

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
8. pokusný rok - 2018

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	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 použitá hnojiva	6
2.2 Chemické složení použitých hnojiv	7
3 Sklizňové výsledky	8
3.1 Sklizňové výsledky zrna ozimé pšenice	8
3.2 Sklizňové výsledky slámy ozimé pšenice	9
3.3 Statistické zhodnocení výnosů	10
4 Anorganické rozborý rostlinných vzorků	12
4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků	12
4.2 Obsah základních živin v zrně a slámě ozimé pšenice	12
4.3 Kvalitativní parametry zrna	14
4.4 Odběr živin zrnem	13
5 Technologické vlastnosti	14
5.1 Jakostní ukazatele zrna	14
5.1.1 Objemová hmotnost	14
5.1.2 Obsah škrobu	15
5.1.3 Zeleného test	16
5.1.4 Číslo poklesu	17
5.1.5 Vaznost mouky a objem pečiva	18
5.2 Hodnocení těsta	18
5.2.1 Rapid Mix Test	19
6 Agrochemické rozborý půdních vzorků	21
6.1 Popis chemických metod pro stanovení půdních vzorků	21
6.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů	21
6.3 Obsah organické hmoty v půdě	24
6.4 Obsah minerálního dusíku brzy na jaře před setím	25
6.5 Obsah minerálního dusíku po jarním hnojení	26
6.6 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny	27
6.7 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku	29
7 Bilance dusíku	32
8 Závěr	33
9 Použitá literatura	34



1 Úvod

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

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

Druh zkoušky: Polní zkouška byla založena v roce 2011 ve výrobním typu bramborářském v Lípě (LIP) u Havlíčkova Brodu na plochách výživářské báze jako přesná víceletá. V roce 2013 byla zkouška založena i na dalších dvou stanicích, a to ZS Jaroměřice nad Rokytnou (JAR) a Hradec nad Svitavou (HRA). Rok 2018 je 2. rokem osevního postupu, pěstovanou plodinou byla ozimá pšenice odr. Secese.

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}	150	300
4. 2020	ječmen jarní	-	-
5. 2021	ozimá řepka ^{xx}	130	260
6. 2022	ozimá pšenice ^{xx}	120	240

^{xx} aplikace organických hnojiv

Variety hnojení (KH): v polní zkoušce je zařazeno 5 variant hnojení. Každá varianta je 4x opakována na jedné odrůdě.

Variety 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: ozimá pšenice, odrůda Secese: poloraná odrůda s potravinářskou jakostí /B/, disponuje vysokou odolností k poléhání, použití morforegulátoru není nutné. Odrůda je mrazuvzdorná. Vykazuje odolnost k listovým chorobám.



1.2 Agrotechnické záznamy

2. pokusný rok 2. osevní sled (2017-2022)

Hradec nad Svitavou: pokus byl založen za dobrých vláhových a teplotních podmínek 17.10.2017. Podzim byl teplotně a vláhově nadprůměrný. Vysoké teploty doprovází nedostatek srážek jak v zimním, tak letním období a celé se pohybuje v kategorii suché až velmi suché. Tento velmi netypický vývoj teplého a suchého počasí má vliv na uspišení vegetačních fází, nižší výnos a rekordně časnou zralost a sklizen, která proběhla 23.7.2018.

Jaroměřice: Výsev pokusu byl 2.10.2017 neseným secím strojem do vlhké, dobře připravené půdy. Ihned po zasetí bylo období bohaté na srážky. Porost vzešel vyrovnaně na všech parcelách. Před zimou byl porost středně hustý. Přes zimu se střídalo období teplejší s obdobím chladnějším, většinou s nepříliš vysokou sněhovou pokrývkou. Nejchladnější období bylo na přelomu února a března (nejnižší přízemní teplota -16,8 °C byla 1.3.2018).

Porost pšenice oz. prezimoval dobře, porost byl na začátku jara středně hustý, k žádnému poškození přes zimu nedošlo. Nejkritičtější období vegetace nastalo v dubnu, kdy za celý měsíc napršelo jen 10 mm (1/3 normálu) a průměrná teplota byla téměř o 6 °C vyšší než dlouhodobý normál. Od začátku května již k extrémním výkyvům počasí nedocházelo, i když od dubna až do sklizně 17.7.2018 byly nadnormální teploty.

Lípa: Setí bylo provedeno dne 13.10.2017 bez problému. Vzcházení bylo vyrovnané. Po vzejití porost kompletní. První dekáda listopadu počasí inverzního charakteru, teploty vyšší, ve druhé dekádě chladnější rána a první přimrazky (max. -3 °C), odpolední teploty v normálu, dešťové přeháňky se střídají s polojasnou oblohou a inverzí. Porosty před zimou kompletní a vyrovnané (fáze 2-3 listu). Prosinec s občasným výskytem sněhu, který ale vždy roztál, celkově podprůměrné srážky s teplotami nad normálem. Velmi teplý měsíc leden bez sněhové pokrývky s mírnými mrazy. Studený průběh počasí v druhé polovině února (mrazy - 18 °C), ale opět beze srážek. V měsíci březnu byly teploty ještě podprůměrné, ale v dalším období se již oteplovalo. Stále však přetrvávalo období s nízkými srážkami a od poloviny dubna i s častými silnými větry, které dále prohlubovaly vysušování půdy. Dlouhé období bez deště bylo ukončeno až v druhé polovině května, celkový úhrn srážek za tento i následující měsíc dosáhl k dlouhodobému srážkovému normálu, pokračovalo teplé počasí. Mírné ochlazení začátkem července, poté se vrátilo teplé počasí s minimem srážek. Sklizeň 16.7.2018



1.3 Klimatické podmínky

Průměrné měsíční teploty a měsíční úhrn srážek za rozhodující období druhého pokusného roku byly porovnány s normálem a jsou uvedeny v tabulkách 3.4 a 3.5.

Tab.1.1: Průměrné měsíční srážky v r. 2017/2018

Stanice	Průměrné měsíční srážky (mm)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
suma denních srážek	73,6	84,9	33,4	21,4	29,3	17,5	13,7	26,1	30,5	51,9	23,5	21,1
měsíční normál	57	40	42	42	35	28	37	41	63	80	79	72
% normálu	129	212	80	51	84	63	37	64	48	65	30	29
Jaroměřice												
suma denních srážek	92	53,3	37,7	12,1	35,3	11	18,1	10,1	73,5	63,3	41,4	22,2
měsíční normál	40	29	32	27	24	21	25	32	87	64	71	58
% normálu	230	184	118	45	147	52	72	32	129	99	58	38
Lípa												
suma denních srážek	59,2	151,4	76	27,9	26,7	12,7	14,8	24,8	54,9	84,5	15,5	51
měsíční normál	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71
% normálu	116	421	181	72	74	45	39	69	93	106	19	72

Tab. 1.2: Průměrné měsíční teploty v r. 2017/2018

Stanice	Průměrné měsíční teploty (°C)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hradec n. Svitavou												
Ø denní teplota (°C)	11,6	9,1	3,6	0,8	1,2	-4,3	0,6	12,9	16,6	17,5	19,7	21,3
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												
Ø denní teplota (°C)	12,2	9,4	3,4	0,3	1,4	-3,1	1,2	13,6	17,6	18,6	21,1	22,8
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)	11,3	9,3	3,3	0,5	1,5	-4,2	0,7	12,5	15,8	16,8	19,2	20,5
měsíční normál (°C)	12,8	7,9	2,3	-0,6	-2,1	-1,0	2,8	6,7	12,5	15,3	17	16,9

1.4 Hodnocené parametry

Za účelem sledování změn agrochemických vlastností půdy se po sklizni každé pokusné plodiny odebírají půdní vzorky z každé varianty hnojení na stanovení pH/CaCl₂, obsah přístupných živin a mikroelementů (metoda Mehlich 3). Sledování obsahu N_{min} v půdě je prováděno u všech plodin a variant. Vzorky se odebírají vždy na jaře a na podzim po sklizni pokusné plodiny z ornice, a to z horizontu 0-30 cm.



Sledování obsahu živin v rostlinných vzorcích: sušina, N, P, K, Mg, Ca, vybrané technologické parametry. Na základě znalosti vstupních a výstupních údajů sklizně 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 rozbořování a biologické zkoušky
- Metodiky pokyny, vydané a platné pro ÚKZÚZ
9/SZV Jednotné pracovní postupy pro AZPP v České republice v období 2017 až 2022
23/SZV Základní metodika přesných polních a nádobových zkoušek
24/SZV Prováděcí metodiky polních stacionárních zkoušek



2 Způsob hnojení a dávky hnojiv

2.1 Dávky živin a použítá hnojiva

Minerální dusík (LAV) se aplikuje v dávce, kterou v daném roce organického hnojení pokusná plodina (brambory, kukuřice, řepka, ozimá pšenice) odčerpá plánovanou sklizní (bilanční dávka dusíkatého hnojení v ledku amonném s vápencem). Základní dávka dusíku je **pro brambory rané 120 kg.ha⁻¹** (při plánovaném výnosu cca 30 tun brambor.ha⁻¹), **pro kukuřici 150 kg.ha⁻¹** (při plánovaném výnosu cca 35 tun hmoty.ha⁻¹), **pro pšenici ozimou 120 kg.ha⁻¹** (při plánovaném výnosu nad 5 t.ha⁻¹) **a ozimou řepku 120 kg.ha⁻¹** (při plánovaném výnosu nad 2,5 t.ha⁻¹). Na tuto hladinu minerálního dusíkatého hnojení se dopočítávají aplikační dávky ostatních hnojiv, tj. kejdy, digestátů, kompostu (podle jejich aktuálního obsahu dusíku a sušiny). Nehnojí se dalšími živinami (P, K, Mg, Ca).

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

U všech organických hnojiv (kejda, digestáty, kompost) byl analyzován obsah základních živin (N, P, K, Ca), hodnota pH, organické látky a stanoven poměr C:N. Digestáty pocházejí z bioplynové stanice Lípa (dále jen DG I) u Havlíčkova Brodu z Opatova dále jen (DG II), které zpracovávají kukuřičnou siláž, chlévskou mrvu a GPS.



2.2 Chemické složení použitých hnojiv

Použitá organická hnojiva (OH - kejda, digestáty, kompost) byla analyzována před aplikací na podzim 2017 a na jaře 2018 na obsah základních živin a sušiny.

Tab. 2.1: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky r. 2017

Použitá hnojiva podzim r. 2017	Chemické vlastnosti - obsah v sušině							dávka kg N/ha
	Sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P (%)	K (%)	
3.Kejda Lípa	6,6	7,1	8,2	4,98	82,1	2,43	3,52	30
4.DG Lípa	5,8	8,1	5,6	6,83	76,5	2,67	6,41	30
5.DG Opatov	5,2	8,6	4,0	8,8	71,5	2,89	10,81	30
6.Kompost	vlhk 55	7-9	20,6	0,6	24,7	-	-	240

Tab. 2.2: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky r. 2018

Použitá hnojiva jaro r. 2018	Chemické vlastnosti - obsah v sušině							dávka kg N/ha
	Sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P (%)	K (%)	
3.Kejda Lípa	7,8	7,2	10,0	3,7	74,1	1,5	2,9	90
4.DG Lípa	9,0	8,1	6,6	5,5	72,3	2,4	4,3	90
5.DG Opatov	5,4	8,4	4,2	8,6	72,6	2,7	10,9	90
6.Kompost	vlhk 55	7-9	20,6	0,6	24,7	-	-	-



3 Sklizňové výsledky

3.1 Sklizňové výsledky zrna ozimé pšenice

Pro vyjádření výrobnosti je u vedlejšího produktu použit přepočet (0,10) na obilní jednotky (OJ), které slouží k hodnocení produktivnosti plodin odlišných botanických druhů. V případě zrna pšenice je výnos v tunách (t/ha) jednonásobkem výnosu uváděných v OJ/ha. Písmena A, B, C, D označují 4 opakování každé varianty.

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

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	5,53	5,47	5,20	4,79	5,25	74,6	100
2.LAV	7,02	7,30	6,74	7,07	7,03	100	134,0
3.Kejda Lípa	6,34	6,53	6,25	5,98	6,28	89,2	119,6
4.DG Lípa	6,79	6,98	6,55	5,75	6,52	92,7	124,2
5.DG Opatov	5,95	6,29	6,15	5,63	6,01	85,4	114,4
6.Kompost	3,53	4,21	4,10	3,48	3,83	54,5	73,0

Tab. 3.2: Průměrný výnos ZRNA ozimé pšenice, stanice **Jaroměřice** (t/ha)

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	5,92	5,97	5,83	5,36	5,77	65,2	100
2.LAV	8,46	8,96	8,90	9,08	8,85	100	153,4
3.Kejda Lípa	7,03	7,44	7,20	7,02	7,17	81,0	124,3
4.DG Lípa	7,62	7,88	7,56	7,30	7,59	85,8	131,5
5.DG Opatov	7,79	7,71	7,85	7,99	7,84	88,5	135,8
6.Kompost	5,92	5,90	6,02	5,94	5,95	67,2	103,0

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

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	2,31	2,50	2,18	1,97	2,24	62,6	100
2.LAV	3,57	3,50	3,72	3,53	3,58	100	159,8
3.Kejda Lípa	3,30	3,46	3,09	3,16	3,25	90,9	145,2
4.DG Lípa	3,20	3,29	3,41	3,21	3,28	91,6	146,3
5.DG Opatov	3,17	3,11	3,26	3,08	3,16	88,1	140,9
6.Kompost	3,26	2,99	3,16	3,00	3,10	86,7	138,5



Po LAV byly zaznamenány nejvyšší výnosy v Jaroměřicích (8,85 t/ha). Po hnojení digestáty výnosy ve Svitavách a Jaroměřicích dosahovaly v průměru od 6,01 - 7,59 t/ha. Na písčitohlinité kambizemi na Lípě byly podobně jako v předchozích letech zaznamenány nejnižší výnosy, které se pohybovaly v rozmezí od 2,24 do 3,58 t/ha (tab. 3.1-3.3). Kejda zvýšila výnosy v průměru o 26 %, digestáty o 28-31 % proti nehnojené kontrole.

Tab. 3.4: Průměrný výnos ZRNA pšenice ozimé všechna stanoviště

Varianty hnojení	Výnos zrna pšenice (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	5,25	5,77	2,24	4,42	68,1	100
2.LAV	7,03	8,85	3,58	6,49	100	146,8
3.Kejda Lípa	6,28	7,17	3,25	5,57	85,8	126,0
4.DG Lípa	6,52	7,59	3,28	5,80	89,3	131,1
5.DG Opatov	6,01	7,84	3,16	5,67	87,3	128,2
6.Kompost	3,83	5,95	3,10	4,29	66,2	97,1

3.2 Sklizňové výsledky slámy ozimé pšenice

Nejvyšší výnos slámy dosáhla varianta LAV (7,25 t/ha) v Jaroměřicích, naopak nejnižší výnos byl na variantě s kompostem 4,26 t/ha. Po digestátech a kejdě byl výnos slámy srovnatelný, v průměru všech tří stanic od 4,48 do 4,75 t/ha.

Tab. 3.5: Průměrný výnos SLÁMY ozimé pšenice, tři stanoviště

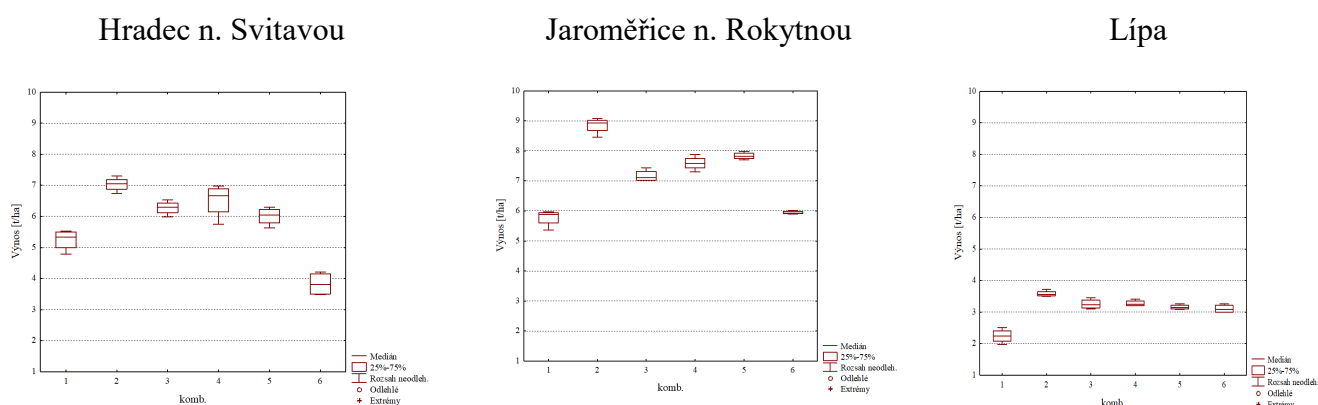
Varianty hnojení	Průměrný výnos (OJ/ha)	Výnos slámy pšenice (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
		Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	0,37	3,84	4,47	2,77	3,69	68,0	100
2.LAV	0,54	5,34	7,25	3,70	5,43	100	147,0
3.Kejda Lípa	0,45	4,89	5,00	3,56	4,48	82,6	121,4
4.DG Lípa	0,45	4,76	5,37	3,38	4,50	82,9	121,9
5.DG Opatov	0,48	4,53	5,82	3,91	4,75	87,5	128,7
6.Kompost	0,35	3,05	4,26	3,16	3,49	64,3	94,5



3.3 Statistické zhodnocení výnosů

Výnosy pšenice byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance s testováním průkaznosti rozdílů Sheffeho testem na hladině spolehlivosti 95 %. Výsledky byly zpracovány ANOVA StatSoft, Inc. (2013) STATISTICA data analysis software system, version 12. Statisticky významné rozdíly mezi variantami jsou znázorněny pomocí krabicových grafů (tab.3.6). Deskriptivní statistiky a směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulkách 3.7-3.9.

