

Č.j.: UKZUZ 075121/2022

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

11. pokusný rok - 2021

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

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

Brno

únor 2022



Obsah	strana
1 Úvod.....	2
1.1 Popis odrůdy.....	2
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
2.2 Chemické složení použitých hnojiv	6
3 Sklizňové výsledky.....	7
3.1 Sklizňové výsledky SEMENE řepky ozimé.....	7
3.2 Sklizňové výsledky SLÁMY řepky ozimé.....	8
3.3 Statistické zhodnocení výnosů	9
4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků	11
4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků	11
4.2 Obsah základních živin v semeni a slámě řepky ozimé	11
4.3 Kvalitativní parametry semene.....	13
4.4 Odběr živin semenem.....	15
5 Agrochemické rozborů 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 hnojení.....	18
5.4 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny	19
5.5 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů	20
5.6 Hodnocení půdní organické hmoty	22
5.7 Půdní mikrobiologie.....	25
6 Bilance dusíku.....	30
7 Závěry.....	31
8 Použitá literatura.....	32



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 rozšířena a založena na dalších dvou stanicích, a to v Jaroměřicích nad Rokytou (JAR) a Hradci nad Svitavou (HRA). Rok 2021 byl 5. rokem II. osevního postupu, pěstovanou plodinou byla řepka ozimá, odrůda Cortes.

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} (odr. Cortes)	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: řepka ozimá, odrůda Cortes je **výkonná nízká odrůda s velmi raným kvetením a kratší vegetační dobou**. Je to nízká dobře větvičící odrůda s **vysokým stupněm odolnosti vůči poléhání** a dobrým zdravotním stavem.



1.2 Agrotechnické záznamy

Hradec nad Svitavou: setí proběhlo za dobrých vláhových a teplotních podmínek bez problémů. Tři dny po vzejití pokus částečně poškodila bouřka s kroupami. Došlo ke slití zeminy, především na začátku parcel v opakování 1A a 1D. V prosinci byl teplejší a sušší průběh počasí. Počet rostlin, i když se slabším kořenovým systémem byl celkově dostatečný a zima byla relativně mírná. Sněhová pokrývka se vyskytovala v řádu centimetrů v první a druhé dekádě ledna a února. O něco více sněhu leželo v období od 16. do 21. ledna. Nejnižší teploty byly od 12. do 15. ledna (minimum 15.1. -18°C). Do února bylo období teplotně a srážkově normální, březen byl suchý a stejně tak i duben. S výjimkou studeného dubna a května a normálního srpna bylo celé vegetační období teplé až mimořádně teplé s dostatkem srážek. V jarním období došlo k značné redukci rostlin (odumírání kořenů). I přes opakovanou eliminaci došlo na variantě 6D k poškození porostu hrabošem. Porosty byly nevyrovnané a řídké se značnými vizuálními rozdíly mezi opakováními. Období před sklizní a sklizeň samotnou komplikovalo velmi vlhké počasí. Po zbytek vegetace byly podmínky příznivé, ale rostliny už zůstaly nižší a porosty řídké. Výnos byl podprůměrný.

Jaroměřice nad Rokytou: krátce po setí pokus poškodily srážky během bouřky. Porost řepky ozimé vzešel dobře, rostliny však rostly velmi pomalu (nižší obsah N v půdě, utužená půda vydatnými srážkami). Rostliny do zimy dosáhly jen asi 25 % běžné velikosti (největší rostliny a nejhustší porost byl před zimou na kombinaci 2 a 6, nejmenší rostliny a řídký porost na kombinaci 1). Nadprůměrné srážky se vyskytovaly až do začátku zimy, během níž se střídalo teplejší a chladnější období. Střídání teplot negativně ovlivnilo menší mělce kořenicí rostliny. Nízké teploty v březnu a v dubnu, navíc kombinované se suchem způsobily další odumírání rostlin. Výsledkem bylo odumření kolem 50 % rostlin (nejméně u varianty 2, nejvíce na variantě 1). Od třetí dekády června až do sklizně vydatné srážky v červnu a červenci způsobily obrůstání a zmlazování řepky před sklizní. Tento stav porostu velmi znesnadňoval sklizeň (extrémní vlhkost slámy kolem 70 %, rozdrčené zelené listy ve sklizeném řepkovém semenu).

Lípa: před setím proběhla kvalitní příprava pozemku, setí proběhlo 27.8.2020 bez problémů. Počátkem roku bylo teplo s dostatkem srážek, které byly jen ojediněle sněhové. V únoru teploty i srážky v normálu. V měsíci březnu byl chladnější charakter počasí, ranní mrazy a mrazíky v průběhu celého měsíce. Duben byl také velmi chladný, ojedinělé sněhové přeháňky a ranní přímrazky (i výraznější), poté dešťové přeháňky, oteplení až v poslední dekádě. Květen byl srážkově bohatý, teploty průměrné, porosty vývojově pomalejší a opožděnější než v letech minulých. Červen byl z počátku také chladnější a deštivý, poté průměrný teplotně i srážkově, střídaly se chladnější a teplejší dny. Červenec a srpen byl ve znamení velkých teplotních rozdílů, teplo střídaly bouřky a prudké deště se silným větrem, kroupami, které porost poškodily a významně snížily výnos na všech parcelách. Sklizeň byla provedena bez problémů za ideálního počasí dne 30.7.2021.



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. 2020/2021

Stanice	Průměrné měsíční srážky (mm)												Σ roční
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Hradec n. Svitavou													
suma srážek	104	102	25	23	44	33	19	25	62	45	107	92	679
měsíční normál	57	40	42	42	35	28	37	41	63	80	79	72	616
% normálu	182	254	59	54	125	116	52	61	98	56	135	128	110
Jaroměřice													
suma srážek	78	50	20	13	29	26	11	15	90	103	82	66	581
měsíční normál	40	29	32	27	24	22	25	32	57	71	71	58	488
% normálu	195	173	64	47	119	116	42	45	157	145	115	114	119
Lípa													
suma srážek	54	63	35	15	46	37	15	27	83	55	139	93	660
měsíční normál	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71	594
% normálu	105	174	83	38	129	133	39	74	140	72	172	131	111

Tab. 1.2: Průměrné měsíční teploty v r. 2020/2021

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

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

1.5 Charakteristika zkušebních stanovišť

Charakteristika	Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokytinou	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 rozbořech 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

Bilanční dávka ledku amonného s vápencem (LAV) se aplikuje v dávce, kterou v daném roce pokusné plodiny brambory, kukuřice, řepka, ozimá pšenice odčerpají plánovanou sklizní. Základní dávka dusíku je pro zastoupené plodiny stanovena následovně:

- brambory 120 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 30 tun brambor/ha
- kukuřice 150 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 35 tun hmoty/ha
- pšenice ozimá 120 kg/ha - při plánovaném výnosu zrna nad 5 t/ha
- **řepka ozimá 130 kg/ha** - při plánovaném výnosu semene nad 2,5 t/ha (dělená dávka 30 kg N/ha podzim 2020, jaro 2021 hnojení 100 kg N/ha všemi typy hnojiv)

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 materiál s pomalu uvolnitelným dusíkem, proto se vypočítaná aplikační dávka (podle obsahu N) násobí 2x a finální aplikační dávka je tedy dvojnásobná.

2.2 Chemické složení použitých hnojiv

Použitá organická hnojiva kejda, digestáty a kompost byly analyzovány před aplikací v srpnu 2020 (dávka 30 kg N/ha) a na jaře 2021 (dávka 100 kg N/ha) na obsah základních živin N, P, K a sušiny, hodnotu pH, organických látek a poměr C:N (tab. 2.1 a 2.2). Digestáty pocházejí vždy z jednoho zdroje, tj. z bioplynové stanice Lípa (dále jen DG Lípa) u Havlíčkova Brodu a z Opatova dále jen (DG Opatov), které zpracovávají kukuřičnou siláž, chlévskou mrvu a siláž z celých rostlin (GPS siláž). Rovněž kejda (zemědělský podnik Lípa) a kompost (kompostárna Náměšť n. Oslavou) po celou dobu vedení pokusu pochází z téhož zdroje.

Tab. 2.1: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky r. 2020 (podzimní aplikace)

Použitá hnojiva/ varianta	Chemické vlastnosti (v sušině)						
	Sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
3.Kejda Lípa	8,5	6,8	11,7	3,3	77,5	0,1	0,3
4.DG Lípa	7,0	8,0	5,8	6,3	73,1	0,2	0,5
5.DG Opatov	6,2	8,4	4,9	7,6	73,8	0,2	0,5
6.CMC Kompost	75	8,6	11,0	1,3	28,8	0,8	1,8

Tab. 2.2: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky r. 2021 (jarní aplikace)

Použitá hnojiva/ varianta	Chemické vlastnosti (v sušině)						
	Sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
3.Kejda Lípa	8,0	7,6	16,1	2,5	80,7	0,2	1,8
4.DG Lípa	7,0	8,2	9,7	3,9	75,7	0,2	0,4
5.DG Opatov	5,3	8,4	9,5	3,8	72,5	0,2	0,5



3 Sklizňové výsledky

3.1 Sklizňové výsledky SEMENE řepky ozimé

Problematické povětrnostní podmínky na podzim a poté suché a chladné jaro ovlivnilo značně negativně výnosy (viz. kapitola 1.2). Výnosy byly zjištěny bez ohledu na varianty v následujícím pořadí: Hradec > Jaroměřice > Líba. V Hradci byl průměrný výnos v rozmezí 0,93 - 1,77 t/ha, v Jaroměřicích 0,62 - 1,71 t/ha. Na všech variantách byl velmi malý počet jedinců, na Lípě výnosy nepřekročily ani tunu z hektaru. I přes podprůměrnost sklizně se prosadilo nejúčinněji minerální hnojení LAVem. Písmena A, B, C, D označují 4 opakování každé pokusné varianty.

