

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



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

Výroční zpráva dlouhodobé stacionární zkoušky za rok 2024

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

Předkládá: Ing. Josef Svoboda, 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	6
3.1 Výnos zrna pšenice	6
3.2 Výnos slámy pšenice	7
3.3 Statistické zhodnocení výnosů pšenice	7
4 Anorganické rozborů rostlinných vzorků	9
4.1 Popis chemických metod pro analýzu rostlinných vzorků	9
4.2 Obsah makroelementů v zrně	9
4.3 Obsah makroelementů ve slámě	10
5 Kvalitativní vlastnosti zrna	11
5.1 Objemová hmotnost	11
5.2 Dusíkaté látky	12
5.3 Sedimentační Zelenyho test	12
5.4 Číslo poklesu	13
5.5 Obsah lepku	13
5.6 Hmotnost tisíce zrn	13
6 Účinnost hnojiv a bilance dusíku	14
6.1 Účinnost dusíku	15
6.2 Bilance dusíku	15
7 Agrochemické vlastnosti půdy	16
7.1 Popis chemických metod	16
7.2 Půdní reakce, obsah přístupných živin a mikroelementů	16
7.3 Hodnocení půdní organické hmoty	18
7.4 Hodnocení změn obsahu minerálního dusíku	20
8 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku	24
9 Závěr	26
10 Použitá literatura	28



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 2024 byl druhým rokem 3. osevního postupu, pěstovanou plodinou byla ozimá pšenice, odrůda Dagmar.

Tab. 1.1: Třetí osevní postup

Rok		osevní postup	kg/N/ha v LAV, digestátech, kejdě	kg/N/ha v kompostu
1.	2023	brambory rané (odr. Vysočina)	120	240
2.	2024	pšenice ozimá (odr. Dagmar)	120	240
3.	2025	kukuřice na siláž	150	300
4.	2026	ječmen jarní	120	240
5.	2027	hrách polní	40	80
6.	2028	ozimá pšenice	120	240

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 je odrůda s tvrdým endospermem, náleží do pekařské kategorie A pro výrobky z kynutých těst. 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 brambor na podzim 2023 byla na všech stanicích vyseta ozimá pšenice.

Hradec n. Svitavou: setí proběhlo dne 13.10. 2023, díky teplému období po výsevu pšenice dobře vzcházela. Podzim od října do prosince byl vlhký. Sněhová pokrývka se vyskytovala pouze sporadicky, a to v poslední dekádě listopadu a na začátku první a poslední dekady prosince. V období od ledna až do sklizně se střídaly sušší a vlhčí měsíce, pouze duben a červenec byly suché. V květnu byl dostatek srážek, v závěru vegetace (konec června a celý červenec) byly vysoké teploty a srážky sporadické a rostliny rychle dozrávaly. Sklizeň



proběhla 26. 7. 2024. V teplém a střídavě vlhkém období se vyskytovaly houbové choroby, tj. komplex listových skvrnitostí a abiotické skvrny, u variant 1 a 2. Padlí se vyskytlo ojediněle. Proti houbovým chorobám byla provedena dvě ošetření.

Jaroměřice n. Rokytanou: před setím a po setí bylo velké sucho (září 7,1 mm a říjen 13,8 mm). Srážky v říjnu neměly na vzcházení porostu téměř žádný vliv. První významné srážky přišly až 2. listopadu. Teprve potom pšenice začala velmi pomalu vzcházet, do 24. listopadu (kdy se výrazně ochladilo a skončila vegetace) vzešlo 75 - 80 % rostlin. Vzhledem k tomu, že porost vzešel až s nástupem zimy, nebyla na podzim provedena chemická ochrana proti přenašečům viróz ani proti plevelům. Zimní sezona byla nadprůměrně teplá a na srážky mimořádně bohatá. Může za to především extrémně teplý únor a srážkově nadprůměrný prosinec a únor. Pozdní vzcházení a vlivy počasí způsobily viditelné rozdíly mezi parcelami po zimě. Nejvíce nevyrovnané byly varianty 1, 5 a 6. Během sezóny se rozdíly srovnaly. Na jaře byla provedena ochrana proti plevelům. Jaro bylo srážkově pod normálem. V červnu přišly tři prudké bouřky. Po posledních dvou došlo k polehnutí varianty hnojení 2 ve všech opakování. Celkem za červen napršelo 101,3 mm. Sklizeň proběhla dne 23. 7. 2024.

Lípa: pokus byl zaset do vlhké a přiměřeně strukturní půdy a ihned uválen dne 12. 10. 2023. Zimní období bylo charakteristické nadprůměrnými teplotami, srážky byly většinou ve formě deště se sněhem. Jaro se vyznačovalo velmi proměnlivým počasím s dostatkem srážek. Duben byl srážkově podnormální, teplotně nadnormální. V květnu spadlo o 54 % více srážek nad dlouhodobý průměr. Červen byl teplotně v normálu, ale velmi suchý, srážek spadlo jen 43 % normálu. Červenec byl velmi teplý s lokálními vydatnými srážkami. Sklizeň proběhla za ideálního počasí dne 18. 7. 2024.

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 1.3 a 1.4.