Tab. 3.6: Krabicový graf vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos pšenice



Analýza variance prokázala statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi kontrolou a mezi všemi variantami u všech tří stanic. Vysoce průkazné rozdíly byly mezi kompostem ve Svitavách a Jaroměřicích proti organickému a minerálnímu hnojení. Podobně LAV proti organickému hnojení. Na Lípě nebyly shledány průkazné rozdíly mezi variantami 2 až 6.

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

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	5,25	0,34	4,79	5,53	5,00	5,34	5,50
2.LAV	7,03	0,23	6,74	7,30	6,88	7,05	7,19
3.Kejda Líba	6,28	0,23	5,98	6,53	6,12	6,30	6,44
4.DG Líba	6,52	0,54	5,75	6,98	6,15	6,67	6,89
5.DG Opatov	6,01	0,29	5,63	6,29	5,79	6,05	6,22
6.Kompost	3,83	0,38	3,48	4,21	3,51	3,81	4,16



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

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	5,77	0,28	5,36	5,97	5,60	5,88	5,95
2.LAV	8,85	0,27	8,46	9,08	8,68	8,93	9,02
3.Kejda Lípa	7,17	0,20	7,02	7,44	7,03	7,12	7,32
4.DG Lípa	7,59	0,24	7,30	7,88	7,43	7,59	7,75
5.DG Opatov	7,84	0,12	7,71	7,99	7,75	7,82	7,92
6.Kompost	5,95	0,05	5,90	6,02	5,91	5,93	5,98

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

Variety hnojení	průměr	s.d.	Minimum	Maximum	25.kvan.	medián	75.kvan.
1.Nehnojeno	2,24	0,22	1,97	2,50	2,08	2,25	2,41
2.LAV	3,58	0,10	3,50	3,72	3,52	3,55	3,65
3.Kejda Lípa	3,25	0,16	3,09	3,46	3,13	3,23	3,38
4.DG Lípa	3,28	0,04	3,20	3,41	3,21	3,25	3,35
5.DG Opatov	3,16	0,08	3,08	3,26	3,10	3,14	3,22
6.Kompost	3,10	0,13	2,99	3,26	3,00	3,08	3,21



4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků

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

4.1 Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků

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

N látky byly přepočítány z výsledku stanovení obsahu N a vynásobeny koeficientem 6,25.

4.2 Obsah základních živin v zrně a slámě ozimé pšenice

Tab. 4.1: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ozimé pšenice, stanice **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,13	1,47	0,34	0,42	0,12	0,05
2.LAV	88,45	2,00	0,34	0,40	0,12	0,05
3.Kejda Lípa	88,28	1,57	0,32	0,41	0,11	0,05
4.DG Lípa	88,45	1,59	0,32	0,41	0,11	0,05
5.DG Opatov	88,20	1,52	0,33	0,40	0,11	0,05
6.CMC kompost	87,95	1,45	0,39	0,43	0,13	0,05

Tab. 4.2: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ ozimé pšenice, stanice **Jaroměřice**

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,7	1,29	0,33	0,44	0,11	0,05
2.LAV	88,6	2,09	0,33	0,42	0,12	0,05
3.Kejda Lípa	89,0	1,39	0,34	0,44	0,11	0,05
4.DG Lípa	88,5	1,43	0,33	0,42	0,11	0,05
5.DG Opatov	88,9	1,45	0,32	0,43	0,11	0,05
6.CMC kompost	88,2	1,34	0,34	0,44	0,11	0,05



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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	91,30	1,41	0,37	0,46	0,12	0,05
2.LAV	91,98	2,09	0,37	0,49	0,13	0,05
3.Kejda Lípa	91,88	1,46	0,34	0,48	0,11	0,05
4.DG Lípa	91,83	1,46	0,34	0,47	0,11	0,05
5.DG Opatov	91,63	1,53	0,32	0,47	0,11	0,05
6.CMC kompost	91,13	1,47	0,36	0,47	0,12	0,05

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,38	1,39	0,35	0,44	0,12	0,05
2.LAV	89,68	2,06	0,35	0,44	0,12	0,05
3.Kejda Lípa	89,72	1,47	0,33	0,44	0,11	0,05
4.DG Lípa	89,59	1,49	0,33	0,43	0,11	0,05
5.DG Opatov	89,58	1,50	0,32	0,43	0,11	0,05
6.CMC kompost	89,09	1,42	0,36	0,45	0,12	0,05

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,13	0,28	0,05	0,58	0,07	0,29
2.LAV	92,25	0,40	0,04	0,70	0,06	0,39
3.Kejda Lípa	92,18	0,28	0,04	0,63	0,07	0,30
4.DG Lípa	92,00	0,26	0,03	0,58	0,06	0,28
5.DG Opatov	92,10	0,27	0,03	0,63	0,06	0,28
6.CMC kompost	91,93	0,27	0,08	0,66	0,07	0,25

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	89,4	0,27	0,05	0,78	0,10	0,25
2.LAV	89,5	0,41	0,04	1,20	0,09	0,34
3.Kejda Lípa	89,4	0,27	0,05	0,96	0,09	0,26
4.DG Lípa	89,5	0,29	0,05	0,96	0,09	0,25
5.DG Opatov	90,0	0,29	0,04	0,96	0,09	0,26
6.CMC kompost	89,7	0,27	0,06	0,89	0,09	0,23



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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=4) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,73	0,42	0,12	1,25	0,09	0,26
2.LAV	92,38	0,56	0,05	1,63	0,06	0,31
3.Kejda Lípa	92,28	0,36	0,05	1,51	0,08	0,24
4.DG Lípa	92,48	0,35	0,03	1,37	0,08	0,25
5.DG Opatov	92,55	0,41	0,05	1,40	0,07	0,24
6.CMC kompost	92,80	0,36	0,07	1,55	0,08	0,23

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah (n=12) živin v sušině (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	91,42	0,32	0,07	0,87	0,09	0,27
2.LAV	91,38	0,46	0,04	1,18	0,07	0,35
3.Kejda Lípa	91,29	0,30	0,05	1,03	0,08	0,27
4.DG Lípa	91,33	0,30	0,04	0,97	0,08	0,26
5.DG Opatov	91,55	0,32	0,04	1,00	0,07	0,26
6.CMC kompost	91,48	0,30	0,07	1,03	0,08	0,24

Průměrný obsah dusíku v zrně (2,06 %) a slámě (0,45 %) ovlivnilo nejvíce minerální hnojení. Organická hnojiva na obsah N v zrně působila shodně, a to v rozpětí 1,47-1,50 % N.

4.3 Kvalitativní parametry zrna

Průměrná hodnota hmotnosti tisíce zrn pšenice byla po digestátech srovnatelná 40,01 - 40,35 g. Nejnižší HTS vykazovalo hnojení LAV, v průměru 37,28 g.

Množství hrubého proteinu neboli obsahu dusíkatých látek je jednoznačně ovlivněno dusíkatým hnojením a úrovní zásoby dalších přístupných živin v půdě, není tedy pouze genotypovou vlastností odrůdy. Stoupající obsah N látek má pozitivní vliv na povahu těsta a konečný objem pečiva. Po aplikaci organických hnojiv byl obsah N látek v rozmezí 9,05-9,78 % a po kompostu 8,38-9,20 %. Tedy méně než 11,5 %, což je limit pekárenské pšenice. Průměrná dosažená hodnota N látek po LAV byla zjištěna od 12,52 - 13,06 %.

Tab. 4.9: Průměrné obsahy HTS obsah N látek

Varianty hnojení	HTS (g)				N látky (%) (n=4)			
	HRA	JAR	LIP	Ø	HRA	JAR	LIP	Ø
1. Nehnojeno	40,46	43,3	32,82	38,86	9,16	8,03	8,78	8,66
2. LAV	42,54	39,62	29,68	37,28	12,52	13,06	13,06	12,88
3. Kejda Lípa	43,60	43,07	31,68	39,45	9,78	8,70	9,11	9,20
4. DG Lípa	45,30	42,81	31,91	40,01	9,92	8,95	9,11	9,33
5. DG Opatov	44,62	43,99	32,45	40,35	9,48	9,05	9,53	9,35
6. CMC kompost	41,42	43,92	31,70	39,01	9,03	8,38	9,20	8,87



4.4 Odběr živin zrnem

Množství exportovaných základních živin výnosem vypočítaných z výnosu zrna ve 100 % sušině a chemicky stanoveného obsahu jednotlivých prvků prezentuje tabulka 4.10. Rozdíly mezi lokalitami v odběru živin vzhledem k výši výnosu jsou evidentní, zejména Lípa vykazuje nejnižší exporty všech pěti hodnocených živin.

Tab. 4.10: Průměrný odběr živin zrnem pšenice

Stanice	Varianta	Průměrný odběr živin zrnem kg/ha (n=4)				
		N	P	K	Mg	Ca
Jaroměřice n. Rokytnou	1.Nehnojeno	65,78	16,89	22,53	5,50	2,56
	2.LAV	163,88	25,68	32,54	9,41	3,92
	3.Kejda Lípa	88,89	21,38	27,77	6,86	3,19
	4.DG Lípa	96,17	21,82	28,36	7,05	3,36
	5.DG Opatov	100,70	21,91	29,74	7,30	3,48
	6.Kompost	70,22	17,56	23,19	5,76	2,62
Lípa	1.Nehnojeno	28,73	7,57	9,46	2,45	1,02
	2.LAV	68,82	12,18	16,05	4,28	1,65
	3.Kejda Lípa	43,55	10,16	14,42	3,29	1,49
	4.DG Lípa	43,86	10,08	14,14	3,31	1,50
	5.DG Opatov	44,08	9,32	13,44	3,18	1,45
	6.Kompost	41,63	10,04	13,22	3,25	1,41
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	67,75	15,72	19,54	5,43	2,31
	2.LAV	124,56	20,84	24,73	7,31	3,11
	3.Kejda Lípa	86,62	17,71	22,55	6,09	2,77
	4.DG Lípa	91,41	18,14	23,32	6,19	2,88
	5.DG Opatov	80,31	17,46	21,30	5,69	2,65
	6.Kompost	48,67	13,14	14,57	4,21	1,68
Průměrný odběr	1.Nehnojeno	54,09	13,39	17,17	4,46	1,96
	2.LAV	119,09	19,57	24,44	7,00	2,89
	3.Kejda Lípa	73,02	16,42	21,58	5,41	2,48
	4.DG Lípa	77,15	16,68	21,94	5,52	2,58
	5.DG Opatov	75,03	16,23	21,49	5,39	2,52
	6.Kompost	53,51	13,58	16,99	4,41	1,91



5 Technologické vlastnosti

Pro detailní zhodnocení účinnosti hnojení bylo provedeno komplexní zhodnocení zrna, dále mouky a těsta ze všech tří stanovišť po sklizni 2018.

5.1 Jakostní ukazatele zrna

5.1.1 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost (kg/hl) je poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do nádoby zkoušeče, tzv. objemové váhy. Pro mlýnské zpracování se vyžadují obilky středně velké až velké s mělkou rýhou, u kterých je vyšší výmelnost mouky a nižší podíl otrub. Nejvyšší průměrná objemová hmotnost tří pokusných lokalit byla zjištěna po minerálním hnojení 774 g.l⁻¹ a digestátu I. 771 g.l⁻¹. Pouze po hnojení kompostem nebyl dosažen normativ 760 g.l⁻¹ (ČSN Část 2 Pšenice potravinářská).

Tab. 5.1: Objemová hmotnost (kg/hl)

Stanice	Varianta	Opakování				Průměr varianty	Směrodatná odchylka ±
		1	2	3	4		
Jaroměřice	1. Kontrola	754	756	759	754	756	2,17
	2. LAV	784	782	783	786	784	1,57
	3. Kejda	765	770	768	760	766	4,39
	4. Digestát I.	776	776	775	772	775	2,15
	5. Digestát II.	771	779	769	768	771	4,87
	6. Kompost	756	756	754	752	755	3,10
Lípa	1. Kontrola	778	774	775	778	776	2,13
	2. LAV	770	758	762	752	761	7,52
	3. Kejda	784	776	771	768	775	7,07
	4. Digestát I.	788	776	777	773	778	6,72
	5. Digestát II.	789	777	774	773	778	7,39
	6. Kompost	785	775	776	777	778	4,34
Hradec n. Svitavou	1. Kontrola	755	752	751	744	751	4,63
	2. LAV	778	777	776	776	777	0,89
	3. Kejda	762	762	757	756	759	3,13
	4. Digestát I.	760	764	759	757	760	2,82
	5. Digestát II.	750	755	755	753	753	2,40
	6. Kompost	735	740	738	736	737	2,06
Průměrné hodnoty ze tří stanic		Jaroměřice		Lípa		Hradec	průměr
	1. Kontrola	756		776		751	761
	2. LAV	784		761		777	774
	3. Kejda	766		775		759	767
	4. Digestát I.	775		778		760	771
	5. Digestát II.	771		778		753	768
	6. Kompost	755		778		737	757



5.1.2 Obsah škrobu

Obsah škrobu (%) se stanovuje metodou NIRS za použití kalibrační křivky zjištěné na základě analýz reprezentativního množství vzorků metodou podle Ewerse. Varianty organicky hnojené (72,1-72,0 %) a kontrola (72,3 %) dosáhly vyšší hodnoty škrobu oproti minerálnímu hnojení 68,8 % (tab. 5.2). Potvrdila se tak negativní korelace obsahu škrobu a dusíkatých látek.

Tab. 5.2: Obsah škrobu (%)

Stanice	Varianta	Opakování				Průměr varianty	Směrodatná odchylka ±
		1	2	3	4		
Jaroměřice	1. Kontrola	73	72	73	73	73	0,29
	2. LAV	68	69	69	69	69	0,45
	3. Kejda	73	73	73	73	73	0,10
	4. Digestát I.	73	72	72	73	73	0,19
	5. Digestát II.	72	72	72	72	72	0,15
	6. Kompost	72	73	73	73	73	0,47
Lípa	1. Kontrola	72	72	72	72	72	0,22
	2. LAV	68	68	68	68	68	0,19
	3. Kejda	71	72	72	72	72	0,64
	4. Digestát I.	71	72	72	72	72	0,64
	5. Digestát II.	71	72	72	72	72	0,56
	6. Kompost	72	72	72	72	72	0,29
Hradec n. Svitavou	1. Kontrola	71	72	72	72	72	0,32
	2. LAV	70	69	69	69	68	0,22
	3. Kejda	71	72	78	72	72	0,17
	4. Digestát I.	71	72	72	75	72	0,15
	5. Digestát II.	72	72	72	73	72	0,19
	6. Kompost	72	73	73	72	72	0,35
Průměrné hodnoty ze tří stanic		Jaroměřice		Lípa		Hradec	průměr
	1. Kontrola	73		72		72	72
	2. LAV	69		68		69	69
	3. Kejda	73		72		72	72
	4. Digestát I.	73		72		72	72
	5. Digestát II.	72		72		72	72
	6. Kompost	73		72		72	73



5.1.3 Zelenýho test

Sedimentační Zelenýho test (ml) slouží k rychlému posouzení pekařské vlastnosti pšenice a pšeničné mouky na základě množství a kvality jejich bílkovin.

Průměrné hodnoty Zelenýho sedimentačního testu pozitivně korelují s obsahem hrubých bílkovin a objemem pečiva. Oba digestáty a kejda dosáhly poloviční hodnoty (22-23 ml) ve srovnání s variantou hnojenou LAV (40 ml). Z hodnot Zelenýho sedimentačního testu vyplývá, že pouze minerálně hnojená varianta překročila normou stanovenou hranici (> 30 ml).

Tab. 5.3: Výsledky Zelenýho testu (ml)

Stanice	Varianta	Opakování				Průměr varianty	Směrodatná odchylka ±
		1	2	3	4		
Jaroměřice	1. Kontrola	13	13	14	13	13	0,50
	2. LAV	45	44	39	39	42	3,20
	3. Kejda	20	20	19	18	19	0,96
	4. DG Lípa	21	22	21	20	21	0,82
	5. DG Opatov	20	22	21	20	21	0,96
	6. Kompost	18	17	17	16	17	0,82
Lípa	1. Kontrola	16	17	13	14	15	1,83
	2. LAV	40	39	40	41	40	0,82
	3. Kejda	26	21	21	20	22	2,71
	4. DG Lípa	27	22	22	22	23	2,50
	5. DG Opatov	30	23	23	22	25	3,70
	6. Kompost	26	19	19	19	21	3,50
Hradec n. Svitavou	1. Kontrola	22	20	18	17	19	2,22
	2. LAV	38	42	39	37	39	2,16
	3. Kejda	26	25	23	24	25	1,29
	4. DG Lípa	26	26	24	24	25	1,15
	5. DG Opatov	24	24	22	22	23	1,15
	6. Kompost	18	19	18	18	18	0,50
Průměrné hodnoty tří stanic		Jaroměřice		Lípa		Hradec	průměr
	1. Kontrola	13		15		19	16
	2. LAV	42		40		39	40
	3. Kejda	19		22		25	22
	4. DG Lípa	21		23		25	23
	5. DG Opatov	21		25		23	23
	6. Kompost	17		21		18	19



5.1.4 Číslo poklesu

Číslo poklesu charakterizuje poškozené zásobní látky endospermu hydrolytickými enzymy, syntetizovanými v zrně v důsledku startu procesu klíčení (zjištění porostlého obilí) při nadměrné vlhkosti. Tento znak je hlavní odrůdovou vlastností, je ale ovlivněn také průběhem počasí v době dozrávání a sklizně. ČSN (Pšenice potravinářská) stanovuje hodnotu minimálně 220 s, překročena byla pouze u minerálně hnojené varianty (2), ostatní hnojení nevyhovělo a těsto z těchto variant (3-6) bylo lepkavé, mazlavé, a tudíž obtížně zpracovatelné.

