kompostu (5) a dále v Jaroměřicích u varianty 2. Ostatní varianty vykazovaly N látky těsně pod hranicí 10 %.

4.4 Odběr živin zrnem

Množství základních živin exportovaných výnosem vypočítaných z výnosu zrna ve 100 % sušiny a chemicky stanoveného obsahu jednotlivých prvků prezentuje tabulka 4.10. Rozdíly mezi lokalitami v odběru živin vzhledem k výši výnosu jsou evidentní. Zejména na Lípě jsou pozorovány trvale nejnížší exporty všech pěti hodnocených živin. Pozoruhodný je poměrně vysoký odběr dusíku (80,1 kg/ha) v Jaroměřicích, který souvisí s nejvyšším zaznamenaným výnosem 5,18 t/ha v roce, kdy nebylo minerálně hnojeno. Oba faktory výše výnosu i odběr N má přímou souvislost s obsahem pohotového dusíku v půdě, který v jarním odběru dosáhl 71 kg N/ha (viz tabulka 5.2).

Tab. 4.10: Průměrný odběr živin zrnem ječmene

Stanice	Varianta	Průměrný odběr živin zrnem kg/ha (n=4)				
		N	P	K	Mg	Ca
Jaroměřice n. Rokytnou	1.Nehnojeno	41,64	13,71	14,61	3,74	2,17
	2.LAV	80,13	20,32	21,49	6,42	3,04
	3.Kejda Lípa	59,24	18,78	18,78	5,00	2,20
	4.DG Lípa	57,01	17,45	18,23	4,85	2,04
	5.DG Opatov	54,91	16,98	17,25	4,73	1,86
	6.Kompost	58,11	18,09	18,29	4,98	1,91
Lípa	1.Nehnojeno	29,94	8,43	10,07	2,27	1,05
	2.LAV	42,06	10,73	13,14	3,07	1,46
	3.Kejda Lípa	40,44	10,70	11,80	3,04	1,38
	4.DG Lípa	37,69	10,03	11,51	2,77	1,29
	5.DG Opatov	33,15	9,40	10,03	2,54	1,15
	6.Kompost	37,09	9,97	11,16	2,84	1,26
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	44,20	12,59	13,30	3,36	1,43
	2.LAV	54,17	14,30	14,80	3,78	1,64
	3.Kejda Lípa	50,43	14,00	14,31	3,71	1,55
	4.DG Lípa	52,76	14,59	14,99	3,85	1,60
	5.DG Opatov	42,29	11,69	12,15	3,12	1,33
	6.Kompost	46,78	12,91	12,91	3,44	1,43
Průměrný odběr	1.Nehnojeno	38,59	11,58	12,66	3,12	1,55
	2.LAV	58,79	15,12	16,48	4,42	2,05
	3.Kejda Lípa	50,04	14,49	14,96	3,91	1,71
	4.DG Lípa	49,15	14,03	14,91	3,82	1,64
	5.DG Opatov	43,45	12,69	13,14	3,46	1,45
	6.Kompost	47,33	13,66	14,12	3,75	1,54



5 Agrochemické rozborů půdních vzorků

5.1 Popis chemických metod pro stanovení půdních vzorků

Stanovení výměnné půdní reakce: aktivita iontů vodíku byla měřena pH metrem v extrakčním roztoku $0,01 \text{ mol. l}^{-1} \text{ CaCl}_2$ skleněnou iontově selektivní elektrodou (Zbírál, 2002) podle ISO normy 10390 (Zbírál, 2000).

Stanovení přístupných živin a mikroelementů (ME): prvky byly extrahovány ve vzorcích zeminy v roztoku Mehlich 3 (M3). Ke stanovení byla použita metoda ICP-OES, tj. optické atomové emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu. Zbírál J. a kol. 2016: Jednotné pracovní postupy – Analýza Půd I, Postup 30074.1.

Stanovení minerálního dusíku v půdě: stanovení nitrátového dusíku bylo prováděno iontově selektivní elektrodou po vyluhování půdy síranem draselným. Stanovení amonného dusíku bylo prováděno spektrofotometricky indofenolovou metodou po vyluhování síranem draselným (Zbírál et al., 2004).

Stanovení Cox, Ntot, Ctot, glomalinu: metodou NIR spektroskopie v blízké infračervené spektrální oblasti ($4\,000\text{--}10\,000 \text{ cm}^{-1}$ tj. $(1\,000\text{--}2\,500) \text{ nm}$) s reflektanční detekcí (ZBÍRAL J. a kol., 2011: Analýza půd III, JPP ÚKZÚZ, JPP ÚKZÚZ, postup č. 30910.1).