Tab. 1.3: Měsíční úhrny srážek v r. 2023/2024

Stanoviště	Průměrné měsíční srážky (mm)												Σ roční
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Hradec n. Svit.													
suma srážek	9	41	81	73	42	48	40	21	98	61	45	61	620
měsíční normál	61	43	39	40	38	32	43	38	66	68	88	71	627
% normálu	15	95	208	183	111	150	93	55	148	90	51	86	99
Jaroměřice n. R.													
suma srážek	7	14	48	68	34	16	43	11	70	101	64	33	509
měsíční normál	55	38	33	27	24	19	30	29	61	65	72	63	516
% normálu	13	37	145	252	142	84	143	38	115	155	89	52	99
Lípa													
suma srážek	5	28	76	106	36	44	33	15	97	30	118	88	676
měsíční normál	51	39	37	33	35	26	35	28	63	70	81	81	579
% normálu	10	72	205	321	103	169	94	54	154	43	146	109	117



Tab. 1.4: Průměrné měsíční teploty v roce 2023/2024

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	16,3	11,2	4,1	2,2	-0,4	5,9	7,1	10,0	14,6	18,3	20,1	20,5	10,8
měsíční normál	12,7	7,9	3,3	-1,1	-2,2	-1,1	2,5	7,9	12,7	16,1	17,7	17,6	7,8
Jaroměřice n. R.													
prům teplota	17,9	11,4	4,4	2,2	0,5	6,3	7,4	10,6	15,1	19,0	21,2	22,0	11,5
měsíční normál	11,4	8,3	3,5	-0,7	-1,6	-0,3	3,6	9,0	13,7	17,5	19,3	19,0	8,6
Lípa													
prům. teplota	16,8	11,4	4,0	2,3	-0,4	5,8	6,8	10,3	14,3	18,3	19,9	20,3	10,8
měsíční normál	12,7	8,0	3,4	-0,6	-1,7	-0,6	3,0	8,2	12,7	16,2	17,8	17,6	8,1

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 a 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 ke stacionární zkoušce
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 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, hrách 40 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 žádnými 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. Digestáty pocházejí z bioplynové stanice Lípa u Havlíčkova Brodu a z Opatova, které zpracovávají kukuřičnou siláž, chlévskou mrvu a GPS. U organických hnojiv (digestáty, kompost a kejdy) se zjišťuje obsah základních živin, hodnota pH, organických látek a poměr C:N. Suroviny pro výrobu digestátů: DG Lípa - siláž, kejda skotu a DG Opatov - siláž, jetelotravní senáž, hnůj skotu, kejda prasat.

Podle vyhlášky č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů je *kejda* definována jako *statkové hnojivo*, *digestát* a *kompost* jako *organické*. Z důvodu zkrácení textu je používán pro všechny tři typy v hodnocení výsledků termín organické hnojivo.

2.2 Chemické složení použitých hnojiv a jejich dávky

Použitá organická hnojiva (digestáty a kejda), byla analyzována před dělenou aplikací na podzim 2023 (*30 kg N/ha) a na jaře 2024 (**100 kg N/ha) na obsah základních živin a sušiny.

Tab. 2.1: Chemické složení použitých hnojiv, podzim r. 2023

Použitá hnojiva	Chemické vlastnosti - obsah v sušině (%)							*dávka hnojiva (t/ha)
	sušina	pH/H ₂ O	C:N	celkový N	spalitelné látky min.	P ₂ O	K ₂ O	
3. Kejda Lípa	7,7	7,2	9,0	3,8	54,1	1,5	3,4	10,42
4. DG Lípa	7,1	8,1	4,41	6,6	58,2	2,4	5,1	6,45
5. DG Opatov	6,1	8,3	3,91	7,9	61,7	2,2	8,9	6,23
6. Kompost ⁺	65,7	8,0	9,38	1,6	30,0	0,9	1,8	34,77

Pozn: ⁺ bez dělené aplikace

Tab. 2.2: Chemické složení použitých hnojiv, jaro r. 2024

Použitá hnojiva	Chemické vlastnosti - obsah v sušině (%)							** dávka hnojiva (t/ha)
	sušina	pH/H ₂ O	C:N	celkový N	spalitelné látky min.	P ₂ O ₅	K ₂ O	
3. Kejda Lípa	8,87	8,2	9,12	3,76	68,55	5,97	2,36	26,98
4. DG Lípa	6,92	8,4	4,39	7,23	63,48	1,15	4,34	17,99
5. DG Opatov	5,48	8,2	3,66	8,75	64,11	1,02	8,30	18,77

**3 Sklizňové výsledky****3.1 Výnos zrna pšenice**

Mezi stanovišti jsou patrné značné rozdíly ve výnosu zrna, které odráží odlišný půdní potenciál, ale i rozložení a množství srážek, dále nadnormální průběh teplot během vegetace. Stejně jako v předcházejících letech byly vyšší výnosy dosaženy v Jaroměřicích, na druhém místě v Hradci. Třetí, tedy nejnižší pozici výnosů, obsazuje pravidelně stanoviště Lípa. Výnosy na minerálně hnojené variantě LAV jsou v průběhu let poměrně stabilní, v roce 2024 se pohybovaly od 5,6 do 8,27 t/ha. