



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

Závěrečná zpráva za 2. osevní postup dlouhodobé polní zkoušky

Zpracoval: Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
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	2
1.3 Klimatické podmínky	3
1.4 Hodnocené parametry	4
1.5 Právní a metodická podpora	4
2 Způsob hnojení a dávky hnojiv	5
2.1 Dávky živin a použitá hnojiva	5
2.2 Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky	5
3 Sklizňové výsledky	7
3.1 Výnos zrna pšenice	7
3.2 Výnos slámy pšenice	8
3.3 Zhodnocení výnosů a produktivity hnojení 2. osevního sledu	9
3.4 Statistické zhodnocení výnosů pšenice	10
4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků	14
4.1 Popis chemických metod pro analýzu rostlinných vzorků	14
4.2 Obsah makroelementů v zrně a slámě pšenice	14
4.3 Odběr živin a efektivita využití dusíku zrnem	16
5 Kvalitativní vlastnosti zrna	17
5.1 Hmotnost tisíce zrn	17
5.2 Objemová hmotnost	18
5.3 Dusíkaté látky	18
5.4 Sedimentační Zeleného test	18
5.5 Číslo poklesu	19
5.6 Obsah lepku	19
5.7 Objemová výtěžnost	20
5.8 Hodnocení těsta	20
5.9 RAPID MIX TEST	21
6 Účinnost dusíku a porovnání se vstupem z hnojiv	23
6.1 Sklizňový index a utilizace dusíku 2. osevního sledu	23
6.2 Bilance dusíku	26
7 Agrochemické vlastnosti půdy	27
7.1 Popis chemických metod	27
7.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů	27
7.3 Hodnocení půdní organické hmoty	29
7.4 Hodnocení změn obsahu minerálního dusíku	31
8 Fyzikální vlastnosti půdy	33
8.1 Vodotěsnost půdních agregátů	34
8.2 Půdní struktura	34
9 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku	35
9.1 Zhodnocení mikrobiologických analýz r. 2022	35
9.2 Zhodnocení mikrobiologických analýz 2. osevního sledu	37
10 Závěry	39
11 Použitá literatura	42
12 Fotodokumentace	42

1 Úvod

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

Účel zkoušky: Porovnání hnojivé účinnosti digestátů, kejdy a kompostu na výnos, 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 u Havlíčkova Brodu na plochách výživářské báze jako přesná víceletá. V roce 2013 byla rozšířena a založena na dalších dvou stanicích, a to v Jaroměřicích nad Rokytnou a Hradci nad Svitavou. Rok 2022 byl šestým a posledním rokem 2. osevního postupu, pěstovanou plodinou byla ozimá pšenice, odrůda Dagmar.

Tab. 1.1: Osevní postup

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

^{xx} aplikace organických hnojiv

Tab. 1.2: Varianty hnojení

Varianty	způsob/druh hnojení
1.	Nehnojeno
2.	Minerální hnojivo LAV (bilanční dávka)
3.	Kejda (bilanční dávka podle N)
4.	Digestát Lípa (bilanční dávka podle N)
5.	Digestát Opatov (bilanční dávka podle N)
6.	Kompost (bilanční dávka podle N x 2)

V polní zkoušce je zařazeno 6 variant hnojení, každá je 4x opakována na jedné odrůdě

1.1 Popis odrůdy

Odrůda Dagmar je pekařská poloraná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké až nízké, středně odolné až odolné proti poléhání. Zrno je velké. Dagmar náleží do pekařské kategorie A. Objem pečiva bývá vysoký, obsah dusíkatých látek středně vysoký, hodnota Zeleného testu středně vysoká, vaznost mouky vysoká, hodnota čísla poklesu středně vysoká, objemová hmotnost velmi vysoká.

1.2 Agrotechnické záznamy

Po sklizni ozimé řepky na podzim 2021 byla na všech stanicích vyseta meziplodina (svazenka s peluškou), která byla zmulčovaná před přípravou půdy pro ozimou pšenici.

Hradec n. Svitavou: setí proběhlo dne 1.10. 2021, vzcházení bylo díky mírným srážkám nevyrovnané. Podzimní měsíce byly spíše teplejší a sušší. Od prosince do března byly teploty spíše nadprůměrné, srážkově pod normálem. Slabá sněhová pokrývka se vyskytovala pouze na konci první a na začátku druhé dekády prosince a v poslední dekádě ledna. Vegetační období od dubna do srpna bylo teplé a srážkově slabší až normální. Teplé počasí od května

a v závěru vegetace přispělo k rychlejšímu metání a dozrávání. Houbové choroby se vyskytovaly minimálně, v malé míře pouze kohoutek. Dva týdny před sklizní bylo srážkově i teplotně nadnormální. Sklizeň proběhla dne 8.8. 2022.

Jaroměřice n. Rokytnou: setí proběhlo do přiměřeně vlhké a mírně hrudovité půdy dne 23.9. 2021. Září a říjen byl sušší, díky dostatečné půdní vlhkosti vzešel porost rovnoměrně a vyrovnaně. Beze srážek byl listopad, ve třetí dekádě se výrazně ochladilo. V prosinci se střídalo chladnější období (se sněhovou pokrývkou) s teplejším obdobím. Leden a únor byl teplotně nadprůměrný a srážkově podprůměrný. Březen byl srážkově podnormální, významně kolísaly denní a noční teploty. Porost přezimoval bez poškození. Srážkově podnormální období trvalo až do třetí dekády května. Sklizeň proběhla dne 19.7. 2022.

Lípa: pokusný pozemek byl dobře připraven, setí proběhlo do vlhké a mírně hrudovité půdy dne 11.10. 2021. Počátek roku byl srážkově normální. Duben byl chladnější, teplotně shodný s normálem srážkově mírně pod normální. Květen byl srážkově normální a teplotě nadnormální. Počátek června byl chladnější poté teplotně nadnormální s dostatkem srážek. Červenec byl velmi teplý a srážkově podnormální. Porost nevyžadoval ochranu proti chorobám a škůdcům. Sklizeň proběhla za ideálního počasí dne 29.7. 2022.

1.3 Klimatické podmínky

Průměrné měsíční teploty a měsíční úhrn srážek za rozhodující období pokusného roku byly porovnány s normálem a jsou uvedeny v tabulkách 1.4 a 1.5.

Tab. 1.3: Měsíční úhrny srážek v r. 2021/2022

Stanoviště	Průměrné měsíční srážky (mm)												Σ roční
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Hradec n. Svit.													
suma srážek	88	18	19	37	10	21	25	35	29	117	65	141	605
měsíční normál	57	40	42	42	35	28	37	41	63	80	79	72	616
% normálu	154	46	46	88	27	73	67	85	47	146	82	196	98
Jaroměřice n. R.													
suma srážek	17	12	30	27	16	9	14	18	75	98	58	91	464
měsíční normál	40	29	32	27	24	22	25	32	57	71	71	58	488
% normálu	44	40	94	98	67	41	57	56	131	138	82	156	95
Lípa													
suma srážek	23	14	39	40	30	23	14	29	57	86	65	100	520
měsíční normál	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71	594
% normálu	46	40	93	102	84	81	38	79	97	111	80	140	88

Tab. 1.4: Průměrné měsíční teploty v roce 2021/2022

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

1.4 Hodnocené parametry

Za účelem sledování změn agrochemických vlastností půdy se po sklizni všech pokusných plodin odebírají půdní vzorky z každé varianty hnojení, ve kterých je stanoveno pH/CaCl₂, obsah přístupných živin, mikroelementů a půdní organické hmoty. U všech variant se provádí sledování obsahu N min, pro které se vzorky odebírají vždy na jaře a na podzim z horizontu 0-30 cm. Mikrobiologické parametry se ověřují pouze za stanovišti Jaroměřice nad Rokytou.

V rostlinných vzorcích se sleduje obsah sušiny, N, P, K, Mg, Ca a vybrané technologické parametry. Na základě znalosti vstupních a výstupních údajů se počítá bilance dusíku, popřípadě jeho využití plodinami.

Tab. 1.5: Charakteristika zkušebních stanovišť

Charakteristika	Hradec n. Svitavou	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa
zkratka	HRA	JAR	LIP
Kraj	Pardubický	Vysočina	Vysočina
Okres	Svitavy	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	6,5 °C	8,0 °C	7,7 °C
Roční úhrn srážek	624 mm	481 mm	632 mm
Půdní typ	HNm hnědozem modální	HNm hnědozem modální	KAg kambizem pseudogelová
Půdní druh	písčitohlinitá	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 rozbořech vzorků hnojiv, § 9
Biologické rozbořby a biologické zkoušky
- Metodické pokyny ÚKZÚZ vztahující se k pokusu
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

Minerální dusík (LAV) se aplikuje v dávce, kterou v daném roce 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, pro kukuřici 150 kg/ha, pro pšenici ozimou 120 kg/ha, ozimou řepku 120 kg/ha. Na tuto hladinu minerálního hnojení dusíkem 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 do kategorie hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, proto je vypočítaná aplikační dávka podle obsahu N dvojnásobná. Kompost ve všech letech pochází z kompostárny Fertia a.s. z Náměšti nad Oslavou.

U organických hnojiv (digestáty, kompost) a kejdy se zjišťuje obsah základních živin, hodnota pH, organických látek a vypočítává se poměr C:N. Digestáty pocházejí z bioplynové stanice Lípa u Havlíčkova Brodu a z Opatova, které zpracovávají kukuřičnou siláž, chlévskou mrvu a GPS. Suroviny pro výrobu digestátů:

DG Lípa - siláž, kejda skotu

DG Opatov - siláž, jetelotravní senáž, hnůj skotu, kejda prasat

Podle vyhlášky č. 377/2013 Sb. skladování a způsobu používání hnojiv ve znění pozdějších předpisů je *kejda* zařazena do skupiny *statkových hnojiv*, *digestát* a *kejda* do *organických hnojiv*. Z tohoto důvodu i v textu je používána tato klasifikace.

2.2 Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky

Použitá organická hnojiva (digestáty, kompost) a statkové hnojivo kejda bylo analyzováno před dělenou aplikací na podzim 2021 (*30 kg N/ha) a na jaře 2022 (**100 kg N/ha) na obsah základních živin a sušiny.

Tab. 2.1: Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky, podzim r. 2021

Použitá hnojiva	Chemické vlastnosti - obsah v sušině						*dávka t/ha odpovídá 30 kg N/ha
	Sušina (%)	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	
3. Kejda Lípa	8,11	15,40	2,58	79,47	1,9	3,1	57,4
4. Digestát Lípa	7,24	10,19	3,68	75,01	2,4	6,2	45,1
5. Digestát Opatov	6,08	11,92	3,14	74,83	2,5	8,6	62,9
6. Kompost	76,0	9,72	1,28	25,09	0,8	1,5	139,0

Tab. 2.2: Chemické složení použitých hnojiv a jejich aplikační dávky, jaro r. 2022

Použitá hnojiva	Chemické vlastnosti - obsah v sušině						**dávka t/ha odpovídá 100 kg N/ha
	sušina	C:N	celkový N (%)	spalitelné látky min. (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	
3. Kejda Lípa	9,29	10,7	3,76	80,2	1,70	2,53	114,5
4. DG Lípa	7,63	6,5	5,85	75,75	2,62	5,83	89,6
5. DG Opatov	5,24	4,4	8,29	72,43	2,78	9,81	92,1

Tab. 2.3: Průměrné chemické složení hnojiv v letech 2017 - 2022

Použitá hnojiva	Chemické vlastnosti - obsah v sušině					
	sušina (%)	pH	C:N	celkový N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
3. Kejda Lípa	9,21	7,45	10,97	3,63	1,93	3,05
4. DG Lípa	7,09	8,15	6,59	5,54	2,98	7,84
5. DG Opatov	5,46	8,35	5,61	7,82	2,36	8,35
6. Kompost	69,6	7,80	14,16	1,20	0,83	1,42

3 Sklizňové výsledky

3.1 Výnos zrna pšenice

Pro vyjádření výrobnosti je u hlavního i vedlejšího produktu použit přepočet na obilní jednotky (OJ), které slouží k hodnocení produktivnosti plodin odlišných botanických druhů. V případě zrna pšenice je výnos v tunách (t/ha) totožný jako v obilních jednotkách (OJ/ha).

Mezi stanovišti jsou patrné značné rozdíly ve výnosu zrna, které odráží odlišný půdní potenciál, ale i rozložení a nižší úhrn srážek a nadnormální průběh teplot během vegetace. Stejně jako v předcházejících letech vyšší výnosy byly dosahovány v Jaroměřicích, dále Hradci. Třetí tedy nejnižší pozici se svými výnosy obsazuje pravidelně stanoviště Lípa.

Největší vliv na výnos prokázalo jednotně minerální hnojení v rozpětí od 5,43 do 8,58 t/ha. V Hradci byly zjištěny minimální rozdíly mezi variantou hnojenou LAV a digestáty. Na zbývajících dvou stanovištích rozdíl mezi variantami hnojenými digestátem a LAV činil 18 - 26 %. Nejvyšší odezva kompostu na výnos se projevila v Hradci a na Lípě, zvýšení proti nehnojené kontrole se pohybovalo od 20 do 47 %.

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

Varianty hnojení	Výnos opakování přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	4,42	3,82	4,46	3,77	4,12	63,6	100
2.LAV	6,82	6,62	6,34	6,10	6,47	100	157,1
3.Kejda Lípa	5,81	6,40	6,32	5,76	6,07	93,9	147,5
4.DG Lípa	6,21	6,13	6,15	5,86	6,09	94,1	147,8
5.DG Opatov	5,62	5,41	5,61	5,52	5,54	85,6	134,5
6.Kompost	4,06	4,30	4,46	4,18	4,25	65,7	103,2

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

Varianty hnojení	Výnos opakování přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	4,63	4,88	5,05	4,73	4,82	56,2	100
2.LAV	8,19	8,51	8,68	8,95	8,58	100	178,0
3.Kejda Lípa	6,21	6,32	6,75	6,56	6,46	75,3	134,0
4.DG Lípa	6,49	6,67	6,76	6,43	6,59	76,8	136,6
5.DG Opatov	6,86	6,66	6,80	6,52	6,71	78,2	139,1
6.Kompost	5,78	5,76	5,93	5,74	5,80	67,6	120,3

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

Varianty hnojení	Výnos opakování přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	2,35	2,42	2,43	2,39	2,40	44,2	100
2.LAV	5,61	5,28	5,68	5,15	5,43	100	226,5
3.Kejda Lípa	3,93	3,81	3,81	4,09	3,91	72,0	163,1
4.DG Lípa	4,20	3,99	3,97	3,92	4,02	74,0	167,7
5.DG Opatov	4,38	4,62	4,52	4,30	4,46	82,0	185,8
6.Kompost	3,56	3,4	3,75	3,39	3,53	64,9	147,0

Tab. 3.4: Průměrný výnos ZRNA pšenice ozimé, všechna stanoviště (n = 4)

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svít.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	4,12	4,82	2,40	3,78	55,4	100
2.LAV	6,47	8,58	5,43	6,83	100	180,7
3.Kejda Lípa	6,07	6,46	3,91	5,48	80,3	145,0
4.DG Lípa	6,09	6,59	4,02	5,57	81,5	147,3
5.DG Opatov	5,54	6,71	4,46	5,57	81,6	147,3
6.Kompost	4,25	5,80	3,53	4,53	66,3	119,7

3.2 Výnos slámy pšenice

Nejvyšší průměrný výnos slámy (tab. 3.5) dosáhla varianta hnojení LAV (6,96 t/ha). Naopak nejnižší po kompostu (5,06 t/ha). Organická hnojiva s rychle uvolnitelným N zvýšila výnos slámy o 44 - 56 % proti kontrole.

