

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
9. pokusný rok - 2019

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

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



Obsah	strana
1 Úvod.....	1
1.1 Metodika zkoušky	1
1.2 Agrotechnické záznamy	2
1.3 Klimatické podmínky.....	2
1.4 Charakteristika zkušebních stanovišť.....	3
1.5 Právní a metodická podpora.....	3
2 Způsob hnojení a dávky hnojiv	4
2.1 Dávky živin a použítá hnojiva.....	4
2.2 Chemické složení použitých hnojiv	4
3 Zhodnocení výnosů.....	5
3.1 Sklizňové výsledky	5
3.2 Statistické zhodnocení výnosů	7
4 Anorganické rozборы rostlinných vzorků	9
4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků.....	9
4.2 Obsah makroelementů v silážní kukuřici	9
4.3 Kvalitativní parametry silážní kukuřice	10
4.4 Odběr živin silážní kukuřici	12
5 Agrochemické rozборы půdních vzorků.....	13
5.1 Popis chemických metod pro stanovení půdních vzorků	13
5.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů.....	13
5.3 Hodnocení organické hmoty v půdě	16
6 Obsah minerálního dusíku v půdě	18
6.1 Obsah minerálního dusíku na jaře před hnojením.....	18
6.2 Obsah minerálního dusíku po jarním hnojení	19
6.3 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny.....	21
7 Mikrobiologické parametry půdy	22
7.1 Popis mikrobiologických metod	22
7.2 Zhodnocení půdní mikrobiologie v jarním odběru	23
7.3 Zhodnocení půdní mikrobiologie v podzimním odběru.....	24
8 Bilance dusíku.....	25
9 Závěry.....	26
10 Použitá literatura.....	28



1 Úvod

1.1 Metodika zkoušky

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 založena se stejnou metodikou i na dalších dvou stanicích, a to v Jaroměřicích nad Rokytnou (JAR) a Hradci nad Svitavou (HRA). Rok 2019 je 3. rokem II. osevního postupu, pěstovanou plodinou byla kukuřice na siláž odr. Cebir.

Osevní postup a dávky hnojiv

rok	osevní postup	dávka LAV, digestátů, kejdy kg N/ha	dávka kompostu kg/N ha
1. 2017	brambory ^{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	-	-
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 6 variant hnojení. Každá varianta je 4x opakována na jedné odrůdě.

Varianty hnojení	způsob/druh hnojení
1.	nehnojená kontrola
2.	minerální dusíkatá hnojiva (bilanční dávka)
3.	kejda (bilanční dávka podle obsahu N)
4.	digestát Lípa (bilanční dávka podle obsahu N)
5.	digestát Opatov (bilanční dávka podle obsahu N)
6.	CMC Kompost (bilanční dávka podle N x 2)

Plodina: silážní kukuřice, odrůda Cebir je raný hybrid, mohutné, dobře olistěné rostliny dosahují vysoké výnosy. Zdravotní stav této odrůdy je na velmi dobré úrovni.



1.2 Agrotechnické záznamy

3. pokusný rok II. osevní sled (2017-2022)

Hradec n. Svitavou: pokus byl založen za dobrých vláhvových a teplotních podmínek 2. 5. 2019. Duben byl velmi teplý a velmi suchý a takový byl i průběh celé vegetace, s výjimkou studeného a velmi vlhkého května (výsev kukuřice) a v závěru vegetace teplotně normálního a velmi vlhkého září. Rostliny kukuřice měly pomalejší start vlivem chladnějšího počasí, ale v teplém a suchém počasí rychle doháněly vegetační fáze a následně v palicích podesychovaly. Srážkově bohaté září již neovlivnilo výnos, který je v zelené hmotě podprůměrný a v suché hmotě průměrný. Sklizeň byla provedena 20. 9. 2019.

Jaroměřice n. Rokytou: výsev pokusu byl proveden 26. 4. 2019 neseným secím strojem do suché, dobře připravené půdy. Po zasetí v květnu nastalo chladné počasí s nadprůměrnými srážkami. Všechny ostatní měsíce během vegetace byly teplotně nadprůměrné a srážkově podprůměrné. Se suchem si kukuřice poradila poměrně dobře (nedocházelo ke zkrucování listu). Sklizeň proběhla 4. 9. 2019.

Lípa: setí bylo provedeno dne 3. 5. 2019 do dobře připravené půdy. V dubnu bylo větrno, počasí bez srážek, půda rychle vysychala. V měsíci květnu byl nedostatek srážek z části doplněn na 170 % dlouhodobého srážkového normálu a byly zaznamenány i noční mrazy, rostliny však nebyly poškozeny. První dekáda června byla charakterizována letními teplotami a bouřkami, další období pak bylo téměř bez srážek s vysokými teplotami. V červenci bylo zaznamenáno proměnlivé počasí s nástupem vysokých teplot. Pro srpen byly opět charakteristické vysoké teplotami a nedostatkem srážek. Sklizeň se uskutečnila 24. 9. 2019.

1.3 Klimatické podmínky

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

Tab. 1.1: Průměrné měsíční srážky rok 2018/2019

Stanice	Průměrné měsíční srážky (mm)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
suma denních srážek	57,9	42,2	19	46,1	66,2	23,6	38,9	18,3	107,7	33	43,3	64,2
měsíční normál	57	40	42	42	35	28	37	41	63	80	79	72
% normálu	102	106	45	110	189	84	105	45	171	41	55	89
Jaroměřice n. Rokyt.												
suma denních srážek	94	23,8	25,7	34	19,7	12,9	31,9	17,8	84,8	40,1	62,4	48,5
měsíční normál	40	29	32	27	24	22	25	32	57	64	71	58
% normálu	235	82	80	126	82	59	128	56	148	63	88	84
Lípa												
suma denních srážek	64,7	37	23,5	77,4	61,5	28,4	48,5	11,3	100,3	66,9	80,3	51,5
měsíční normál	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71
% normálu	127	103	56	198	171	101	128	31	170	87	99	72



Tab. 1.2: Průměrné měsíční teploty rok 2018/2019

Stanice	Průměrné měsíční teploty (°C)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
Ø denní teplota (°C)	14,5	9,9	4,2	0,3	-2,7	0,9	5,4	9,5	11	20,6	18,6	19,5
měsíční normál (°C)	12,7	7,7	2,1	-0,9	-2,5	-1,2	2,7	7	12,5	15,2	17	16,8
Jaroměřice n. Rokyt.												
Ø denní teplota (°C)	15,5	10,5	4,4	0,8	-1,3	2	5,9	10,1	11,6	21,9	20,3	20,6
měsíční normál (°C)	13,4	8	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	9,7	4	0,6	-2,2	1,5	5,3	8,7	10,7	21,1	18,7	19,3
měsíční normál (°C)	12,8	7,9	2,3	-0,6	-2,1	-1	2,8	6,7	15,3	15,3	17	16,9

1.4 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

1.5 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 - 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 použitá hnojiva

Bilanční dávka ledku amonného s vápencem (LAV) se aplikuje v dávce, kterou v daném roce pokusná plodina brambory, kukuřice, řepka, ozimá pšenice odčerpá plánovanou sklizní.

Základní dávka dusíku je pro zastoupené plodiny stanovena následovně:

- brambory 120 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 30 tun brambor/ha
- pro kukuřici 150 kg/ha - při plánovaném výnosu cca 35 tun 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. Nehojí se dalšími živinami (P, K, Mg, Ca). K jarnímu ječmeni není plánováno žádné hnojení.

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

2.2 Chemické složení použitých hnojiv

Použité organické materiály kejda, digestáty a kompost byly analyzovány před aplikací na jaře 2019 na obsah základních živin N, P, K a sušiny, hodnotu pH, organických látek a poměr C:N (tab. 2.1). 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) pro hnojení pokusu je vždy dodáván z téhož zdroje.

Tab. 2.1: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky r. 2019

Použitá hnojiva jaro 2019	Chemické vlastnosti - obsah v sušině							dávka kg N/ha
	Sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	
3.Kejda Lípa	8,8	7,2	9,2	4,06	75,11	1,37	2,96	150
4.DG Lípa	6,5	7,9	6,0	6,02	72,26	2,29	5,90	150
5.DG Opatov	5,7	8,3	4,5	8,04	72,75	2,62	8,89	150
6.CMC Kompost	32,2	8,5	11,4	1,3	29,67	0,76	1,64	300

**3 Zhodnocení výnosů****3.1 Sklizňové výsledky**

Ve 3. roce II. osevního postupu byly nejvyšší průměrné výnosy kukuřice zaznamenány v Jaroměřicích mezi 44,73 - 49,63 t/ha, a po kompostu dokonce 50,63 t/ha. V Hradci bylo dosaženo v průměru 35,3 - 41,48 t/ha, na Lípě byly výnosy na přibližně stejné úrovni, v rozmezí 33,37 - 41,59 t/ha.

Nejvyšší průměrný 47,05 t/ha byl zjištěn po LAV v Jaroměřicích, po kejdě byl výnos zelené hmoty na stejné úrovni 47,10 t/ha. Aplikací digestátů byla dosažena nejvyšší účinnost rovněž v Jaroměřicích mezi 48,29 - 49,63 t/ha, tj. o 8 - 10,9 % více oproti nehnojené kontrole. V Hradci a Lípě byly výnosy podobné v průměru mezi 39,27 - 41,59 t/ha.