Tab. 3.1: Průměrný výnos (t/ha) SEMENE ozimé řepky, stanice **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 12 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	0,93	0,93	1,11	0,73	0,93	83,1	100,0
2.LAV	1,11	1,24	1,21	0,89	1,11	100,0	120,3
3.Kejda Líba	1,53	1,81	1,67	1,62	1,66	149,0	179,2
4.DG Líba	1,7	1,75	1,83	1,80	1,77	159,1	191,4
5.DG Opatov	1,52	1,57	1,49	1,21	1,45	130,1	156,5
6.Kompost	1,40	1,51	1,32	1,05	1,32	118,7	142,7

Tab. 3.2: Průměrný výnos (t/ha) SEMENE ozimé řepky, stanice **Jaroměřice n. Rokytnou**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 12 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	0,66	0,61	0,66	0,55	0,62	36,3	100,0
2.LAV	1,67	1,80	1,62	1,74	1,71	100,0	275,8
3.Kejda Líba	1,06	1,08	1,11	1,12	1,09	63,7	175,8
4.DG Líba	1,09	1,19	1,05	1,06	1,10	64,3	177,4
5.DG Opatov	1,29	1,26	1,15	1,15	1,21	70,8	195,2
6.Kompost	1,29	1,17	1,18	1,21	1,21	70,8	195,2

Tab. 3.3: Průměrný výnos (t/ha) SEMENE ozimé řepky, stanice **Líba**

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 12 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	0,58	0,49	0,51	0,55	0,53	64,0	100,0
2.LAV	0,91	0,93	0,74	0,75	0,83	100,0	156,3
3.Kejda Líba	0,51	0,49	0,47	0,42	0,47	56,8	88,7
4.DG Líba	0,43	0,53	0,44	0,40	0,45	54,1	84,5
5.DG Opatov	0,86	0,73	0,85	0,60	0,76	91,3	142,7
6.Kompost	0,40	0,30	0,36	0,32	0,35	41,4	64,8



Tab. 3.4: Průměrný výnos SEMENE ozimé řepky, všechna stanoviště

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 12 % vlhkost (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	0,93	0,62	0,53	0,69	56,6	100,0
2.LAV	1,11	1,71	0,83	1,22	100,0	176,8
3.Kejda Lípa	1,66	1,09	0,47	1,07	87,7	155,1
4.DG Lípa	1,77	1,10	0,45	1,11	91,0	160,9
5.DG Opatov	1,45	1,21	0,76	1,14	93,4	165,2
6.Kompost	1,32	1,21	0,35	0,96	78,7	139,1

Souhrnné hodnocení tří pokusných stanovišť i přes podprůměrnost výnosu (tab. 3.4) ukazuje na převažující vliv minerálního dusíku. Varianty 3 - 6 hnojené organicky dosáhly v průměru srovnatelných výnosů v rozmezí 1,07 - 1,14 t/ha.

3.2 Sklizňové výsledky SLÁMY řepky ozimé

Problematické klimatické podmínky během vegetace a řídké porosty snížily i výnos slámy. Nejlépe reagovalo hnojení LAVem (5,62 t/ha) v Hradci, v průměru 4,03 t/ha. Naopak nejméně slámy bylo sklizeno na kontrolních variantách, a to na všech třech lokalitách. Kompost podpořil zmlazování a nárůst hmoty, průměrná hmotnost sklizené slámy byla shodná s variantou LAV.

Tab. 3.5: Průměrný výnos SLÁMY ozimé řepky, všechna stanoviště

Varianty hnojení	Průměrný výnos (OJ/ha)	Výnos slámy (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
		Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokytou	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	1,39	3,98	1,89	2,43	2,77	68,6	100,0
2.LAV	2,44	5,62	3,50	2,98	4,03	100,0	145,8
3.Kejda Lípa	2,15	4,21	2,36	2,85	3,14	77,9	113,5
4.DG Lípa	2,21	4,62	2,35	3,08	3,35	83,1	121,1
5.DG Opatov	2,28	7,31	2,19	2,90	4,13	102,5	149,4
6.Kompost	1,92	4,20	3,18	3,07	3,48	86,4	125,9

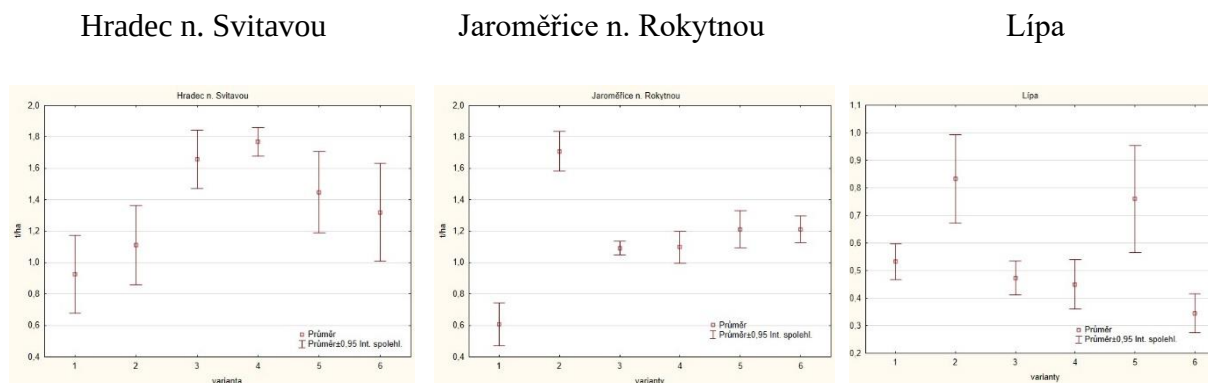


3.3 Statistické zhodnocení výnosů

Výnosy byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance s testováním průkaznosti rozdílů Tuckey HSD 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 3.7 - 3.9.

Analýza variance prokázala statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi kontrolou a variantami 2 - 6 v Jaroměřicích. V Hradci hnojení kejdou a DG Lípa průkazně zvýšilo výnos proti LAV a kontrole (tab. 3.6). Statisticky průkazný rozdíl byl mezi LAVem a digestátem Opatov na Lípě proti zbývajícím variantám. Ve variabilitě výsledků se odráží problematické klimatické podmínky během vegetace, nižší počet jedinců, ale i půdní rozdílnosti lokalit.

Obr. 1: Grafy stanic vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos řepky

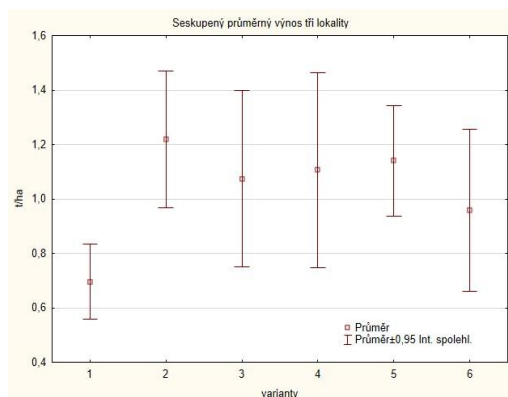


Tab. 3.6: ANOVA, Tuckey HSD test, statistická významnost výnosů mezi variantami

varianta hnojení	Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokytou	Líba
1.Nehnojeno	3,4,5,6	2,3,4,5,6	2,5,6
2.LAV	3,4,5	1,3,4,5,6	1,3,4,6
3.Kejda Lípa	1,2,6	1,2	2,5
4.DG Lípa	1,2,6	1,2	2,5
5.DG Opatov	1,2	1,2	1,3,4,6
6.Kompost	1,3,4	1,2	1,2,5



Obr. 2: Vícenásobné porovnání vlivu hnojení, seskupené výnosy řepky tří stanic



Seskupené výnosy řepky ze všech tří stanic neprokázaly statisticky průkazné rozdíly mezi variantami.