Tab. 5.4: Číslo poklesu (s)

Stanice	Varianta	Opakování				Průměr varianty	Směrodatná odchylka ±
		1	2	3	4		
Jaroměřice	1. Kontrola	150	140	152	154	149	6,22
	2. LAV	260	279	236	284	265	21,78
	3. Kejda	198	224	196	195	203	13,89
	4. Digestát I.	215	217	213	199	211	8,16
	5. Digestát II.	203	187	214	213	204	12,53
	6. Kompost	167	169	179	156	168	9,43
Lípa	1. Kontrola	219	206	209	206	210	6,16
	2. LAV	234	239	215	247	234	13,60
	3. Kejda	182	187	171	163	276	10,81
	4. Digestát I.	201	189	162	187	285	16,38
	5. Digestát II.	201	175	165	176	179	15,33
	6. Kompost	170	177	205	213	191	20,95
Hradec n. Svitavou	1. Kontrola	196	190	209	182	194	11,38
	2. LAV	214	259	248	266	247	23,06
	3. Kejda	204	193	222	230	212	16,82
	4. Digestát I.	191	215	229	218	213	16,01
	5. Digestát II.	215	203	197	196	203	8,73
	6. Kompost	163	200	179	180	181	15,15
Průměrné hodnoty ze tří stanic		Jaroměřice	Lípa	Hradec	průměr		
	1. Kontrola	149	210	194	184		
	2. LAV	265	234	247	248		
	3. Kejda	203	276	212	197		
	4. Digestát I.	211	285	213	203		
	5. Digestát II.	204	179	203	195		
	6. Kompost	168	191	181	180		

Číslo poklesu se stanovuje metodou Hagberg-Perten. Mouky s velmi nízkým číslem poklesu se (100 s) a méně mají vysokou aktivitu α -amylasy, sklon vytvářet lepkavé a mazlavé těsto. Žádoucí není ani příliš vysoké číslo poklesu, mouky s nízkou hladinou α -amylasy mají sklon vytvářet naopak suché těsto a malý objem výrobku.



5.1.5 Vaznost mouky a objem pečiva

Vaznost mouky je nejdůležitějším kritériem z pekařského hlediska, posuzuje výtěžnost a stabilitu těsta. Organická hnojiva působila na tento parametr slaběji. Nejdůležitějším kritériem pekařského testu (RMT) je hodnota objemové výtěžnosti pečiva, jejíž výsledky předurčují pekárenské zpracování mouky. RMT je charakteristický intenzivním hnětením, krátkou dobou odležení těsta a strojním zpracováním na housky. Výsledky objemové výtěžnosti kladně korelují s výsledky sedimentačního testu. Nejvyšší objem pečiva 473 ml.100 g⁻¹ byl stanoven opět po minerálním hnojení, organická hnojiva vykazala přibližně o 24 % menší objem.

Tab. 5.5: Vliv hnojení na jakostní ukazatele mouky a pečiva

Varianty hnojení	Průměrné hodnoty (n=3) jakostních ukazatelů			
	Vaznost mouky (%)	s.d.	Objem pečiva (ml.100 g ⁻¹)	s.d.
1.Nehnojeno	49,90	0,95	335	11,8
2.LAV	56,63	2,55	473	10,8
3.Kejda Lípa	51,40	0,20	360	8,1
4.DG Lípa	52,13	0,35	361	8,8
5.DG Opatov	52,03	1,21	366	12,1
6.Kompost	50,40	1,14	358	17,8

5.2 Hodnocení těsta

Farinografické hodnocení na základě sledování změn konzistence těsta při hnětení za standardních podmínek charakterizuje kvalitu mouky a odolnost těsta proti mechanickému namáhání.

Vývin těsta se udává v minutách a je to doba od počátku přidávání vody až do okamžiku, kdy se na křivce objeví první příznak poklesu maximální konzistence. Uvádí se s přesností na 0,5 minut ve farinografických jednotkách (FJ).

Farinografická stabilita je časové rozmezí mezi okamžikem, kdy horní obrys křivky protíná hodnotu 500 FJ (nebo hodnotu dosažené maximální konzistence) při stoupání křivky a okamžikem, kdy ji protíná při klesání. Uvádá se v minutách s přesností na 0,5 minut.

Stupeň změknutí (10) je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnotou šíře křivky) v okamžiku maxima a za 10 minut od maxima. Uvádí se ve FJ s přesností na 5 FJ.

Stupeň změknutí (12) je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnotou šíře křivky) v okamžiku maxima a za 12 minut od maxima. Uvádí se ve FJ s přesností na 5 FJ.

Farinografická stabilita těsta byla velmi nízká po hnojení kejdou a v kontrole, nejvyšší po minerálním hnojení. Obecně lze těsto hodnotit jako podprůměrné, vzhledem k nízkému obsahu N látek a škrobu.



Tab. 5. 6: Farinografické hodnocení těsta

Stanice	Varianta	Vývin těsta (min)	Farinograf stabilita (min)	Měknutí po 10 min (FJ)	Měknutí po 12 min (FJ)	Farinografi- cké číslo	Vaznost %
Jaroměřice	1. Kontrola	1,0	0,9	160	170	14	49,3
	2. LAV	1,9	5,7	45	61	62	56,8
	3. Kejda	1,1	1,1	140	154	19	51,2
	4. Digestát I	1,1	1,1	138	150	17	51,8
	5. Digestát II	1,3	1,3	122	136	20	50,9
	6. Kompost	1,0	1,0	150	162	15	49,6
Lípa	1. Kontrola	1,1	1,4	136	157	18	51,0
	2. LAV	4,4	5,4	55	94	72	59,1
	3. Kejda	1,3	1,5	120	138	21	51,6
	4. Digestát I	1,2	1,4	129	148	21	52,5
	5. Digestát II	1,4	1,4	124	142	22	53,3
	6. Kompost	1,4	1,4	125	145	21	51,7
Hradec n. Svitavou	1. Kontrola	1,1	1,3	128	141	18	49,4
	2. LAV	2,1	7,1	45	64	77	54,0
	3. Kejda	1,2	1,4	126	139	20	51,4
	4. Digestát I	1,2	1,4	133	148	19	52,1
	5. Digestát II	1,1	1,1	140	155	17	51,9
	6. Kompost	1,0	1,1	148	161	16	49,9
Průměrné hodnoty tří stanic	1. Kontrola	1,1	1,2	141	156	17	49,9
	2. LAV	2,8	6,1	48	73	70	56,6
	3. Kejda	1,2	1,3	129	144	20	51,4
	4. Digestát I	1,2	1,3	133	149	19	52,1
	5. Digestát II	1,3	1,3	129	144	20	52,0
	6. Kompost	1,1	1,2	141	156	17	50,4

5.2.1 Rapid Mix Test

Nejdůležitějším kritériem pekařského testu (RMT) je hodnota objemové výtěžnosti pečiva, jejíž výsledky předurčují pekárenské zpracování mouky. Těsto se intenzivně hněte vysokou hybnou silou hnětače a těsto krátce odleží a následně se strojně zpracuje těsto na bulky, které se upečou. Tyto předpoklady umožňují provedení pokusu během tří hodin. Výsledky objemové výtěžnosti (obr.1-3) kladně korelují s výsledky sedimentačního testu.

Nejvyšší objem pečiva 473 ml.100 g⁻¹ byl stanoven opět po minerálním hnojení, organická hnojiva vykázala přibližně o 24 % menší objem.



Tab. 5.14: Vliv hnojení na objem pečiva

Varianty hnojení	Průměrný objem pečiva (ml.100 g ⁻¹)			
	Hradec	Jaroměřice	Lípa	Průměr
1.Nehnojeno	336	324	344	335
2.LAV	443	495	482	473
3.Kejda Lípa	359	355	367	360
4.DG Lípa	363	341	379	361
5.DG Opatov	355	341	402	366
6.Kompost	346	328	401	358

Obr. 1: RMT – pečivo, zrno ze stanoviště Jaroměřice nad Rokytnou



Obr. 2: RMT - pečivo, zrno ze stanoviště Hradec nad Svitavou



Obr. 3: RMT - pečivo, zrno ze stanoviště Lípa





6 Agrochemické rozborů půdních vzorků

6.1 Popis chemických metod pro stanovení půdních vzorků

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

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

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

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

6.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů

Výměnná půdní reakce se vlivem hnojení nezměnila (pH 7,1-7,2) v Hradci n. Svitavou. V Jaroměřicích a na písčitohlinité půdě na Lípě se pH zvýšilo po kompostu (pH 6,8), po digestátech na obou stanicích bylo pH 6,3-6,4.

Z výsledků obsahu přístupných živin je zřejmé, že zásobu mírně zvyšují na všech stanicích všechny organické materiály, nejvýznamněji působí kompost (tab.6.1-6.3). Porovnání zásoby přístupných živin stanovených po sklizni lze porovnat s kritérii tab. 6.4.