Tab. 3.5: Průměrný výnos SLÁMY ozimé pšenice, všechna stanoviště (n = 4)

Varianty hnojení	Výnos slámy přepočtený na 14 % vlhkost (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svít.	Jaroměřice n. Rokyt.	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	5,00	5,02	2,46	4,16	59,8	100
2.LAV	5,89	8,78	6,20	6,96	100	167,2
3.Kejda Lípa	7,05	6,93	4,01	6,00	86,2	144,2
4.DG Lípa	7,35	6,66	4,22	6,08	87,4	146,1
5.DG Opatov	6,83	8,01	4,74	6,53	93,8	156,9
6.Kompost	5,52	5,99	3,66	5,06	72,7	121,6

3.3 Zhodnocení výnosů a produktivity hnojení 2. osevního sledu

Kompletní přehled produkce hlavních sklizňových produktů převedený na obilní jednotky, včetně relativního srovnání prezentuje tabulka 3.6.

Tab. 3.6: Průměrný výnos (OJ/ha), (n = 4)

Varianty hnojení		7. rok (2017)	8. rok (2018)	9. rok (2019)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)	Průměr	Relativní srovnání (%)	
		brambory	pšenice	kukuřice	ječmen	řepka	pšenice			
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	6,27	5,25	4,16	3,18	1,85	4,12	4,14	77,5	100
	2.LAV	8,14	7,03	4,52	3,65	2,23	6,47	5,34	100	129,0
	3.Kejda Lípa	8,33	6,27	4,71	3,45	3,32	6,07	5,36	100,3	129,5
	4.DG Lípa	9,00	6,51	4,75	3,57	3,54	6,09	5,58	104,4	134,8
	5.DG Opatov	9,40	6,00	4,73	2,95	2,90	5,54	5,25	98,4	126,9
	6.Kompost	8,38	3,83	4,74	3,23	2,64	4,25	4,51	84,5	109,0
Jaroměřice n. Rok.	1.Nehnojeno	6,13	5,77	4,92	3,33	1,24	4,82	4,37	71,9	100
	2.LAV	5,24	8,85	5,18	5,18	3,42	8,58	6,08	100	139,1
	3.Kejda Lípa	6,14	7,17	5,18	4,45	2,19	6,46	5,27	86,7	120,5
	4.DG Lípa	6,19	7,59	5,31	4,32	2,20	6,59	5,37	88,3	122,9
	5.DG Opatov	5,59	7,83	5,46	4,13	2,43	6,71	5,36	88,2	122,7
	6.Kompost	5,73	5,95	5,57	4,31	2,43	5,80	4,97	81,7	113,7
Lípa	1.Nehnojeno	5,93	2,24	3,67	2,42	1,07	2,40	2,96	66,4	100
	2.LAV	8,24	3,58	4,42	3,37	1,66	5,43	4,45	100	150,6
	3.Kejda Lípa	8,15	3,25	4,38	3,16	0,94	3,91	3,97	89,1	134,2
	4.DG Lípa	8,48	3,28	4,58	2,96	0,90	4,02	4,04	90,7	136,6
	5.DG Opatov	9,11	3,16	4,40	2,66	1,52	4,46	4,22	94,8	142,8
	6.Kompost	6,91	3,10	4,31	2,92	0,70	3,53	3,58	80,4	121,1

Tab. 3.7: Průměrný výnos (t/ha), (n = 4)

Varianty hnojení		7. rok (2017)	8. rok (2018)	9. rok (2019)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)
		brambory	pšenice	kukuřice	ječmen	řepka	pšenice
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	25,1	5,3	35,3	3,2	0,9	4,1
	2.LAV	32,6	7,0	36,1	3,7	1,1	6,5
	3.Kejda Lípa	33,3	6,3	41,5	3,5	1,7	6,1
	4.DG Lípa	36,0	6,5	39,7	3,6	1,8	6,1
	5.DG Opatov	37,6	6,0	39,3	3,0	1,5	5,5
	6.Kompost	33,5	3,8	39,6	3,2	1,3	4,3
Jaroměřice n. Rok.	1.Nehnojeno	24,5	5,8	44,7	3,3	0,6	4,8
	2.LAV	21,0	8,9	47,1	5,2	1,7	8,6
	3.Kejda Lípa	24,6	7,2	47,1	4,5	1,1	6,5
	4.DG Lípa	24,8	7,6	48,3	4,3	1,1	6,6
	5.DG Opatov	22,4	7,8	49,6	4,1	1,2	6,7
	6.Kompost	22,9	6,0	50,6	4,3	1,2	5,8
Lípa	1.Nehnojeno	23,7	2,2	33,4	2,4	0,5	2,4
	2.LAV	33,0	3,6	40,1	3,4	0,8	5,4
	3.Kejda Lípa	32,6	3,3	39,8	3,2	0,5	3,9
	4.DG Lípa	33,9	3,3	41,6	3,0	0,5	4,0
	5.DG Opatov	36,5	3,2	40,0	2,7	0,8	4,5
	6.Kompost	27,6	3,1	39,1	2,9	0,4	3,5

Průměrné výnosy (t/ha) jsou uvedeny v tabulce 3.7 a relativní srovnání (%) za jednotlivé roky v tabulce 3.8. Relativní srovnání výnosu v osevním sledu je vztaženo vůči minerálně hnojené variantě. Je ovlivněno řadou faktorů, které do výnosu vstupují, tím nejzásadnějším je způsob hnojení a vliv ročníku.

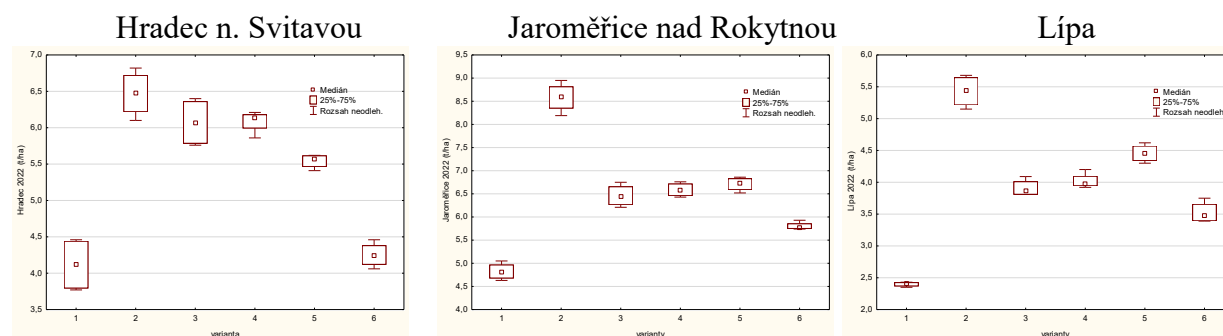
Tab. 3.8: Produktivita výnosu (%) 2. osevní sledu (n = 4)

Varianty hnojení		7. rok (2017) brambory	8. rok (2018) pšenice oz.	9. rok (2019) kukuřice	10. rok (2020) ječmen j.	11. rok (2021) řepka	12. rok (2022) pšenice oz.
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	77,1	74,7	97,8	87,1	83,8	63,7
	2.LAV	100	100	100	100	100	100
	3.Kejda Lípa	102,4	89,2	114,9	94,5	149,5	93,8
	4.DG Lípa	110,7	92,6	109,9	97,8	159,5	94,1
	5.DG Opatov	115,5	85,3	108,8	80,8	130,6	85,6
	6.Kompost	102,9	54,5	109,5	88,5	118,9	65,7
Jaroměřice n. Rok.	1.Nehnojeno	117,0	65,2	95,1	64,3	36,3	55,8
	2.LAV	100	100	100	100	100	100
	3.Kejda Lípa	117,1	81,0	100,1	85,9	63,7	75,6
	4.DG Lípa	118,2	85,8	102,6	83,4	64,3	76,7
	5.DG Opatov	106,6	88,5	105,5	79,7	70,8	77,9
	6.Kompost	109,4	67,2	107,6	83,2	70,8	67,4
Lípa	1.Nehnojeno	72,0	62,6	83,1	71,8	63,9	44,2
	2.LAV	100	100	100	100	100	100
	3.Kejda Lípa	98,9	90,8	99,1	93,8	56,6	72,0
	4.DG Lípa	103,0	91,6	103,6	87,8	54,2	74,0
	5.DG Opatov	110,6	88,3	99,7	78,9	91,6	82,1
	6.Kompost	83,8	86,6	97,5	86,6	42,2	65,0

3.4 Statistické zhodnocení výnosů pšenice

Výnosy pšenice byly statisticky vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance s testováním průkaznosti rozdílů Tukey testem na hladině spolehlivosti 95 %. Výsledky byly zpracovány ANOVA StatSoft, Inc. (2013) STATISTICA verze 12. Statisticky významné rozdíly mezi variantami jsou znázorněny pomocí krabicových grafů. Deskriptivní statistiky a směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 3.10.

Tab. 3.9: Krabicový graf vícenásobného porovnání vlivu hnojení na výnos pšenice



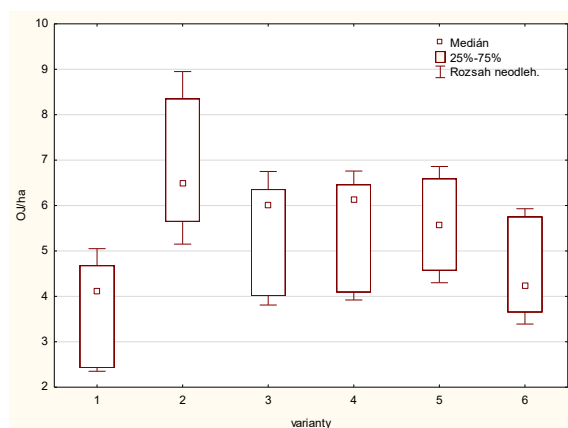
Statisticky vysoce průkazné rozdíly byly zjištěny mezi výnosy kontroly a minerálním hnojením a digestáty a dále kejdou. Kompost průkazně zvyšoval výnosy proti kontrole na Lípě a v Jaroměřicích. Ze souhrnného zhodnocení tří lokalit (tab. 3.11) je patrné, že individuální rozdíly stanovišť se setřely a na výnos působilo zejména minerální hnojení.

Tab. 3.10: Deskriptivní statistika vlivu hnojení na výnos zrna pšenice

Varianty hnojení	Průměr; směrodatná odchylka					
	Hradec n. Svitavou		Jaroměřice n. Rokytou		Lípa	
1.Nehnojeno	4,12 ± 0,37	a	4,82 ± 0,18	a	2,40 ± 0,04	a
2.LAV	6,47 ± 0,32	c	8,58 ± 0,32	d	5,43 ± 0,26	e
3.Kejda Lípa	6,07 ± 0,33	bc	6,46 ± 0,24	c	3,91 ± 0,13	c
4.DG Lípa	6,09 ± 0,16	bc	6,59 ± 0,15	c	4,02 ± 0,12	c
5.DG Opatov	5,54 ± 0,10	b	6,71 ± 0,50	c	4,46 ± 0,14	d
6.Kompost	4,25 ± 0,17	a	5,80 ± 0,09	b	3,53 ± 0,17	b

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

Tab. 3.11: Vícenásobné porovnání vlivu hnojení na výnos pšenice *pokusná stanoviště souhrnně* (Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, $p < 0,05$)



Varianty hnojení	průměrný výnos		Medián (Me)	standardní odchylka (±)
1	3,78	a	4,12	1,09
2	6,83	d	6,48	1,40
3	5,48	c	6,01	1,19
4	5,57	c	6,14	1,17
5	5,57	c	5,57	0,97
6	4,53	b	4,24	1,00

Tab. 3.12: Vícenásobné porovnání vlivu hnojení 2 osevního sledu *tři pokusná stanoviště souhrnně* (odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, $p < 0,05$)

Varianty hnojení	OJ/ha 2. osevní sled	
1.Nehnojeno	3,81	a
2.LAV	5,26	c
3.Kejda Lípa	4,86	c
4.DG Lípa	4,97	c
5.DG Opatov	4,92	c
6.Kompost	4,33	b

4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků

Analýzy byly provedeny v akreditované laboratoři NRL ÚKZÚZ Brno. Reprezentativní vzorky rostlinného materiálu byly odebrány z každé pokusné varianty při sklizni.

4.1 Popis chemických metod pro analýzu rostlinných vzorků

Stanovení obsahu 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 (optický emisní spektrofotometr 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 %, Ca 50 %, N 4,5 %.

4.2 Obsah makroelementů v zrně a slámě pšenice

Na základě výnosu zrna, obsahu sušiny a obsahu celkového dusíku byl vypočítán odběr sklizenými produkty v kg N/ha. Průměrný odběr N po minerálním hnojení dosáhl 119 kg/ha (tab. 4.4), což je 2 x více než například po aplikaci kompostu. Hnojení kejdou a oběma digestáty vykazovalo shodný odběr 74 kg N/ha. Variantou hnojenou výhradně kompostem bylo odčerpáno v průměru 59 kg N/ha.