Celkově nejvyšší nárůst výnosu hnojených variant proti kontrole se projevil na Lípě, kejda a LAV působily shodně a výnosy vzrostly o 19,2 a 20,3 %. Po digestátech výnos stoupl proti nehnojené kontrole o 19,9 - 24,6 %, po kompostu o 17,3 %.

Tab. 3.1: Průměrný výnos zelené hmoty kukuřice na siláž, stanice **Hradec n. Svitavou** (t/ha)

Varianty hnojení	Výnos za opakování (t/ha)				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	36,14	36,64	34,36	34,07	35,30	100	98,0
2.LAV	38,64	35,36	36,50	33,93	36,11	102,1	100
3.Kejda Lípa	40,71	43,71	42,43	39,07	41,48	115,1	117,5
4.DG Lípa	39,50	42,07	39,07	38,07	39,68	110,1	112,3
5.DG Opatov	39,64	40,29	39,21	37,93	39,27	108,8	111,1
6.CMC Kompost	41,14	39,71	38,71	38,64	39,55	109,5	111,8

Tab. 3.2: Průměrný výnos zelené hmoty kukuřice na siláž, stanice **Jaroměřice n. R.** (t/ha)

Varianty hnojení	Výnos za opakování (t/ha)				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	42,27	43,86	45,97	46,81	44,73	100	95,1
2.LAV	45,08	48,17	45,03	49,91	47,05	105,2	100
3.Kejda Lípa	45,92	45,64	47,80	49,02	47,10	105,3	100,1
4.DG Lípa	45,22	49,25	49,44	49,25	48,29	108,0	102,6
5.DG Opatov	50,23	49,77	47,61	50,89	49,63	110,9	105,5
6.CMC Kompost	48,36	51,36	52,86	49,95	50,63	113,2	107,6

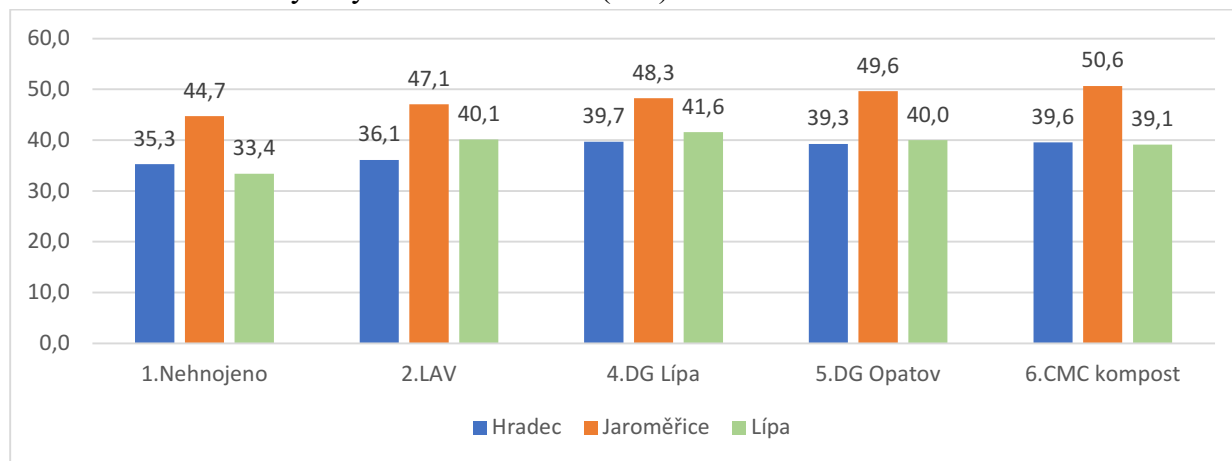
Tab. 3.3: Průměrný výnos zelené hmoty kukuřice na siláž, stanice **Lípa** (t/ha)

Varianty hnojení	Výnos za opakování (t/ha)				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	34,63	33,10	33,18	32,57	33,37	100	83,1
2.LAV	40,60	40,29	39,68	39,98	40,14	120,3	100
3.Kejda Lípa	40,29	38,07	40,98	39,76	39,78	119,2	99,1
4.DG Lípa	40,37	42,13	40,75	43,12	41,59	124,6	103,6
5.DG Opatov	40,83	39,14	39,76	40,37	40,03	119,9	99,7
6.CMC Kompost	38,76	38,00	39,37	40,44	39,14	117,3	97,5



Výnosy v 9. pokusném roce ukazují poprvé na rostoucí produkci po organickém hnojení, projevuje se zejména vysoký potenciál kompostu. Nižší produktivita jednostranného minerálního a opakovaného hnojení LAV se v poklesu výnosu proti organickým materiálům promítla poprvé. Písmena A, B, C, D (tab. 3.1 - 3.3) označují 4 opakování každé varianty.

Graf 3.1: Průměrné výnosy kukuřice na siláž (t/ha)



Tab. 3.4: Průměrný výnos kukuřice všechna stanoviště

Varianty hnojení	Výnos kukuřice (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	35,30	44,73	33,37	37,80	100	92,0
2.LAV	36,11	47,05	40,14	41,10	108,7	100
3.Kejda Lípa	41,48	47,10	39,78	42,78	113,2	104,1
4.DG Lípa	39,68	48,29	41,59	43,19	114,1	105,1
5.DG Opatov	39,27	49,63	40,03	42,97	113,7	104,5
6.CMC Kompost	39,55	50,63	39,14	43,11	114,0	104,9

Pro vyjádření výrobnosti je použit přepočítaný výnos na obilní jednotky (OJ), které slouží k hodnocení produktivity plodin odlišných botanických druhů (tab. 3.5). V případě silážní kukuřice je pro přepočítání výnosu použit koeficient 0,11.

Tab. 3.5: Přepočítaný průměrný výnos kukuřice na siláž v obilních jednotkách

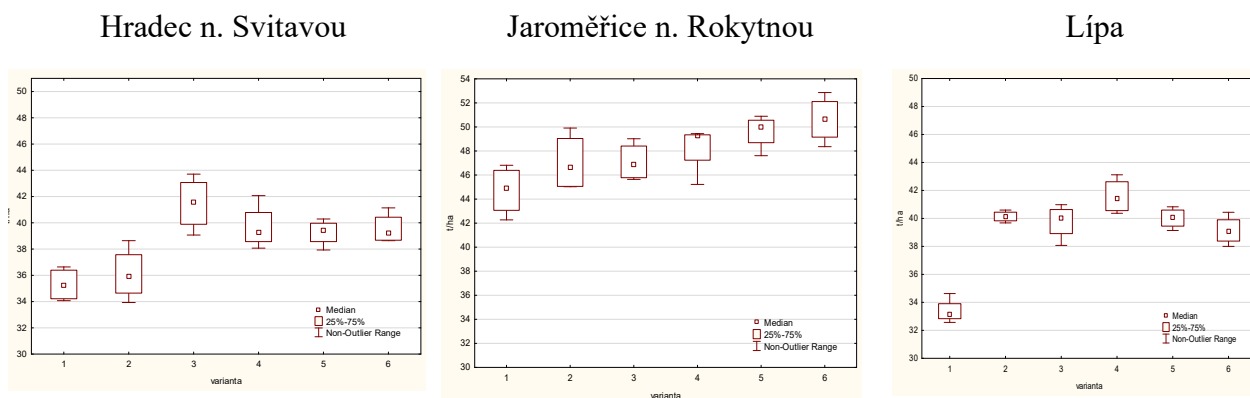
Varianty hnojení	Výnos kukuřice (OJ/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	3,89	4,92	3,67	4,16	100	92,0
2.LAV	3,97	5,18	4,42	4,52	108,7	100
3.Kejda Lípa	4,57	5,18	4,38	4,71	113,2	104,1
4.DG Lípa	4,37	5,31	4,57	4,75	114,2	105,1
5.DG Opatov	4,32	5,46	4,40	4,73	113,7	104,6
6.CMC Kompost	4,35	5,57	4,31	4,74	114,0	104,9



3.2 Statistické zhodnocení výnosů

Výnosy kukuřice byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance s testováním průkaznosti rozdílů Tukey testem, $p < 0,05$. Výsledky byly zpracovány programem Statistica verze 13,5. Statisticky významné rozdíly mezi variantami jsou znázorněny pomocí krabicových grafů (3.2 a 3.3.). Deskriptivní statistika výsledků a směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulkách 3.6 - 3.8.

Graf 3.2: Krabicový graf vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos kukuřice

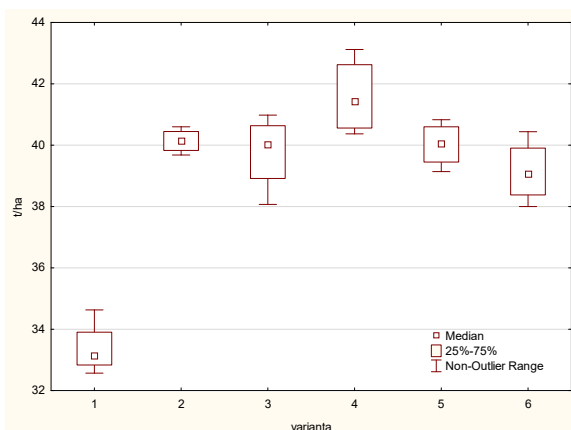


Analýza variance prokázala v Hradci statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi výnosy kontroly a mezi variantami 3 - 6. V Hradci a Lípě mezi variantami organicky hnojenými (3 - 6) nebyly shledány statisticky průkazné rozdíly.