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

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Min	Max	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	0,93	0,16	0,73	1,11	0,88	0,93	0,97
2.LAV	1,11	0,16	0,89	1,24	1,06	1,16	1,14
3.Kejda Lípa	1,66	0,12	1,53	1,81	1,60	1,65	1,66
4.DG Lípa	1,77	0,06	1,70	1,83	1,74	1,78	1,81
5.DG Opatov	1,45	0,16	1,21	1,57	1,42	1,51	1,46
6.Kompost	1,32	0,20	1,05	1,51	1,25	1,36	1,32

Tab. 3.8: Rozkladová tabulka popisných statistik výnosu (t/ha) **Jaroměřice n. Rokytou**

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Min	Max	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	0,62	0,05	0,55	0,66	0,60	0,64	0,63
2.LAV	1,71	0,08	1,62	1,80	1,66	1,71	1,72
3.Kejda Lípa	1,09	0,03	1,06	1,12	1,08	1,10	1,11
4.DG Lípa	1,10	0,06	1,05	1,19	1,06	1,08	1,07
5.DG Opatov	1,21	0,07	1,15	1,29	1,15	1,21	1,17
6.Kompost	1,21	0,05	1,17	1,29	1,18	1,20	1,21

Tab. 3.9: Rozkladová tabulka popisných statistik výnosu (t/ha) **Lípa**

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Min	Max	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	0,53	0,04	0,49	0,58	0,51	0,53	0,54
2.LAV	0,83	0,10	0,74	0,93	0,75	0,83	0,77
3.Kejda Lípa	0,47	0,04	0,42	0,51	0,46	0,48	0,47
4.DG Lípa	0,45	0,06	0,40	0,53	0,42	0,44	0,44
5.DG Opatov	0,76	0,12	0,60	0,86	0,70	0,79	0,78
6.Kompost	0,35	0,04	0,30	0,40	0,32	0,34	0,35



4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků

Anorganické rozborů byly provedeny v reprezentativních vzorcích semene a slámy řepky, 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 (Zbiral, 2005). Stanovení bylo provedeno metodou ICP-OES (atomový optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem). Nejistota stanovení vyjadřující pološíři intervalu, ve kterém se s 95 % pravděpodobností nachází výsledek, činí pro P, K, Mg 10 %, N 4,5 %.

Stanovení oleje a N látek: podle JPP ÚKZÚZ, postup č. 50050.1 metodou NIR.

4.2 Obsah základních živin v semeni a slámě řepky ozimé

Statisticky průkazné rozdíly v obsahu dusíku (tab. 4.4) byly zaznamenány u kontroly a varianty s LAV způsobené zřed'ovacím efektem. Signifikantně vyšší obsahy P byly v semeni u varianty hnojené kompostem. Hnojení se nepromítlo do obsahu K a Mg.

Tab. 4.1: Průměrné obsahy živin v SEMENI řepky, stanice Hradec n. Svitavou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,8	3,39	0,86	0,69	0,24	0,50
2.LAV	92,2	3,50	0,86	0,71	0,24	0,47
3.Kejda Lípa	93,8	2,93	0,87	0,73	0,23	0,45
4.DG Lípa	94,1	3,01	0,87	0,73	0,23	0,45
5.DG Opatov	91,9	3,22	0,87	0,72	0,23	0,46
6.CMC kompost	92,0	3,24	0,89	0,73	0,24	0,46

Tab. 4.2: Průměrné obsahy živin v SEMENI řepky, stanice Jaroměřice n. Rokytinou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	93,2	3,55	0,88	0,85	0,26	0,49
2.LAV	93,2	3,51	0,82	0,81	0,25	0,46
3.Kejda Lípa	93,3	3,35	0,86	0,83	0,25	0,46
4.DG Lípa	93,5	3,37	0,87	0,83	0,26	0,48
5.DG Opatov	93,5	3,31	0,85	0,85	0,26	0,47
6.CMC kompost	93,2	3,23	0,89	0,83	0,26	0,47



Tab. 4.3: Průměrné obsahy živin v SEMENI řepky, stanice **Lípa**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	93,2	3,09	0,86	0,89	0,26	0,47
2.LAV	93,2	3,25	0,76	0,83	0,26	0,43
3.Kejda Lípa	93,3	2,92	0,87	0,83	0,26	0,45
4.DG Lípa	93,5	2,81	0,86	0,82	0,26	0,44
5.DG Opatov	93,5	2,79	0,86	0,87	0,26	0,44
6.CMC kompost	93,6	2,94	0,92	0,89	0,27	0,45

Tab. 4.4: Průměrné obsahy živin v SEMENI řepky, **všechny stanice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	93,7	3,35 ^A	0,87 ^{AB}	0,81 ^A	0,25 ^A	0,48 ^A
2.LAV	93,2	3,42 ^A	0,81 ^B	0,78 ^A	0,25 ^A	0,45 ^{AB}
3.Kejda Lípa	92,0	3,07 ^B	0,86 ^{AB}	0,80 ^A	0,25 ^A	0,45 ^{AB}
4.DG Lípa	92,4	3,07 ^B	0,87 ^{AB}	0,79 ^A	0,25 ^A	0,46 ^{AB}
5.DG Opatov	93,2	3,11 ^B	0,86 ^{AB}	0,81 ^A	0,25 ^A	0,46 ^{AB}
6.CMC kompost	91,9	3,14 ^B	0,90 ^A	0,82 ^A	0,26 ^A	0,46 ^{AB}

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

Tab. 4.5: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ řepky, 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 řepky, stanice **Jaroměřice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	93,2	1,11	0,47	1,99	0,28	2,41
2.LAV	93,2	1,23	0,42	1,88	0,27	2,09
3.Kejda Lípa	93,3	1,32	0,52	1,87	0,29	2,76
4.DG Lípa	93,5	1,13	0,49	2,06	0,28	2,28
5.DG Opatov	93,5	1,17	0,51	2,03	0,28	2,16
6.CMC kompost	93,6	1,16	0,47	2,05	0,27	1,91



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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,2	0,56	0,21	1,23	0,13	1,70
2.LAV	92,3	1,11	0,20	1,55	0,18	1,65
3.Kejda Lípa	92,4	0,99	0,28	1,83	0,18	1,81
4.DG Lípa	92,5	0,74	0,28	1,55	0,15	1,52
5.DG Opatov	92,5	0,60	0,24	1,32	0,12	1,83
6.CMC kompost	92,3	0,72	0,38	1,78	0,15	1,81

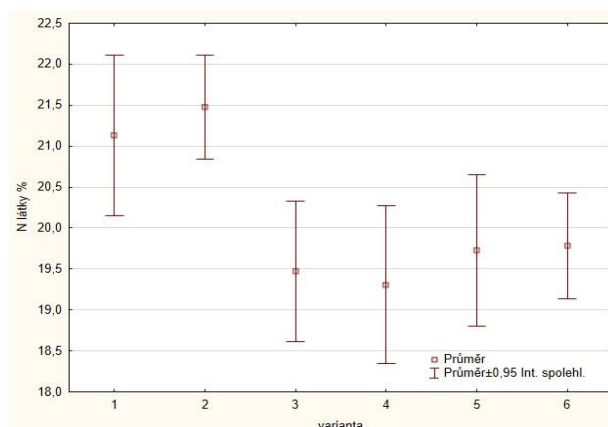
Tab. 4.8: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ řepky, **všechny stanice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,8	1,33	0,31	1,45	0,14	1,97
2.LAV	92,2	1,32	0,30	0,83	0,13	1,52
3.Kejda Lípa	93,8	0,97	0,30	1,15	0,12	1,98
4.DG Lípa	94,1	1,04	0,29	1,25	0,14	2,11
5.DG Opatov	91,9	1,02	0,27	1,07	0,13	1,72
6.CMC kompost	92,0	1,39	0,36	1,64	0,16	1,78

4.3 Kvalitativní parametry semene

Obsah N látek (tab. 4.9) je v přímé souvislosti s dodaným množstvím a formou dusíku, je důležitý z hlediska využití pro krmivářské účely. Průkazně vyšší obsah oleje byl zjištěn po hnojení LAV a kontrolou. Mezi organickými hnojivy nebyly průkazné rozdíly nalezeny. Zjištěné hodnoty v Hradci, Jaroměřích a částečně i Lípě nevybočují z obvykle dosahovaných limitů, tj. mezi 19,7 - 21,9 % (Prugar, 2008).

Tab. 4.9: Významnost rozdílů obsahu N látek v semeni řepky

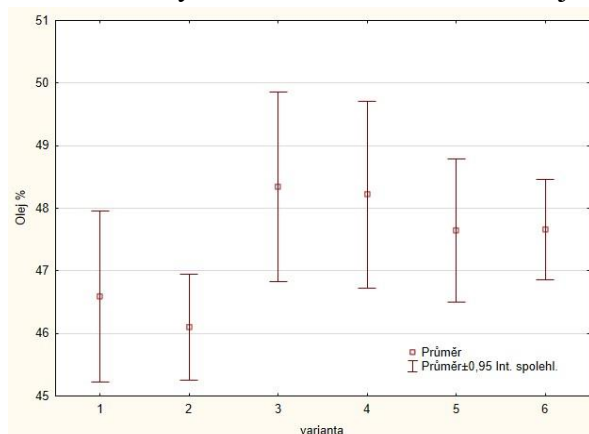


Varianty hnojení	N látky (%) (n=4)			
	HRA	JAR	LIP	Ø
1. Nehnojeno	21,1	22,21	19,8	21,13
2. LAV	22,3	21,91	20,5	22,28
3. Kejda Lípa	18,8	20,93	18,7	18,77
4. DG Lípa	18,9	21,08	17,9	18,91
5. DG Opatov	20,5	20,71	17,9	20,52
6. CMC kompost	20,6	20,16	18,6	20,64



Produkce oleje obvykle negativně koreluje s produkcí N látek (Prugar, 2008), což se prokázalo i v našem pokusu. Průkazně vyšší obsah oleje (tab. 4.10) byl po hnojení organickými hnojivy, kejdou, digestáty i kompostem než po minerálním LAV. Mezi organickými hnojivy průkazné rozdíly v obsahu oleje nebyly zjištěny.