5.2 Obsah minerálního dusíku brzy na jaře

Přeměna dusíkatých látek v půdě do forem pro rostliny přijatelných je závislá na půdních a povětrnostních podmínkách. Intenzita nitrifikace je rozdílná i v průběhu roku. V zimním období je obsah NO_3^- a NH_4^+ v půdách nízký, na jaře dochází k výraznému nárůstu (duben - květen) obsahu NO_3^- a NO_2^- . Jsou-li nepříznivé podmínky k nitrifikaci, dochází k akumulaci NO_2^- . Po jarním maximu klesá obsah minerálního dusíku (N_{min}) na letní minimum, kdy je jeho hladina v půdě relativně stabilní (6-8 měsíc). Na podzim dosahuje obsah N_{min} druhého maxima.

Průběh nitrifikace může souviset s půdní úrodností, vysoká nitrifikace obvykle vede ke značným ztrátám N vyplavením nebo případně denitrifikací.

Půdní nitrátový dusík je produktem mikrobiální mineralizace dusíkatých sloučenin, je fyziologicky aktivní a rostlinnými kořeny je přijímán pomocí výměnných reakcí. Náboj nitrátových aniontů se shoduje s převažujícím elektrickým nábojem půdního sorpčního komplexu, proto je NO_3^- z půdy rychle vyplavován a způsobuje eutrofizaci vod.

V kapitole 5 jsou zhodnoceny dva termíny odběru minerálního dusíku v ornici v horizontu 0 - 30 cm. První termín vzorkování byl brzy na jaře před jarní přípravou půdy pro ječmen, druhý bezprostředně po sklizni ječmene.

Pracovní kritéria pro hodnocení dusičnanové formy dusíku vycházejí z rozsáhlé studie (TRÁVNÍK 1995) a zohledňují nadmořskou výšku hodnocené lokality (tab. 5.1).



Tab. 5.1: Hodnocení obsahu dusičnanového dusíku v půdě (mg/kg) podle nadmořské výšky

Obsah N-NO ₃ ⁻	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
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 20,0	nad 16

Tab. 5.2: Obsah Nmin v půdě - vzorkování brzy na jaře

Varianty hnojení	Obsah N min v sušině N kg/ha - horizont 0-30 cm							
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice n. R.		Lípa		Průměr	
	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha
1.Nehnojeno	3,31	19,8	8,55	51,3	1,78	10,70	4,55	27,27
2.LAV	2,82	16,9	11,88	71,3	2,02	12,13	5,57	33,44
3.Kejda Lípa	4,11	24,6	9,83	59,0	1,64	9,84	5,19	31,15
4.DG Lípa	4,19	25,1	10,20	61,2	2,59	15,51	5,66	33,94
5.DG Opatov	4,13	24,8	9,58	57,5	1,96	11,73	5,22	31,34
6.Kompost	6,21	37,2	10,68	64,1	1,95	11,69	6,10	36,60

Tab. 5.3: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ v sušině - vzorkování brzy na jaře

Varianty hnojení	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm				
	Hradec n. Svit. 460 m n. m.	Jaroměřice n. R 425 m n. m	Lípa 505 m n. m	Průměr	
1.Nehnojeno	3,11	8,52	0,49	4,04	
2.LAV	2,46	11,87	0,49	4,94	
3.Kejda Lípa	3,75	9,84	0,49	4,69	
4.DG Lípa	3,93	10,18	0,98	5,03	
5.DG Opatov	2,82	9,58	0,49	4,30	
6.Kompost	4,72	10,65	0,50	5,29	
Hodnocení obsahu N-NO ₃ ⁻ podle nadmořské výšky					
	velmi bezpečný	bezpečný	přiměřený	nadměrný	rizikový
	N-NH ₄ ⁺ mg/kg v sušině - horizont 0-30 cm				
1.Nehnojeno	0,20	<0,20	1,29	0,56	
2.LAV	0,36	<0,20	1,41	0,66	
3.Kejda Lípa	0,36	<0,20	1,15	0,57	
4.DG Lípa	0,25	<0,20	1,61	0,69	
5.DG Opatov	1,32	<0,20	1,46	0,99	
6.Kompost	1,48	<0,20	1,45	1,04	

Obsah minerálního dusíku N min (tab. 5.2) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře v orniční vrstvě 0-30 cm v průměru velmi nízké a poměrně vyrovnané obsahy (4,6-6,1 kg N/ha), maximálně do 11,9 mg/kg u varianty 2. v Jaroměřicích. Množství pohotového N se v tomto období pohybovalo v úzkém rozmezí mezi 27,3 - 36,6 kg N/ha.



Obsah nitrátového dusíku byl zhodnocen podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic byl N-NO_3^- v tomto období hodnocen jako velmi bezpečný a pouze ojediněle jako bezpečný.

Amonná forma dusíku N-NH_4^+ v Jaroměřicích byla pod mezí detekce, $<0,2$ mg/kg. Rozdíly mezi variantami na zbývajících stanovištích se pohybovaly od 0,2 do 1,48 mg/kg.

5.3 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny

Průměrný obsah minerálního dusíku po sklizni ječmene byl na všech stanicích u variant organicky hnojených (3 a 4) poměrně vyrovnaný, v průměru od 3,76 do 5,46 mg/kg Nmin. V průběhu vegetační sezony se v Jaroměřicích (31,8-50,4 kg N/ha) udržela relativně vyšší zásoba Nmin až do sklizně ve srovnání se zbývajících dvěma stanicemi.