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,2	57	1,61	0,41	0,40	0,14	0,05
2.LAV	87,3	119	2,14	0,38	0,37	0,14	0,05
3.Kejda Lípa	87,4	85	1,63	0,40	0,40	0,13	0,05
4.DG Lípa	87,5	83	1,59	0,39	0,39	0,13	0,05
5.DG Opatov	87,5	75	1,58	0,33	0,34	0,11	0,05
6.Kompost	87,6	55	1,51	0,43	0,41	0,17	0,05

Tab. 4.2: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ pšenice, **Jaroměřice n. Rokytou**

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,5	59	1,43	0,39	0,43	0,13	0,05
2.LAV	88,5	147	1,99	0,31	0,35	0,12	0,06
3.Kejda Lípa	88,5	85	1,53	0,39	0,41	0,13	0,05
4.DG Lípa	88,5	89	1,56	0,37	0,41	0,12	0,05
5.DG Opatov	88,6	91	1,57	0,41	0,39	0,12	0,05
6.Kompost	88,5	74	1,43	0,39	0,43	0,13	0,05

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,2	29	1,41	0,45	0,47	0,15	0,05
2.LAV	88,4	90	1,92	0,32	0,39	0,12	0,05
3.Kejda Lípa	88,4	49	1,47	0,39	0,42	0,13	0,05
4.DG Lípa	88,4	50	1,45	0,42	0,46	0,14	0,05
5.DG Opatov	88,4	56	1,47	0,39	0,43	0,13	0,05
6.Kompost	88,4	44	1,45	0,43	0,47	0,14	0,05

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,4	49	1,49	0,41	0,43	0,14	0,05
2.LAV	87,5	119	2,02	0,34	0,37	0,13	0,05
3.Kejda Lípa	87,5	73	1,54	0,39	0,41	0,13	0,05
4.DG Lípa	87,6	74	1,53	0,39	0,42	0,13	0,05
5.DG Opatov	87,4	74	1,54	0,38	0,39	0,12	0,05
6.Kompost	87,5	58	1,48	0,43	0,43	0,15	0,05

Průměrný obsah dusíku, vápníku a draslíku ve slámě ovlivnilo nejvíce minerální hnojení (tab. 4.8). Hnojení kompostem, kejdou i digestáty se promítlo do podobného obsahu sledovaných živin ve slámě. Tou bylo odčerpáno mezi 12 - 17 kg N/ha. Variantou hnojenou minerálně bylo slámou odčerpáno v průměru 27,6 kg N/ha.

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	94,1	13,0	0,32	0,10	0,36	0,10	0,25
2.LAV	93,2	24,7	0,46	0,10	0,28	0,11	0,39
3.Kejda Lípa	92,8	17,8	0,35	0,08	0,39	0,09	0,29
4.DG Lípa	93,0	20,2	0,35	0,08	0,37	0,09	0,26
5.DG Opatov	93,4	20,1	0,34	0,08	0,39	0,09	0,27
6.Kompost	94,2	13,0	0,34	0,10	0,43	0,09	0,25

Tab. 4.6: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ pšenice, **Jaroměřice n. Rokytanou**

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	91,2	11,0	0,25	0,09	0,77	0,12	0,21
2.LAV	90,8	33,5	0,44	0,13	1,87	0,10	0,35
3.Kejda Lípa	91,3	16,2	0,27	0,09	1,08	0,12	0,23
4.DG Lípa	91,4	16,4	0,29	0,09	1,12	0,13	0,23
5.DG Opatov	91,3	18,9	0,28	0,09	1,08	0,11	0,22
6.Kompost	91,6	13,4	0,26	0,11	1,05	0,12	0,23

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	91,1	6,7	0,30	0,12	0,81	0,14	0,21
2.LAV	90,9	24,5	0,49	0,09	0,98	0,11	0,27
3.Kejda Lípa	91,3	12,0	0,29	0,10	1,14	0,12	0,20
4.DG Lípa	91,6	12,5	0,32	0,09	0,81	0,12	0,22
5.DG Opatov	91,7	13,8	0,34	0,09	0,84	0,11	0,22
6.Kompost	91,5	10,7	0,27	0,11	0,90	0,12	0,22

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

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	92,1	10,2	0,29	0,10	0,64	0,12	0,22
2.LAV	91,6	27,6	0,46	0,11	1,05	0,11	0,34
3.Kejda Lípa	91,8	15,3	0,30	0,09	0,87	0,11	0,24
4.DG Lípa	92,0	16,4	0,32	0,09	0,77	0,11	0,23
5.DG Opatov	92,1	17,6	0,32	0,09	0,77	0,10	0,24
6.Kompost	92,4	12,4	0,29	0,11	0,79	0,11	0,23

4.3 Odběr živin a efektivita využití dusíku zrnem

Tab. 4.9: Průměrný odběr živin zrnem pšenice (n = 4)

Stanice	Varianta	Průměrný odběr živin zrnem kg/ha					Efektivita využití N % RE-N
		N	P	K	Mg	Ca	
Jaroměřice n. Rokytou	1.Nehnojeno	59	16,1	17,7	5,3	2,1	-
	2.LAV	147	22,7	25,7	8,7	4,2	58,2
	3.Kejda Lípa	85	21,6	22,8	7,2	2,8	17,0
	4.DG Lípa	89	20,9	23,1	7,0	2,9	19,5
	5.DG Opatov	91	23,4	22,7	7,1	2,9	20,8
	6.Kompost	74	21,1	20,4	6,5	2,6	4,9
Lípa	1.Nehnojeno	29	9,3	9,6	3,0	1,0	-
	2.LAV	90	14,9	18,2	5,8	2,3	40,3
	3.Kejda Lípa	49	13,1	14,1	4,4	1,7	13,5
	4.DG Lípa	50	14,6	15,9	4,8	1,7	14,0
	5.DG Opatov	56	14,8	16,6	5,0	1,9	18,1
	6.Kompost	44	13,2	14,1	4,2	1,5	4,9
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	57	14,4	14,1	4,9	1,8	-
	2.LAV	119	21,4	20,4	7,6	2,8	41,4
	3.Kejda Lípa	85	20,8	20,9	7,0	2,6	18,8
	4.DG Lípa	83	20,5	20,7	7,0	2,6	17,4
	5.DG Opatov	75	15,9	16,4	5,4	2,4	12,1
	6.Kompost	55	15,6	14,9	6,3	1,9	-0,6
Průměr	1.Nehnojeno	49	13,3	13,8	4,4	1,6	-
	2.LAV	119	19,7	21,4	7,3	3,1	46,6
	3.Kejda Lípa	73	18,5	19,3	6,2	2,4	16,4
	4.DG Lípa	74	18,7	19,9	6,3	2,4	17,0
	5.DG Opatov	74	18,0	18,6	5,9	2,4	17,0
	6.Kompost	58	16,6	16,5	5,7	2,0	3,1

Množství základních živin exportovaných výnosem je vypočítáno z výnosu zrna ve 100 % sušině a obsahu jednotlivých prvků (tab. 4.9.). Rozdíly mezi lokalitami v odběru živin vzhledem k výši výnosu jsou evidentní, zejména Lípa vykazuje nejnižší exporty všech pěti hodnocených živin, což koresponduje s nižšími výnosy. V Jaroměřicích jsou dosahovány

nejvyšší odběry živin pravidelně, dominuje varianta hnojená minerálně. Organické hnojení vykazuje vyrovnané hodnoty, v průměru mezi 73,2 - 74,1 kg N/ha.

Vliv dusíku v hnojivech aplikovaných pro hnojení pšenice lze přesněji sledovat z rozdílu dodaného množství N a odběrem N zrnem. Tento výpočet (Balík a kol., 2012) vyhodnocuje podíl přímého působení N z dodaných hnojiv. Zbývající část dusíku bývá pokryta z mineralizačně-imobilizačního koloběhu dusíku v půdě. *Efektivita využití N* neboli účinnost dusíku (Recovery Efficiency RE-N) je vypočítána podle vzorce:

$$RE-N = (\text{odběru N hlavním produktem na hnojené variantě} - \text{odběr hlavním produktem na nehnojené variantě}) / \text{dávka N na hnojené variantě}$$

Přibližně 50 % využití vykazuje minerální hnojení, digestáty a kejda v průměru 16 - 17 %. Nízký obsah N pomalu uvolnitelného z kompostu se promítl i do odběru N sklizní. RE-N zde dosáhla pouze 3 % využití.

5 Kvalitativní vlastnosti zrna

Pro detailní zhodnocení účinnosti hnojení byly provedeny komplexní analýzy zrna pšenice odrůdy Dagmar, dále mouky a těsta ze všech tří stanovišť.

Požadavky na kvalitativní parametry pšenice určuje ČSN 46 1100-2. Pro zařazení zrna do užitkového směru jsou rozhodující tyto parametry: objemová hmotnost, obsah N látek, hodnota sedimentačního testu podle Zelenyho a číslo poklesu, obsah lepku, HTZ a objemová výtěžnost.

Tab. 5.1: Hodnoty jakostních ukazatelů potravinářské pšenice (ČSN 46 1100-2)

Jakostní ukazatele	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářská
Vlhkost v % (m/m)	Nejvýše 14,0	Nejvýše 14,0
Objemová hmotnost v kg/hl	Nejméně 76,0	Nejméně 76,0
Obsah N látek v sušině (v %)	Nejméně 11,5	Nejvýše 11,5
Sedimentační – Zelenyho test (ml)	Nejméně 30	Nejvýš 25
Číslo poklesu	Nejméně 220	Nejméně 220

5.1 Hmotnost tisíce zrn

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) charakterizuje tvar zrna a jeho objem, velké zrno s větším objemem má zpravidla větší poměr endospermu vzhledem k ostatním morfologickým částem zrna. HTZ je proto parametrem, který úzce souvisí s výtěžností mouky. Průměrná HTZ u varianty hnojené LAV dosáhla 44,2 g. Mezi statkovými hnojivy digestáty a kejdou HTZ vykazala minimální rozdíly v průměru o 1 g nižší než LAV. Významné rozdíly mezi stanovišti jsou evidentní u výsledků dosažených v Hradci a Lípě.

Tab. 5.2: Průměrné hodnoty HTZ (n = 4)

Varianty hnojení	Hmotnost tisíce zrn g				Relativní srovnání %	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehojeno	45,03	43,42	33,7	40,7	92,2	100
2.LAV	47,56	49,37	35,6	44,2	100	108,5
3.Kejda Lípa	49,04	46,25	35,5	43,6	98,7	107,1
4.DG Lípa	47,92	46,48	34,8	43,1	97,5	105,8
5.DG Opatov	48,61	46,53	35,9	43,7	98,9	107,3
6.Kompost	45,82	45,84	35,3	42,3	95,8	103,9

5.2 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je důležitým ukazatelem mlynářské jakosti a výtěžnosti mouky. Určuje se jako hmotnost 1 litru zrna (g.l^{-1}) nebo hektolitrová objemová hmotnost (kg/hl), jejíž minimální hodnota je 760 g.l^{-1} . Vyjadřuje vlastnosti, které souvisí s tvarem a velikostí obilky, vyrovnaností, sklovitostí, s vlastností povrchu zrna a vlhkostí. Závisí na pěstitelských podmínkách, ročníku, zdravotním stavu. Objemová hmotnost je poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do tzv. objemové váhy. Normě 760 g.l^{-1} nevyhověly všechny varianty v Jaroměřicích, na Lípě s výjimkou minerálně hnojené varianty. V Hradci naopak u všech variant objemová hmotnost normu značně převyšuje.

Tab. 5.3: Průměrná objemová hmotnost ($n = 3$)

Varianty hnojení	Objemová hmotnost zrna (g.l^{-1})				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	780	754	746	760	96,3	100
2.LAV	831	772	765	789	100	103,9
3.Kejda Lípa	794	757	741	764	96,8	100,6
4.DG Lípa	796	753	744	764	96,8	100,6
5.DG Opatov	796	751	751	766	97,0	100,8
6.Kompost	783	753	745	760	96,4	100,1

5.3 Dusíkaté látky

Obsah hrubých bílkovin v zrně zahrnuje všechny organické dusíkaté látky v zrně (proteiny, peptidy, aminokyseliny) a anorganickou amonnou formu. Obsah bílkovin se získá pomocí přepočítávacího koeficientu 5,7 a obsahu dusíku v zrně.

Stoupající obsah N látek má pozitivní vliv na povahu těsta a konečný objem pečiva. Průměrná dosažená hodnota N látek se pohybovala u kontroly a všech organicky hnojených variant v těsném rozpětí 8,4 - 8,8 %. Průměrný obsah N látek zařazuje zrno všech variant podle normy ČSN 46 1100-2 do kategorie pečivářské pšenice, vhodné pro výrobky z nekynutého těsta. Výjimkou je varianta LAV v Hradci, jejíž zrno jako jediné náleží do kategorie pekářské pšenice (min. 11,5 %), vhodné pro těsta kynutá.

Tab. 5.4: Průměrný obsah N látek v sušině ($n = 4$)

Varianty hnojení	Obsah N látek (%)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	9,2	8,2	8,1	8,5	73,7	100
2.LAV	12,2	11,3	10,9	11,5	100	135,6
3.Kejda Lípa	9,3	8,7	8,4	8,8	76,5	103,8
4.DG Lípa	9,1	8,9	8,3	8,7	76,1	103,2
5.DG Opatov	9,0	9,0	8,4	8,8	76,4	103,6
6.Kompost	8,6	8,5	8,3	8,4	73,5	99,6

>11,5 % = pšenice pekářská, <11,5 % = pšenice pečivářská

5.4 Sedimentační Zelenyho test

Zelenyho test charakterizuje kvalitativní viskoelastické vlastnosti lepkové bílkoviny. Vysoce kladně koreluje k objemu pečiva a obsahu hrubých bílkovin v zrně. Sedimentační Zelenyho test (ml) hodnotí pekařské vlastnosti pšenice a pšeničné mouky podle množství a kvality bílkovin. Varianta s LAVem dosáhla výrazně vyšší hodnoty Zelenyho testu (33 ml) oproti hnojení organickými hnojivy, kde bylo zjištěno těsné rozmezí od 20,7 - 22 ml a po

kompostu 19 ml (tab. 5.4). Pouze hnojení LAVem výsledky zařazují zrna do skupiny pekárenské (min 30 ml). Zrna ostatních variant se řadí podle ČSN 46 1100-2 do kategorie pečivářské pšenice (max 25 ml).

Tab. 5.5: Průměrné výsledky Zeleného testu (n = 4)

Varianty hnojení	Zelený test (ml)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	20	20	13	17,7	53,0	100
2.LAV	31	31	38	33,3	100	188,7
3.Kejda Lípa	24	24	17	21,7	65,0	122,6
4.DG Lípa	23	23	16	20,7	62,0	117,0
5.DG Opatov	23	23	20	22,0	66,0	124,5
6.Kompost	20	20	17	19,0	57,0	107,5

5.5 Číslo poklesu

Číslo poklesu je kritériem poškození zásobních látek endospermu hydrolytickými enzymy, vznikajícími v zrně v důsledku startu procesu klíčení zrna v klasu při nadměrné vlhkosti během prorůstání. Mouky s velmi nízkým číslem poklesu (100 s a méně) mají vysokou aktivitu α -amylasy, čímž vzniká lepkavé a mazlavé těsto. Tato mouka má sklon vytvářet suché těsto a malý objem výrobku. Vhodné není ani příliš vysoké číslo poklesu (350 - 400).