Tab. 4.10: Významnost rozdílů obsahu oleje v semeni řepky



Varianty hnojení	obsah oleje v sušině (%)			
	HRA	JAR	LIP	Ø
1.Nehnojeno	47,9	43,9	47,8	46,5
2. LAV	46,8	44,6	46,9	46,1
3.Kejda Lípa	49,9	45,2	48,8	48,0
4.DG Lípa	49,8	45,1	49,4	48,1
5.DG Opatov	48,8	45,3	49,4	47,8
6.CMC kompost	48,4	46,1	48,9	47,8



4.4 Odběr živin semenem

Výpočet množství základních živin exportovaných výnosem z výnosu semene 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 nejnižší exporty všech pěti hodnocených živin. Pozoruhodný je poměrně vysoký odběr dusíku (51,5 kg/ha) v Jaroměřicích, který souvisí s nejvyšším zaznamenaným výnosem 1,71 t/ha.

Tab. 4.10: Průměrný odběr živin semenem řepky

Stanice	Varianta	Průměrný odběr živin kg/ha (n=4)				
		N	P	K	Mg	Ca
Jaroměřice n. Rokytnou	1.Nehnojeno	18,9	4,7	4,5	1,4	2,6
	2.LAV	51,5	12,0	11,9	3,6	6,7
	3.Kejda Lípá	31,5	8,1	7,8	2,4	4,3
	4.DG Lípá	31,8	8,2	7,9	2,5	4,5
	5.DG Opatov	34,6	8,9	8,9	2,7	4,9
	6.Kompost	33,6	9,3	8,6	2,7	4,9
Lípá	1.Nehnojeno	14,2	4,0	4,1	1,2	2,1
	2.LAV	23,3	5,5	5,9	1,9	3,1
	3.Kejda Lípá	11,9	3,5	3,4	1,1	1,8
	4.DG Lípá	10,9	3,3	3,2	1,0	1,7
	5.DG Opatov	18,3	5,6	5,7	1,7	2,9
	6.Kompost	8,7	2,7	2,6	0,8	1,3
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	27,0	6,8	5,5	1,9	4,0
	2.LAV	33,5	8,2	6,8	2,3	4,5
	3.Kejda Lípá	41,8	12,4	10,5	3,2	6,4
	4.DG Lípá	45,8	13,3	11,2	3,6	6,9
	5.DG Opatov	40,1	10,8	8,9	2,9	5,7
	6.Kompost	36,8	10,1	8,3	2,7	5,2
Průměrný odběr	1.Nehnojeno	20,0	5,2	4,7	1,5	2,9
	2.LAV	36,1	8,5	8,2	2,6	4,8
	3.Kejda Lípá	28,4	8,0	7,2	2,2	4,2
	4.DG Lípá	29,5	8,3	7,4	2,3	4,4
	5.DG Opatov	31,0	8,4	7,8	2,4	4,5
	6.Kompost	26,4	7,4	6,5	2,1	3,8



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 (Zbíral, 2002) podle ISO 10390 (Zbíral, 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. Zbíral 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 (Zbíral et al., 2004).

Stanovení Cox, Ntot, Ctot, glomalinu a barevného kvocientu Q4/6: 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 (duben – květen) dochází k výraznému nárůstu obsahu NO_3^- a NO_2^- . Jsou-li nepříznivé podmínky k nitrifikaci, akumuluje se 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 také 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 kapitolách 5.2-5.4 jsou zhodnoceny tři termíny odběru minerálního dusíku v ornici v horizontu 0 - 30 cm. První termín vzorkování byl brzy na jaře před přihnojením, druhý 6 týdnů po hnojení a poslední bezprostředně po sklizni řepky.

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 N_{min} 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	3,1	13,6	3,3	14,2	1,5	6,9	2,6	11,6
2.LAV	4,1	18,0	3,7	15,8	2,4	10,4	3,4	14,7
3.Kejda Lípa	3,3	14,8	7,8	34,3	3,1	14,1	4,7	21,1
4.DG Lípa	4,0	17,8	3,0	12,7	1,4	6,1	2,8	12,2
5.DG Opatov	2,4	10,9	4,9	22,0	1,5	6,7	2,9	13,2
6.Kompost	4,0	17,8	5,3	23,3	4,0	17,9	4,4	19,7

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.	Jaroměřice n. R.	Lípa	Průměr
	460 m n. m.	425 m n. m.	505 m n. m.	
1.Nehnojeno	2,2	2,9	1,0	6,1
2.LAV	3,7	3,2	2,0	8,9
3.Kejda Lípa	2,2	7,6	1,7	11,5
4.DG Lípa	2,9	2,7	0,8	6,4
5.DG Opatov	1,6	4,4	0,9	6,9
6.Kompost	2,4	5,0	1,8	9,2
Hodnocení obsahu N-NO ₃ ⁻ podle nadmořské výšky velmi bezpečný bezpečný přiměřený nadměrný rizikový				
Varianty hnojení	N-NH ₄ ⁺ mg/kg v sušině - horizont 0-30 cm			
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. R.	Lípa	Průměr
	460 m n. m.	425 m n. m.	505 m n. m.	
1.Nehnojeno	0,9	0,4	0,5	1,8
2.LAV	0,4	0,4	0,4	1,2
3.Kejda Lípa	1,0	0,2	1,4	2,6
4.DG Lípa	1,0	0,2	0,5	1,7
5.DG Opatov	0,9	0,6	0,6	2,1
6.Kompost	1,6	0,3	2,2	4,1

Obsah minerálního dusíku N_{min} (tab. 5.2) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře v orniční vrstvě v průměru velmi nízké a poměrně vyrovnané obsahy (1,4 - 7,8 mg/kg), maximum 7,8 mg/kg u varianty s kejdou v Jaroměřicích. Průměrný obsah pohotového N se v tomto období v ornici pohybovalo v rozmezí mezi 11,6 - 21,1 kg N/ha.

Obsah nitrátového dusíku byl zhodnocen podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic byl N-NO₃⁻ v tomto období hodnocen jako velmi bezpečný a pouze jednom případě po kejdě jako bezpečný.

Rozdíly mezi variantami amonné formy dusíku N-NH₄⁺ se pohybovaly od 0,2 do 1,6 mg/kg.



5.3 Obsah minerálního dusíku po hnojení

Bezprostřední vliv minerálního a organického hnojení na obsah minerálního dusíku je hodnocen u vzorků odebraných 6 týdnů po aplikaci, dne 4. 5. 2021. V tomto termínu se hnojení LAV projevilo jako rizikové v Jaroměřicích. V tomto termínu N min dosáhl po minerálním hnojení 11,1 mg/kg, což v přepočtu činí 49,8 kg N/ha. Úroveň pohotového dusíku měřená 6 týdnů po hnojení u organicky hnojených variant 3 - 6 dosáhla v průměru mezi 16,4 - až 37,1 kg N/ha. Nitrátový dusík lze hodnotit většinou jako velmi bezpečný a v Jaroměřicích jen jako bezpečný (tab. 5.5)

Tab. 5.4: Obsah Nmin v sušině v půdě - vzorkování po hnojení řepky

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	1,8	7,9	6,1	25,9	0,9	4,1	2,9	12,6
2.LAV	12,4	55,6	11,1	49,8	1,2	5,6	8,2	37,0
3.Kejda Lípa	3,9	17,5	10,2	45,9	1,6	7,3	5,2	23,6
4.DG Lípa	5,3	24,0	10,3	46,3	1,5	6,9	5,7	25,7
5.DG Opatov	8,3	37,5	13,9	62,7	2,5	11,0	8,2	37,1
6.Kompost	1,6	7,1	7,3	32,6	2,1	9,5	3,7	16,4

Tab. 5.5: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ v sušině - vzorkování po hnojení řepky

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	1,08	5,4	0,9	2,5	
2.LAV	9,36	10,1	1,2	6,9	
3.Kejda Lípa	2,51	8,4	1,6	4,2	
4.DG Lípa	3,66	7,0	1,5	4,1	
5.DG Opatov	6,50	8,7	2,5	5,9	
6.Kompost	1,34	6,9	2,1	3,4	
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	1,8	3,4	0,7	1,9	
2.LAV	2,8	6,1	0,8	3,2	
3.Kejda Lípa	1,6	3,8	0,5	2,0	
4.DG Lípa	1,7	4,2	1,1	2,3	
5.DG Opatov	2,3	4,2	0,8	2,4	
6.Kompost	1,9	4,2	1,6	2,6	



5.4 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny

Průměrný obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny byl na všech stanicích u variant organicky hnojených poměrně vyrovnaný, v průměru od 3,3 do 4,1 mg/kg. Hodnocení dusíku po sklizni nevykazuje významné rozdíly mezi variantami, sklizni bylo odčerpáno a mineralizováno podstatné množství dusíku a rezidua se v podstatě nelišila od úrovně zásoby dusíku na jaře před hnojením.