Tab. 5.4: Obsah Nmin v sušině v půdě - vzorkování po sklizni ječmene

Varianty hnojení	Obsah N min v sušině a kg N/ha - horizont 0 - 30 cm							
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice n. R		Lípa		Průměr	
	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha
1.Nehnojeno	2,39	14,34	5,30	31,80	3,43	20,57	3,71	22,24
2.LAV	2,19	13,11	5,75	34,50	4,44	26,64	4,13	24,75
3.Kejda Lípa	2,68	16,05	6,98	41,85	5,61	33,63	5,09	30,51
4.DG Lípa	3,81	22,85	6,00	36,00	6,57	39,39	5,46	32,75
5.DG Opatov	1,51	9,06	5,80	34,80	3,98	23,90	3,76	22,59
6.Kompost	1,55	9,29	8,40	50,40	3,87	23,21	4,61	27,63

Tab. 5.5: Obsah N-NO_3^- a N-NH_4^+ v sušině - vzorkování po sklizni ječmene

Varianty hnojení	N-NO_3^- (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm			
	Hradec n. Svit. 460 m n. m.	Jaroměřice n. R 425 m n. m.	Lípa 505 m n. m.	Průměr
1.Nehnojeno	1,81	4,75	2,20	2,92
2.LAV	1,83	5,21	2,82	3,29
3.Kejda Lípa	2,35	5,28	4,31	3,98
4.DG Lípa	1,74	5,60	5,53	4,29
5.DG Opatov	1,20	5,27	3,39	3,29
6.Kompost	1,24	7,90	3,05	4,06
Hodnocení obsahu N-NO_3^- podle nadmořské výšky				
velmi bezpečný bezpečný přiměřený nadměrný rizikový				
	N-NH_4^+ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm			
1.Nehnojeno	0,59	0,57	1,23	0,80
2.LAV	0,41	0,74	1,63	0,93
3.Kejda Lípa	0,43	1,68	1,30	1,14
4.DG Lípa	2,07	0,40	1,03	1,17
5.DG Opatov	0,41	0,54	0,79	0,58
6.Kompost	0,46	0,52	0,83	0,60



V termínu odběru vzorků po sklizni (tab. 5.3) byl N-NO_3^- většinou velmi bezpečný nebo bezpečný. Úroveň amonné formy dusíku (N-NH_4^+) byla naměřena v průměru tří lokalit mezi 0,59 - 1,17 mg/kg.

5.4 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů

Neutrální výměnná půdní reakce bez rozdílů mezi variantami (pH 6,8-7,0) byla zjištěna v Hradci n. Svitavou. Slabě kyselé pH bylo naměřeno v Jaroměřicích a na písčitohlinité půdě na Lípě. V obou případech po kompostu se pH mírně zvyšovalo; v Jaroměřicích (pH 6,6 - neutrální) na Lípě pH 6,4.

Obsah přístupných živin je poměrně vyrovnaný, bez významných rozdílů mezi variantami, s výjimkou působení kompostu. Na všech třech stanicích se shodně, vlivem opakovaného hnojení kompostem, postupně zvyšuje zásoba P, K i Mg. (tab.6.1-6.3). Porovnání zásoby přístupných živin stanovených po sklizni lze porovnat s kritérii tab. 6.4.

Obsah ME včetně síry (M3) nevykazuje významné rozdíly mezi variantami, většinu výsledků lze zařadit do kategorie dobrého obsahu. Obsah síry v Jaroměřicích a na Lípě hodnotíme jako kriticky nízký (tab. 6.5 a 6.6).

Tab. 5.6: Průměrný obsah přístupných živin a ME - Hradec n. Svitavou, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	S
1.Nehnojeno	6,8	75	133	2300	50	2,4	0,7	246	144	3,2	14,6
2.LAV	6,9	75	132	2298	53	2,3	0,7	236	143	3,2	18,3
3.Kejda Líba	6,9	79	177	2210	74	2,1	0,8	244	144	3,8	29,8
4.DG Líba	6,9	71	151	2208	64	1,8	0,7	236	133	3,4	22,5
5.DG Opatov	6,9	70	150	2143	55	1,7	0,7	229	130	3,1	16,7
6.Kompost	7,0	102	242	2395	87	1,7	0,9	260	130	4,5	25,9

Tab. 5.7: Průměrný obsah přístupných živin a ME - Jaroměřice n. Rokytnou, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	S
1.Nehnojeno	6,2	64	174	2758	229	3,0	0,6	256	165	2,8	8,4
2.LAV	6,2	57	172	2768	230	2,9	0,6	238	158	4,1	8,3
3.Kejda Líba	6,3	67	183	2860	276	3,0	0,6	243	156	3,0	8,2
4.DG Líba	6,3	71	189	2865	278	2,9	0,6	246	148	2,6	8,4
5.DG Opatov	6,3	73	203	2990	289	2,8	0,6	241	139	2,5	7,9
6.Kompost	6,6	113	274	3295	317	2,9	0,8	272	145	4,3	9,8