Vysoce průkazné rozdíly byly mezi variantou s kompostem v Jaroměřicích proti nehnojené kontrole, mezi ostatními variantami nebyly zřejmé průkazné rozdíly. Hnojení LAV nevykázalo statisticky průkazné rozdíly proti organickému hnojení.

Na Lípě byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ve výnosech mezi variantami 2 (LAV), kompostem a kontrolou proti kontrole.

Graf 3.3: Krabicový graf vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos kukuřice, tři lokality



Souhrnné zhodnocení vlivu použitých hnojiv na výnos kukuřice vypovídá o statisticky průkazných rozdílech všech hnojených variant proti nehnojené kontrole. Další statisticky průkazný rozdíl je patrný mezi variantou 4 (digestát Lípa) a variantou 6 (kompost).



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

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvar.	Medián	75.kvar.
1.Nehnojeno	35,30	1,28	34,07	36,64	34,29	35,25	34,60
2.LAV	36,11	1,99	33,93	38,64	35,00	35,93	36,21
3.Kejda Lípa	41,48	2,02	39,07	43,71	40,30	41,57	41,72
4.DG Lípa	39,68	1,70	38,07	42,07	38,82	39,29	39,22
5.DG Opatov	39,27	1,00	37,93	40,29	38,89	39,43	39,22
6.CMC Kompost	39,55	1,17	38,64	41,14	38,69	39,21	38,92

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

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvar.	Medián	75.kvar.
1.Nehnojeno	44,73	2,06	42,27	46,81	43,46	44,91	46,18
2.LAV	47,05	2,41	45,03	49,91	45,07	46,63	47,76
3.Kejda Lípa	47,10	1,60	45,64	49,02	45,85	46,86	48,11
4.DG Lípa	48,29	2,05	45,22	49,44	48,24	49,25	49,30
5.DG Opatov	49,63	1,42	47,61	50,89	49,23	50,00	49,94
6.CMC Kompost	50,63	1,93	48,36	52,86	49,55	50,66	51,19

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

Varianty hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvar.	Medián	75.kvar.
1.Nehnojeno	33,37	0,88	32,57	34,63	32,97	33,14	33,23
2.LAV	40,14	0,40	39,68	40,60	39,91	40,14	40,02
3.Kejda Lípa	39,78	1,24	38,07	40,98	39,34	40,03	40,08
4.DG Lípa	41,59	1,27	40,37	43,12	40,66	41,44	41,97
5.DG Opatov	40,03	0,73	39,14	40,83	39,61	40,07	40,11
6.CMC Kompost	39,14	1,03	38,00	40,44	38,57	39,07	39,64



4 Anorganické rozbory rostlinných vzorků

Anorganické rozbory byly provedeny v reprezentativních vzorcích zelené hmoty silážní kukuřice, které byly odebrané z každého ze čtyř opakování a všech pokusných variant při sklizni. Analýzy provedla akreditovaná laboratoř NRL ÚKZÚZ Brno a Opava.

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 pološíří intervalu, ve kterém se s 95 % pravděpodobností nachází výsledek, činí pro P, K, Mg 10 %, N 4,5 %.

Stanovení ADF, NDF, vlákniny, cukrů, škrobu, celulózy, stravitelnosti a N látek: vybrané parametry byly stanoveny metodou NIRS. Vzorky jsou měřeny v blízké infračervené spektrální oblasti v rozsahu vlnových délek (1100 - 2500) nm s reflektanční detekcí. Výsledky byly vyhodnoceny softwarově matematickými a statistickými postupy z příslušného vytvořeného kalibračního modelu. Kalibrační model pro určitý parametr vyjadřuje míru korelace mezi výsledky získanými metodou NIRS a laboratorní referenční metodou (LRM). Výsledky jsou uvedeny v jednotkách % (abs.) v původní hmotě.

4.2 Obsah makroelementů v silážní kukuřici

Nejvyšší obsah dusíku v kukuřici byl na všech stanicích zjištěn po minerálním hnojení, kde dosahoval v průměru 1,09 %. Organická hnojiva digestáty a kejda vykázaly v průměru těsné rozmezí obsahu N na úrovni 0,82 - 0,89 %. Výsledky analýz dalších makroživin prezentují tabulky 4.1 - 4.4. K mírně vyššímu obsahu fosforu a draslíku přispěla organická hnojiva včetně kompostu.

Tab. 4.1: Průměrné obsahy (n=4) makroelementů v kukuřici na siláž, Hradec n. Svitavou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah makroelementů v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	90,73	0,74	0,17	0,85	0,11	0,38
2.LAV	90,93	1,04	0,16	0,87	0,14	0,41
3.Kejda Lípa	91,45	0,81	0,16	0,92	0,11	0,33
4.DG Lípa	91,55	0,85	0,15	1,00	0,11	0,35
5.DG Opatov	91,85	0,75	0,14	0,97	0,10	0,35
6.CMC kompost	91,80	0,72	0,15	1,11	0,10	0,31

Tab. 4.2: Průměrné obsahy (n=4) makroelementů v kukuřici na siláž, Jaroměřice n. R.

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah makroelementů v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	91,68	0,76	0,11	0,80	0,18	0,32
2.LAV	91,88	1,09	0,11	0,86	0,19	0,30
3.Kejda Lípa	91,75	0,92	0,15	0,80	0,16	0,25
4.DG Lípa	91,93	0,82	0,14	0,88	0,18	0,31
5.DG Opatov	92,15	0,83	0,15	0,94	0,17	0,29
6.CMC Kompost	92,00	0,83	0,16	0,92	0,14	0,24

**Tab. 4.3:** Průměrné obsahy (n=4) makroelementů v kukuřici na siláž, **Lípa**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah makroelementů v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,88	0,90	0,20	0,78	0,14	0,24
2.LAV	89,33	1,13	0,16	0,77	0,18	0,28
3.Kejda Lípa	89,53	0,96	0,19	0,88	0,15	0,25
4.DG Lípa	90,43	0,96	0,21	0,92	0,14	0,24
5.DG Opatov	90,83	0,89	0,19	0,93	0,12	0,23
6.CMC Kompost	90,05	0,80	0,23	1,06	0,13	0,22

Tab. 4.4: Průměrné obsahy (n=4) makroelementů v kukuřici na siláž, **všechny lokality**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah makroelementů v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	90,76	0,80	0,16	0,81	0,14	0,31
2.LAV	90,71	1,09	0,14	0,83	0,17	0,33
3.Kejda Lípa	90,91	0,89	0,17	0,87	0,14	0,27
4.DG Lípa	91,30	0,87	0,17	0,93	0,14	0,30
5.DG Opatov	91,61	0,82	0,16	0,94	0,13	0,29
6.CMC Kompost	91,28	0,78	0,18	1,03	0,12	0,25

4.3 Kvalitativní parametry silážní kukuřice

V obsahu dusíkatých látek, cukrů a škrobu nelze najít jednotný trend vlivem hnojení (tab. 4.5). Obsah N látek zvýšilo minerální hnojení (v průměru 6,8 %), po organickém hnojení byl obsah N látek nižší mezi 5,2 - 6,4 %.

Cukry tvoří převážnou část biomasy píce, jejich vysoká kvalita je spojována s rychlým trávením vlákniny a vysokým příjmem NDF, a tím i s vyšší užitkovostí. Průměrný obsah cukrů byl vyšší u kontroly 9,3 % a po kompostu 9,2 %.

Nejvyšší obsah škrobu v silážní kukuřici byl zjištěn po hnojení kejdou 34,1 %, po LAV to bylo o 6,5 % méně, tj. 31,9 %.

K přesnějšímu určení skutečného obsahu vlákniny v krmivech se používá stanovení neutrálně detergentní vlákniny (NDF) a acidodetergentní vlákniny (ADF). Acidodetergentní vláknina obsahuje celulózu a lignin, jde o lignocelulozový zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv. Průměrný obsah byl zjištěn v rozmezí 20,8 % (kompost) až 21,9 % (LAV). Neutrálně detergentní vláknina zahrnuje celkový obsah celulózy, hemicelulózy a ligninu, zvyšována byla minerálním hnojením (45,9 %) a dále hnojením digestáty (44,0 - 44,6 %).

Vláknina představuje organické látky, které neobsahují tuk, její obsah velmi mírně navýšily digestáty, naproti tomu kejda a kompost tento parametr snižovalo. Stravitelnost vlákniny byla naměřena v průměru mezi 72,4 - 74,5 %



Tab. 4.5: Průměrné obsahy (n=4) sušiny, N látek cukrů, škrobu

Varianty hnojení	sušina %				N látky %			
	HRA	JAR	LIP	Průměr	HRA	JAR	LIP	Průměr
1. Nehnojeno	91,28	90,32	90,92	90,84	4,9	5,1	5,5	5,2
2. LAV	91,18	90,22	90,11	90,50	6,7	7,0	6,7	6,8
3. Kejda Lípa	91,25	90,29	90,83	90,79	5,6	6,4	6,0	6,0
4. DG Lípa	91,21	90,55	90,64	90,80	5,6	6,0	6,0	5,9
5. DG Opatov	91,23	90,56	90,89	90,89	5,4	5,9	6,0	5,8
6. CMC Kompost	91,17	90,70	90,76	90,88	5,2	5,8	5,5	5,5
Varianty hnojení	Cukry %				Škrob %			
	HRA	JAR	LIP	Průměr	HRA	JAR	LIP	Průměr
1. Nehnojeno	9,5	10,5	7,9	9,3	28,9	26,8	36,5	30,7
2. LAV	8,6	9,3	8,4	8,8	29,4	29,5	36,8	31,9
3. Kejda Lípa	9,3	8,1	8,0	8,4	31,0	35,0	36,4	34,1
4. DG Lípa	8,6	8,6	8,3	8,5	29,9	30,5	35,6	32,0
5. DG Opatov	10,2	8,4	7,6	8,7	28,2	30,4	36,3	31,6
6. CMC Kompost	11,0	8,3	8,4	9,2	27,4	32,6	36,3	32,1

Tab. 4.6: Průměrné obsahy (n=4) vlákniny, stravitelnosti, vlákniny, ADF, NDF

Varianty hnojení	Vláknina %				Stravitelnost vlákniny %			
	HRA	JAR	LIP	Průměr	HRA	JAR	LIP	Průměr
1. Nehnojeno	18,1	19,0	17,2	18,1	74,0	71,9	75,9	74,0
2. LAV	18,5	18,7	17,1	18,1	72,2	71,1	74,0	72,4
3. Kejda Lípa	17,7	16,9	17,3	17,3	74,5	74,0	75,2	74,6
4. DG Lípa	18,7	18,6	17,6	18,3	73,1	71,8	74,9	73,3
5. DG Opatov	18,3	18,7	17,6	18,2	74,1	71,6	74,8	73,5
6. CMC kompost	18,2	17,5	17,1	17,6	73,9	73,6	76,0	74,5
Varianty hnojení	ADF %				NDF %			
	HRA	JAR	LIP	Průměr	HRA	JAR	LIP	Průměr
1. Nehnojeno	21,5	23,6	18,3	21,1	44,5	47,5	38,3	43,5
2. LAV	22,9	23,4	19,4	21,9	47,4	49,1	41,1	45,9
3. Kejda Lípa	21,1	20,9	18,7	20,2	42,9	43,9	39,3	42,0
4. DG Lípa	22,5	23,1	19,7	21,8	45,7	47,6	40,5	44,6
5. DG Opatov	21,9	23,1	19,4	21,5	44,2	48,1	39,8	44,0
6. CMC Kompost	22,2	21,5	18,7	20,8	44,4	45,1	38,4	42,6



4.4 Odběr živin silážní kukuřicí

Obsah jednotlivých prvků v sušině kukuřice a množství základních živin exportovaných výnosem prezentuje tabulka 4.7. Rozdíly mezi lokalitami v odběru živin vzhledem k výši výnosu jsou evidentní, Hradec vykazuje nižší exporty dusíku, fosforu, hořčíku. Nejvyšší odběr dusíku byl zjištěn u varianty hnojené LAV u všech tří stanic, a to v rozpětí 120 - 163,8 kg N/ha. Odběry N po aplikaci kejdy a digestátů v rámci lokalit lze hodnotit jako poměrně vyrovnané.

Tab. 4.7: Průměrný odběr živin silážní kukuřicí

Stanice	Varianty hnojení	Průměrný odběr živin kg/ha (n=4)				
		N	P	K	Mg	Ca
Jaroměřice n. Rokytnou	1.Nehnojeno	109,0	15,6	115,1	25,2	46,2
	2.LAV	163,8	16,2	129,8	28,2	45,4
	3.Kejda Lípa	138,1	21,8	120,5	23,8	37,0
	4.DG Lípa	126,0	20,8	135,2	27,8	47,9
	5.DG Opatov	132,4	23,1	149,3	26,2	46,0
	6.CMC Kompost	133,7	25,1	148,6	22,7	38,6
Lípa	1.Nehnojeno	96,4	21,1	83,3	14,9	25,4
	2.LAV	145,5	20,6	98,6	22,5	35,6
	3.Kejda Lípa	121,9	23,9	111,7	18,8	31,5
	4.DG Lípa	127,4	28,3	122,4	18,0	31,9
	5.DG Opatov	113,4	23,7	118,5	15,4	28,8
	6.CMC Kompost	99,6	28,2	132,5	16,0	27,2
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	83,4	18,9	95,4	12,4	42,4
	2.LAV	120,1	18,8	101,0	15,6	47,1
	3.Kejda Lípa	107,2	21,6	122,2	14,3	43,0
	4.DG Lípa	107,6	19,1	126,4	14,0	44,4
	5.DG Opatov	94,2	17,6	121,3	11,9	43,4
	6.CMC Kompost	91,2	18,6	140,5	12,0	39,0
Průměrný odběr živin produkci tří lokality	1.Nehnojeno	96,3	18,5	97,9	17,5	38,0
	2.LAV	143,1	18,5	109,8	22,1	42,7
	3.Kejda Lípa	122,4	22,5	118,1	18,9	37,2
	4.DG Lípa	120,3	22,7	128,0	19,9	41,4
	5.DG Opatov	113,3	21,4	129,7	17,8	39,4
	6.CMC Kompost	108,1	24,0	140,5	16,9	34,9



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 (Zbiral, 2002) podle ISO normy 10390 (Zbiral, 2000).

Stanovení přístupných živin a mikroelementů (ME): prvky byly extrahovány ve vzorcích zeminy v roztoku Mehlich 3. Ke stanovení byla použita metoda ICP-OES, tj. optické atomové emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu. Zbiral 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 (Zbiral et al., 2004).

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

Poměr C:N: je podíl stanovených parametrů CTOT (celkový uhlík) a NTOT (celkový dusík).

5.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů

Výměnná půdní reakce se vlivem hnojení nezměnila v Hradci n. Svitavou, všechny varianty vykazaly neutrální pH 6,9 - 7,1. V Jaroměřicích bylo pH 6,0 - 6,6 tj. slabě kyselé, po kompostu nastalo zvýšení na neutrální pH 6,7. Na písčitohlinité půdě na Lípě se výměnná reakce zvýšila rovněž po kompostu na pH 6,8, naproti tomu LAV působí zcela opačně a vykazuje pH 5,1, což je kyselá reakce.

Z výsledků obsahu přístupných živin je zřejmé, že zásobu mírně zvyšují na všech stanicích všechny organické materiály, nejlépe působí kompost (tab.5.1-5.3). Porovnání zásoby přístupných živin ve vzorcích půdy odebraných po sklizni kukuřice je možno porovnat s kritérii uvedenými v tab. 5.4. Významný je zejména nárůst přístupného obsahu fosforu, draslíku, vápníku i hořčíku po hnojení kompostem.

Obsah mikroelementů včetně síry nevykazuje významné rozdíly mezi variantami, úroveň je vázaná na přirozenou zásobu těchto prvků v půdě pocházející z převážně z matečného substrátu na dané lokalitě. Výjimkou je ale opět aplikace kompostu, kdy byl zaznamenán vyšší obsah boru a síry oproti variantám hnojeným ostatními materiály.



Tab. 5.1: 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	7,0	77	124	2038	48	2,61	0,77	254	254	3,1	9,3
2.LAV	6,9	76	124	2055	55	2,46	0,79	243	243	3,4	10,0
3.Kejda Lípa	7,0	85	147	2140	60	2,48	0,83	249	249	4,4	10,9
4.DG Lípa	6,9	78	161	1898	56	2,10	0,78	236	236	3,3	10,3
5.DG Opatov	7,0	74	167	1898	50	1,78	0,75	227	227	2,8	9,7
6.CMC Kompost	7,1	100	268	2133	75	1,95	0,93	241	241	4,1	11,5

Tab. 5.2: Průměrný obsah přístupných živin a ME - Jaroměřice n. Rokytanou, 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	60	155	2570	219	3,23	0,62	241	156	2,4	8,5
2.LAV	6,0	54	152	2508	214	3,20	0,56	238	151	2,2	9,4
3.Kejda Lípa	6,3	70	174	2668	264	3,28	0,61	241	147	2,6	10,6
4.DG Lípa	6,2	71	189	2773	282	3,19	0,60	248	142	2,3	10,1
5.DG Opatov	6,3	73	214	2680	282	2,95	0,61	239	133	4,8	10,2
6.CMC Kompost	6,7	133	328	3203	326	2,93	0,96	254	129	4,9	15,4

Tab. 5.3: 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	5,8	43	78	1548	99	1,87	0,50	257	99	1,7	11,0
2.LAV	5,1	44	72	1588	88	1,84	0,50	277	93	2,0	33,2
3.Kejda Lípa	6,4	58	164	1713	193	2,29	0,50	259	107	4,1	11,8
4.DG Lípa	6,4	52	165	1900	145	2,05	0,50	254	114	2,5	10,9
5.DG Opatov	6,2	72	238	1950	125	2,03	0,55	270	119	2,7	12,6
6.CMC Kompost	6,8	103	328	2480	152	1,90	0,88	302	128	4,1	14,7

Tab. 5.4: 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. 5.5: Kritéria hodnocení půdní reakce

pH	Hodnocení
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. 5.6: Pracovní kritéria hodnocení obsahu mikroelementů na všech druzích pozemků

Mikroelement	Půdní druh	Hodnocení obsahu (mg/kg) metoda Mehlich 3		
		nízký	dobry	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⁻¹

Tab. 5.7: Pracovní kritéria hodnocení obsahu síry na všech druzích pozemků (Mehlich 3)

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



5.3 Hodnocení organické hmoty

Parametry hodnocené v této kapitole jsou reprezentativním výsledkem odběrů vzorků ve dvou termínech ze všech opakování na všech třech lokalitách. První termín byl na jaře 6 týdnů po hnojení a druhý termín byl po sklizni kukuřice.