Tab. 5.7: Obsah Nmin v sušině v půdě - vzorkování po sklizni řepky

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	2,9	13,1	3,4	15,2	2,0	9,2	2,6	12,5
2.LAV	3,3	13,1	7,2	32,3	2,4	10,7	4,3	18,7
3.Kejda Lípa	3,5	15,8	4,1	18,6	2,3	10,3	3,6	14,9
4.DG Lípa	3,5	16,0	4,8	21,6	2,7	12,1	3,2	16,6
5.DG Opatov	3,9	17,6	4,6	20,7	2,9	13,0	3,3	17,1
6.Kompost	3,6	16,3	4,6	20,6	4,9	22,2	4,1	19,7

Tab. 5.8: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ v sušině - vzorkování po sklizni řepky

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	1,8	3,4	0,7	2,0
2.LAV	2,8	6,1	0,8	3,2
3.Kejda Lípa	1,6	3,8	0,5	2,0
4.DG Lípa	1,7	4,2	1,1	2,3
5.DG Opatov	2,3	4,1	0,8	2,4
6.Kompost	1,9	4,2	1,6	2,6
Hodnocení obsahu N-NO ₃ ⁻ podle nadmořské výšky				
velmi bezpečný bezpečný přiměřený nadměrný rizikový				
Varianty hnojení	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm			
1.Nehnojeno	1,1	0,2	1,3	0,9
2.LAV	0,6	1,1	1,6	1,1
3.Kejda Lípa	1,9	0,5	1,8	1,4
4.DG Lípa	1,8	0,6	1,6	1,3
5.DG Opatov	1,7	0,5	2,1	1,4
6.Kompost	1,7	0,5	3,4	1,9

V termínu odběru vzorků po sklizni (tab. 5.8) byl N-NO₃⁻ velmi bezpečný s výjimkou varianty minerálně hnojené LAV v Jaroměřicích. Úroveň amonné formy dusíku (N-NH₄⁺) byla naměřena v průměru tří lokalit mezi 0,9 (kontrola) - 1,9 mg/kg (kompost).



5.5 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů

Neutrální výměnná půdní reakce (pH 6,8 - 7,0) bez rozdílů mezi variantami je setrvalé v Hradci n. Svitavou. Rovněž setrvalé je slabě kyselé pH v Jaroměřicích a na písčitohlinité půdě na Lípě. Opakovaná aplikace testovaných hnojiv pH půdy nemění, a to ani v případě zásaditých digestátů.

Obsah přístupných živin je poměrně vyrovnaný, bez významných rozdílů mezi variantami, výjimkou je působení kompostu. Na všech třech stanicích shodně vlivem opakované aplikace postupně mírně stoupá zásoba P, K i Mg. (tab. 5.9 - 5.11). Zásobu přístupných živin stanovených po sklizni lze porovnat s kritérii tab. 5.13.

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 dle pracovních kritérií (tab. 5.15) jako kriticky nízký.

Tab. 5.9: 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	S	Zn
1.Nehnojeno	6,8	77	126	2170	41	2,41	0,97	263	150	9,5	2,8
2.LAV	6,8	75	125	2065	42	2,45	1,09	248	144	9,5	2,8
3.Kejda Líba	6,9	81	147	1962	51	2,28	1,25	261	142	10,8	3,3
4.DG Líba	6,8	76	176	1935	53	2,00	1,01	256	137	10,4	3,0
5.DG Opatov	6,9	75	208	2112	53	1,72	0,98	254	132	9,9	2,9
6.Kompost	6,8	100	256	2003	68	1,50	0,90	251	119	11,5	3,7

Tab. 5.10: Průměrný obsah přístupných živin a ME - Jaroměřice n. Rokytou, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	S	Zn
1.Nehnojeno	6,2	61	166	2581	220	6,15	0,54	248	172	10,7	8,1
2.LAV	6,2	55	168	2582	230	2,88	0,52	231	154	14,0	4,1
3.Kejda Líba	6,3	71	180	2705	270	2,99	0,50	254	162	11,8	2,8
4.DG Líba	6,2	72	200	2759	289	2,87	0,50	252	148	12,2	2,4
5.DG Opatov	6,3	85	238	2876	289	3,01	0,54	259	152	13,2	3,6
6.Kompost	6,5	115	268	3158	312	3,60	0,72	274	150	13,5	5,6

Tab. 5.11: Průměrný obsah přístupných živin a ME - Líba, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	S	Zn
1.Nehnojeno	5,6	45	75	1492	84	2,10	0,50	393	119	9,9	2,10
2.LAV	5,5	43	78	1414	86	2,03	0,50	393	111	12,9	2,84
3.Kejda Líba	6,0	38	92	1728	118	2,09	0,50	368	106	9,8	2,42
4.DG Líba	6,1	42	115	1779	116	2,23	0,50	364	124	11,5	2,38
5.DG Opatov	6,1	45	133	1815	98	2,14	0,50	399	128	11,3	4,00
6.Kompost	6,5	78	174	2183	119	2,05	0,50	394	125	10,2	3,69



Tab. 5.12: 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. 5.13: 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. 5.14: 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. 5.15: Pracovní kritéria hodnocení obsahu síry (metoda Mehlich 3)

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



5.6 Hodnocení půdní organické hmoty

Předkládané výsledky parametrů organické hmoty reprezentují vzorkování půdy čtyř opakování všech variant (tab. 5.16 - 5.18). Výsledky se vztahují k odběru půdy 6 týdnů po jarní aplikaci kejdy a digestátů a LAV. Vliv organického hnojení a rozdíly mezi variantami jsou spíše zanedbatelné, zejména přihlédneme-li k velmi nízkému rozsahu zjištěných hodnot. Kompost je jediným organickým materiálem, u něhož byl zaznamenán významnější pozitivní vliv na sledované parametry. Příkladem je glomalin, který charakterizuje agregaci a pevnost půdních částí a dále nesmírně důležitou schopnost retence vody.

Vypočítaný poměr C:N ukazuje na rozdíly mezi pokusnými lokalitami, méně však už mezi variantami. Užší poměr C:N charakterizuje půdy jako biologicky aktivnější. Na základě našich výsledků poměr C:N v půdě v Hradci a Lípě můžeme hodnotit (Sotáková, 1982) jako střední (8 - 10) a v Jaroměřicích jako vyšší poměr (5 - 8). Na všech třech lokalitách hnojení kompostem se s vstupním zjištěným poměrem C:N ukazuje podle vypočítaných poměrně nízkých hodnot C:N na značnou mineralizaci tohoto materiálu.

Tab. 5.16: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty r. 2021 - **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n=4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,19	1,58	3,09	4,36	1,75	8,38
2.LAV	0,21	1,60	3,15	4,36	1,77	7,86
3.Kejda Lípa	0,21	1,56	3,31	4,43	1,76	7,44
4.DG Lípa	0,20	1,56	3,25	4,51	1,74	7,99
5.DG Opatov	0,19	1,55	3,17	4,47	1,72	8,10
6.Kompost	0,21	1,52	3,55	4,56	1,73	7,37

Tab. 5.17: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty r. 2021 - **Jaroměřice n. Rokytou**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n=4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,18	1,06	2,47	4,78	1,28	5,78
2.LAV	0,19	1,08	2,43	4,81	1,31	5,81
3.Kejda Lípa	0,19	1,08	2,48	4,78	1,30	5,61
4.DG Lípa	0,18	1,01	2,38	4,77	1,23	5,49
5.DG Opatov	0,19	1,04	2,35	4,77	1,27	5,45
6.Kompost	0,20	1,09	2,87	4,83	1,33	5,51