Tab. 5.8: Průměrný obsah přístupných živin a ME - **Lípa**, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	S
1.Nehnojeno	5,7	46	81	1473	101	1,9	0,5	311	97	1,6	7,5
2.LAV	5,4	46	87	1500	93	1,9	0,5	336	98	1,8	9,8
3.Kejda Lípa	5,9	40	92	1763	118	2,0	0,5	314	97	2,0	7,7
4.DG Lípa	6,1	38	95	1763	109	1,9	0,5	285	107	2,0	7,1
5.DG Opatov	6,1	44	139	1788	101	1,9	0,5	353	118	2,2	8,0
6.Kompost	6,4	67	187	2118	120	1,9	0,6	320	121	3,0	8,7

Tab. 5.9: Hodnocení výměnné půdní reakce

hodnota pH	půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 - 5,0	silně kyselá
5,1 - 5,5	kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	neutrální
7,3 - 7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tab. 5.10: Kritéria hodnocení obsahu P, K a Mg (mg/kg) na orné půdě (Mehlich 3)

Kategorie obsah	FOSFOR	DRASLÍK			HOŘČÍK		
		lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 50	do 100	do 105	do 170	do 80	do 105	do 120
vyhovující	51 - 80	101 - 160	106 - 170	171 - 260	81 - 135	106 - 160	121 - 220
dobrý	81 - 115	161 - 275	171 - 310	261 - 350	136 - 200	161 - 265	221 - 330
vysoký	116 - 185	276 - 380	311 - 420	351 - 510	201 - 285	266 - 330	331 - 460
velmi vysoký	nad 185	nad 380	nad 420	nad 510	nad 285	nad 330	nad 460

Tab. 5.11: Pracovní kritéria hodnocení obsahu mikroelementů (metoda Mehlich 3)

Mikroelement	Půdní druh	Hodnocení obsahu (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⁾ Doporučení pro obilniny; ²⁾ Doporučení hnojit na půdách obsahujících méně než 15 mg/kg



Tab. 5.12: Pracovní kritéria hodnocení obsahu síry (metoda Mehlich 3)

obsah (mg/kg)	Hodnocení
do 10 mg/kg	velmi kritický
11-20 mg/kg	nízký
21-30 mg/kg	vyhovující
31-40 mg/kg	dobrý
41-50 mg/kg	vysoký

5.5 Hodnocení půdní organické hmoty

Předkládané výsledky hodnocení parametrů kvality organické hmoty jsou reprezentativním výsledkem odběrů vzorků po sklizni plodiny ze všech čtyř opakování na třech lokalitách po sklizni plodiny (tab. 5.13-5.16). Vliv organického hnojení a rozdíly mezi variantami jsou spíše zanedbatelné, zejména přihlídneme-li k velmi nízkému rozsahu zjištěných hodnot. Kompost je jediným organickým materiálem, u něhož lze vysledovat pozitivní vliv téměř na všechny parametry.

Vypočítaný poměr C:N ukazuje na značné rozdíly mezi pokusnými lokalitami, méně však už mezi variantami na lokalitách Lída a Hradec. V Jaroměřích na hlinité hnědozemí po digestátech se tento poměr rozšiřoval až do hodnoty od 16,9 do 17,7. ZAUJEC et al. 2009 hodnotí tento obsah jako nízký. ZIMOLKA (2008) však půdu s poměrem C:N mezi 15-18 řadí k půdám dostatečně zásobených dusíkem. Užší poměr C:N charakterizuje půdy jako biologicky aktivnější. Na základě našich výsledků můžeme poměr C:N v půdě v Hradci a Lídě hodnotit jako střední (8-10) nebo vyšší (5-8) poměr.

Tab. 5.13: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty - Hradec n. Svitavou

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty					
	Ntot %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,16	1,56	3,16	4,41	1,77	9,77
2.LAV	0,17	1,60	3,13	4,41	1,81	9,71
3.Kejda Lída	0,17	1,57	3,32	4,44	1,78	9,40
4.DG Lída	0,17	1,57	3,25	4,47	1,77	9,51
5.DG Opatov	0,16	1,52	3,24	4,49	1,74	9,50
6.Kompost	0,17	1,58	3,50	4,57	1,78	9,44

Tab. 5.14: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty - Jaroměřice n. Rokytou