Tab. 5.6: Průměrné číslo poklesu (n = 3)

Varianty hnojení	Číslo poklesu (s)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	231	342	206	260	83,4	100
2.LAV	308	347	279	311	100	119,9
3.Kejda Lípa	249	342	222	271	87,0	104,4
4.DG Lípa	249	337	231	272	87,5	104,9
5.DG Opatov	245	341	239	275	88,3	105,9
6.Kompost	240	337	232	270	86,6	103,9

Varianta s LAVem (311 s) dosáhla nejvyššího čísla poklesu. Hnojení digestáty, kejdou a kompostem vykázalo v průměru 270 - 275 s. Optimální hodnota pro pekárenské zpracování leží v intervalu mezi 200 - 300 s, dle normy 220 s.

5.6 Obsah lepku

Lepek v kontaktu s vodou zvětšuje svůj objem a vytváří pružný gel. Množství vody, které lepek pojme a fyzikální vlastnosti nabobtnalého gelu (pevnost, pružnost, tažnost), závisí na vlastnostech daných odrůdou, počasím a agrotechnickými zásahy. Lepku se připisuje schopnost vázat asi 70 % vody a 30 % škrobu 30. V mouce s nízkým obsahem lepku se na vaznosti vody více podílí škrob. Množství lepku ovlivňuje vlastnosti pšeničného těsta, tažnost a pružnost, které předurčuje vlastnosti těsta.

Varianty hnojené kejdou, digestáty a kompostem dosáhly výrazně nižšího obsahu lepku, v průměru od 15,4 do 16,6 %. Naproti tomu minerální hnojení LAVem dosáhlo přibližně o 50 % vyšší hodnoty, v průměru 29,8 % (tab. 5.7).

Tab. 5.7: Průměrný obsah lepku (n = 3)

Varianty hnojení	Průměrný obsah lepku %				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	14,6	14,6	13,1	14,1	47,3	100
2.LAV	25,7	25,7	38,0	29,8	100	211,3
3.Kejda Lípa	16,3	16,3	17,3	16,6	55,8	118,0
4.DG Lípa	15,6	15,6	16,0	15,7	52,8	111,6
5.DG Opatov	14,7	14,7	20,3	16,6	55,6	117,5
6.Kompost	14,6	14,6	17,0	15,4	51,7	109,2

5.7 Objemová výtěžnost

Objemová výtěžnost neboli měrný objem pečiva je stanovena Rapid Mix Testem, který je hlavním kritériem kvality, zařazujícím pšenici pro pekárenské využití a zařídění odrůd do jakostních tříd (E, A, B a C). Kladně koreluje s hodnotami sedimentačního testu. Čím je měrný objem pečiva vyšší, tím je zrno pšenice vhodnější pro pekárenskou výrobu. Trendy objemové výtěžnosti se neliší od předcházejících popsanych znaků. Nejlépe působilo hnojení LAV (506 ml). Po hnojení kejdou, digestáty a kompostem pozorujeme užší rozpětí hodnot, které jsou o 9 - 12 % nižší, než po LAV.

Tab. 5.8: Průměrná objemová výtěžnost zrna (n = 3)

Varianty hnojení	Objemová výtěžnost zrna (ml)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	461	452	432	448	88,7	100
2.LAV	472	529	516	506	100	112,8
3.Kejda Lípa	472	448	444	455	89,9	101,4
4.DG Lípa	482	466	437	462	91,3	103,0
5.DG Opatov	457	458	450	455	90,0	101,5
6.Kompost	447	449	439	445	88,0	99,3

5.8 Hodnocení těsta

Farinografické hodnocení na základě sledování změn konzistence těsta při hnětení charakterizuje kvalitu mouky a odolnost těsta proti mechanickému namáhání. Vývin těsta se udává v minutách, je to doba od počátku přidávání vody až do okamžiku, kdy se na křivce objeví první příznak poklesu maximální konzistence. 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. Stupeň měknutí (10) je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnotou šíře křivky) v okamžiku maxima a za 10 minut od maxima. Stupeň měknutí (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. Vaznost mouky vyjadřuje její schopnost vázat vodu moukou.

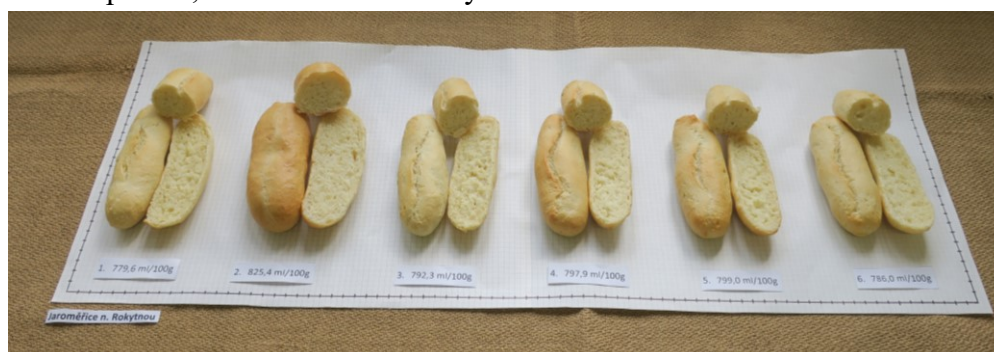
Tab. 5.9: Farinografické hodnocení těsta

Stanice	Varianta	Vývin těsta (min)	Farinograf stabilita (min)	Měknutí po 10 min (FJ)	Měknutí po 12 min (FJ)	Farinografic ké číslo	Vaznost mouky
Jaroměřice	1.Nehnojeno	1,1	1,3	107	118	19	50,6
	2.LAV	5,1	7,2	41	74	90	57,2
	3.Kejda Lípa	1,1	1,3	120	133	19	53,4
	4.DG Lípa	1,2	1,6	104	119	21	54,7
	5.DG Opatov	1,2	1,5	100	113	22	53,7
	6.Kompost	1,0	1,6	101	114	22	52,2
Lípa	1.Nehnojeno	1,0	1,3	162	178	17	49,1
	2.LAV	2,2	4,7	75	104	53	53,9
	3.Kejda Lípa	1,1	1,2	148	160	17	50,4
	4.DG Lípa	1,0	1,3	142	156	17	50,2
	5.DG Opatov	1,1	1,4	146	160	17	50,4
	6.Kompost	1,1	1,3	155	169	17	50,3
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	1,0	1,7	115	129	19	51,1
	2.LAV	2,0	4,8	79	112	53	55,4
	3.Kejda Lípa	1,3	1,7	120	137	22	52,8
	4.DG Lípa	1,2	1,6	117	133	20	52,2
	5.DG Opatov	1,2	2,0	120	136	21	51,3
	6.Kompost	1,2	1,6	130	143	19	50,8
Průměrné hodnoty ze všech stanic	1.Nehnojeno	1,0	1,4	128	142	18	50,3
	2.LAV	3,1	5,6	65	97	65	55,5
	3.Kejda Lípa	1,2	1,4	129	143	19	52,2
	4.DG Lípa	1,1	1,5	121	136	19	52,4
	5.DG Opatov	1,2	1,6	122	136	20	51,8
	6.Kompost	1,1	1,5	129	142	19	51,1

5.9 RAPID MIX TEST

Součástí pekařského pokusu je komplexní hodnocení pečiva, v bodovém hodnocení zahrnuje posouzení pružnosti, vzhledu, povrchu pečiva a lepivost těsta. Metoda Rapid Mix Test hodnotící kvalitu pšeničné mouky je charakteristický intenzivním hnětením a krátkou dobou odležení těsta s následným strojním zpracováním těsta na bulky, které se upečou.

Obr. 1: RMT - pečivo, Jaroměřice nad Rokytnou



Obr. 2: RMT - pečivo, Hradec nad Svitavou



Obr. 3: RMT - pečivo, Lípa



Součástí pokusného pečení je senzorické hodnocení těsta a poté i upečeného výrobku podle hodnotícího schématu. Jednotný trend vlivu hnojení na vlastnosti těsta je obtížné formulovat. Hnojení se v lepivosti těsta projevilo převážně jako mírně lepivé a suché. Povrch těsta byl hodnocen jako normální u variant 4 - 6 na dvou lokalitách, což je průměrné hodnocení. Vlnaté těsto (5) převládlo v pružnosti těsta u všech variant (na stupnici mezi 7-1). Výjimkou byla varianta LAV, jejíž těsto bylo trochu poddajné (2 - 3).

Tab. 5.10: Hodnocení vlastností těsta (stupně)

Stanice	Varianta	Lepivost těsta (4-1)	Povrch těsta (6-1)	Pružnost těsta (7-1)
Jaroměřice	1.Nehnojeno	2 - lepivé	2 - vlhký	5 - vlnaté
	2.LAV	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	3 - trochu poddajné
	3.Kejda Lípa	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	4.DG Lípa	4 - normální	4 - normální	5 - vlnaté
	5.DG Opatov	4 - normální	4 - normální	5 - vlnaté
	6.Kompost	4 - normální	4 - normální	5 - vlnaté
Lípa	1.Nehnojeno	3 - mírně lepivé, suché	4 - normální	5 - vlnaté
	2.LAV	3 - mírně lepivé, suché	4 - normální	3 - trochu poddajné
	3.Kejda Lípa	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	4.DG Lípa	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	5.DG Opatov	4 - normální	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	6.Kompost	4 - normální	3 - poněkud vlhký	2 - poddajné
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	4 - normální	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	2.LAV	4 - normální	3 - poněkud vlhký	2 - poddajné
	3.Kejda Lípa	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	4.DG Lípa	3 - mírně lepivé, suché	3 - poněkud vlhký	5 - vlnaté
	5.DG Opatov	3 - mírně lepivé, suché	4 - normální	5 - vlnaté
	6.Kompost	3 - mírně lepivé, suché	4 - normální	5 - vlnaté

6 Účinnost dusíku a porovnání se vstupy z hnojiv

6.1 Sklizňový index a utilizace dusíku 2. osevního sledu

Výpočet efektivity využití dusíku, který je určující živinou dodávanou hnojivem v pokusu můžeme použít pro hodnocení reakce plodin na podmínky pěstování a také omezenější vstupy dalších živin. Zjednodušeně tuto efektivitu můžeme vyjádřit jako poměr mezi dodaným dusíkem a přijatým rostlinami. Pro ucelený přehled je uveden odběr hodnocených živin hlavním sklizňovým produktem (tab. 6.1) v celém osevním postupu. Průměrný odběr dusíku je podkladem pro následný výpočet sklizňového indexu a utilizace dusíku.

Tab. 6.1: Průměrný odběr živin hlavním produktem plodin 2. osevního sledu

Varianty hnojení	Odběr živin (kg/ha)					
	7. rok (2017)	8. rok (2018)	9. rok (2019)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)
	brambory	pšenice	kukuřice	ječmen	řepka	pšenice
dusík						
1.Nehnojeno	96	52	96	37	20	49
2.LAV	121	115	143	57	36	119
3.Kejda Lípa	115	70	122	48	28	73
4.DG Lípa	125	74	120	47	30	74
5.DG Opatov	130	72	113	42	31	74
6.Kompost	115	52	108	46	26	58
fosfor						
1.Nehnojeno	20	13	19	11	5,2	13
2.LAV	23	19	19	15	8,5	20
3.Kejda Lípa	23	16	22	14	8,0	19
4.DG Lípa	23	16	23	14	8,3	19
5.DG Opatov	24	16	21	12	8,4	18
6.Kompost	23	13	24	13	7,4	17
draslík						
1.Nehnojeno	121	17	98	12	4,7	14
2.LAV	140	24	110	16	8,2	21
3.Kejda Lípa	153	21	118	14	7,2	19
4.DG Lípa	156	21	128	14	7,4	20
5.DG Opatov	158	21	130	13	7,8	19
6.Kompost	155	16	141	14	6,5	16
hořčík						
1.Nehnojeno	6,5	4,3	18	3,0	1,5	4,4
2.LAV	7,3	6,7	22	4,3	2,6	7,3
3.Kejda Lípa	7,7	5,2	19	3,8	2,2	6,2
4.DG Lípa	8,1	5,3	20	3,7	2,3	6,3
5.DG Opatov	8,4	5,2	18	3,3	2,4	5,9
6.Kompost	7,7	4,3	17	3,7	2,1	5,7
vápník						
1.Nehnojeno	3,5	1,9	38	1,5	2,9	1,6
2.LAV	3,9	2,8	43	2,0	4,8	3,1
3.Kejda Lípa	4,5	2,4	37	1,6	4,2	2,4
4.DG Lípa	4,6	2,5	41	1,6	4,4	2,4
5.DG Opatov	4,8	2,4	39	1,4	4,5	2,4
6.Kompost	4,4	1,8	35	1,5	3,8	2,0

6.1.1 Sklizňový index dusíku

Vliv agronomické účinnosti dusíku vyjádřený *sklizňovým indexem* (Harvest Index HI-N) dusíku prezentuje tabulka 6.2. Výpočet byl proveden pouze u obilovin a řepky, u nich se hodnotí výnos a obsah živin ve vedlejším produktu. Sklizňový index je počítán podle vzorce:

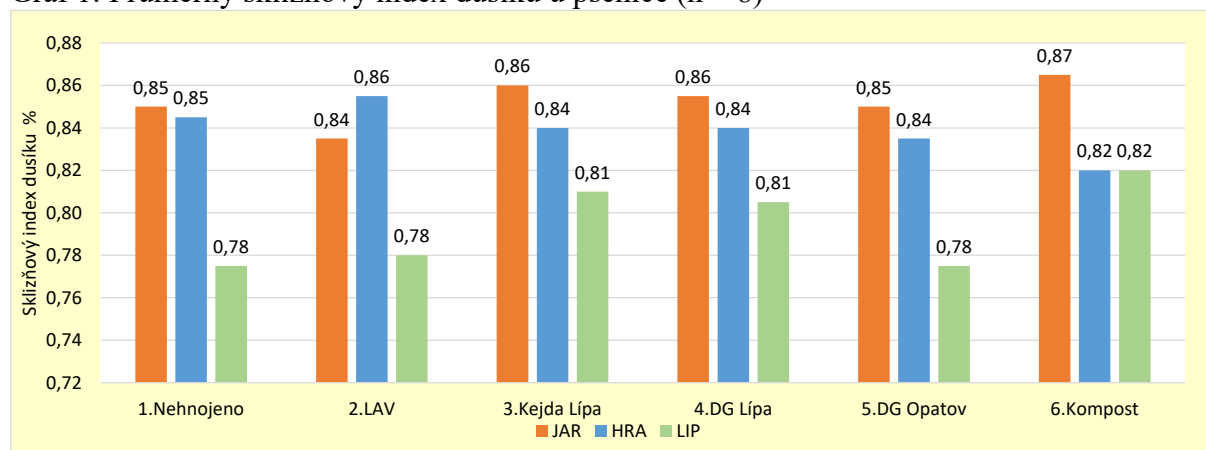
$$HI-N = \text{odběr dusíku zrnem} / (\text{odběr N zrnem} + \text{odběr N slámou})$$

Tab. 6.2: Sklizňový index dusíku plodin 2. osevního sledu

Varianty hnojení		HI-N %				
		8. rok (2018)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)	Průměr HI-N %
		pšenice	ječmen	řepka	pšenice	
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	0,88	0,73	0,37	0,81	0,70
	2.LAV	0,87	0,74	0,34	0,84	0,70
	3.Kejda Lípa	0,88	0,72	0,54	0,80	0,74
	4.DG Lípa	0,89	0,77	0,53	0,79	0,75
	5.DG Opatov	0,88	0,75	0,38	0,79	0,70
	6.Kompost	0,87	0,76	0,42	0,77	0,71
Jaroměřice n. Rok.	1.Nehnojeno	0,86	0,78	0,51	0,84	0,75
	2.LAV	0,86	0,78	0,58	0,81	0,76
	3.Kejda Lípa	0,88	0,80	0,54	0,84	0,77
	4.DG Lípa	0,87	0,80	0,58	0,84	0,77
	5.DG Opatov	0,87	0,78	0,61	0,83	0,77
	6.Kompost	0,88	0,81	0,51	0,85	0,76
Lípa	1.Nehnojeno	0,73	0,42	0,55	0,82	0,63
	2.LAV	0,78	0,36	0,45	0,78	0,59
	3.Kejda Lípa	0,79	0,43	0,33	0,83	0,60
	4.DG Lípa	0,80	0,43	0,36	0,81	0,60
	5.DG Opatov	0,75	0,39	0,55	0,80	0,62
	6.Kompost	0,80	0,41	0,32	0,84	0,59

Z přehledu hodnocených plodin v osevním sledu jsou u pšenice v roce 2018 zřejmé minimální rozdíly mezi variantami. Ječmen v roce 2021 nebyl přímo hnojen, posuzovat je možné jen následné působení aplikace v předchozích letech. I když rozdíly mezi variantami jsou velmi malé, můžeme přesto pozorovat mírně vyšší HI-N u variant hnojených organicky i včetně kompostu před minerálním LAV. Na příkladu pšenice, která je v osevním sledu zařazena 2 x je patrný rozdílný průměrný index dusíku (HI-N) na jednotlivých stanovištích (graf 1). Tato odlišnost je zřejmá například na Lípě nejnižšími hodnotami a je množné ji vysvětlit slabším čerpáním živin, průběhem počasím, nadnormálními teplotami, nižším úhrnem srážek a pravděpodobně i slabší mikrobiální aktivitou půdy.

Graf 1: Průměrný sklizňový index dusíku u pšenice (n = 8)



6.1.2 Utilizace dusíku

Pro agronomickou interpretaci vlivu aplikovaného dusíku jednotlivými typy hnojiv byl použit výpočet *utilizace dusíku* (Utilization of Nitrogen U-N), který představuje podíl N odebraného hlavním sklizňovým produktem a dávku N aplikovanou k plodině.

$U-N (\%) = \text{množství N odebrané výnosem (kg/ha)} / \text{aplikované množství N (kg/ha)}$

Pokud je vypočítaná hodnota větší než 100 %, s největší pravděpodobností byl u plodin využíván i další zdroj N, například ze srážek nebo mineralizací půdní organické hmoty než přímo z dodaných hnojiv. Čistá bilance je v tomto případě záporná.

Je-li vypočítaná hodnota nižší než 100 %, dochází k akumulaci N v půdě a výsledná bilance je kladná. V tomto případě může docházet ke ztrátám N z půdy. U kontroly*, která má nulový přísun dusíku není výpočet uveden.

Tab. 6.3: Využití dusíku z dodaných hnojiv plodin 2. osevního sledu

Varianty hnojení		Využití dusíku U-N %						Průměr U-N %
		7. rok (2017)	8. rok (2018)	9. rok (2019)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)	
		brambory	pšenice	kukuřice	ječmen	řepka	pšenice	
Hradec n. Svítavou	1.Nehnojeno*	-	-	-	-	-	-	-
	2.LAV	102	101	80	52	26	99	77
	3.Kejda Lída	106	70	71	48	32	71	67
	4.DG Lída	115	74	72	51	35	69	69
	5.DG Opatov	119	65	63	40	31	63	63
	6.Kompost	52	20	30	45	14	23	31
Jaroměřice n. Rok.	1.Nehnojeno*	-	-	-	-	-	-	-
	2.LAV	79	133	109	76	40	122	93
	3.Kejda Lída	96	72	92	57	24	71	69
	4.DG Lída	106	78	84	55	25	74	70
	5.DG Opatov	101	81	88	53	27	76	71
	6.Kompost	49	29	45	56	13	31	37
Lída	1.Nehnojeno*	-	-	-	-	-	-	-
	2.LAV	121	54	97	42	18	75	68
	3.Kejda Lída	85	34	81	40	9	41	48
	4.DG Lída	91	34	85	37	8	42	50
	5.DG Opatov	106	35	76	33	14	47	52
	6.Kompost	43	16	33	37	3	18	25

Utilizaci (U-N) za 2. osevní postup uvádí tabulka 6.3. Z výsledků je patrné, že u hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem největší utilizace byla potvrzena u varianty minerálně hnojené. U varianty hnojené kompostem se utilizace pohybuje v průměru mezi 25 - 37 %, což znamená poměrně vysoký deficit. Hnojení kejdou a digestáty vykazují U-N v průměru osevního postupu od 48 do 70 %, toto široké rozpětí vyplývá z rozdílnosti pokusných stanovišť.

6.2 Bilance dusíku

6.2.1 Bilance dusíku u pšenice

Pro komplexní zhodnocení časově aktuálního působení dusíku dodaného ověřovanými hnojivy byla vypočítána bilance živin. Na straně **vstupů** jsou zohledněny živiny dodané hnojením a dešťovými srážkami. Na straně **výstupů** jsou živiny odebrané vyprodukovanou sklizní hlavního a vedlejšího produktu (tab. 6.4). Dešťové srážky reprezentují atmosférickou depozici dusíku, která je součástí hodnocení pokusů za období od srpna 2021 do července 2022 na konkrétní zkušební stanici. Depozice dusíku za sledované období se v souhrnu pohybovala od 6,2 do 12,8 kg N/ha.

U kontroly byla zjištěna vzhledem k trvalému vynechání jakéhokoliv hnojení záporná bilance N v průměru tří stanic -49 kg N/ha, což je po několik let víceméně konstantní hodnota. Varianty organicky hnojené vykazovaly shodný přebytek mezi 48 - 51 kg N/ha. Aplikace LAV vzhledem k výši výnosů a odběru N vykazovaly zápornou bilanci -7 kg N/ha. Kompost díky dvojnásobné dávce dodaného N v teoretickém výpočtu měřitelných činitelů v kladné bilanci vykazuje 199 kg N/ha.

Tab. 6.4: Zhodnocení bilance dusíku za období srpen 2021 až srpen 2022

Varianty hnojení	Měřitelné vstupy dusíku (kg N/ha)				
	hnojiva	dešťové srážky			průměr VSTUPY
		Hradec n. Svít.	Jaroměřice	Lípa	
1.Nehnojeno	0	12,8	6,2	9,5	10
2.LAV	130	12,8	6,2	9,5	140
3.Kejda Lípa	130	12,8	6,2	9,5	140
4.DG Lípa	130	12,8	6,2	9,5	140
5.DG Opatov	130	12,8	6,2	9,5	140
6.Kompost	260	12,8	6,2	9,5	270

Varianty hnojení	Měřitelné výstupy dusíku (kg N/ha)			
	odběr N hlavním a vedlejším produktem			průměr VÝSTUPY
	Hradec n. Svít.	Jaroměřice	Lípa	
1.Nehnojeno	70	70	36	59
2.LAV	144	180	114	146
3.Kejda Lípa	103	101	61	88
4.DG Lípa	103	105	63	90
5.DG Opatov	95	110	70	92
6.Kompost	68	88	55	70

Varianty hnojení	Bilance dusíku stanoviště (kg N/ha)			průměrná bilance N (kg N/ha)
	Hradec n. Svít.	Jaroměřice	Lípa	
1.Nehnojeno	-57	-64	-26	-49
2.LAV	-1	-44	25	-7
3.Kejda Lípa	40	35	78	51
4.DG Lípa	39	31	77	49
5.DG Opatov	47	27	69	48
6.Kompost	205	179	215	199

6.2.1 Bilance dusíku 2. osevního sledu

Trvale zápornou bilanci u kontroly vysvětluje absence jakéhokoliv hnojení a odběr dusíku produkcí. Rovněž záporná bilance u ječmene je vyvolaná vynecháním hnojení v tomto roce, což ukazuje, že přísun dusíku v přechodných letech nemůže nahradit potřebu pro rok následující, a to ani v případě pravidelného minerálního hnojiva. Vynechání hnojení v jednom roce dokresluje možnou ekonomickou ztrátu na výnosu. Do výpočtu vysoce kladné bilance u varianty s kompostem vstupuje dvojnásobná dávka N dodaná v tomto materiálu s pomalu uvolnitelným dusíkem. Oba typy digestátů i kejda v letech, kdy byly aplikovány, vykazují kladnou a poměrně shodně udržitelnou bilanci.

Tab. 6.5 Zhodnocení bilance N ve 2. osevním sledu (n = 4)

Varianty hnojení	7. rok (2017)	8. rok (2018)	9. rok (2019)	10. rok (2020)	11. rok (2021)	12. rok (2022)
	brambory	pšenice	kukuřice	ječmen	řepka	pšenice
1.Nehnojeno	-88	-44	-90	-41	-39	-49
2.LAV	8	7	9	-72	58	-7
3.Kejda Lípa	14	58	33	-56	80	51
4.DG Lípa	4	54	35	-53	79	49
5.DG Opatov	-2	52	40	-51	72	48
6.Kompost	133	191	196	-54	207	199

7 Agrochemické vlastnosti půdy

7.1 Popis chemických metod

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

Stanovení přístupných živin: přístupné živiny fosfor, draslík, vápník, hořčík byly extrahovány ve vzorcích zeminy v roztoku Mehlich 3. Ke stanovení s všech prvků včetně síry byla použita metoda ICP-OES-optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu (Zbíral, 2002).

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

7.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů

Neutrální výměnná půdní reakce (6,9 - 7,0) se po dvou osevních sledech nezměnila v Hradci n. Svitavou u žádné z variant. V Jaroměřicích pozorujeme v rámci slabě kyselé půdní reakce u kontroly pH 6,2 a u varianty s LAV pH 6,1. Pravidelná aplikace kompostu zvýšila pH do neutrální kategorie na 7,2. Na písčitohlinité půdě na Lípě pH kolísalo v rozpětí 5,6 - 6,4. Zejména kejda, digestáty a kompost pH reakci mírně zvyšuje, v rámci všech variant je hodnocena jako slabě kyselá.

Z výsledků rozborů přístupných živin je zřejmé, že kompost přispěl zvýšení obsahu fosforu v Hradci a Jaroměřicích na úroveň vysoké zásoby. Obdobně pozitivní vliv se projevil na Lípě, z nízké zásoby P po kompostu je zásoba hodnocena jako vyhovující. U kontroly

a varianty s LAV, kde jsou vstupy P nulové se prozatím významný pokles zásoby P neprojevil. Pravidelná aplikace digestátů a kejdy i kompostu se podílela na nárůstu draslíku (kategorie dobré a vyhovující) oproti kontrole a LAVu. Pozitivní efekt je patrný i u vápníku a hořčíku.

Obsah mědi, manganu, železa a zinku je v kategorii středního obsahu, přičemž vliv variant nelze jednoznačně rozlišit. V případě bóru je patrný mírný nárůst po kompostu na všech třech lokalitách. Obsah síry je během vegetace velmi dynamický, přesto i její orientační stanovení metodou Mehlich 3 ukazuje na zhoršující se situaci v pokusných podmínkách a její kritický nedostatek, který se promítá do kvalitativních vlastností produkce a může limitovat i výnos.