Oxidovatelný organický uhlík (dále jen Cox) představuje veškerý vázaný uhlík v půdě obsažený v organických látkách v půdě, tedy i v látkách ne zcela humifikovaných.

Glomalin je glykoprotein vylučovaný do půdy myceliem mykorhizních hub arbuskulárního typu. Je to velmi stabilní sloučenina, nerozpustná ve vodě a odolná k tepelné degradaci.

Podíl Cox ku glomalinu jsou měřené parametry, které jsou vyhodnoceny ve vzájemném poměru jako procentický podíl, objektivně posuzují momentální úroveň obsahu organické hmoty.

Celkový dusík (dále jen NTOT) je poměrně stálý a je tvořen sloučeninami obtížně chemicky i mikrobiologicky rozložitelnými, je vázán na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů se pohybuje v rozmezí od 0,1 - 0,3 %.

Celkový uhlík (dále jen CTOC) zahrnuje organický a anorganický uhlík vázaný v půdě.

Poměr C:N je významným indikátorem kvality půdy, užší poměr je výsledkem vyšší kvality organických látek.

Pro hodnocení uvedených parametrů byla použita pracovní kritéria (tab. 5. 12), dle Sotákové 1982.

Tab. 5.8: Průměrný obsah Cox, podíl glomalin/Cox; vzorkování na jaře 6 týdnů po hnojení

Varianty hnojení	Průměrný obsah Cox (%) a podíl glomalin/Cox (n=4)					
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice n. R.		Lípa	
	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox
1.Nehojeno	1,95	14,49	1,18	19,85	1,11	16,55
2.LAV	1,92	17,30	1,21	18,88	1,19	16,15
3.Kejda Lípa	1,73	20,52	1,19	18,21	1,14	20,02
4.DG Lípa	1,59	22,35	1,17	18,30	1,05	22,24
5.DG Opatov	1,88	15,98	1,14	18,18	1,14	24,56
6.CMC Kompost	2,15	13,94	1,36	21,67	1,34	27,50

Tab. 5.9: Průměrný obsah CTOC, NTOT, poměr C:N; vzorkování na jaře 6 týdnů po hnojení

Varianty hnojení	Průměrný obsah celkového C a N (%) a poměr C:N (n=4)								
	Hradec n. Svit.			Jaroměřice n. R.			Lípa		
	CTOC	NTOT	C:N	CTOC	NTOT	C:N	CTOC	NTOT	C:N
1.Nehojeno	2,20	0,14	16,02	1,35	0,07	18,80	1,65	0,07	22,85
2.LAV	1,97	0,14	14,33	1,36	0,08	18,87	1,67	0,09	18,31
3.Kejda Lípa	1,71	0,16	11,05	1,41	0,06	24,21	1,55	0,09	17,30
4.DG Lípa	1,48	0,15	9,88	1,37	0,06	25,06	1,44	0,09	15,60
5.DG Opatov	2,06	0,14	15,28	1,35	0,05	29,28	1,44	0,12	12,68
6.CMC Kompost	2,48	0,14	18,00	1,48	0,08	19,86	1,74	0,12	14,37



Tab. 5.10: Průměrný obsah Cox a podíl glomalin/Cox; vzorkování na podzim po sklizni

Varianty hnojení	Průměrný obsah Cox (%) a podíl glomalin/Cox (n=4)					
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice n. R.		Lípa	
	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox
1.Nehnojeno	1,58	18,68	1,22	19,12	1,30	16,08
2.LAV	1,61	18,75	1,25	18,54	1,37	15,28
3.Kejda Lípa	1,64	19,20	1,22	19,16	1,50	15,55
4.DG Lípa	1,59	20,09	1,21	18,09	1,41	16,92
5.DG Opatov	1,55	20,44	1,24	18,29	1,49	18,11
6.CMC Kompost	1,61	22,31	1,46	20,30	1,50	22,37

Tab. 5.11: Průměrný obsah CTOC, NTOT, poměr C:N; vzorkování na podzim po sklizni

Varianty hnojení	Průměrný obsah celkového C a N (%) a poměr C:N (n=4)								
	Hradec n. Svit.			Jaroměřice n. R.			Lípa		
	CTOC	NTOT	C:N	CTOC	NTOT	C:N	CTOC	NTOT	C:N
1.Nehnojeno	1,84	0,16	11,66	1,30	0,08	17,69	1,47	0,12	12,03
2.LAV	1,85	0,16	11,58	1,29	0,08	16,60	1,53	0,13	11,56
3.Kejda Lípa	1,88	0,17	11,04	1,27	0,07	17,58	1,68	0,14	11,98
4.DG Lípa	1,84	0,17	10,98	1,28	0,06	21,52	1,57	0,14	11,66
5.DG Opatov	1,83	0,17	11,07	1,24	0,07	17,89	1,64	0,14	11,94
6.CMC Kompost	1,86	0,17	10,80	1,36	0,09	15,76	1,67	0,14	12,33

Každoročně se opakující aplikace kompostu a dalších organických hnojiv na všech lokalitách v termínu odběru vzorků půdy po sklizni zvýšila procentuální podíl glomalin/Cox ve srovnání s kontrolou a variantou LAV. Obsah Cox během vegetace kolísal, v Hradci klesl zejména v podzimním termínu. Na Lípě je naopak na podzim viditelný mírný nárůst. Cox v obou termínech odběru lze podle dostupných pracovních kritérií Sotákové (1982), tab. 5.12 hodnotit převážně jako nízký. Podobně obsah celkového uhlíku (CTOT) je hodnocen jako nízký, rozdíly mezi variantami jsou zanedbatelně nízké s výjimkou Hradce, a to v odběru na jaře, kdy se projevil pozitivně kompost. Celkový dusík (NTOT) byl v širokém rozmezí 0,06 - 0,16 %, přičemž mírný nárůst byl v termínu na podzim (tab. 5.11) zjištěn zejména v Hradci 0,16 - 0,17 % a na Lípě 0,12 - 0,14 %. V Jaroměřicích byl NTOT zhruba o polovinu nižší jen mezi 0,06 - 0,08 %. Obsah organické hmoty půdy se mění velmi pomalu. Hodnocení změn v celkovém obsahu organické hmoty je poměrně náročné proto, že půda je značným a přirozeným zdrojem uhlíku a změny v některých sledovaných parametrech jsou podobně jako v tomto pokusu pozvolné

**Tab. 5.12:** Hodnocení kvality organických látek, Sotáková (1982)

Hodnocení	Cox (%)	Poměr C:N	CTOC (%)	NTOT (%)
Velmi vysoký	> 5,8	> 5	-	> 0,3
Vysoký	3,5-5,8	5-8	> 6	0,21-0,30
Střední	2,3-3,5	8-11	2,0-6,0	0,07-0,20
Nízký	1,2-2,3	11-14	1,1-2,0	0,04-0,06
Velmi nízký	< 1,2	<14	< 1	< 0,03

6 Obsah minerálního dusíku v půdě

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 maximu (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 může vést 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 6 jsou zhodnoceny tři termíny obsahu minerálního dusíku v ornici v horizontu 0 - 30 cm. První termín vzorkování byl brzy na jaře před hnojením všemi materiály, druhý šest týdnů po tomto hnojení a poslední po sklizni kukuřice.

Pracovní kritéria pro hodnocení dusičnanové formy dusíku vycházejí z rozsáhlé studie a zohledňují nadmořskou výšku hodnocené lokality (tab. 6.1).

Tab. 6.1: 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

6.1 Obsah minerálního dusíku na jaře před hnojením

Obsah N_{min} v Hradci (tab. 6.2) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře v orniční vrstvě v průměru velmi nízké a poměrně vyrovnané obsahy, maximálně do 7,1 mg/kg po kompostu. Množství pohotového N se pohybovalo v úzkém rozmezí 27 - 42,6 kg N/ha, zásadní rozdíly mezi variantami nebyly příliš zřejmé. V Jaroměřicích a na Lípě byly hodnoty N_{min} podstatně vyšší od 7,8 - 14,7 mg/kg. Zásoba dusíku zejména v Jaroměřicích po zimě před hnojením byla poměrně vysoká, po LAV 81,8 kg N/kg a po kompostu 88,2 kg N/ha.