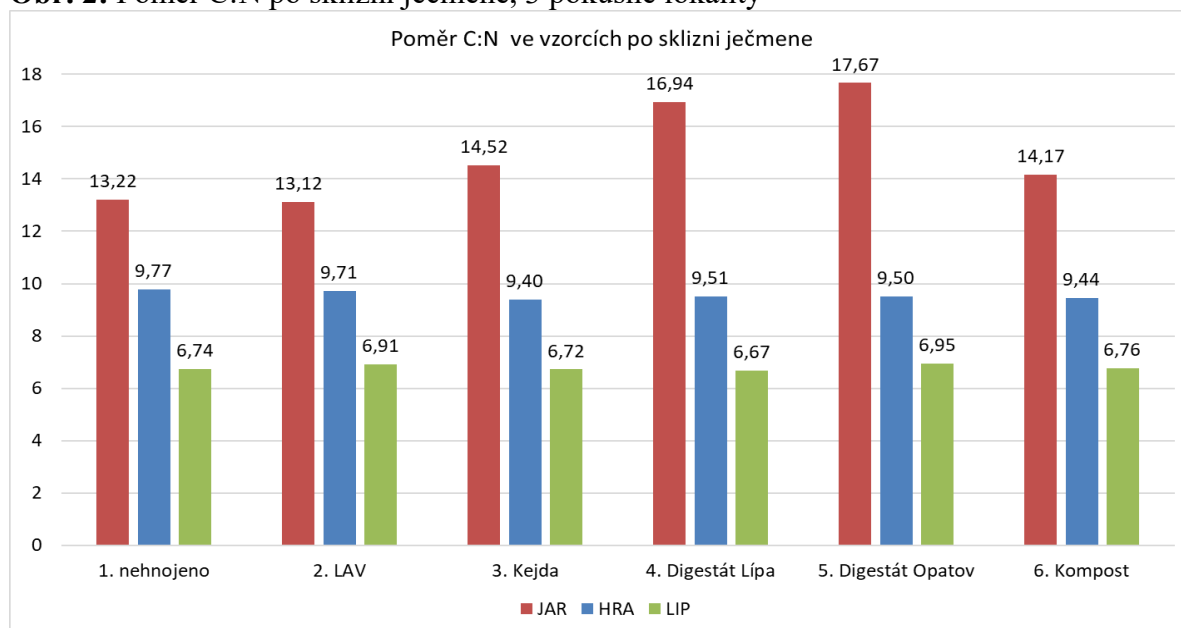
Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty					
	Ntot %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,08	1,05	2,44	4,68	1,20	13,22
2.LAV	0,09	1,10	2,43	4,72	1,25	13,12
3.Kejda Lída	0,08	1,12	2,37	4,68	1,25	14,52
4.DG Lída	0,07	1,09	2,22	4,68	1,21	16,94
5.DG Opatov	0,06	1,06	2,23	4,67	1,20	17,67
6.Kompost	0,08	1,17	2,67	4,73	1,31	14,17



Tab. 5.16: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty - Lípa

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty					
	Ntot %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C/N
1.Nehnojeno	0,20	1,35	2,05	5,39	1,51	6,74
2.LAV	0,20	1,40	2,22	5,45	1,56	6,91
3.Kejda Lípa	0,20	1,35	2,09	5,41	1,51	6,72
4.DG Lípa	0,19	1,29	2,09	5,39	1,45	6,67
5.DG Opatov	0,21	1,46	2,46	5,37	1,63	6,95
6.Kompost	0,22	1,49	2,91	5,35	1,66	6,76

Obr. 2: Poměr C:N po sklizni ječmene, 3 pokusné lokality



Definice hodnocených parametrů

- **Celkový dusík (Ntot)** je souborem přístupných i nepřístupných forem dusíku, které mezi sebou mohou přecházet.
- **Oxidovatelný organicky vázaný uhlík (Cox)** zastupuje primární a sekundární organickou hmotu v půdě.
- **Glomalin** je glykoprotein vylučovaný do půdy myceliem mykorhizních hub arbuskulárního typu. Je to velmi stabilní sloučenina, nerozpustná ve vodě a odolná k tepelné degradaci.
- **Barevný kvocient Q4/6** jde o poměr absorbance humusových látek, humusových kyselin a fulvokyselin, které vykazují vysokou intenzitu světelné absorbance UV-VIS spektra při 465 nm a 665 nm.
- **Celkový uhlík (CTOC)** vyjadřuje množství uhlíku uloženého v organických sloučeninách.
- **Poměr C:N** indikuje trend humifikace, vyjadřuje poměr dusíku ku obsahu oxidovatelnému (organickému) uhlíku, je to důležitý indikátor kvality organické složky půdy, užší poměr < 10 je spojen s kvalitnějšími, humóznějšími půdami.



5.6 Půdní mikrobiologie

Zpracoval: RNDr. Jiří Čuhel, PhD.

Půdní vzorky pro účely mikrobiologického šetření byly z jednotlivých variant polního pokusu v Jaroměřicích nad Rokytnou odebrány 11.5.2020, tj. téměř 13 měsíců od poslední aplikace hnojiv (17.4.2019). Cílem tohoto odběru a následných analýz bylo zjistit, zda i po 13 měsících od aplikace bude stále ještě možné zaznamenat vliv hnojení na vybrané mikrobiální parametry, popřípadě zda vliv hnojení na mikroorganismy již vymizí. Při prvním odběru půd (13.5.2019) po aplikaci hnojiv jsme totiž zaznamenali, že se vstup organických hnojiv pozitivně projevil na obsahu labilního organického C a na dalších sledovaných mikrobiálních parametrech, přičemž vliv kejdy a kompostu byl na stanovované parametry v porovnání s digestáty větší. Určité změny v některých mikrobiálních parametrech byly detekovatelné i když v již v menší míře, také na konci vegetační sezony 2019 (viz zpráva za rok 2019).