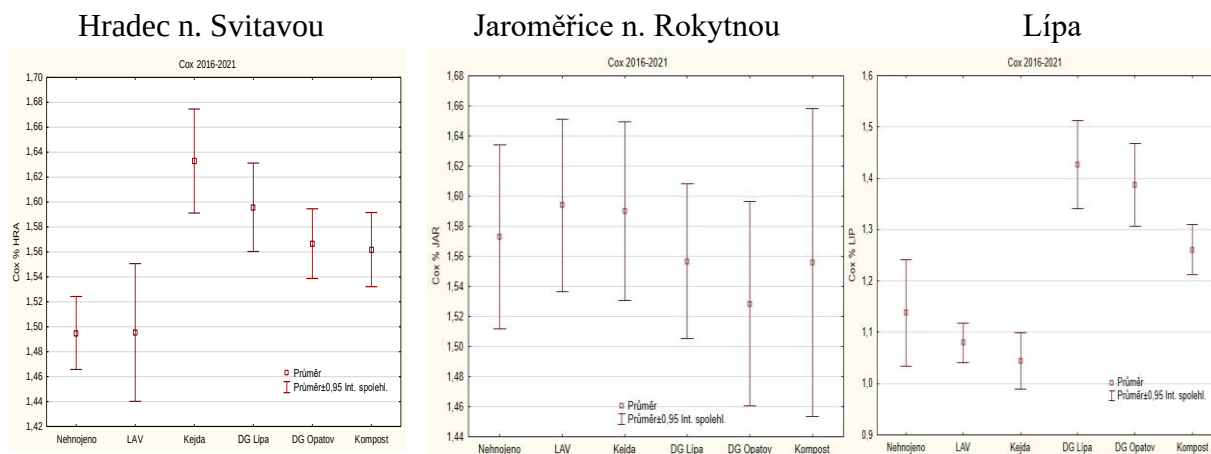
Tab. 5.18: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty r. 2021 - **Lípa**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n=4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,20	1,27	2,37	5,40	1,50	6,35
2.LAV	0,20	1,22	2,26	5,44	1,44	6,24
3.Kejda Lípa	0,21	1,25	2,36	5,41	1,49	6,06
4.DG Lípa	0,21	1,30	2,56	5,37	1,55	6,10
5.DG Opatov	0,22	1,33	2,70	5,38	1,58	6,12
6.Kompost	0,21	1,20	2,69	5,38	1,46	5,80

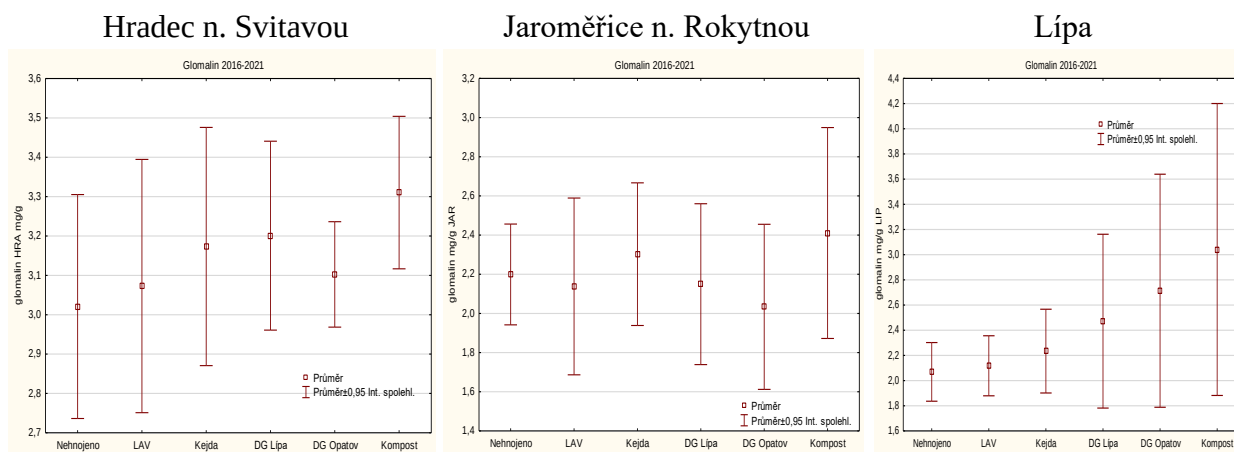


Grafické znázornění výsledků obsahu Cox a glomalinu shromážděných za posledních 6 let ukazují na rozdílnou reakci dlouhodobého a opakovaného managementu na jednotlivých lokalitách (obr. 3). V Jaroměřicích na jílovitohlinité hnědozemi se neprokázaly statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Průkazné zvýšení Cox je zřejmé v Hradci (písčitohlinitá hnědozem) a na Lípě (písčitohlinitá kambizem glejová) u variant organicky hnojených oproti kontrole a LAV. Průkazné rozdíly glomalinu (obr. 4) mezi variantami nalezeny nebyly.

Obr. 3: Graf významnosti rozdílů Cox a vlivu hnojení mezi roky 2016 - 2021 (n = 24)



Obr. 4: Graf významnosti rozdílů glomalinu hnojení mezi roky 2016 - 2021 (n = 24)



Definice hodnocených parametrů

- **Celkový dusík (N_{tot})** 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** vyjadřuje 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.



5.7 Půdní mikrobiologie

RNDr. Jiří Čuhel, PhD.

Půdní vzorky pro účely mikrobiologického šetření byly z jednotlivých variant pokusu v Jaroměřicích nad Rokytnou odebrány třikrát:

7. 4. 2021 tj. dva týdny po posledním (jarním) hnojení,
4. 5. 2021 tj. šest týdnů po posledním hnojení,
3. 8. 2021 a po sklizni.

Odběr půdních vzorků proběhl ze všech šesti pokusných parcel. Cílem je popsat, jak se v průběhu vegetační sezóny po hnojení různými materiály mění mikrobiální a chemické parametry související s množstvím a kvalitou půdní organické hmoty (tab. 5.17-5.19).

U všech hodnocených parametrů (kromě WSC 6 týdnů po hnojení a $t_{peakmax}$ 2 týdny po hnojení) byly nejnižší hodnoty zpravidla nalezeny u kontrolních variant. I když rozdíly mezi všemi variantami hnojení a u všech odběrů nebyly vždy statisticky signifikantní, tak tyto výsledky potvrzují, že obecně vstup testovaných materiálů do půdy ovlivňuje procesy akumulace a mineralizace C.

Bazální respirace (BR), popisuje celkovou mikrobiální aktivitu a dostupnost labilní frakce organické hmoty, byla dva týdny po hnojení vyšší po kompostu, který představuje pro půdní mikroorganismy vhodný zdroj organických látek, protože mikrobiální biomasa C_{bio} byla dva týdny po odběru také nejvyšší právě v těchto půdách. Zmíněný efekt v dalším odběru (6 týdnů) nebyl zaznamenán.

Skutečnost, že po sklizni byla C_{bio} opět nejvyšší v půdách s kompostem naznačuje dlouhodobější pozitivní vliv kompostu na akumulaci C v mikrobiální biomase. V půdách odebraných po sklizni byl detekován rozdíl v bazální respiraci mezi kontrolními půdami a půdami hnojenými LAV, kde byla BR signifikantně vyšší. Významnou roli zde může hrát vyšší výnos, který koreluje s kořenovou biomasou a množstvím kořenových exsudátů. Avšak mikroorganismy využily tyto exsudáty pouze pro svou vyšší aktivitu, nikoliv pro růst, protože jsme nenalezli signifikantní rozdíl v C_{bio} mezi kontrolními variantami a LAV.

Substrátem indukovaná respirace (SIR), charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstup rychle rozložitelného substrátu, byla 6 týdnů po hnojení oproti kontrolním půdám signifikantně vyšší u půd hnojených kejdou. Tento náález indikuje adaptaci mikroorganismů na vstup snadno využitelného organického substrátu.

Ukázalo se, že vodou extrahovatelný C (WSC) a C extrahovatelný K_2SO_4 (C_{ext}) jsou nejpřesvědčivějšími parametry z hlediska rozlišení jednotlivých variant hnojení. Statisticky průkazné rozdíly jsme u těchto parametrů našli v půdách ze všech tří odběrů. Tyto parametry představují labilní, mikroorganismy snadno využitelnou frakci C v půdní organické hmotě. Varianta hnojená kompostem, vede v porovnání s kontrolními půdami k nejvyšším hodnotám WSC a C_{ext} napříč všemi odběry. To naznačuje, že použitý kompost dokáže relativně stabilně zvyšovat frakci organické hmoty (tvořenou např. aminokyselinami, jednoduchými cukry), která je pak přístupná jako snadno využitelný zdroj C a energie pro půdní mikroorganismy.

Analogickými parametry k WSC a C_{ext} jsou vodou extrahovatelný N (WSN) a N extrahovatelný K_2SO_4 (N_{ext}). I u těchto parametrů byly nalezeny signifikantní rozdíly mezi variantami napříč všemi třemi odběry půd. Tyto parametry zřejmě nemají vazbu na jiné frakce či charakteristiky půdní organické hmoty. Na rozdíl od všech ostatních parametrů byly zpravidla násobně vyšší v půdách s LAV, které jsou dostatečně zásobeny snadno dostupným N. Dva týdny po posledním hnojení jsme v půdách s kompostem detekovali oproti kontrolám překvapivě vyšší hodnoty *specifické růstové rychlosti* (μ) a zároveň nižší hodnoty $t_{peakmax}$. Tyto parametry ukazují, že hnojení kompostem vedlo k posunu mikrobiálního společenstva k tzv.



r-strategii, tj. k mikroorganismům s kratší generační dobou a využívající spíše snadno rozložitelné organické látky. Překvapivé je především to, že podobné výsledky nebyly ve srovnání s kontrolou nezaznamenány u půd hnojených ostatními materiály, přičemž právě tyto materiály by měly představovat snadněji rozložitelné organické látky. Možným vysvětlením je okamžité využití org. látek z kejdy a digestátů během prvních dvou týdnů po hnojení a změny ve fyziologickém stavu mikrobiálních společenstev jsme již nemuseli zaznamenat. Posun k *r*-strategii u půd s kompostem v následujících odběrech půd již vymizel, což ukazuje na ekologickou resilienci dotčených mikroorganismů, která vystihuje schopnost mikrobiálního společenstva vrátit se do ekologického a fyziologického stavu před disturbancí (v tomto případě hnojení), jakmile tato disturbance pomine.

Tab. 5.19: Výsledky analýz v půdách odebraných 2 týdny po hnojení

parametry	statistika	1.Kontrola	2. LAV	3. Kejda	4.DG Lípa	5. DG Opatov	6. Kompost
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	průměr	0,195	0,365	0,367	0,374	0,357	0,503
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		4,49	3,82	5,53	4,32	4,08	5,80
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		205	236	262	244	229	277
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		35,9	38,2	41,3	34,8	36,1	57,7
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		8,0	53,8	14,7	12,1	15,3	13,1
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		105	96	124	116	122	153
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		13,6	51,5	15,9	14,2	15,6	19,1
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		399	438	415	400	396	427
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		40,2	51,2	41,9	39,9	38,2	43,6
μ (h^{-1})		0,157	0,132	0,156	0,149	0,149	0,208
t _{peakmax} (h)		30,8	32,4	28,3	31,0	30,5	26,9
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Tukey test	a	ab	ab	ab	ab	b
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		a	ac	bc	ac	ab	c
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		a	a	a	a	a	b
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a*	c	b	b	b	b
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		ab	a	b	ab	b	c
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a*	b	a	a	a	a
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a	b	a	a	a	ab
μ (h^{-1})		a	a	a	a	a	b
t _{peakmax} (h)		bc	c	ab	bc	bc	a
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	s.d.	0,086	0,173	0,107	0,108	0,042	0,032
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		0,65	1,50	0,82	0,31	0,53	1,70
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		33,6	18,3	24,8	9,9	23,4	23,3
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		7,02	8,00	5,72	2,60	1,66	4,55
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		0,82	15,24	2,13	1,23	3,07	1,19
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		11,9	7,9	10,1	10,9	6,4	8,4
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		2,04	17,13	1,64	1,93	2,01	1,10
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		22,1	26,1	57,5	47,1	42,3	30,1
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		3,05	2,74	4,94	5,30	5,52	3,09
μ (h^{-1})		0,016	0,013	0,025	0,028	0,025	0,005
t _{peakmax} (h)		1,24	1,27	1,81	2,40	1,31	0,46



* U označených parametrů byla provedena logaritmická transformace dat kvůli požadavkům na normalitu/homogenitu variancí. Uvedeny jsou průměry, výsledky Tukey testu a směrodatné odchylky ($n = 4$). Odlišná písmena u Tukey testu indikují statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení ($p < 0,05$).

Hnojení digestáty Lípa a Opatov nevedlo u stanovovaných mikrobiálních a chemických parametrů k statisticky průkaznému rozdílu ve srovnání s kontrolními půdami (kromě parametrů vázaných na obsah N). To ukazuje na nízký obsah mikroorganismy snadno využitelných organických sloučenin. Digestáty ve sledovaném období nepodpořily ani aktivitu, ani růst půdních mikrobiálních společenstev.

Tab. 5.20: Výsledky analýz v půdách odebraných 6 týdnů po hnojení

parametry	statistika	1.Kontrola	2. LAV	3. Kejda	4.DG Lípa	5. DG Opatov	6. Kompost
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	průměr	0,334	0,315	0,399	0,379	0,340	0,400
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		4,28	4,19	5,43	4,76	4,45	4,63
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		228	242	277	235	218	275
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		33,5	39,2	42,7	42,7	48,2	57,2
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		12,3	72,9	20,8	21,7	24,9	18,7
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		131	106	137	142	147	168
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		17,3	49,2	18,4	18,5	20,1	20,8
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		383	454	410	395	462	441
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		40,1	52,9	42,2	40,9	46,2	46,4
μ (h^{-1})		0,160	0,145	0,168	0,157	0,155	0,188
t _{peakmax} (h)		30,4	31,0	27,9	28,9	30,7	28,4
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Tukey test	.	.	.	.	.	.
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		a	a	b	ab	ab	ab
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		a*	ab	ac	ac	bc	c
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a*	c	b	b	b	b
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		b	a	b	b	bc	c
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a*	b	a	a	a	a
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
μ (h^{-1})		.	.	.	.	.	.
t _{peakmax} (h)		.	.	.	.	.	.
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	s.d.	0,027	0,022	0,075	0,067	0,034	0,035
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		0,27	0,33	0,71	0,38	0,30	0,43
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		27,4	20,1	51,8	25,0	45,1	32,3
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		1,08	4,71	1,99	5,21	7,76	12,57
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		3,04	15,46	3,52	5,11	7,98	4,52
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		3,12	12,77	10,04	11,71	9,23	12,03
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		2,33	12,30	1,59	1,22	1,22	2,38
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		67,8	80,2	53,6	55,8	57,8	11,3
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		7,73	8,95	8,04	6,71	5,02	1,94
μ (h^{-1})		0,018	0,011	0,028	0,024	0,022	0,019
t _{peakmax} (h)		1,09	0,90	2,24	1,67	2,43	1,80



Tab. 5.21: Výsledky analýz v půdách odebraných **po sklizni plodiny**

parametry	statistika	1.Kontrola	2. LAV	3. Kejda	4.DG Lípa	5. DG Opatov	6. Kompost
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	průměr	0,392	0,777	0,437	0,721	0,661	0,718
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		5,24	7,73	6,03	7,08	6,76	7,09
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		240	291	255	287	227	378
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		33,3	31,7	33,5	35,2	40,2	53,8
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		8,8	11,2	9,5	9,7	10,5	12,4
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		88,5	71,7	98,7	100,7	99,9	118,1
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		16,9	68,9	25,1	25,8	28,5	22,1
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		385	389	403	408	380	411
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		38,2	44,4	40,7	40,7	37,0	41,7
μ (h^{-1})		0,161	0,118	0,154	0,127	0,113	0,170
t _{peakmax} (h)		28,7	29,7	28,9	29,7	31,1	26,3
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Tukey test	a	b	ab	ab	ab	ab
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		.*	.	.	.	.	.
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		a	ab	a	ab	a	b
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		a	a	a	a	ab	b
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a	ab	ab	ab	ab	b
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		ab	a	bc	bc	bc	c
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		a*	c	b	b	b	ab
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		.	.	.	.	.	.
μ (h^{-1})		ab	a	ab	ab	a	b
t _{peakmax} (h)		.	.	.	.	.	.
BR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	s.d.	0,071	0,300	0,099	0,176	0,140	0,161
SIR ($\mu\text{g C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)		0,852	1,882	0,877	1,006	1,048	0,799
C _{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		67,6	53,2	32,4	78,0	38,3	45,1
C _{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		5,43	2,37	5,40	3,64	6,48	12,95
N _{ext} ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		1,84	1,48	2,14	1,16	1,68	1,60
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		9,03	4,29	8,46	7,91	10,27	7,99
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		2,37	14,54	1,74	2,78	1,27	2,21
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)		25,3	40,6	60,1	69,6	26,1	23,3
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)		5,99	6,59	7,64	8,33	2,62	2,20
μ (h^{-1})		0,020	0,028	0,032	0,028	0,021	0,029
t _{peakmax} (h)		1,37	2,84	2,94	1,96	3,33	1,91



Tab. 5.22: Význam stanovených parametrů

Parametr	Zkratka	Význam
C mikrobiální biomasy	C _{bio}	Schopnost mikroorganismů využít organické sloučeniny pro syntézu biomasy, pro stanovení C v roztoku byl použit CN analyzátor
Extrahovatelný C (0,5 M K ₂ SO ₄)	C _{ext}	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce C v SOM, výsledky jsou vedlejším produktem analýzy C _{bio}
Extrahovatelný N (0,5 M K ₂ SO ₄)	N _{ext}	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce N v SOM, výsledky jsou vedlejším produktem analýzy C _{bio}
Bazální respirace	BR	Celková mikrobiální aktivita, koncentrace produkovaného CO ₂ byla stanovena plynovou chromatografií
Substrátem indukovaná respirace, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	SIR	Charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstup rychle rozložitelného substrátu, koncentrace produkovaného CO ₂ byla stanovena plynovou chromatografií
Specifická růstová rychlost, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	μ	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}	
Vodou extrahovatelný C	WSC	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce C v SOM, tvořená zejména nízkomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
Vodou extrahovatelný N	WSN	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce N v SOM, tvořená zejména nízkomolekulárními sloučeninami, N stanoven jako celkový organický N (TON)
Horkou vodou extrahovatelný C	HWSC	Zahrnuje mikrobiální biomasu a labilní frakci SOM, tvořená zejména vysokomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
Horkou vodou extrahovatelný N	HWSN	Zahrnuje mikrobiální biomasu a labilní frakci SOM, tvořená zejména vysokomolekulárními sloučeninami, N stanoven jako celkový organický N (TON)

**6 Bilance dusíku**

Pro komplexní zhodnocení časově aktuálního působení dusíku dodaného ověřovanými hnojivy byla vypočítána bilance živin. Na straně **vstupů** jsou zohledněny živiny dodané hnojením a dešťovými srážkami a obsahu dusíku brzy jaře před hnojením (tab. 5.2). Na straně **výstupů** jsou živiny odebrané vyprodukovanou sklizní hlavního a vedlejšího produktu. Dešťové srážky reprezentují atmosférickou depozici dusíku, která je součástí hodnocení pokusů za období od srpna 2020 do července 2021 na konkrétní zkušební stanici. Depozice dusíku za sledované období se v souhrnu pohybovala od 4,5 do 9,6 kg N/ha.