Tab. 7.1: Hradec n. Svitavou, průměrný obsah přístupných živin a ME (n = 4), střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	S	Zn
Před založením	7,1	83	126	2 780	50	2,46	0,87	262	128	7,7	2,8
1.Nehnojeno	6,9	77	144	2 259	52	2,48	1,00	246	152	12,9	4,0
2.LAV	6,9	73	131	2 344	54	2,61	1,03	254	158	10,3	3,8
3.Kejda Lípa	7,0	85	183	2 301	80	2,55	1,09	254	155	14,6	5,0
4.DG Lípa	7,0	79	195	2 119	68	2,05	1,01	233	141	12,6	4,2
5.DG Opatov	7,0	86	256	2 084	66	1,81	1,07	233	132	11,4	4,3
6.Kompost	7,0	121	297	2 389	92	1,75	1,25	256	133	14,3	6,1

Tab. 7.2: Jaroměřice n. Rokyt., prům. obsah přístupných živin a ME (n = 4), střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	S	Zn
Před založením	6,4	70	174	2740	218	2,98	0,71	348	144	5,7	<2,20
1.Nehnojeno	6,2	57	144	2 884	235	3,07	0,78	228	164	6,9	3,4
2.LAV	6,1	49	159	2 671	217	2,87	0,72	225	156	8,3	2,3
3.Kejda Lípa	6,4	69	191	2 841	301	3,01	0,77	225	148	8,8	3,1
4.DG Lípa	6,4	76	227	3 044	324	3,01	0,81	230	139	8,5	2,9
5.DG Opatov	6,3	74	265	3 156	325	2,83	0,82	228	136	8,2	2,6
6.Kompost	6,7	128	309	3 504	346	2,60	1,13	240	125	10,1	4,8

Tab. 7.3: Lípa, průměrný obsah přístupných živin a ME (n = 4), střední půda

Varianty hnojení	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin a mikroelementů (mg/kg)									
		P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	S	Zn
Před založením	5,6	35	107	1 940	65	1,99	<0,55	423	109	8,9	<2,20
1.Nehnojeno	5,8	44	89	1 526	98	2,42	0,51	267	105	7,9	2,4
2.LAV	5,6	43	88	1 521	102	1,84	0,50	291	110	9,6	1,9
3.Kejda Lípa	6,1	42	113	1 644	130	2,15	0,53	261	106	9,9	2,3
4.DG Lípa	6,2	44	143	1 871	134	2,18	0,53	271	124	8,7	2,2
5.DG Opatov	6,1	44	150	1 859	114	1,96	0,61	271	121	8,9	2,4
6.Kompost	6,4	76	220	2 286	134	2,13	0,81	302	126	10,7	3,8

Tab. 7.4: Hodnocení výměnné půdní reakce

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

Tab. 7.5: Kritéria hodnocení obsahu P, K a Mg (mg/kg) na orné půdě (metoda 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. 7.6: Pracovní kritéria hodnocení obsahu mikroelementů (metoda Mehlich 3)

Mikroelement	Půdní druh	Hodnocení obsahu (mg/kg)		
		nízký	střední	vysoký
Bor (B)	L	do 0,55	0,56 - 0,75	nad 0,75
	S	do 0,70	0,7 - 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

Tab. 7.7: Pracovní kritéria hodnocení obsahu síry (metoda Mehlich 3)

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

7.3 Hodnocení půdní organické hmoty

Předkládané výsledky parametrů organické hmoty reprezentují vzorkování půdy čtyř opakování pokusných variant (tab.7.8 - 7.9). Výsledky se vztahují k odběru půdy po sklizni pšenice v srpnu 2022, prezentují tak stav k ukončenému 2. osevnímu sledu. Opakovaná aplikace statkových hnojiv a kompostu neproказuje významnější rozdíly mezi variantami, zejména přihlídneme-li k velmi nízkému rozsahu zjištěných hodnot.

Kompost je jediným materiálem, u něhož byl zaznamenán významnější pozitivní vliv na sledované parametry. Povzbudivý výsledek Cox byl zjištěn v Jaroměřicích po kompostu 1,02 %, oproti kontrole 0,85 %. Dalším pozitivem je zvýšení glomalinu na všech třech stanovištích, který plní funkci agregace půdních částic a dále nesmírně důležitou schopnost retence vody. I pravidelná aplikace digestátů a kejdy přispívává k mírnému zvýšení Cox, glomalinu, CTOC, porovnáváme-li výsledky s minerálně hnojenou variantou či kontrolou.

Vypočítaný poměr C:N ukazuje na rozdíly mezi pokusnými lokalitami, jen mírně mezi variantami. Čím je užší poměr C:N, tím jsou půdy biologicky aktivnější. Na základě předkládaných výsledků poměr C:N v půdě hodnotíme (Sotáková, 1982) jako střední v Hradci a na Lípě (je-li C:N 8 - 10), jako vyšší v Jaroměřicích (je-li C:N 5 - 8).

Tab. 7.8: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty, **Hradec n. Svitavou**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n = 4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,21	1,69	3,58	4,35	1,85	7,9
2.LAV	0,21	1,69	3,69	4,34	1,86	8,0
3.Kejda Lípa	0,22	1,74	3,74	4,42	1,91	8,0
4.DG Lípa	0,22	1,72	3,88	4,50	1,89	7,9
5.DG Opatov	0,22	1,74	3,81	4,52	1,90	8,0
6.Kompost	0,22	1,76	4,27	4,55	1,92	8,0

Tab. 7.9: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty, **Jaroměřice n. Rokytinou**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n = 4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,15	0,85	3,43	4,54	1,07	5,9
2.LAV	0,15	0,93	3,34	4,61	1,05	6,2
3.Kejda Lípa	0,15	0,93	3,50	4,52	1,06	6,3
4.DG Lípa	0,15	0,91	3,14	4,58	1,03	6,2
5.DG Opatov	0,16	0,91	3,09	4,63	1,05	5,8
6.Kompost	0,18	1,02	4,17	4,75	1,17	5,8

Tab. 7.10: Průměrné hodnoty parametrů organické hmoty, **Lípa**

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n = 4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,21	1,33	2,56	5,34	1,52	6,4
2.LAV	0,20	1,48	2,57	5,38	1,63	7,4
3.Kejda Lípa	0,20	1,43	2,66	5,31	1,58	7,3
4.DG Lípa	0,20	1,40	2,84	5,27	1,56	7,1
5.DG Opatov	0,20	1,49	3,11	5,27	1,66	7,4
6.Kompost	0,21	1,50	3,84	5,25	1,68	7,2

Definice hodnocených parametrů

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

7.4 Hodnocení změn obsahu minerálního dusíku

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

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

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

V kapitolách 7.4.1 - 7.4.3 jsou zhodnoceny tři termíny odběru $N_{\min}$ v ornici v horizontu 0 - 30 cm. První termín vzorkování byl brzy na jaře před přihnojením, aby se ověřilo, jak velké množství zůstalo z předcházejícího roku. Druhý termín byl 6 týdnů po hnojení a poslední před zámrzem půdy v prosinci 2022.

Pracovní kritéria pro hodnocení dusičnanové formy dusíku vycházejí z rozsáhlé studie (Trávník, 1995) a zohledňují nadmořskou výšku hodnocené lokality (tab. 7.12).

Tab. 7.11: 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

7.4.1 $N_{\min}$ termín brzy na jaře

Průměrný obsah minerálního dusíku $N_{\min}$ (tab. 7.11) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře (před jarním přihnojením pšenice) v orniční vrstvě 0 - 30 cm velmi nízké obsahy od 4,6 (kontrola) do 5,1 (LAV) mg/kg. Pohotový obsah dusíku v ornici dosahoval 23,2 kg N/ha u

varianty s LAV. Rozdíly v zásobě dusíku po zimě (2021/22) byly u variant hnojených digestáty, kejdou i kompostem velmi vyrovnané (17,3 - 19,3 kg N/ha).

Obsah nitrátového dusíku (tab. 7.13) se hodnotí podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic obsah N-NO_3^- hodnotíme jako velmi bezpečný, tedy bez environmentálního rizika. Úroveň amonné formy dusíku N-NH_4^+ byl vyrovnaný bez rozdílu mezi variantami.

Tab. 7.12: Obsah N min - brzy na jaře před regeneračním hnojením (n = 4)

Varianty hnojení	Obsah Nmin 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	3,9	17,5	6,6	29,9	3,3	14,9	4,6	20,8
2.LAV	5,2	23,2	5,8	26,0	4,3	19,5	5,1	22,9
3.Kejda Lípa	4,7	21,2	3,9	17,5	4,0	17,8	4,2	18,8
4.DG Lípa	4,5	20,1	3,3	14,8	3,8	16,9	3,9	17,3
5.DG Opatov	4,6	20,8	4,4	19,6	3,9	17,6	4,3	19,3
6.Kompost	4,9	21,9	4,7	21,0	4,1	18,3	4,6	20,4

Tab. 7.13: Obsah N-NO_3^- a N-NH_4^+ - brzy na jaře před regeneračním hnojením (n = 4)

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	1,4	2,7	1,4	1,8
2.LAV	2,7	4,9	2,7	3,4
3.Kejda Lípa	2,5	3,3	2,5	2,8
4.DG Lípa	2,1	2,8	2,1	2,3
5.DG Opatov	2,4	3,6	2,4	2,8
6.Kompost	2,6	4,0	2,6	3,1
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	2,5	0,9	2,2	1,9
2.LAV	2,5	9,5	2,1	4,7
3.Kejda Lípa	2,3	3,5	1,9	2,6
4.DG Lípa	2,3	3,3	2,0	2,5
5.DG Opatov	2,2	5,9	1,9	3,3
6.Kompost	2,3	1,0	1,9	1,7

7.4.2 Nmin termín 6 týdnů po hnojení

Bezprostřední vliv minerálního a organického hnojení na obsah N min byl hodnocen u vzorků odebraných 6 týdnů po jejich aplikaci. V tomto termínu se hnojení LAV projevilo jako rizikové z pohledu nitrátové formy N v Jaroměřicích, kdy N min dosáhl 31,8 mg/kg, což v přepočtu činí 143,3 kg N/ha. Varianty hnojené kejdou, digestáty a kompostem se uplatnily na všech lokalitách velmi podobně, v průměru mezi 4,8 - 6,1 N min

mg/kg. Nitrátový dusík je hodnocen u všech variant jako velmi bezpečný. Výjimkou je výše uvedená varianta LAV v Jaroměřicích, kde došlo ke hromadění nitrátového dusíku, jehož obsah je hodnocen jako rizikový (tab. 7.14).

Tab. 7.14: Obsah N min - 6. týdnů po hnojení (n = 4)

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	3,7	16,8	2,1	9,6	4,6	20,9	3,5	15,8
2.LAV	8,8	39,8	31,8	143,3	5,9	26,5	15,5	69,9
3.Kejda Lípa	5,6	25,4	6,7	29,9	3,6	16,1	5,3	23,8
4.DG Lípa	4,6	20,5	6,6	29,8	3,5	15,8	4,9	22,0
5.DG Opatov	4,1	18,4	9,7	43,4	4,4	19,7	6,1	27,2
6.Kompost	4,1	18,3	3,4	15,4	6,8	30,4	4,8	21,4

Tab. 7.15: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ - 6. týdnů po hnojení (n = 4)

Varianty hnojení	N-NO ₃ ⁻ (mg/kg) v sušině - horizont 0 - 30 cm			
	Hradec n. Svit. 460 m n. m.	Jaroměřice n. R. 425 m n. m.	Lípa 505 m n. m.	Průměr
1.Nehnojeno	1,0	1,2	0,8	1,0
2.LAV	3,3	22,4	3,1	9,6
3.Kejda Lípa	2,2	3,2	1,4	2,3
4.DG Lípa	2,0	3,3	0,9	2,1
5.DG Opatov	1,9	3,7	2,4	2,7
6.Kompost	1,7	2,4	3,3	2,5
Hodnocení				
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	2,7	0,9	3,8	2,5
2.LAV	5,5	9,5	2,8	5,9
3.Kejda Lípa	3,4	3,5	2,2	3,0
4.DG Lípa	2,5	3,3	2,6	2,8
5.DG Opatov	2,2	5,9	2,0	3,4
6.Kompost	2,3	1,0	3,5	2,3

7.4.3 Nmin dusíku před zámrazem

Průměrný obsah minerálního dusíku před zámrazem půdy byl na všech stanicích u variant organicky hnojených nízký a vyrovnaný, v průměru od 3,1 do 4,6 mg/kg. Reziduální dusík nacházející se v půdě před zimním obdobím po organickém hnojení byl v průměru 14 - 20,8 kg N/ha. I na variantě LAV bylo sklizní odčerpáno a mineralizováno podstatné množství dusíku a rezidua se nelišila od úrovně zásoby dusíku na jaře před hnojením.

Tab. 7.16: Obsah N min - před zámrzem půdy (n = 4)

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	4,2	18,8	2,7	12,3	4,2	18,8	3,7	16,6
2.LAV	5,6	25,1	3,3	15,1	4,7	21,0	4,5	20,4
3.Kejda Lípa	4,1	18,5	2,7	12,3	2,5	11,3	3,1	14,0
4.DG Lípa	5,0	22,4	2,5	11,1	3,8	17,2	3,8	16,9
5.DG Opatov	3,0	13,5	2,8	12,7	3,6	16,4	3,1	14,2
6.Kompost	4,3	19,2	1,8	8,2	7,8	34,9	4,6	20,8

Tab. 7.17: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ - před zámrzem půdy (n = 4)

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	2,4	2,7	2,1	2,4
2.LAV	3,4	3,3	2,6	3,1
3.Kejda Lípa	2,6	2,7	0,5	1,9
4.DG Lípa	2,9	2,5	1,7	2,4
5.DG Opatov	1,7	2,8	1,2	1,9
6.Kompost	1,9	1,8	4,3	2,7
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	1,7	<0,2	2,1	1,9
2.LAV	2,2	<0,2	2,1	2,2
3.Kejda Lípa	1,6	<0,2	2,0	1,8
4.DG Lípa	2,1	<0,2	2,2	2,2
5.DG Opatov	1,3	<0,2	2,5	1,9
6.Kompost	2,3	<0,2	3,4	2,9

V termínu odběru před zimním obdobím byl u všech variant (tab. 7.17) N-NO₃⁻ na úrovni velmi bezpečného nebo ojediněle bezpečného obsahu. Riziko na ztrátách nitrátů se tedy neprokázalo. V Jaroměřicích byl obsah amonné formy dusíku na mezi stanovitelnosti, na zbývajících dvou stanovištích byly obsahy nízké, poměrně vyrovnané mezi variantami.

8 Fyzikální vlastnosti půdy

Vodostálost půdních agregátů a struktura půdy byla stanovena v laboratoři Výzkumného ústavu pícninářského v Troubsku. Vzorky byly odebrány po sklizni pšenice, výsledky tedy reprezentují stav půdy po ukončení 2. osevních postupů.

8.1 Vodostálost půdních agregátů

Vodostálost agregátů (VPA) je významným ukazatelem stability půdní struktury odolávat rozplavovacímu účinku vody a mechanickému tlaku. Agronomicky kvalitní agregáty mají minerální částice spojeny tmelem tvořené jílovými minerály a koloidními humusovými látkami. VPA je závislá na půdním typu a druhu, obsahu organických látek, mikrobiologické aktivitě půdy, hnojení, způsobu zpracování půdy, popřípadě vegetačním pokryvu, ale i dynamice počasí.

Tab. 8.1: Průměrná vodostálost půdních agregátů (n = 3)

Varianty hnojení	Vodostálost půdních agregátů			
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr
1.Nehnojeno	13,0 VN	22,0 N	16,8 VN	17,5 VN
2.LAV	21,1 N	32,8 N	24,5 N	26,9 N
3.Kejda Lípa	35,2 S	42,9 S	37,4 S	39,0 S
4.DG Lípa	34,0 S	45,8 S	33,6 N	39,9 S
5.DG Opatov	29,1 N	46,7 S	39,4 S	37,9 S
6.Kompost	37,1 S	51,7 V	35,5 S	44,4 S

Vodostálost půdních agregátů u kontroly vykazovala velmi nízkou hodnotu nebo nízkou a kvalitu struktury shodně na všech stanovištích (tab. 8.1). Rovněž minerální hnojení na všech lokalitách vykazuje nízké VPA. Očekávané zvýšení vodostálosti se projevilo ve velké míře po aplikaci kejdy i digestátů a je hodnoceno střední úrovní. Opakované hnojení kompostem se pozitivně promítlo v Jaroměřicích, kde VPA dosahuje vysoké úrovně. Digestáty, kejda a zejména kompost se v podmínkách pokusu projevily jako materiály podporující tvorbu tmelících složek agregátů, které souvisí rovněž s vyšší mikrobiální činností půdy.