Odběry vzorků na zjištění mikrobiální aktivity půdy byly provedeny na jediném stanovišti v Jaroměřicích nad Rokytnou, analýzy provedla NRL ÚKZÚZ.

Výsledky mikrobiologických analýz vzorků odebraných na jaře 2020 jsou uvedeny v tabulce 5.17. Jediným parametrem, u kterého byl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl mezi variantami hnojení, je specifická růstová rychlost (RKR_{μ}), přičemž byla nižší u varianty s digestátem I než u kontrolní varianty (Tukey test, $p = 0,027$). Nicméně tento výsledek je třeba hodnotit s určitou rezervou, neboť statistická analýza poukázala na nehomogenitu variancí u parametru RKR_{μ} . I po provedení logaritmické transformace dat ($Y = \log_{10} [ATr \times X + Btr]$; $ATr = 1000$, $Btr = 1$) jsme nebyli schopni zcela potlačit zmíněnou nehomogenitu. I když po logaritmické transformaci je rozdíl v RKR_{μ} mezi variantami stále signifikantní (Tukey test, $p = 0,026$), je zapříčiněn především jedním nižším odlehlým bodem u varianty hnojení s digestátem I. Vzhledem k tomu, že rozdíly v RKR_{μ} jsme nenalezli ani u půdních vzorků odebraných v roce 2019, shledáváme tento rozdíl mezi variantami hnojení jako falešně signifikantní.

Získané výsledky mikrobiologického šetření zcela konzistentně ukázaly, že 13 měsíců po poslední aplikaci minerálních a organických hnojiv již tato hnojiva analyzované mikrobiální parametry neovlivňují. Po této době jsou již živiny z hnojiv spotřebovány a mikroorganismy se navrací do původního stavu (který je zde reprezentován kontrolní variantou bez hnojení), a to jak z hlediska mikrobiálních parametrů souvisejících s aktivitou mikroorganismů (bazální respirace, substrátem indukovaná respirace), tak z hlediska parametrů popisujících růstové charakteristiky společenstva (RKR_{μ} , $t_{peakmax}$, viz tabulka 2) a jeho abundanci (mikrobiální biomasa). U živých organismů se jedná se o fenomén zvaný ekologická resilience, který popisuje právě schopnost společenstva organismů (zde mikroorganismů), vrátit se do ekologického a fyziologického stavu před disturbancí (v tomto případě hnojení), jakmile tato disturbance pomine.



Tab. 5.17: Mikrobiální parametry ve vzorcích stacionáru odebraných na jaře 2020, průměry $\pm$ směrodatné odchylky (n = 4).

Variety hnojení	C _{bio} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	R _B ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	R _S ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	RKR _μ (h ⁻¹)	t _{peakmax} (h)
1.Nehnojeno	133 $\pm$ 27,3	1,30 $\pm$ 0,32	12,2 $\pm$ 0,96	0,174 $\pm$ 0,014 b*	28,5 $\pm$ 0,64
2.LAV	150 $\pm$ 36,9	1,10 $\pm$ 0,10	12,9 $\pm$ 0,22	0,148 $\pm$ 0,003 ab	29,4 $\pm$ 0,49
3.Kejda Lípa	186 $\pm$ 7,2	1,02 $\pm$ 0,23	14,1 $\pm$ 0,93	0,146 $\pm$ 0,012 ab	30,3 $\pm$ 1,80
4.DG Lípa	156 $\pm$ 39,0	1,15 $\pm$ 0,12	12,8 $\pm$ 0,82	0,136 $\pm$ 0,021 a	30,7 $\pm$ 1,58
5.DG Opatov	166 $\pm$ 8,5	1,29 $\pm$ 0,17	11,7 $\pm$ 1,08	0,168 $\pm$ 0,029 ab	29,0 $\pm$ 2,34
6.Kompost	191 $\pm$ 21,0	1,29 $\pm$ 0,09	13,3 $\pm$ 1,99	0,152 $\pm$ 0,013 ab	30,1 $\pm$ 1,51

* Rozdílná písmena u jednotlivých variant hnojení indikují statisticky průkazný rozdíl mezi variantami pro parametr RKR_μ (Tukey test, p < 0,05).