Obsah ME včetně síry (M3) nevykazuje významné rozdíly mezi variantami. Výjimkou je opět aplikace kompostu, kdy byla zaznamenána vyšší kategorie hodnocení (tab. 6.5.) obsahu boru a zinku, ve srovnání s ostatními materiály.



Tab. 6.1: 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	7,1	81	145	2310	48	2,97	0,50	334	176	4,8	4,0
2.LAV	7,1	78	150	2293	51	3,18	0,50	340	177	3,9	3,3
3.Kejda Lípa	7,2	86	187	2525	67	2,83	0,51	345	177	6,0	5,9
4.DG Lípa	7,2	85	204	2178	64	2,45	0,50	338	162	4,8	4,9
5.DG Opatov	7,1	80	218	2035	58	2,01	0,50	325	152	4,8	4,2
6.Kompost	7,1	116	322	2255	86	1,99	0,69	369	161	6,2	6,2

Tab. 6.2: Průměrný obsah přístupných živin a ME – **Jaroměřice n. Rokytnou**, střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	S
1.Nehnojeno	6,4	64	181	2703	226	3,39	0,54	289	173	2,7	4,2
2.LAV	6,3	63	197	2638	229	3,29	0,55	276	172	2,8	5,6
3.Kejda Lípa	6,5	80	216	2810	276	3,32	0,56	292	166	3,3	6,6
4.DG Lípa	6,4	79	221	2820	287	3,35	0,53	290	157	3,2	5,3
5.DG Opatov	6,4	83	258	2865	294	3,16	0,56	280	152	2,5	5,8
6.Kompost	6,8	147	372	3298	330	3,06	0,99	313	144	5,2	10,2

Tab. 6.3: 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	45	86	1660	86	1,95	0,50	359	126	1,6	5,7
2.LAV	5,5	43	76	1680	90	2,27	0,50	366	117	1,8	22,8
3.Kejda Lípa	6,1	40	104	1723	110	2,08	0,50	324	121	2,0	5,7
4.DG Lípa	6,3	43	120	1770	108	2,06	0,50	323	128	1,9	4,6
5.DG Opatov	6,4	46	146	1795	101	2,14	0,50	334	137	2,2	4,3
6.Kompost	6,8	83	261	2258	129	2,07	0,70	370	144	3,5	6,6

Tab. 6.4: 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. 6.5: Pracovní kritéria hodnocení obsahu mikroelementů na všech druzích pozemků (M3)

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⁻¹

Tab. 6.6: Pracovní kritéria hodnocení obsahu síry na všech druzích pozemků (M3)

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



6.3 Obsah organické hmoty v půdě

Výsledky obsahu Cox a vypočítaného poměru glomalin/Cox jsou reprezentativním výsledkem odběrů vzorků po sklizni plodiny ze všech opakování na všech lokalitách.

Oxidovatelný organicky vázaný uhlík je násobkem stanovení obsahu primární a sekundární organické hmoty 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. Oba parametry (tab.6.7) spolu silně korelují a jsou vyhodnoceny jako vzájemný poměr (%) a objektivně posuzují momentální úroveň obsahu organické hmoty.

Opakovaná aplikace kompostu přispěla na všech lokalitách k nejvyššímu obsahu poměru glomalinu a Cox. Signifikantní zvýšení poměru glomalin/Cox bylo zaznamenáno vlivem používání kompostu (a dalších materiálů) na kambizemi na Lípě.

Tab. 6.7: Průměrný obsah (n=4) Cox a poměru glomalin/Cox

Varianty hnojení	Obsah Cox a poměr glomalin/Cox (%)					
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice		Lípa	
	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox	Cox	Glomalin/Cox
1.Nehnojeno	1,63	16,52	1,24	17,88	0,99	19,29
2.LAV	1,65	15,24	1,28	16,95	1,12	19,49
3.Kejda Lípa	1,65	16,61	1,27	17,92	1,09	23,56
4.DG Lípa	1,58	18,16	1,27	17,18	1,03	36,00
5.DG Opatov	1,61	18,10	1,22	17,12	1,00	43,46
6.Kompost	1,69	19,56	1,42	20,25	1,04	47,17



6.4 Obsah minerálního dusíku brzy na jaře před hnojením

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.

Tab. 6.8: Obsah N_{min} v půdě - odběr brzy na jaře před hnojením

Varianty hnojení	Obsah N min v sušině N kg/ha - horizont 0-30 cm							
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice		Lípa		Průměr	
	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha
1.Nehnojeno	6,0	36,1	3,9	23,1	4,9	29,5	4,9	29,6
2.LAV	5,6	33,6	5,9	35,1	4,7	28,1	5,4	32,3
3.Kejda Lípa	7,2	42,9	4,9	29,6	4,1	24,6	5,4	32,4
4.DG Lípa	4,7	28,3	5,9	35,6	2,9	17,5	4,5	27,1
5.DG Opatov	6,0	36,0	4,5	26,7	3,5	21,2	4,7	28,1
6.Kompost	5,7	34,1	4,8	28,8	5,9	35,3	5,5	32,7

Tab. 6.9: Obsah N-NO_3^- a N-NH_4^+ v sušině - odběr 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	3,0	3,9	0,46	2,4
2.LAV	3,2	5,9	0,47	3,2
3.Kejda Lípa	4,1	4,9	1,43	3,5
4.DG Lípa	3,0	5,9	0,62	3,17
5.DG Opatov	3,5	4,5	0,95	2,9
6.Kompost	3,0	4,8	0,96	2,9
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. 460 m n. m.	Jaroměřice 425 m n. m.	Lípa 505 m n. m.	Průměr
1.Nehnojeno	2,99	0,20	4,46	2,55
2.LAV	2,44	0,20	4,22	2,29
3.Kejda Lípa	3,07	0,20	2,67	1,98
4.DG Lípa	1,75	0,20	2,30	1,42
5.DG Opatov	2,53	0,20	2,59	1,77
6.Kompost	2,65	0,20	4,93	2,59



Obsah minerálního dusíku N_{min} (tab. 6.8) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře (před jarním přihnojením pšenice) v orniční vrstvě v průměru 0-30 cm velmi nízké a poměrně vyrovnané obsahy, maximálně do 7,16 mg/kg po kejďě. Množství pohotového N se pohybovalo v úzkém rozmezí 27,1-32,7 kg N/ha, zásadní rozdíly mezi variantami tedy nebyly zřejmé.

Obsah nitrátového dusíku (tab.6.9) byl zhodnocen podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic byl N-NO₃⁻ v tomto období hodnocen jako velmi bezpečný a pouze ojediněle jako bezpečný.

Amonná forma dusíku N-NH₄⁺ v Jaroměřicích byla pod limitem stanovitelnosti <0,2 mg/kg. Rozdíly mezi variantami na zbývajících stanovištích byly zanedbatelně nízké.

6.5 Obsah minerálního dusíku po jarním hnojení

Půdní vzorky byly odebrány z každého opakování všech variant z profilu 0 - 30 cm přibližně šest týdnů po hnojení všemi hnojivy, pro toto období byly charakteristické vysoké teploty beze srážek. Obsah minerálního dusíku po hnojení pšenice v orniční vrstvě po LAVu v Hradci dosáhl (6,5 mg/kg) a Jaroměřicích (26,83 mg/kg) a Lípě 11,73 mg/kg. Po kejďě, digestátech a kompostu byl N_{min} výrazně nižší od 3,88 -12,5 mg/kg.

Tab. 6.10: Obsah N_{min} v sušině v půdě - odběr 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	3,0	16,5	5,3	31,7	1,4	8,4	3,2	18,7
2.LAV	6,5	36,4	26,8	161,0	11,7	70,4	15,0	70,8
3.Kejda Lípa	4,4	24,5	7,4	44,1	1,7	10,1	4,5	26,2
4.DG Lípa	3,9	21,7	6,6	39,3	2,6	15,6	4,3	25,5
5.DG Opatov	3,9	21,7	12,5	75,0	2,7	15,9	6,3	37,5
6.Kompost	2,7	14,8	5,0	30,0	3,0	18,2	3,6	21,0

Ve svrchním horizontu byl v Jaroměřicích po LAVu zjištěn nadměrný obsah N-NO₃ (20,88 mg/kg), který je mobilní, rizikový a může dojít k jeho ztrátě do spodních půdních horizontů. Na Lípě byl zjištěn přiměřený obsah (LAV 8,22 mg/kg), podobně v Jaroměřicích po kejďě a digestátech 6 týdnů N_{min} mezi 5,46-7,17 mg/kg. Amonná forma dusíku N-NH₄ v Jaroměřicích byla vyšší po LAV a digestátu Opatov.