Tab. 8.2: Hodnocení vodostálosti půdních agregátů (Bártlová, 2013)

kategorie vodostálosti	zkratka	hodnocení
velmi nízká	VN	pod 18
nízká	N	18,1-34
střední	S	34,1-50
vysoká	V	50,1-66,0
velmi vysoká	VV	nad 66,1

8.2 Půdní struktura

Koeficient strukturnosti (KS) udává poměr mezi agronomicky cennými agregáty o průměru 0,25 - 10 mm a méně cennými strukturními agregáty. KS vyjadřuje poměr mezi strukturními agregáty a zbytkem půdy v půdním profilu. Čím je podíl agronomicky hodnotných agregátů vyšší, tím je i vyšší koeficient strukturnosti. Proschlé vzorky zeminy byly přesáty na sítích s průměry ok 10, 5, 2, 0,5 a 0,25 mm, následně byl vypočítán KS.

$$\text{Koeficient strukturnosti} = \frac{\sum \% \text{ agregátů velikosti } 10 - 0,25 \text{ mm}}{\sum \% \text{ agregátů velikosti } > 10 \text{ mm}}$$

Půdní struktura hodnocená koeficientem strukturnosti v Hradci u všech variant odpovídala nízkým hodnotám, blízkým 1, což je charakterizuje jako půdy bezstrukturní a zhutnělé. Slabě nebo střední vyvinutou strukturu pozorujeme v Jaroměřicích, koeficient struktury se stupňoval od variant hnojených kejdou, digestáty až po variantu s kompostem v rozpětí od 2,15 - 2,89. Na půdách v Lípě byla zjištěna nejlepší půdní struktura, po organickém hnojení byl vypočítán koeficient od 5,34 do 6,16, což tyto půdy řadí do struktury vysoké. Z výsledků můžeme konstatovat, že dlouhodobé hnojení organickými hnojivy s rychle uvolnitelným dusíkem a kompostem zlepšilo strukturu půdy na Lípě proti variantě s LAV a v Jaroměřicích oproti kontrole.

Tab. 8.3: Průměrný koeficient strukturnosti (n = 3)

Varianty hnojení	Koeficient strukturnosti			
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr
1.Nehnojeno	0,86	1,65	5,39	2,63
2.LAV	1,21	2,64	3,82	2,72
3.Kejda Lípa	1,12	2,15	6,16	3,14
4.DG Lípa	0,89	2,57	5,41	2,96
5.DG Opatov	0,95	2,74	5,64	3,11
6.Kompost	0,89	2,89	5,34	3,04

Tab. 8.4: Pracovní hodnocení koeficientu strukturnosti

Hodnocení koeficientu strukturnosti	hodnocení
velmi nízký	pod 0,5
nízký	0,5 - 2
střední	2 - 5
vysoký	5 - 10
velmi vysoký	nad 10

Poznámka: Slovní hodnocení kategorií není zavedeno, pro přehlednost uvádíme název kategorie totožný jako v případě VPA.

9 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku

Půdní vzorky pro účely mikrobiologického šetření byly odebrány v Jaroměřicích n. Rokytnou dne 19.4. 2022, tj. 26 dní od poslední aplikace hnojiv, ze všech parcel z hloubky 0 - 30 cm. Cílem bylo zjistit, jak opakovaná aplikace testovaných hnojiv ovlivňuje vybrané mikrobiální a chemické parametry půd (tab. 9.2). Analýzy byly provedeny v laboratoři NRL ÚKZÚZ.

9.1 Zhodnocení mikrobiologických analýz r. 2022

U všech hodnocených parametrů, kde byl detekován signifikantní rozdíl mezi variantami hnojení (kromě $t_{peakmax}$), byly nejnižší hodnoty nalezeny u kontroly a u LAV. I když rozdíly mezi variantami hnojení nebyly vždy statisticky signifikantní, tak výsledky potvrzují, že obecně aplikace testovaných organických materiálů do půdy ovlivňuje mikrobiální a chemické parametry navázané na procesy akumulace a mineralizace C. Kontrola a LAV se mezi sebou

lišily pouze v parametru WSN. To naznačuje, že minerální hnojení nemá oproti kontrole na stanovené parametry téměř žádný vliv. Varianty hnojené oběma typy digestátů se mezi sebou v žádném hodnoceném parametru nelišily. Digestáty s mírně odlišným původem a složením ovlivňovaly půdní mikroorganismy a parametry podobným způsobem.

Bazální respirace (R_B), která popisuje celkovou mikrobiální aktivitu a dostupnost labilní frakce organické hmoty, byla 26 dní od hnojení signifikantně vyšší po hnojení kejdou, digestátem Lípa a kompostem oproti kontrole. Z toho vyplývá, že tyto materiály představují pro půdní mikroorganismy vhodný zdroj organických látek, protože se mikrobiální biomasa C_{bio} zvýšila. C_{bio} se průkazně lišila od kontroly po hnojení kompostem. Z toho plyne, že mikroorganismy jsou schopné tyto organické materiály využít pro svůj energetický metabolismus i pro nárůst své biomasy.

Substrátem indukovaná respirace (R_S), která je ekvivalentem a měřítkem mikrobiální biomasy, se na rozdíl od mikrobiální biomasy stanovené fumigačně-extrakční metodou (C_{bio}) mezi variantami nelišila. C_{bio} detekuje jak aktivní, tak neaktivní mikroorganismy, zatímco R_S je fyziologickým odhadem aktivních mikrobů, kteří dokážou reagovat na dodaný substrát. Z tohoto vyplývá, že půda po každoroční aplikaci rozdílných organických materiálů oživuje mikrobiální společenstvo rozdílného fyziologického složení s různým poměrem R_S/C_{bio} . Rozdílnému fyziologickému stavu mikrobiálních společenstev odpovídá i *mikrobiální růst*, který byl detekován jako zkrácení doby do dosažení maximální růstové rychlosti ($t_{peakmax}$) při měření růstových křivek po kejdě, digestátu Lípa a kompostu proti kontrole. Toto zjištění vysvětluje adaptaci mikroorganismů na vstup snadno využitelného organického substrátu. Nejnižší bylo $t_{peakmax}$ po kompostu. U této varianty jako u jediné byly zaznamenány signifikantně vyšší hodnoty specifické růstové rychlosti (μ). Parametry $t_{peakmax}$ a μ ukazují, že hnojení kompostem vedlo k posunu mikrobiálního společenstva k tzv. *r*-strategii, tj. k mikroorganismům s kratší generační dobou a využívající spíše snadno rozložitelné organické látky. Překvapivé je, že tento efekt byl zaznamenán u varianty s kompostem, který je oproti ostatním testovaným hnojivům spíše stabilnější, hůře rozložitelnou organickou hmotou s postupným uvolňováním organického C. Možným vysvětlením je dvojnásobně vyšší dávka N dodaného v kompostu, tedy i organické hmoty oproti ostatním materiálům, z důvodu kategorie hnojiva s pomalu uvolnitelným dusíkem.

Vodou extrahovatelný C (WSC) a C extrahovatelný K_2SO_4 (C_{ext}) jsou parametry představující labilní, mikroorganismy snadno využitelnou frakci C půdní organické hmoty. Hnojení kompostem v porovnání s kontrolou má za následek vyšší hodnoty WSC a C_{ext} . To naznačuje, že kompost dokáže zvyšovat frakci organické hmoty (tvořenou např. aminokyselinami, jednoduchými cukry), která je pak přístupná jako snadno využitelný zdroj C a energie pro půdní mikroorganismy. WSC je statisticky průkazně vyšší ve všech variantách s organickým hnojením oproti půdě s LAV. WSC jako nejlabilnější forma organického C dokáže nejlépe indikovat různou povahu aplikovaných hnojiv s přesahem do mikrobiálních přeměn C. Oproti WSC a C_{ext} je horkou vodou extrahovatelný C (HWSC) již vysokomolekulární formou labilní frakce C, která je pro půdní mikroorganismy dostupná hůře a její obsah v půdě podléhá pomalejším změnám. Z tohoto důvodu nebyly pravděpodobně nalezeny signifikantní rozdíly v HWSC mezi jednotlivými variantami hnojení. Analogickým parametrem k WSC je *vodou extrahovatelný N (WSN)*. I u tohoto parametru byly signifikantní rozdíly mezi variantami, přičemž WSN byl u varianty LAV přibližně čtyřikrát vyšší než u ostatních variant. U jiných parametrů podobný trend nebyl zřejmý, což ukazuje, že vysoký obsah WSN varianty LAV je oproti ostatním parametrům silně ovlivněn hnojením snadno dostupným minerálním N. Minerální hnojení se však již nepromítlo do *horkou vodou extrahovatelného N (HWSN)*, který již představuje vysokomolekulární frakci labilní formy organického N s horší dostupností pro mikroorganismy (ve srovnání s WSN). V tabulce 9.1 jsou uvedeny průměry, výsledky Tukey testu a směrodatné odchylky (s.d.). Odlišná písmena u

Tukey testu indikují statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení ($p < 0,05$).

9.2 Zhodnocení mikrobiologických analýz 2. osevního sledu

V průběhu celého osevního sledu byly každý rok odebrány půdní vzorky 21 - 26 dní po aplikaci hnojiv. A to i v roce 2020, kdy se hnojiva neaplikovala. Ve všech vzorcích se prováděly stejné mikrobiologické a chemické analýzy, aby se srovnatelným způsobem porovnála odpověď mikroorganismů na opakované hnojení různými materiály. Výjimkou byl rok 2021 navíc po sklizni, aby bylo možné popsat, jak se v průběhu vegetační sezóny po hnojení mění mikrobiální a chemické parametry související s množstvím a kvalitou půdní organické hmoty.

V každém roce byly pozorovány ne zcela shodné výsledky, způsobené mezi ročníkovými odchylkami. Některé parametry vykazují v průběhu let citlivou a konzistentní odezvu na testované hnojení. V tomto ohledu jde především o C_{ext} a WSC, které charakterizují labilní formu půdní organické hmoty a jejich obsahy byly zpravidla vyšší v půdách hnojených organickými materiály, a to hlavně kompostem. Zvýšené hodnoty těchto parametrů byly pozorovány i v posklizňových vzorcích v roce 2021. Některé parametry se v průběhu let chovaly nekonzistentně (např. R_B , C_{bio}). Mikrobiální parametry závisí na více faktorech; srážky či teplota se mohou v různých letech u variant projevit odlišně. Zajímavé bylo zhodnocení respiračních růstových křivek a na ně navázaných mikrobiálních parametrů μ a $t_{peakmax}$. Z počátku osevního sledu se rozdíly v μ a $t_{peakmax}$ mezi variantami hnojení nacházely spíše sporadicky, v pozdějších letech bylo čím dál více patrné, že se mikrobiální společenstva pod vlivem organických hnojiv posouvají k tzv. *r*-strategii. Jde o rychlejší růst mikroorganismů, tedy adaptaci na snadno rozložitelné substráty. Ukázalo se, že se u mikroorganismů projevuje kumulativní účinek aplikovaných materiálů, nejvíce opět v půdách hnojených kompostem.

Při vzájemném srovnání hnojiv se ukazuje, že kompost je sice obtížněji rozložitelný materiál, ale mikroorganismy jej dokážou využít. Jeho vliv se díky pomalejšímu rozkladu v čase kumuluje a v průběhu let se v půdě projevuje součet jeho každoročních dávek a variantou s nejvýznamnějším účinkem. Kompost náleží do kategorie hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, proto v přepočtu na bilanční dávku dusíkatého hnojení ve srovnání s ostatními hnojivy byl aplikován ve dvojnásobné dávce. Na rozdíl od kompostu je kejda zdrojem spíše labilních forem organického C. Kejdu tak mikroorganismy rychle spotřebovávaly a část využily na tvorbu své biomasy. Digestáty představují pro mikroorganismy již málo využitelný zdroj organického uhlíku a vliv obou testovaných digestátů se mezi sebou příliš nelišil.

U vzorků odebraných v roce 2020, kdy se hnojiva neaplikovala se stanovené mikrobiální a chemické parametry mezi jednotlivými variantami hnojení téměř nelišily. Doba přibližně jednoho roku od poslední aplikace hnojiv stačila k tomu, aby se setřely rozdíly mezi variantami. To znamená, že i když se hnojení každoročně opakovalo a kumulativní účinek hnojiv byl pozorovatelný čím dál více zřetelněji, tak odpověď analyzovaných parametrů na aplikované materiály je asi spíše krátkodobá (sezónní) a mikroorganismy jsou vůči zásahům resilientní.

Tab. 9.1: Výsledky analýz půdy 26 dní po hnojení ($n = 4$)

Parametr	výpočet	Kontrola	LAV	Kejda Lípa	DG Lípa	DG Opatov	Kompost
R _B (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)	průměr	1,02	1,22	1,66	1,81	1,26	1,64
R _S (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)		16,8	15,9	19,5	20,0	16,0	21,1
C _{bio} (μg C g ⁻¹)		111	124	142	145	129	170
C _{ext} (μg C g ⁻¹)		19,2	20,2	22,3	25,1	22,5	28,3
WSC (μg C g ⁻¹)		154	129	175	175	197	200
WSN (μg N g ⁻¹)		12,2	59,3	15,8	15,5	15,4	15,3
HWSC (μg C g ⁻¹)		438	462	459	473	384	427
HWSN (μg N g ⁻¹)		43,0	55,2	48,8	49,6	37,1	45,9
μ (h ⁻¹)		0,145	0,147	0,168	0,164	0,163	0,191
t _{peakmax} (h)		28,4	27,6	25,1	24,9	26,1	23,3
R _B (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)	Tukey test	a*	ab	bc	c	ab	ab
R _S (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)		.*	.	.	.	.	.
C _{bio} (μg C g ⁻¹)		a	ab	bc	bc	ab	c
C _{ext} (μg C g ⁻¹)		a	ab	ab	ab	ab	b
WSC (μg C g ⁻¹)		ab*	a	bc	bc	c	c
WSN (μg N g ⁻¹)		a*	b	a	a	a	a
HWSC (μg C g ⁻¹)		.*	.	.	.	.	.
HWSN (μg N g ⁻¹)		.*	.	.	.	.	.
μ (h ⁻¹)		a*	ab	ab	ab	ab	b
t _{peakmax} (h)		c*	bc	ab	ab	ac	a
R _B (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)	s.d.	0,125	0,127	0,234	0,544	0,052	0,165
R _S (μg O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)		5,04	1,80	1,47	3,38	0,84	2,01
C _{bio} (μg C g ⁻¹)		18,6	13,2	19,8	9,0	11,3	19,4
C _{ext} (μg C g ⁻¹)		1,94	2,81	4,60	5,77	2,97	3,16
WSC (μg C g ⁻¹)		3,3	4,8	8,5	10,8	27,8	13,2
WSN (μg N g ⁻¹)		2,1	33,8	1,4	2,3	2,3	2,4
HWSC (μg C g ⁻¹)		22,0	47,5	82,8	91,4	26,1	22,8
HWSN (μg N g ⁻¹)		7,7	13,2	9,8	14,4	2,9	1,5
μ (h ⁻¹)		0,036	0,012	0,011	0,006	0,003	0,017
t _{peakmax} (h)		3,34	1,45	0,38	0,67	0,46	0,55

* U označených parametrů byla před Tukey testem provedena logaritmická transformace dat kvůli požadavkům na normalitu/homogenitu variancí.