Tab. 5.18: Přehled použitých mikrobiologických metod

Parametr	Zkratka	Význam
C mikrobiální biomasy	C _{bio}	Schopnost mikroorganismů využít organické sloučeniny pro syntézu biomasy, pro stanovení C v roztoku byla použita metoda s dichromanem
Bazální respirace	R _B	Celková aktivita
Substrátem indukovaná respirace, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	R _S	Charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstup rychle rozložitelného substrátu
Specifická růstová rychlost, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	RKR _u	Hodnota odráží frakci mikrobiální biomasy zdvojenou během růstu po přidavku substrátu (glukosa s přidavkem N, P) za jednotku času
Doba do dosažení maximální růstové rychlosti po přidavku substrátu	t _{peakmax}	



6 Bilance dusíku

Pro komplexní zhodnocení časově aktuálního působení dusíku dodaného ověřovanými hnojivy v daném roce se provádí výpočet bilance živin. Na straně vstupů jsou zohledněny živiny dodané hnojením a dešťovými srážkami a na straně výstupů jsou živiny odebrané vyprodukovanou sklizní hlavního a vedlejšího produktu (tab. 6.1).

Dešťové srážky reprezentují atmosférický spad dusíku, který je součástí hodnocení pokusů za období od ledna do srpna 2020 na konkrétní zkušební stanici. Tato depozice za sledované období byla jediným vstupem, minerálními ani organickými hnojivy nebylo v roce 2020 hnojeno. Množství dusíku, které je jímáno a každý měsíc analyzováno, se v souhrnu pohybovalo od 9,2 do 11,8 kg N/ha.

V 10. pokusném roce byla u kontroly vypočítána vzhledem k dlouhodobému vynechání jakéhokoliv hnojení záporná bilance dusíku v průměru tří pokusných stanic -41 kg N/ha. Varianty organicky hnojené vykazovaly podobný deficit mezi -51 až -56 kg N/ha. Varianta hnojená výhradně LAV vykázala schodek -72 kg N/ha.

V ročnících, kdy je optimálně bilančně hnojeno organickými hnojivy přebytek dosahuje přibližně 40 kg N/ha. Minerální hnojení pak obvykle dosahuje přebytek mezi 8 - 20 kg N/ha.

Tab. 6.1: Zhodnocení bilance dusíku v období leden až srpen 2020

Varianty hnojení	Vstupy (kg N/ha)				Výstupy (kg N/ha) Odběr hlavního a vedlejšího produktu sklizení ječmene (kg N/ha)			
	Hnojiva	Dešťové srážky			HRA	JAR	LIP	Průměr
		HRA	JAR	LIP				
1.Nehnojeno	0	11,8	10,4	9,2	60	53	47	53
2.LAV	0	11,8	10,4	9,2	72	103	65	80
3.Kejda Lípa	0	11,8	10,4	9,2	68	74	58	67
4.DG Lípa	0	11,8	10,4	9,2	67	71	55	64
5.DG Opatov	0	11,8	10,4	9,2	55	70	54	60
6.Kompost	0	11,8	10,4	9,2	61	72	56	63

Varianty hnojení	Bilance dusíku na zkušební stanici (kg N/ha)			Průměrná bilance dusíku (kg N/ha)
	HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	-43	-43	-38	-41
2.LAV	-69	-92	-55	-72
3.Kejda Lípa	-56	-64	-48	-56
4.DG Lípa	-54	-60	-46	-53
5.DG Opatov	-49	-60	-44	-51
6.Kompost	-52	-61	-47	-54



7 Závěry

Dosažené výsledky čtvrtého roku druhého osevního postupu přesné polní zkoušky ověřující účinnost dvou typů digestátů, kejdy a kompostu oproti ledku amonnému s vápencem a nehnojené kontrole v roce, v němž ječmen jarní nebyl hnojen je možné shrnout následovně:

Sklizňové výsledky

- nejvyšší výnos byl po LAV 5,18 t/ha v Jaroměřicích, v průměru 3 stanic 3,37 t/ha
- účinnost obou digestátů byla v průměru o 11-20 % nižší oproti LAV
- průměrný výnos zrna po kejdě dosáhl 3,69 t/ha, tj. o 9,3 % méně než varianta s LAV
- nejvyšší výnos po kompostu byl 4,34 t/ha (JAR), v průměru 2,92 t/ha
- průměrný výnos slámy byl nejvyšší po LAV (3,96 t/ha), po digestátech klesl o 17-22 % proti LAV

Statistické zhodnocení výnosů zrna

- vysoce průkazné rozdíly mezi kontrolou a mezi všemi variantami u všech tří stanic
- v Hradci a Jaroměřicích mezi var. 2-6 nebyly průkazné rozdíly, jen mezi kontrolou a LAV
- vysoce průkazné rozdíly byly v Jaroměřicích a Lípě mezi LAV a ostatním variantami

Kvalitativní a parametry

- nejvyšší průměrný obsah N v zrně byl (1,72 %) v Jaroměřicích po LAV
- po organických hnojivech nebyly mezi variantami rozdíly, N mezi 1,50 - 1,54 % N
- rozdíly v obsahu P, K, Mg, Ca v zrně mezi variantami byly zanedbatelné
- HTZ byla nejnižší na var. 2 LAV, tj. 37,28 g
- HTZ po organických hnojivech byla podobná mezi 39,01 - 40,35 g
- po organických hnojivech byl obsah N látek v rozmezí 9,4 - 9,54 % a po kompostu 9,62 %, po LAV v průměru od 9 - 10,3 %