U kontroly byla vypočítána vzhledem k trvalému vynechání jakéhokoliv hnojení záporná bilance N v průměru tří stanic -39 kg N/ha, což je po několik let víceméně konstantní hodnota (tab. 6.1). Varianty organicky hnojené vykazovaly shodný přebytek mezi 72 - 79 kg N/ha, u hnojení LAV činil přebytek 57 kg N/ha. Kompost díky dvojnásobné dávce dodaného N v teoretickém výpočtu měřitelných činitelů v kladné bilanci dominuje. Přebytky dusíku jsou mírně vyšší než v předchozích letech a souvisí s nízkým výnosem a exportem sklizní.

Tab. 6.1: Zhodnocení bilance dusíku za období srpen 2020 až srpen 2021

Varianty hnojení	Měřitelné vstupy dusíku (kg N/ha)				
	Hnojiva	dešťové srážky			průměr VSTUPY
		HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	0	9,6	4,5	5,8	7
2.LAV	130	9,6	4,5	5,8	137
3.Kejda Lípa	130	9,6	4,5	5,8	137
4.DG Lípa	130	9,6	4,5	5,8	137
5.DG Opatov	130	9,6	4,5	5,8	137
6.Kompost	260	9,6	4,5	5,8	267

Varianty hnojení	Měřitelné výstupy dusíku (kg N/ha)			
	odběr N hlavním a vedlejším produktem			průměr VÝSTUPY
	HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	73	37	26	45
2.LAV	97	88	52	79
3.Kejda Lípa	77	58	36	57
4.DG Lípa	87	55	31	57
5.DG Opatov	104	57	33	65
6.Kompost	87	65	28	60

Varianty hnojení	bilance dusíku na zkušební stanici (kg N/ha)			Průměrná bilance N (kg N/ha)
	HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	-63	-32	-20	-39
2.LAV	42	46	84	57
3.Kejda Lípa	63	76	100	79
4.DG Lípa	53	80	105	79
5.DG Opatov	35	78	103	72
6.Kompost	183	199	238	207



7 Závěry

Dosažené výsledky pátého roku druhého osevního postupu přesné polní zkoušky ověřující účinnost dvou typů digestátů, kejdy a kompostu oproti ledku amonnému s vápencem a nehnojené kontrole, je možné shrnout následovně:

Sklizňové výsledky

- výnosy významně negativně poznamenal průběh jarního suchého a chladného počasí
- nejvyšší výnos byl po LAV 1,71 t/ha v Jaroměřicích, v průměru 3 stanic 1,22 t/ha
- účinnost obou digestátů byla v průměru o 7 - 9 % nižší oproti LAV
- prům. výnos po kejdě dosáhl 1,07 t/ha, tj. o 12,3 % méně než varianta s LAV
- prům. výnos po kompostu byl 0,96 t/ha
- prům. výnos slámy byl nejvyšší po DG Opatov (4,13 t/ha), po LAV srovnatelně 4,03 t/ha

Statistické zhodnocení výnosů

- v Jaroměřicích byly průkazné rozdíly mezi všemi variantami a mezi LAVem
- souhrnné výsledky tří stanic neprokázaly průkazné rozdíly mezi variantami

Kvalitativní a parametry semene řepky

- průkazně vyšší obsah N látek (22,28 %) byl po hnojení LAV, kontrolou a organicky hnojenými variantami
- organická hnojiva průkazně zvýšila obsah oleje proti kontrole a minerálnímu LAV
- obsah oleje negativně koreloval s produkcí N látek
- prům. odběr N semenem po LAV dosáhl 36 kg N/ha, organická hnojiva mezi 26,4 - 31 kg/ha
- obsah N v semeni byl po LAV a kontrole průkazně vyšší proti organicky hnojeným variantám
- odběr P, K, Ca, Mg koresponduje s výší výnosu; tj. nejméně po kontrole a kompostu
- rozdíly v obsahu P, K, Mg, Ca v mezi variantami byly zanedbatelné

Minerální dusík v půdě

brzy na jaře

- N_{min} velmi nízký, maximum 7,8 mg/kg po kejdě, nejnižší na Lípě mezi 1,4 - 4,0 mg/kg
- obsah N-NO₃⁻ byl velmi bezpečný a pouze ojediněle bezpečný
- forma N-NH₄⁺ byla naměřena mezi 0,6 - 2,2 mg/kg

6 týdnů po hnojení

- po LAV a digestátu Opatov N_{min} shodný 8,2 mg/kg
- po organických hnojivech N v průměru mezi 16,4 (kompost) až po 37 (DG Opatov) kg N/ha; N-NO₃⁻ velmi bezpečný a bezpečný

po sklizni

- rezidua dusíku po LAV dosáhla 18,7 kg N/ha
- po organických hnojivech včetně kompostu bylo v průměru od 16,6 do 19,7 kg N/ha
- formu N-NO₃⁻ hodnotíme jako velmi bezpečnou, jen po LAV (JAR) jako bezpečnou

Výměnná půdní reakce

- neutrální pH 6,8-6,9 bez vlivu hnojení bylo v Hradci
- slabě kyselé pH 6,2-6,5 Jaroměřice a Lípa, bez rozdílů hnojení (jen Lípa po LAV 5,5)

Přístupné živiny a mikroelementů v půdě

- po kompostu se mírně zvyšuje zásoba přístupných živin a mikroelementů

Půdní organická hmota

- kompost pozitivně působil na obsah Cox a glomalinu a celkového uhlíku (C_{TOC})



- poměr C:N je značně rozdílný mezi stanicemi, ale bez rozdílů mezi variantami

Mikrobiologické půdní metody

- kompost ve všech třech termínech vzorkování průkazně zvyšoval vodou extrahovatelný uhlík a dále bazální respiraci
- digestáty statisticky průkazně nepodpořily aktivitu, ani růst půdních mikrobiálních společenstev

Bilance dusíku

- záporná bilance -39 kg N/ha byla vypočítána u kontroly
- po hnojivech s rychle uvolnitelným N (digestáty a kejda) byl přebytek 72 až 79 kg N/ha
- u varianty s LAV přebytek činil 57 kg N/ha

Závěrečné shrnutí

V roce 2021 byla řepka hnojena dělenou dávkou 30 kg N/ha v podzimní aplikaci, 100 kg N/ha pak bylo dodáno do porostu na jaře. Problematické podmínky po výsevu, průběh zimy a jara se negativně promítly do kondice rostlin, zejména jejich odumírání. Aplikovaná hnojiva se produkcí, tj. výnosem a odběrem živin patně ne zcela využila. Významná rezidua dusíku v půdě po sklizni však nebyla naměřena.

Vliv každoročního hnojení ledkem amonným s vápencem se do výnosu, odběru dusíku a obsahu N látek projevil nejlépe. V posledních letech pozorujeme negativní vliv jednostranné zátěže tohoto v praxi nesprávného managementu hnojení téměř ve všech hodnocených znacích. Digestáty s kejdou vykazují relativně srovnatelnou účinnost ve všech parametrech, které hodnotíme. Výhodou hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem je, že nepředstavují riziko ztrát dusíku a ohrožení podpovrchových vod.

Kompost je vynikajícím zlepšujícím materiálem a pohotovým zdrojem uhlíku pro půdní mikroorganismy. Přispívá ke zvýšení obsahu přístupných živin a mikroelementů, úpravě výměnné půdní reakce a lze předpokládat, že se pozitivně promítá do tvorby agregátů. Zvýšení obsahu uhlíku at oxidovatelného, celkového nebo i poměru C:N se bohužel prozatím neprojevilo.

Přítomnost nitrátové formy dusíku na jaře i po sklizni řepky byla zcela bezproblémová a nepředstavovala žádná rizika pro podzemní vody.

Obecně jsou optimální dávky digestátu a kejdy 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).
- 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
- SOTÁKOVÁ S. 1982: Organická hmota a úrodnost půdy, příroda. Bratislava. 234 p.



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).