Tab. 9.2: Popis mikrobiologických parametrů

Parametr	Zkratka	Definice významu
C mikrobiální biomasy	C _{bio}	Schopnost mikroorganismů využít organické sloučeniny pro syntézu biomasy, pro stanovení C v roztoku byla použita metoda s dichromanem
Extrahovatelný C (0,5 M K ₂ SO ₄)	C _{ext}	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce C v SOM, výsledky jsou vedlejším produktem analýzy C _{bio}
Bazální respirace	R _B	Celková mikrobiální aktivita, stanovuje se pomocí měřící hlavice OxiTop jako pokles tlaku při spotřebě O ₂
Substrátem indukovaná respirace, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	R _S	Charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstup rychle rozložitelného substrátu, stanovuje se pomocí měřící hlavice OxiTop jako pokles tlaku při spotřebě O ₂
Specifická růstová rychlost, jako substrát glukosa s přidavkem N, P	μ	Hodnota odráží frakci mikrobiální biomasy zdvojenou během růstu po přidavku substrátu (glukosa s přidavkem N, P) za jednotku času, stanovuje se pomocí respiračních růstových křivek
Doba do dosažení maximální růstové rychlosti po přidavku substrátu	t _{peakmax}	stanovuje se pomocí respiračních růstových křivek
Vodou extrahovatelný C	WSC	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce C v SOM, tvořená zejména nízkomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
Vodou extrahovatelný N	WSN	Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce N v SOM, tvořená zejména nízkomolekulárními sloučeninami, N stanoven jako celkový organický N (TON)
Horkou vodou extrahovatelný C	HWSC	Zahrnuje mikrobiální biomasu a labilní frakci SOM, tvořená zejména vysokomolekulárními sloučeninami, C stanoven jako celkový organický C (TOC)
Horkou vodou extrahovatelný N	HWSN	Zahrnuje mikrobiální biomasu a labilní frakci SOM, tvořená zejména vysokomolekulárními sloučeninami, N stanoven jako celkový organický N (TON)

10 Závěry

Závěrečná zpráva předkládá výsledky dlouhodobé polní zkoušky založené na třech stanovištích ve zranitelné oblasti. Zkouška ověřuje účinnost hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem, dvou digestátů, kejdy proti kompostu s pomalu uvolnitelným dusíkem. Srovnání těchto materiálů je vztahováno oproti minerálnímu hnojivu LAV a nehnojené kontrole

Sklizňové výsledky pšenice

- projevila se rozdílnost stanovišť, výše výnosů je v tomto pořadí Jaroměřice >Hradec >Lípa
 - nejvyšší průměrný výnos pšenice 8,58 t/ha byl dosažen po minerálním hnojení v Jaroměřicích, v průměru tří stanic 6,83 t/ha
 - hnojení digestáty a kejdou působilo shodně (5,5 - 5,6 t/ha), avšak v průměru o 20 % slaběji než LAV
 - hnojení kompostem výnos zrna (4,53 t/ha) zvýšilo oproti kontrole o 20 %
- Výnosy 2. osevního sledu*
- průměrný výnos plodin ve 2. osevním sledu hnojených kejdou a digestáty v Hradci byl shodný s variantou hnojenou LAV
 - v Jaroměřicích organická hnojiva vykazala výnos oproti LAV v osevním postupu o 15 - 18 % nižší, vysvětlením je poměrně vysoká účinnost LAV na tomto stanovišti
 - na Lípě hnojení kejdou a digestáty výnosy plodin proti LAV snižovalo o 5 - 11 %
 - aplikace kompostů ve všech letech působila lépe než kontrola, vyšší vliv na výnos se projevila v Hradci

Statistické zhodnocení výnosů pšenice

- statisticky vysoce průkazný vliv na výnos mělo u pšenice minerální hnojení LAVem
- průkazné rozdíly na výnos pšenice mezi digestáty a kejdou nebyly zjištěny
- statisticky průkazné rozdíly byly mezi kompostem a LAVem

Výnosy 2. osevního sledu

- souhrnným statistickým zpracováním tří stanovišť se průkaznost hnojení mezi LAV, kejdou, s digestáty neprokázala
- průkazně nižší vliv na výnos všech plodin měla kontrola
- kompost průkazně zvýšil výnos proti nehnojené kontrole

Odběr živin a efektivita dusíku

- průměrné odčerpání N zrnem pšenice po kejdě a digestátech bylo hodné 73 - 74 kg/ha
- varianta s kompostem odčerpala zrnem v průměru 57,7 kg N/ha
- po organickém hnojení byla podobná efektivita RE-N (16 - 17 %) oproti kontrole,
- po minerálním hnojení LAV dosáhla efektivita RE-N 46,6 %
- hnojení kompostem se vyznačovalo nejnižším využitím dodaného dusíku, RE-N 3%

Kvalitativní parametry pšenice

- do kvality zrna se lépe promítlo minerální hnojení, které vyhovělo normativním požadavkům na obsah N látek, objemové hmotnosti, Zeleného testu i čísla poklesu.
- organické hnojení včetně kompostu v podmínkách pokusu nedosáhlo na požadované kvalitativní ukazatele zrna, šrotu, mouky i kvality a vzhledu pečiva

Sklizňový index a utilizace dusíku

- hnojení digestáty a kejdou mírně zvyšovalo HI-N u obilovin a řepky
- nejvyšší utilizace U-N prokázalo hnojení LAV v průměru mezi 68 - 93 %, digestáty a kejda mezi 48 - 71 %
- utilizace U-N u varianty s kompostem dosáhla mezi 25 - 37 %

Bilance dusíku

- průměrná záporná bilance činila -49 kg N/ha u kontroly, po LAV -7 kg N/ha
- přebytek u organických hnojiv činil od 48 do 51 kg N/ha
- vzhledem ke dvojnásobné dávce dodaného N přebytek činí u kompostu 199 kg N/ha

Výměnná půdní reakce

- digestáty vzhledem se své povaze v Jaroměřicích a Hradci po dobu trvání pokusu pH nezvýšily, naopak na Lípě o 0,5 stupně pH vzrostlo
- hnojení kompostem mírně pH zvyšuje na všech třech stanovištích, nejvíce v Jaroměřicích o 0,5 stupně proti kontrole

Obsah přístupných živin a mikroelementů

- kompost zvýšil obsah fosforu do kategorie dobré zásoby v Jaroměřicích a Hradci, na Lípě do vyhovující
- digestáty, kejda a kompost se podílí na zvýšení obsahu K, Ca a Mg
- zásoba mikroelementů je většinou v kategorii středního obsahu
- obsah síty vykazuje nízký (JAR, LIP) nebo vyhovující obsah (HRA)

Organická půdní hmota

- kompost v Jaroměřicích zvýšil významně Cox na 1,02 % oproti kontrole 0,85 %
- glomalin, CTOC, Cox na všech stanovištích pozitivně ovlivnil kompost
- digestáty i kejda mírně zvyšují glomalin, CTOC, Cox, ve srovnání s LAV i kontrolou
- poměr C:N 8 hodnotíme jako střední v Hradci; na Lípě C:N 6 - 7; v Jaroměřicích C:N 5,8 - 6,3 hodnotíme jako vysoký, na žádném stanovišti se neprojevily rozdíly mezi variantami

Obsah minerálního dusíku před hnojením

- N min byl velmi nízký po organickém hnojení 4,2 - 4,6 mg/kg, tj. 17 - 20 kg N/ha
- po LAV byl zjištěn Nmin 5,1 mg/kg, tj. 22 kg N/ha
- N-NO₃⁻ byl bez rizika, tj. velmi bezpečný u všech variant a stanovišť

Obsah minerálního dusíku 6 týdnů po hnojení

- hnojení LAV zvýšilo nitrátovou formu N v Jaroměřicích na rizikový obsah, N min dosáhl 31,8 mg/kg, tj. 143,3 kg N/ha.
- hnojení kejdou, digestáty a kompostem se uplatnilo na všech lokalitách podobně, v průměru mezi N min 4,8 - 6,1 mg/kg
- nitrátový dusík u všech variant byl velmi bezpečný, kromě LAV v Jaroměřicích

Obsah minerálního dusíku před zámrazem

- N min byl po organickém hnojení nízký a vyrovnaný, v průměru 3,1 - 4,6 mg/kg, tj. 14 - 20,8 kg N/ha.
- na variantě LAV hnojené celkem 130 kg N/ha byl N min 4,5 mg/kg, tj. 20,4 kg N/ha
- N-NO₃⁻ byl na úrovni velmi bezpečného nebo ojediněle bezpečného obsahu, riziko úniku se neprokázalo

Fyzikální vlastnosti půdy

- kontrola a minerální LAV vykazují vodostálost agregátů velmi nízkou nebo nízkou kvalitu struktury shodně na všech stanovištích
- po digestátech, kejdě a kompostu VPA dosahuje střední úrovně, v Jaroměřicích vysoké
- koeficient strukturnosti byl u všech variant v Hradci nízký
- střední struktura byla zjištěna v Jaroměřicích, po hnojení kejdou, digestáty i kompostem
- na Lípě byla vysoká struktura, u všech variant s výjimkou LAV, po němž koeficient strukturnosti značně klesl

Mikrobiologické zhodnocení

- bazální respiraci signifikantně zvýšilo hnojení kejdou, digestátem Lípa a kompostem
- substrátem indukovaná respirace se mezi variantami nelišila
- kompost nejlépe ovlivnil vodou extrahovaný C
- všechny organické materiály průkazně zvýšily organický C jako WSC
- vodou extrahovatelný N (WSN) byl signifikantně vyšší u varianty s LAV, což dokresluje vliv snadno dostupného minerálního N

Závěrečné shrnutí

Digestát a kejda je za předpokladu správně naplánované dávky a způsobu aplikace kvalitním organickým hnojivem, které může zlepšit některé půdní vlastnosti a zajistit přijatelné výnosy. Přínosem je jejich bezvýznamné riziko ztrát N vyplavením do podzemních vod ve srovnání s minerálním hnojivem.

Komplexní pohled na účinnost by měl být posuzován ve dvou rovinách. První je vliv na výnos a kvalitativní parametry, u nichž se výrazně lépe prosazuje LAV, jeho využití na objem na tvorbu a objem výnosu je poměrně významné.

Druhý aspekt porovnání účinnosti organických hnojiv se opírá o jejich nezpochybnitelný vliv na zlepšení půdních vlastností. Z našich výsledků vyplývá, že jednoznačně lépe se projevují organická hnojiva na stabilizaci přístupných živin i pH a parametry půdní organické hmoty. Pokusná stanoviště se nachází ve zranitelné oblasti, proto je jejich předností, že i opakované použití doprovází bezpečné obsahy nitrátové formy dusíku bez rizika ztrát. Pravidelná aplikace organických hnojiv a zejména kompostu zlepšuje vodostálost půdních a agregátů a strukturu půdních částic, které mohou lépe od odolávat rozplavování při nadměrných srážkách. Organická hnojiva představují pro půdní mikroorganismy významný zdroj organických látek, který využívají pro svůj metabolismus a nárůst biomasy. Opakovanou aplikací se nejlépe projevuje kumulativní účinek kompostu na většinu hodnocených parametrů.

Minerální hnojivo je v tomto ohledu významné pouze při nárůstu vodou extrahovaného dusíku, u ostatních mikrobiologických parametrů byly zjištěny průkazně nižší nálezy.

11 Použitá literatura

1. BALÍK J., ČERNÝ J., KULHÁNEK M. 2012: Balance dusíku v zemědělství, Certifikovaná metodika, ČZU, Praha. ISBN 978-80-213-2329-2.
2. BARTOVÁ J. 2013: Makrostrukturní změny antropogenně zhutněných půd, Mendelu
3. KLÍR, J., KOZLOVSKÁ, L., HABERLE, J., MÜHLBACHOVÁ, G. Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech (4. akční program nitrátové směrnice 2016–2020)
4. HORÁKOVÁ V. (2016): Metodika zkoušek užité hodnoty pšenice, Národní odrůdový úřad, ÚKZÚZ
5. TRÁVNÍK K. (1995): Stanovené ekologicky únosných obsahů min. dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů, ÚKZÚZ Brno.
6. ZBÍRAL, J. a kol: Jednotné pracovní postupy: Analýza půd I, postup 2, postup 3.1 (UKZÚZ, NRL, 2001).
7. ZBÍRAL, J. a kol.: Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3. (UKZÚZ, NRL, 2005).
8. ZBÍRAL, J. a kol: Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3. (UKZÚZ, NRL, 2005).
9. KABÁTOVÁ N., ŠULOVÁ R., RYŠAVÝ J. a kol: Testování odrůd, ÚKZÚZ 2012. ISBN 978-80-7401-063-7.
10. ZBÍRAL J. a kol. (2011): Jednotné pracovní postupy: Analýza půd III. ISBN 978-80-7401044-6.

12 Fotodokumentace

Obr. 1: Varianta 6. kompost, stanoviště Hradec nad Svitavou, červen 2023



Obr. 2: Varianta 1. kontrola, stanoviště Hradec nad Svitavou, červen 2023



Obr. 3: Pohled na střídání variant 1 a 2, stanoviště Lípa, červen 2023