**Tab. 6.2:** Obsah N_{min}, vzorkování brzy na jaře před hnojením

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	6,1	36,6	9,8	58,5	11,2	67,0	9,0	54,0
2.LAV	4,5	27,0	13,6	81,8	13,0	78,2	10,4	62,3
3.Kejda Lípa	4,6	27,6	11,5	68,9	9,5	56,9	8,5	51,1
4.DG Lípa	5,0	30,0	11,0	66,0	7,8	46,5	7,9	47,5
5.DG Opatov	5,0	29,7	12,3	73,5	8,9	53,3	8,7	52,2
6.CMC Kompost	7,1	42,6	14,7	88,2	11,1	66,8	11,0	65,9

Tab. 6.3: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺, vzorkování brzy na jaře před hnojením

Varianty hnojení	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm			
	Hradec n. Svit. 460 m n. m.	Jaroměřice 425 m n. m.	Lípa 505 m n. m.	Průměr
1.Nehnojeno	4,7	9,8	7,2	7,2
2.LAV	4,3	13,6	8,5	8,8
3.Kejda Lípa	4,6	11,5	5,9	7,3
4.DG Lípa	4,6	11,0	4,8	6,8
5.DG Opatov	4,8	12,0	5,9	7,6
6.CMC Kompost	6,2	14,7	6,9	9,3
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	1,5	0,2	4,0	1,9
2.LAV	0,4	0,2	4,5	1,7
3.Kejda Lípa	0,2	0,2	3,6	1,3
4.DG Lípa	0,5	0,2	3,0	1,2
5.DG Opatov	0,3	0,3	3,0	1,2
6.Kompost	1,1	0,2	4,3	1,9

Obsah nitrátového dusíku (tab. 6.3) byl hodnocen podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic byl N-NO₃⁻ v tomto období hodnocen jako bezpečný a v Jaroměřicích jako přiměřený.

Amonná forma dusíku N-NH₄⁺ v Jaroměřicích činila 0,2 mg/kg bez rozdílů variant, nejvyšší hodnota byla na Lípě 4,5 mg/kg po hnojení LAV.

6.2 Obsah minerálního dusíku po jarním hnojení

Půdní vzorky byly odebrány z každého opakování všech variant z profilu 0 - 30 cm, šest týdnů po hnojení všemi hnojivy, pro toto období byl charakteristický nedostatek srážek. Obsah minerálního dusíku po hnojení kukuřice v orniční vrstvě po LAV v Hradci dosáhl 44,5 mg/kg a Jaroměřicích 53,3 mg/kg a na Lípě 71,7 mg/kg. Po kejdě, digestátech byl N_{min} nižší v Hradci a Jaroměřicích mezi 13,5 - 22,1 mg/kg. Na Lípě byly hodnoty N_{min} na variantách hnojených organickým hnojením značně vyšší 46,2 - 66,3 mg/kg.

**Tab. 6.4:** Obsah N_{min}, vzorkování **po jarním hnojení**

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	10,3	61,5	9,4	56,4	37,7	226,4	19,1	114
2.LAV	44,5	267,0	53,3	319,8	71,7	430,1	56,5	339
3.Kejda Lípa	19,8	118,7	19,1	114,8	66,3	397,7	35,1	210
4.DG Lípa	18,4	110,1	13,5	81,0	45,5	273,2	25,8	154
5.DG Opatov	19,4	116,1	22,1	132,8	46,2	277,2	29,2	175
6.CMC Kompost	11,4	68,1	17,8	106,7	42,9	257,1	24,0	144

Ve svrchním horizontu 0 - 30 cm byl na všech stanicích po LAVu zjištěn rizikový obsah N-NO₃⁻, (nejvíce na Lípě 56,4 mg/kg), který je mobilní, rizikový a může dojít k jeho ztrátě a proplavení do spodních půdních horizontů. Rizikový byl rovněž obsah N-NO₃⁻ u všech variant na Lípě, ale i v Jaroměřicích u variant 2-5. Celkově nejvyšší hodnota N-NO₃⁻ byla zjištěna na Lípě, po hnojení kejdou 61,7 mg/kg. Poměrně vysoké obsahy N_{min}, které byly v půdě před hnojením se značně navýšily hnojením a probíhající nitrifikací. Jednou z příčin je i jednorázová aplikace hnojiv v dávce 150 kg N/ha, kterou z technických důvodů při zakládání pokusu nebylo možné dělit.

Amonná forma dusíku v půdě byla rovněž nezvykle vysoká u varianty 2. LAV mezi 6,9 - 15,2 N-NH₄⁺ mg/kg.

Tab. 6.5: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺, vzorkování **po jarním hnojení**

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	10,3	9,2	35,3	18,3	
2.LAV	37,7	43,7	56,4	34,5	
3.Kejda Lípa	19,7	15,8	61,7	32,4	
4.DG Lípa	17,8	11,4	41,6	23,6	
5.DG Opatov	19,4	14,7	44,4	26,2	
6.Kompost	11,4	16,0	41,5	23,0	
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	0,2	0,3	2,4	1,0	
2.LAV	6,9	9,6	15,2	10,6	
3.Kejda Lípa	0,2	3,3	4,6	2,7	
4.DG Lípa	0,7	2,1	3,9	2,2	
5.DG Opatov	0,2	7,4	1,8	3,1	
6.CMC Kompost	0,2	1,7	1,4	1,1	



6.3 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny

Obsah N_{min} po sklizni kukuřice byl po organickém hnojení mezi 3,2 - 7,8 mg/kg N_{min}. Jen v Jaroměřicích po hnojení kompostem zůstal obsah N_{min} poměrně vysoký 18,1 mg/kg, tj. 108,5 kg N/ha. Po LAV byl rovněž naměřen rizikově vysoký obsah 113,9 kg N/ha, který nebyl produkcí odčerpán a do zimy s nejvyšší pravděpodobností zůstal nevyužit. Podobně v Hradci se udržel zvýšený obsah dusíku v půdě 80,6 kg N/ha a na Lípě 80 kg N/ha, což představuje riziko ztrát a úniku do spodních vod.

Tab. 6.6: Obsah N_{min}, vzorkování po sklizni kukuřice

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	3,0	18,0	2,1	12,3	3,4	20,6	2,8	17,0
2.LAV	13,4	80,6	19,0	113,9	7,5	45,1	13,3	80,0
3.Kejda Lípa	4,7	27,9	5,4	32,6	5,7	34,3	5,3	31,6
4.DG Lípa	5,1	30,6	3,2	19,1	4,5	27,2	4,3	25,6
5.DG Opatov	3,4	20,3	7,8	46,8	6,4	38,6	5,9	35,2
6.CMC Kompost	4,3	25,5	18,1	108,5	7,0	42,3	9,8	58,8

Tab. 6.7: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺, vzorkování po sklizni kukuřice

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	2,9	1,6	1,9	2,1	
2.LAV	13,0	15,0	5,0	11	
3.Kejda Lípa	4,4	3,5	4,7	4,2	
4.DG Lípa	4,5	2,2	4,1	3,6	
5.DG Opatov	2,8	5,6	6,1	4,8	
6.CMC Kompost	3,7	16,9	6,4	9,0	
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	0,3	0,5	1,5	0,8	
2.LAV	0,5	4,0	2,5	2,3	
3.Kejda Lípa	0,4	2,0	1,1	1,2	
4.DG Lípa	0,2	0,2	0,5	0,3	
5.DG Opatov	0,2	0,2	1,5	0,6	
6.CMC Kompost	0,2	0,2	0,6	0,3	

Ve termínu odběru vzorků půdy na podzim po sklizni kukuřice (tab. 6.7) na Lípě u variant 2 - 6 byl N-NO₃⁻ byl hodnocen jako bezpečný. V Jaroměřicích byl N-NO₃⁻ na úrovni přiměřeného obsahu po LAV 15 mg/kg, ale po kompostu dokonce nadměrné množství 16,9 mg/kg. V Hradci byly nitráty na úrovni velmi bezpečného a bezpečného obsahu. Po hnojení LAV bylo naměřeno 13 mg/kg N-NO₃⁻, což je hodnoceno jako nadměrné množství.



7 Mikrobiologické parametry půdy

Analýzy mikrobiální aktivity půdy byly provedeny na jaře 2019, 26 dnů po aplikaci hnojiv, tj. 13.5.2019, na stanovišti v Jaroměřicích nad Rokytou, tak aby se v plné míře projevil vliv testovaných materiálů. Druhé vzorkování proběhlo po sklizni kukuřice, tj. 20 týdnů po hnojení. Půdní vzorky byly ihned po odběru upraveny prosátím přes 2 mm síto a předány k analýzám.

7.1 Popis mikrobiologických metod

Stanovení C mikrobiální biomasy (C bio) fumigační extrakční metodou. Metoda je vhodná pro půdy s čerstvým přírůstkem organické hmoty. Během fumigace půdního vzorku se intaktní mikrobiální buňky lyzují a mikrobiální organická hmota se uvolní do půdy. Neživá organická hmota není fumigací významně ovlivněna. Půdní vzorky se fumigují 24 h chloroformem. Obsahy organického uhlíku a dusíku se stanoví v extraktech fumigovaných a nefumigovaných půd a z rozdílů se vypočtou hodnoty obsahu půdního mikrobiálního C a N.

Bazální respirace je aktuální respirační aktivita půdních mikroorganismů, reaguje na vnější vlivy na půdní mikrobiologickou komunitu v půdě. Rychlost bazální respirace je definována jako množství uvolněného CO₂ nebo spotřebovaného O₂ za jednotku času bez přídatku substrátu. Metoda se používá pro stanovení specifické růstové rychlosti půdních heterotrofních mikroorganismů v půdě. Inkubace se provádí v uzavřené lahvi v měřicí hlavici OxiTop.