Tab. 6.11: Obsah N-NO_3^- a N-NH_4^+ v sušině - odběr 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	2,9	3,3	1,4	2,6
2.LAV	6,4	20,9	8,2	11,9
3.Kejda Lípa	4,4	7,2	1,7	4,4
4.DG Lípa	3,9	5,5	2,6	4,0
5.DG Opatov	3,9	7,1	2,3	4,4
6.Kompost	2,7	3,3	3,0	3,0
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. 460 m n. m.	Jaroměřice n. R. 425 m n. m.	Lípa 505 m n. m.	Průměr
1.Nehnojeno	0,21	2,00	0,21	0,81
2.LAV	0,21	5,94	3,51	3,22
3.Kejda Lípa	0,20	0,30	0,20	0,23
4.DG Lípa	0,20	1,22	0,20	0,54
5.DG Opatov	0,20	5,49	0,48	2,06
6.Kompost	0,20	1,74	0,20	0,41

6.6 Obsah minerálního dusíku po sklizni plodiny

Tab. 6.12: Obsah N_{min} v sušině v půdě - odběr po sklizni pšenice ozimé

Varianty hnojení	Obsah N min v sušině a kg N/ha - horizont 0 - 30 cm							
	Hradec n. Svit.		Jaroměřice		Lípa		Průměr	
	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha	mg/kg	kg N/ha
1.Nehnojeno	2,7	15,3	4,9	29,3	4,1	23,1	3,9	22,5
2.LAV	5,8	32,9	13,5	81,0	16,9	94,6	12,1	69,4
3.Kejda Lípa	4,0	22,4	6,8	40,6	7,5	42,2	6,1	35,1
4.DG Lípa	4,7	26,3	5,7	34,4	6,8	37,8	5,7	32,8
5.DG Opatov	4,5	25,3	6,7	40,4	8,2	45,7	6,5	37,1
6.Kompost	3,8	21,4	9,7	58,1	10,5	58,7	8,0	46,1



Tab. 6.13: Obsah N-NO_3^- a N-NH_4^+ v sušině - odběr po sklizni pšenice ozimé

Varianty hnojení	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm				
	Hradec n. Svít. 460 m n. m.	Jaroměřice 425 m n. m	Lípa 505 m n. m	Průměr	
1.Nehnojeno	2,7	4,6	3,4	3,6	
2.LAV	5,8	11,8	16,4	11,3	
3.Kejda Lípa	4,0	6,4	7,3	5,9	
4.DG Lípa	4,7	5,4	6,6	5,6	
5.DG Opatov	4,5	5,6	7,7	5,9	
6.Kompost	3,8	8,7	9,9	7,5	
Hodnocení obsahu N-NO ₃ ⁻ podle nadmořské výšky					
	velmi bezpečný	bezpečný	přiměřený	nadměrný	rizikový
	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm				
1.Nehnojeno	0,20	0,32	0,71	0,41	
2.LAV	0,20	1,72	0,49	0,80	
3.Kejda Lípa	0,20	0,40	0,34	0,31	
4.DG Lípa	0,20	0,37	0,60	0,39	
5.DG Opatov	0,20	1,16	0,53	0,63	
6.Kompost	0,20	1,00	0,37	0,52	

Obsah minerálního dusíku po sklizni pšenice byl na všech stanicích po organickém hnojení poměrně vyrovnaný, v průměru 5,73-8,0 mg/kg N_{min}, přičemž rozdíly mezi variantami byly minimální. V průběhu vegetační sezony se v Jaroměřicích udržel zvýšený obsah N_{min} až do sklizně po LAV 13,5 mg/kg a na Lípě 16,9 mg/kg.

V termínu odběru vzorků po sklizni (tab. 6.13) na Lípě po kejdě a digestátech byl N-NO_3^- velmi bezpečný. Po kompostu a LAV přiměřený. V Jaroměřicích byl nitrátový dusík na úrovni bezpečného obsahu (LAV 11,76 mg/kg přiměřený). V Hradci byly nitráty na hladině velmi bezpečného a bezpečného obsahu, téměř veškeré množství dusíku dodaného hnojivy na jaře bylo spotřebováno a nedošlo k jeho zbytečným ztrátám.

Obsah amonné formy (N-NH_4^+) dusíku byl na hranici detekce zaznamenán v Hradci, rozdíly mezi variantami byly nízké.



6.7 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku

Analýzy mikrobiální aktivity půdy byly provedeny na jaře 2018, 24 - 25 dnů po hnojení, tj. 22 a 23.4., pouze na jediném stanovišti v Jaroměřicích nad Rokytnou po aplikaci organických hnojiv i LAVu, tak aby se v plné míře projevil vliv testovaných materiálů. Půdní vzorky byly neprodleně po odběru upraveny prosátím přes 2 mm síto a dopraveny do NRL ÚKZÚZ.

Popis chemických metod pro stanovení rostlinných vzorků

Stanovení C mikrobiální biomasy (C bio) fumigační extrakční metodou. Metoda je vhodná pro půdy s čerstvým přídavkem 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 přídavku 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. 6.7: Přehled použitých mikrobiologických metod

Parametr	Zkratka	Význam
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 přidavkem N, P	R _S	Charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstupu rychle rozložitelného substrátu
Specifická růstová rychlost, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	RKR _u	Hodnota odráží frakci mikrobiální biomasy zdvojenou během růstu po přidavku substrátu (glukosa s přidavkem N, P) za jednotku času.
Doba do dosažení maximální růstové rychlosti po přidavku substrátu	t _{peakmax}	

Hnojení organickými hnojivy zvýšilo obsah mikrobiální biomasy (C_{bio}) a substrátem indukované respirace (R_S), po LAV se hodnoty C_{bio} nelišily od kontroly. V obou případech byly nejvyšší hodnoty obou parametrů nalezeny po kompostu. Zvýšení C_{bio} činilo 30,73 %, R_S 34,3 %.

Po hnojení kejdou byl rozdíl v C_{bio} a R_S od kontroly signifikantní, ale nižší (C_{bio} - 16,0 %, R_S - 18,9 %). Kompost je zdrojem snadno využitelných, organických sloučenin, jejichž celkový obsah byl stanovován jako vodou extrahovatelný C (WSC). Je pravděpodobné, že kompost je materiál, ze kterého se nízkomolekulární látky postupně uvolňují. To vysvětluje skutečnost, že hodnoty WSC jsou nejvyšší po kompostu (o 46,3 % vyšší oproti kontrole). Hnojení kejdou zvýšilo C_{bio}, hodnoty WSC se nelišily od kontroly. Je pravděpodobné, že sloučeniny zahrnuté ve WSC byly metabolizovány půdními mikroorganismy v období mezi aplikací a vzorkováním.

Vliv kompostu na parametry C_{bio}, R_S, WSC je vyšší v porovnání s digestáty. Digestáty se mezi sebou neliší s výjimkou obsahu WSC, kdy nejlépe působil digestát Opatov o 9,77 %.

Aplikace LAV negativně ovlivnila mikrobiální růst detekovaný jako prodloužení doby do dosažení maximální růstové rychlosti při měření růstových křivek, specifická růstová rychlost byla oproti kontrole sice nižší, ale s *p*-hodnotou nad hranicí signifikantnosti (*p* < 0.074). Bazální respirace (R_B) byla nejvyšší po kompostu, proti kontrole činila 32,70 %, což odpovídá zvýšenému obsahu WSC v těchto půdách. Po ostatních variantách byly hodnoty R_B podobné,



pokles bazální respirace LAV nebyl průkazný. Horkou vodou extrahovatelný C nevykazoval velké rozdíly mezi variantami, s ostatními výsledky koresponduje nejvyšší hodnota po kompostu, signifikantně odlišná od obou digestátů.

Hnojení organickými hnojivy vedlo ke zvýšení celkové mikrobiální biomasy a její aktivní frakce. Pozitivní vliv na hodnocené parametry byl nejvýznamnější v případě kompostu. Vliv minerálních hnojiv na sledované parametry nebyl nalezen, případně byl negativní.

Tab. 6.8: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (n=4)

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	123	440	167	1,80	18,62	0,176	25,8
2.LAV	107	438	158	1,21	15,47	0,156	29,5
3.Kejda Lípa	118	469	194	1,78	22,14	0,174	25,7
4.DG Lípa	125	435	181	1,68	20,41	0,173	26,1
5.DG Opatov	137	418	186	1,64	19,56	0,168	25,8
6.Kompost	179	517	218	2,99	25,01	0,181	25,1

Varianty hnojení	Směrodatné odchylky						
1.Nehnojeno	6,81	23,1	19,0	0,72	4,12	0,016	0,96
2.LAV	6,48	45,9	7,8	0,10	2,25	0,021	2,78
3.Kejda Lípa	6,98	55,6	14,2	0,26	1,90	0,014	0,51
4.DG Lípa	2,22	56,5	11,7	0,32	1,25	0,018	0,25
5.DG Opatov	6,95	32,9	26,4	0,22	1,85	0,010	0,55
6.Kompost	8,46	16,0	12,7	0,85	1,80	0,007	0,65



7 Bilance dusíku

Pro komplexní zhodnocení časově aktuálního působení dusíku dodaného ověřovanými hnojivy v daném roce se provádí výpočet bilance živin. Na straně vstupů jsou živiny dodané hnojením a dešťovými srážkami a na straně výstupů jsou živiny odebrané vyprodukovanou sklizní hlavního a vedlejšího produktu (tab.7.1).