Obsah minerálního dusíku

brzy na jaře

- N min byl velmi nízký, maximum 11,9 mg/kg po LAV, nejnižší N min na Lípě mezi 1,64-2,59 mg/kg
- obsah N-NO₃⁻ byl velmi bezpečný a pouze ojediněle bezpečný
- forma N-NH₄⁺ byla pod mezí stanovitelnosti v Hradci, v Jaroměřicích a Lípě po kompostu byl obsah mezi 1,04 - 1,48 mg/kg

po sklizni

- vynechání hnojení a odběr sklizni se promítlo i do poměrně nízkého obsahu Nmin v Hradci a Lípě. V Jaroměřicích se u varianty 6 udržel poměrně vysoký obsah Nmin 8,40 mg/kg, tj. 50,4 kg N/ha
- formu N-NO₃⁻ hodnotíme jako velmi bezpečnou nebo bezpečnou

Výměnná půdní reakce

- neutrální pH 6,8-7,0 bez vlivu hnojení bylo v Hradci
- slabě kyselé pH bylo v Jaroměřicích a na Lípě, po kompostu je již několik let patrný pozvolných alkalizující efekt

Obsah přístupných živin a mikroelementů

- po kompostu se mírně zvyšuje zásoba přístupných živin a mikroelementů

Obsah půdní organické hmoty

- kompost pozitivně působil na obsah Cox a glomalinu a celkového uhlíku (CTOC)
- poměr C:N je značně rozdílný mezi stanicemi, ale bez rozdílů mezi variantami

Mikrobiologické půdní metody

- hnojiva aplikovaná na jaře 2019 sledované mikrobiologické parametry ve vzorcích odebíraných v květnu 2020 neovlivnily



Bilance dusíku

- záporná bilance -41 kg N/ha u kontroly
- po hnojivech s rychle uvolnitelným N (digestáty a kejda) byl deficit -51 až -56 kg N/ha
- u varianty s LAV deficit dosáhl -72kg N/ha

Závěrečné shrnutí

V roce 2020 nebylo k pokusné plodině hnojeno, proto v hodnocených parametrech lze pozorovat pouze následné působení hnojiv aplikovaných v předchozích letech. Ve výnosech se absence hnojení projevila poměrně razantně, hnojiva s pozvolným uvolňováním dusíku (kejda s digestáty) dosahovala přibližně stejné úrovně. Vliv předchozího každoročního hnojení ledkem amonným s vápencem se do výnosu, odběru dusíku zrnem a obsahu N látek poměrně značně promítal.

Kompost je vynikajícím zlepšujícím materiálem z pohledu úpravy obsahu přístupných živin a mikroelementů, ale i úpravy výměnné půdní reakce. Rovněž na vybrané parametry půdní organické hmoty pozitivně zapůsobil kompost.

Přítomnost nitrátové formy dusíku v půdě v takto výjimečném roce byla naprosto bezproblémová a nepředstavovala žádná rizika, což je důsledkem časového intervalu od posledního hnojení v dubnu 2019.

Obecně optimální dávky digestátu a kejdy jsou díky vysokému podílu rychle využitelného amonného dusíku úspornou alternativou k minerálním hnojivům za předpokladu dobře sestaveného osevního postupu a pravidelného zapravování posklizňových zbytků. Podobný přístup vynechání hnojení by v praxi, zejména pokud by byl opakovaný vedl jednak k značným ekonomickým ztrátám na produkci, ale zcela jistě i k poklesu kvality půdních vlastností a půdní produktivity.

8 Použitá literatura

- ČIŽMÁR, D.: Stanovení sledovaných látek metodou NIRS, SOP 29 (UKZÚZ, NRL, 2007).
- ČSN 461100 – Obiloviny potravinářské – Část 2 Pšenice potravinářská
- PRUGAR J. a kol. 2008: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, Praha, ISBN 978-80-86-576-28-2
- SMATANOVÁ M., 2018: Jednotné pracovní postupy pro AZPP v České republice v období 2017 až 2022. Metodický pokyn ÚKZÚZ č.01/AZZP
- TRÁVNÍK, K. (1995): Stanovení ekologicky únosných obsahů minerálního dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů. Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 32 s.
- ZBÍRAL J. a kol. (2011): Jednotné pracovní postupy: Analýza půd 3. ISBN 978-80-7401044-
- ZBÍRAL, J. a kol.: Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3. (UKZÚZ, NRL, 2005).
- ZBÍRAL, J. a kol: Jednotné pracovní postupy: Analýza půd I, postup 2, postup 3.1 (UKZÚZ, NRL, 2001).
- ZAUJEC A, CHLPIK J., NÁDAŠSKÝ J., SZOMBATHOVÁ N., TOBIAŠOVÁ E., (2009): Pedologia a základy geologie. Nitra SPU. 399 s. ISBN 978-80552-0207-5.
- ZIMOLKA, J. (2008): Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry, Profi Press Praha, 200 s, ISBN 978-80-86726-31-1