Extrakce uhlíku z půdy vodou (WSC water soluble C) a horkou vodou HWSC (hot water soluble C). Postup se používá pro extrakci labilní frakce půdní organické hmoty vodou za laboratorních podmínek (WCSC) a při 80°C. Půdní vzorek se třepe s vodou při laboratorní teplotě, odstředí, dekantuje a roztok se filtruje. Ve filtrátu se stanoví C (WCSC). K půdě po dekantaci se přidá voda a půdní suspenze se inkubuje 16 h při 80°C. Poté se vzorek odstředí, dekantuje a ve filtrátu se stanoví C (HWSC).

Tab. 7.1: Přehled použitých mikrobiologických metod

Parametr	Zkratka	Popis parametru
Vodou extrahovatelný C	WSC	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce SOM, tvořená zejména nízkomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
Horkou vodou extrahovatelný C	HWSC	Zahrnuje mikrobiální biomasu a labilní frakci SOM, tvořená zejména vysokomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
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 přírůstkem N, P	R _S	Charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstupu rychle rozložitelného substrátu
Specifická růstová rychlost, jako substrát glukosa s přírůstkem N, P	RKR _u	Hodnota odráží frakci mikrobiální biomasy zdvojenou během růstu po přírůtku substrátu (glukosa s přírůstkem N, P) za jednotku času.



Doba do dosažení maximální růstové rychlosti po přidavku substrátu	$t_{peakmax}$	
--	---------------	--

7.2 Zhodnocení půdní mikrobiologie v jarním odběru

Organická hnojiva vedla ke zvýšení obsahu vodou rozpustného uhlíku (WSC), který je tvořen nízkomolekulárními organickými sloučeninami (např. aminokyseliny, jednoduché cukry). Tyto látky slouží jako snadno využitelný zdroj C a energie pro půdní mikroorganismy. Nejvýrazněji se tento efekt projevil v případě kompostu a kejdy, kdy rozdíl v porovnání s nehnojenou kontrolou činil 83,7 % resp. 47,2 %. Naopak hnojení LAVem ke zvýšení WSC nevedlo.

Tomu odpovídají i výsledky **substrátem indukované respirace (Rs)**, která má souvislost s nadbytkem aktivních heterotrofních mikroorganismů. U všech variant hnojených organickými hnojivy došlo ke zvýšení R_s , nejvyšší hodnoty byly opět nalezeny v půdách s kompostem a kejdou. Skutečnost, že WSC skutečně odráží rychle využitelný substrát potvrzují i hodnoty **bazální respirace (R_B)**, které byly zvýšené v půdách s organickými, ale nikoliv s minerálním hnojivem. Více než trojnásobné hodnoty v porovnání s kontrolou byly naměřeny v půdě s kejdou, dvojnásobné v půdě s kompostem. Hnojení vedlo k nárůstu **mikrobiální biomasy (C_{bio})**, k nejvyššímu zvýšení došlo opět po aplikaci kejdy a kompostu, což ukazuje na využití C pro syntézu mikrobiální biomasy. Zvýšení C_{bio} v hnojených půdách odpovídá zvýšení horkou vodou rozpustného C, který zahrnuje vysokomolekulární organické sloučeniny, jako např. proteiny a polysacharidy. Výše uvedené výsledky ukazují, že vliv kejdy a kompostu na sledované parametry byl významně vyšší v porovnání s digestáty. Hnojení LAV se projevilo pouze na C_{bio} a HWSC, nikoliv na parametrech souvisejících s mikrobiální aktivitou (R_B , R_s). V případě minerálního hnojení pravděpodobně převažují nepřímé vlivy vstupu hnojiv související např. s výnosem. V **růstových křivkách** významné rozdíly mezi variantami nalezeny nebyly.

Tab. 7.2: Prům. výsledky mikrobiologických analýz a směrodatné odchylky, jarní vzorkování

Varianty hnojení	Průměrné hodnoty (n=4)						
	WSC	HWSC	C _{bio}	R _B	R _s	RKR_u	$t_{peakmax}$
	μg.g ⁻¹	μg.g ⁻¹	μg.g ⁻¹	μgO ₂ .g ⁻¹ .h ⁻¹		h ⁻¹	h
1.Nehnojeno	106	414	146	0,76	11,8	0,152	30,1
2.LAV	105	450	161	0,74	11,0	0,137	32,7
3.Kejda Lípa	155	481	182	2,41	20,4	0,128	29,1
4.DG Lípa	136	483	153	0,95	15,3	0,140	28,8
5.DG Opatov	147	429	154	1,16	13,4	0,150	29,5
6.CMC Kompost	194	532	176	1,59	18,0	0,143	29,6

Varianty hnojení	Směrodatné odchylky mikrobiologických parametrů						
1.Nehnojeno	7,42	34,2	7,27	0,09	1,89	0,007	1,76
2.LAV	8,83	28,6	17,3	0,17	1,31	0,007	0,70
3.Kejda Lípa	18,1	48,8	14,9	0,64	3,58	0,025	3,71
4.DG Lípa	9,81	38,7	16,3	0,37	1,32	0,007	0,70
5.DG Opatov	5,74	24,7	13,7	0,11	0,93	0,009	1,18
6.CMC Kompost	11,1	44,3	24,3	0,35	1,44	0,021	2,23



7.3 Zhodnocení půdní mikrobiologie v podzimním odběru

Během vegetační sezóny se snížily mikrobiologické parametry v půdách vzorkovaných 142 dní po aplikaci hnojiv. Výjimkou byl obsah WSC, jehož hodnoty byly vyšší u variant s organickými hnojivy v porovnání s LAV o 12,0 % až 32,3 %. To ukazuje na skutečnost, že ne všechny WSC byl půdními mikroorganismy během vegetační sezóny metabolizován. Je zřejmé, že z kompostu, se WSC může uvolňovat postupně.

Patrné jsou zvýšené hodnoty R_s u variant organicky hnojených v porovnání s LAV. Důvod, proč nebyly nalezeny rozdíly v R_B , pravděpodobně souvisí se skutečností, že R_s odráží aktuální dostupnost labilního C, ale i dlouhodobější adaptaci mikroorganismů na jeho přítomnost. Tím se liší od R_B , která souvisí s aktuální koncentrací snadno rozložitelného substrátu. Přestože byly nalezeny rozdíly ve WSC, jejich nižší hodnoty v porovnání s jarním odběrem pravděpodobně vedly k nesignifikantním rozdílům v R_B . Parametr C_{bio} nebyl v půdách druhého odběru hodnocen z důvodu technických potíží v laboratoři.

Tab. 8.3: Prům. výsledky mikrobiologických analýz a směrodatné odchytky, podzimní vzorkování

Varianty hnojení	Průměrné hodnoty (n=4)					
	WSC	HWSC	R_B	R_s	RKR_u	$t_{peakmax}$
	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{gO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$		h^{-1}	h
1.Nehnojeno	121	417	0,84	14,3	0,162	27,2
2.LAV	121	442	0,86	12,7	0,152	29,3
3.Kejda Lípa	139	453	0,94	17,1	0,159	26,9
4.DG Lípa	135	424	0,80	14,2	0,152	28,3
5.DG Opatov	160	409	0,94	15,3	0,170	26,6
6.CMC Kompost	162	424	1,05	17,1	0,161	26,5

Varianty hnojení	Směrodatné odchytky mikrobiologických parametrů					
1.Nehnojeno	8,54	37,2	0,16	3,44	0,010	1,43
2.LAV	18,1	33,2	0,15	3,18	0,006	2,50
3.Kejda Lípa	15,9	30,6	0,25	2,43	0,011	1,52
4.DG Lípa	15,7	34,4	0,20	1,77	0,016	3,36
5.DG Opatov	7,37	24,6	0,12	1,37	0,022	0,87
6.CMC Kompost	16,9	12,1	0,31	2,32	0,015	2,01

**8 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 produktu tedy silážní kukuřice (tab. 8.1).

Dešťové srážky reprezentují atmosférický spad dusíku, který je součástí hodnocení pokusů za období od ledna do září 2019 na konkrétní zkušební stanici. Depozice dusíku za sledované období je započítána spolu s dodanými hnojivy ke vstupům. Množství dusíku, které je jímáno a každý měsíc analyzováno, se v souhrnu pohybovalo od 6,4 do 18,6 kg N/ha.

V 9. pokusném roce byla u kontroly vypočítána vzhledem k dlouhodobému vynechání jakéhokoliv hnojení záporná bilance dusíku v průměru tří pokusných stanic -84 kg N/ha. Po jarním hnojení organickými hnojivy byl u variant 3 - 5 bilanční přebytek poměrně vyrovnaný, mezi 40-49 kg N/ha. Vlivem každoročního minerálního hnojení byl zjištěn v roce 2019 přebytek 19 kg N/ha. Tento trend se udržuje na přibližně obdobné úrovni už několikátý vegetační rok.

Využití dusíku z kejdy, digestátů a LAV je v roce aplikace započítáno do bilance ze 100 %. Množství využitelného dusíku dodaného v kompostu je do bilance navrženo tak, že je využito v 1. roce 10 % a ve 2. roce rovněž 10 %. Z důvodu každoroční aplikace kompostu bilance N tedy činí 20 %, tj. přibližně 30 kg N/ha.