Dešťové srážky reprezentují atmosférický spad dusíku, které je součástí hodnocení pokusů za sledované vegetační období od září 2017 do konce srpna 2018 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 ročním souhrnu pohybovalo od 7,1 do 13,1 kg N/ha.

V 8. pokusném roce (pokus založen 2011) byla vypočítána záporná bilance dusíku v průměru -44 kg/ha u kontroly vzhledem k vynechání jakéhokoliv hnojení. Vlivem podzimního a jarního hnojení organickými hnojivy byl u variant 3-5 bilanční přebytek velmi vyrovnaný, mezi 52-58 kg N/ha. Po minerálním hnojení byl zjištěn přebytek 7 kg N/ha.

Využití dusíku z kejdy, digestátů a LAVu je v roce aplikace započítáno do bilance ze 100 %. Množství využitelného dusíku dodaného v kompostu je do bilance zahrnuto 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 48 kg N/ha.

Tab. 7.1: Zhodnocení bilance dusíku v období září/2017 až srpen/2018

Varianty hnojení	Vstupy (kg N/ha)				Výstupy (kg N/ha) Odběr hlavního a vedlejšího produktu sklízni pšenice (kg N/ha)			
	Hnojiva	Dešťové srážky			HRA	JAR	LIP	Průměr
		HRA	JAR	LIP				
1.Nehnojeno	0	13,1	7,1	12,4	75	65	37	59
2.LAV	120	13,1	7,1	12,4	139	161	82	127
3.Kejda Lípa	120	13,1	7,1	12,4	96	87	52	78
4.DG Lípa	120	13,1	7,1	12,4	100	95	51	82
5.DG Opatov	120	13,1	7,1	12,4	89	99	55	81
6.Kompost	48	13,1	7,1	12,4	55	70	49	58

Varianty hnojení	Bilance dusíku na zkušební stanici (kg N/ha)			Průměrná bilance dusíku (kg N/ha)
	HRA	JAR	LIP	
1.Nehnojeno	-48	-58	-25	-44
2.LAV	4	-34	50	7
3.Kejda Lípa	53	40	80	58
4.DG Lípa	49	32	81	54
5.DG Opatov	50	28	77	52
6.Kompost	1	-15	11	-1



8 Závěry

Dosažené výsledky druhého roku druhého osevního postupu přesné polní zkoušky ověřující účinnost dvou typů digestátů, kejdy a kompostu oproti LAVu a nehnojené kontrole v roce, kdy byla ozimá pšenice hnojena na podzim (2017) i na jaře (2018), je možné shrnout následovně:

Sklizňové výsledky

- nejvyšší účinnost byla po LAV, 8,85 t/ha v Jaroměřicích, v průměru 3 stanic 6,49 t/ha
- účinnost obou digestátů byla v průměru o 10,7-12,1 % nižší oproti LAV
- průměrný výnos zrna po kejdě byl 5,57 t/ha, tj. o 14,2 % méně než LAV
- průměrný výnos po kompostu byl 3,1 (LIP) - 5,95 (JAR) t/ha
- průměrný výnos slámy nejvyšší po LAV (5,43 t/ha), digestáty snížily výnos o 12,5-17,1 %

Statistické zhodnocení výnosů zrna

- statisticky vysoce průkazné rozdíly byly mezi kontrolou a všemi variantami všech stanic
- vysoce průkazné rozdíly mezi kompostem ve Svitavách a Jaroměřicích proti organickému i minerálnímu hnojení
- vysoce průkazné rozdíly LAV proti organickému hnojení
- na Lípě nebyly průkazné rozdíly mezi variantami 2-6

Kvalitativní parametry

- nejvyšší průměrný obsah N v zrně (2,06 %) a slámě (0,45 %) byl po LAV
- organická hnojiva na obsah N v zrně působila shodně, a to v rozpětí 1,47-1,50 % N
- průměrná hodnota HTZ pšenice byla po digestátech srovnatelná 40,01 - 40,35 g, nejnižší HTS po LAV, v průměru 37,28 g.
- po organických hnojivech byl obsah N látek v rozmezí 9,05-9,78 % a po kompostu 8,38-9,03 %, tj. pod normativ (11,5 %), po LAV v průměru od 12,52 - 13,06 %

Technologické vlastnosti zrna

- nejvyšší průměrná objemová hmotnost byla po LAV 774 g.l⁻¹ a digestátu I. 771 g.l⁻¹. Normativu nevyhověl kompost 760 g.l⁻¹
- obsah škrobu po organickém hnojení (72,1-72,0 %) a po LAV 68,8 % negativně koreluje s N látkami
- v Zeleného testu oba digestáty a kejda dosáhly 22-23 ml, LAV 40 ml
- normě pro číslo poklesu vyhovělo pouze zrna po LAV
- nejvyšší objem pečiva 473 ml.100 g⁻¹ po LAV, organická hnojiva o 24 % menší objem

Výměnná půdní reakce

- pH se vlivem hnojení nezměnilo v Hradci n. Svitavou, všechny varianty 7,1-7,2
- V Jaroměřicích a Lípě pH po kompostu nárůst pH 6,8, po digestátech pH mezi 6,3-6,4

Obsah přístupných živin a mikroelementů

- po kompostu výrazné zvyšování zásoby přístupných živin a mikroelementů
- obsah mikroelementů konstantní a nevybočoval v porovnání s předchozími pokusnými roky

Obsah půdní organické hmoty

- hnojení kompostem zvýšilo průkazně poměr glomalinu a Cox.
- na Lípě všechna organická hnojiva působila pozitivně na sledované parametry půdní organické hmoty

Obsah minerálního dusíku

brzy na jaře

- N min byl velmi nízký, maximálně do 7,16 mg/kg po kejdě, rozdíly mezi variantami byly zanedbatelné mezi 27,1-32,7 kg N/ha
- Obsah N-NO₃ byl velmi bezpečný a pouze ojediněle bezpečný



6 týdnů po jarním hnojení

- v Jaroměřicích po LAVu nadměrný N-NO₃ (20,88 mg/kg), na Lípě přiměřený (8,22 mg/kg)
- v Jaroměřicích po kejďě a digestátech byl přiměřený obsah N_{min} mezi 5,46-7,17 mg/kg

po sklizni

- po hnojení LAV v průměru N_{min} 11,32 mg/kg (69 kg N/ha)
- po organickém hnojení N_{min} mezi 5,92-7,47 mg/kg (32-46 kg N/ha)

Mikrobiologické půdní metody

- organická hnojiva zvýšila obsah mikrobiální biomasy (C_{bio}) a substrátem indukovanou respiraci (R_s),
- C_{bio} po LAV podobné jako u kontroly, po kompostu z výšení C_{bio} 30,73 %, R_s 34,3 %
- hodnoty C (WSC) byly nejvyšší po kompostu, o 46,3 % vyšší proti kontrole
- hodnoty C (HWSC) nejvyšší po kompostu, proti kontrole o 18 %, signifikantně odlišné od obou digestátů
- bazální respirace (R_B) byla nejvyšší po kompostu, proti kontrole zvýšení o 32,70 %

Bilance dusíku

- záporná bilance -44 kg N/ha u kontroly
- po digestátech přebytek činil 52 a 54 kg N/ha, po kejďě 58 kg N/kg
- přebytek po LAVu činil 7 kg N/ha

Závěrečné shrnutí

Digestáty s kejďou působily výnosově slaběji než běžné minerální hnojení LAV. Jakostní parametry zrna v mnoha znacích nevyhověly platné normě, což ukazuje na nedostatek pohotového dusíku v rozhodujících produkčních fázích.

Organická hnojiva včetně kompostu jsou zlepšujícími materiály z pohledu úpravy obsahu přístupných živin a mikroelementů v půdě. Průkazně zvýšily celkovou mikrobiální biomasu a její aktivní frakce. Pozitivní vliv na hodnocené parametry byl nejvýznamnější v případě kompostu. Vliv minerálních hnojiv na sledované mikrobiální parametry nebyl nalezen, případně byl negativní.

Digestát spolu s kejďou 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 v období letního maxima se projevilo jako problematické hnojení LAVem na dvou lokalitách, kdy poměrně značné množství dusíku nebylo využito.

V předkládaném pokusu je však záměrně postup sestaven bez zlepšujících plodin a vedlejší sklizňové produkty jsou z pole odváženy.

9 Použitá literatura

- ČIŽMÁR, D.: Stanovení sledovaných látek metodou NIRS, SOP 29 (UKZÚZ, NRL, 2007).
- ČSN 461100 – Obiloviny potravinářské – Část 2 Pšenice potravinářská
- PRUGAR J. a kol. 2008: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, Praha, ISBN 978-80-86-576-28-2
- SMATANOVÁ M., 2018: Jednotné pracovní postupy pro AZPP v České republice v období 2017 až 2022. Metodický pokyn ÚKZÚZ č.9/SZV.
- 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).