Tab. 8.1: Zjednodušená bilance dusíku vstupů a výstupů

Varianty hnojení	Vstupy (kg N/ha)				Výstupy odběr živin sklizní kukuřice (kg N/ha)			
	Hnojiva	Dešťové srážky			HRA	JAR	LIP	Průměr
		HRA	JAR	LIP				
1.Nehnojeno	0	18,6	6,4	11,6	83	109	96	96
2.LAV	150	18,6	6,4	11,6	120	164	146	143
3.Kejda Lípa	150	18,6	6,4	11,6	107	138	122	122
4.DG Lípa	150	18,6	6,4	11,6	108	126	127	120
5.DG Opatov	150	18,6	6,4	11,6	94	132	113	113
6.CMC Kompost	60	18,6	6,4	11,6	91	134	100	108

Tab. 8.2: Zjednodušená bilance dusíku se započítáním vstupů atmosférickou depozicí

Varianty hnojení	Bilance dusíku na zkušební stanici (kg N/ha)			Průměrná bilance dusíku (kg N/ha)
	HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	-65	-103	-85	-84
2.LAV	49	-7	16	19
3.Kejda Lípa	61	18	40	40
4.DG Lípa	61	30	34	42
5.DG Opatov	74	24	48	49
6.CMC Kompost	-13	-67	-28	-36



9 Závěry

Dosažené výsledky 3. roku II. osevního postupu přesné polní zkoušky ověřující účinnost dvou typů digestátů, kejdy a kompostu oproti LAV a nehnojené kontrole v roce, kdy byla kukuřice hnojena na jaře 2019, je možné shrnout následovně:

Sklizňové výsledky kukuřice

- nejvyšší výnos byl po kompostu 50,63 t/ha v Jaroměřicích, v průměru 43,11 t/ha
- výnos po LAV byl mezi 36,11 - 47,05 t/ha, v průměru 41,10 t/ha
- průměrný výnos po kejdě byl 42,78 t/ha, tj. o 4,1 % více než po LAV
- digestáty dosáhly v průměru 42,97 - 43,19 t/ha, tj. o 4,1 - 5,1 % více než LAV

Statistické zhodnocení výnosů kukuřice

- statisticky vysoce průkazné rozdíly byly mezi kontrolou a všemi variantami všech stanic
- vysoce průkazné rozdíly v Hradci byly mezi kejdou, LAV a kontrolou
- vysoce průkazné rozdíly na Lípě byly po digestátu z Lípy (var. 4) proti kontrole a kompostu
- na všech stanicích mezi variantami organicky hnojenými 3 - 6 nebyly statisticky průkazné rozdíly

Kvalitativní parametry kukuřice

- nejvyšší průměrný obsah N látek (6,8 %) byl po hnojení LAV, po organických hnojivech byl podobný, a to v rozpětí 5,8 - 6,0 % N, po kompostu 5,5 %
- obsah cukrů byl v průměru mezi 8,4 - 9,3 %; téměř shodný obsah u kontroly a po kompostu
- obsah škrobu byl v průměru mezi 30,7 - 34,1 %; v průměru nejlépe 34,1 % var. s kejdou
- na obsah vlákniny mělo mírný vliv hnojení pouze digestáty, v průměru 18,2 - 18,3 %
- stravitelnost vlákniny byla stejná po hnojení kejdou 74,6 % a kompostu 76,5 %
- ADF a NDF vlákninu ovlivnilo hnojení LAVem a oběma digestáty

Odběr živin kukuřicí

- nejvyšší odběr dusíku 143,1 kg N/ha byl po LAVu, org. hnojiva mezi 113,3 - 122,4 kg N/ha
- odběr P (21,4 - 24 kg P/ha) a K (118,1 - 140,5 kg P/ha) byl vyšší po organických hnojivech, zejména po kompostu

Výměnná půdní reakce

- pH se vlivem hnojení nezměnilo v Hradci n. Svitavou, všechny varianty neutrální pH 7,1 - 7,2
- v Jaroměřicích bylo pH mezi 6,2-6,3 slabě kyselé, po kompostu neutrální pH 6,7
- na Lípě po digestátech a kejdě sl. kyselé pH 6,2 - 6,4, po LAV postupné okyselení pH 5,1

Obsah přístupných živin a mikroelementů

- po kompostu zvyšování zásoby přístupných živin, zejména P a K
- obsah mikroelementů konstantní a nevybočoval v porovnání s předchozími pokusnými roky

Obsah půdní organické hmoty

- zlepšující vliv kompostu na obsah Cox v obou termínech odběru u všech tří stanic
- NTOT mezi 0,05 - 0,16 % střední obsah, nejnižší v Jaroměřicích, organické hnojení se zásadněji neprojevovalo, rozdíly mezi variantami byly nevýznamné
- CTOC nízký obsah bez rozdílů mezi variantami; v Hradci po digestátu (2,06 %) a kompostu 2,48 % střední obsah
- poměr C:N byl užší v podzimním termínu, po organickém hnojení v Hradci a na Lípě

Obsah minerálního dusíku

Vzorkování brzy na jaře před hnojením

- bezpečný obsah N-NO₃⁻ v Hradci a Lípě mezi 4,3 - 7,2 mg/kg; přiměřený v Jaroměřicích maximálně do 14,7 mg/kg po kompostu
- zásoba dusíku byla nejvyšší po zimě v Jaroměřicích mezi 58,5 - 88,2 kg N/ha



Vzorkování 6 týdnů po jarním hnojení

- na Lípě byl rizikový N-NO₃ (35,3 - 61,7 mg/kg) u všech variant, v Hradci var. 2 – 5 (17,8 - 37,7 mg/kg) taktéž rizikový, v Jaroměřicích rizikový jen po LAV (43,7 mg/kg)
- na všech lokalitách a hnojených variantách nadměrně vysoký momentální obsah N, maxima po LAV a kejdě (Lípa)

Vzorkování po sklizni

- po hnojení LAV v půdě značná zásoba (80 - 114 kg N/ha), nejvyšší v Jaroměřicích
- po organickém hnojení N-NO₃⁻ velmi bezpečný a bezpečný; po kompostu v Jaroměřicích nadměrný obsah 108,5 kg N/ha
- po LAV N-NO₃⁻ v Hradci 13 mg/kg (nadměrný) a Jaroměřicích 15 mg/kg (přiměřený) obsah

Mikrobiologické parametry půdy

- hodnoty rozpustného C (WSC) po kompostu (83,7 %) a kejdě (47,2 %) vyšší proti kontrole
- kompost a kejda zvýšily substrátem indukovanou respiraci (R_S) a mikrobiální biomasu (C_{bio})
- LAV se projevil pouze na C_{bio} a HWSC, ne na mikrobiální aktivitě (R_B, R_S)

Bilance dusíku

- záporná bilance se u nehnojené kontroly rok od roku více prohlubuje, po kukuřici -84 kg N/ha
- po digestátech přebytek činil 42 a 49 kg N/ha, po kejdě představoval 40 kg N/kg
- přebytek po LAV činil 19 kg N/ha
- záporná bilance N u kompostu činila -36 kg N/ha

Závěrečné shrnutí

Poprvé za dobu vedení pokusu LAV neprokázal převažující vliv na výnos, nejlépe se projevíly organické materiály v tomto pořadí: kompost, kejda a digestáty. Na většinu kvalitativních parametrů mělo přibližně stejný vliv organické hnojení jako hnojení LAV, což je poznatek, který se rovněž prokázal poprvé.

Organická hnojiva a zejména kompost jsou zlepšujícími materiály z pohledu úpravy obsahu přístupných živin a mikroelementů, jejich každoroční aplikace se projevuje mírným a každoročním nárůstem zásoby těchto prvků v půdě. Alkalické pH digestátů a také kompostu upravuje i výměnnou reakci půdy, na Lípě i v Jaroměřicích oproti variantě hnojené minerálně je tento efekt evidentní.

Organické hnojení také průkazně zvýšilo celkovou mikrobiální biomasu a její aktivní frakce. Pozitivní vliv na hodnocené parametry byl nejvýznamnější v případě kompostu, prokázal se nárůst obsahu uhlíku, zvýšila se substrátem indukovaná respirace a celkově mikrobiální aktivita. Vliv minerálního hnojiva LAV na sledované mikrobiální parametry nebyl nalezen, případně byl negativní.

Digestát spolu s kejdou jsou díky vysokému podílu rychle využitelného amonného dusíku úspornou alternativou k minerálním hnojivům za předpokladu dobře sestaveného osevního postupu a pravidelného zapravování posklizňových zbytků. Z pohledu obsahu minerálního dusíku v půdě po sklizni kukuřice v měsíci říjnu se projevilo jako problematické hnojení LAV na dvou lokalitách, kdy poměrně značné množství nitrátového dusíku nebylo využito.



10 Použitá literatura

ČIŽMÁR, D.: Stanovení sledovaných látek metodou NIRS, SOP 29 (UKZÚZ, NRL, 2007).

POSPÍŠILOVÁ L., VLČEK V., 2015: Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy, Folia Universitatis Ariculturae at Silviculturae Mendeliana, VIII, číslo 2, ISBN 978-80-7509-244-1

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.1/AZPP

SOTÁKOVÁ S. 1982: Organická hmota a úrodnost' půdy. Monografie Vydanie 1. Bratislava: Príroda, 234 s.

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.(2005): Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3. (UKZÚZ, NRL).

ZBÍRAL, J. a kol: Jednotné pracovní postupy: Analýza půd I, postup 2, postup 3.1 (UKZÚZ, NRL, 2001).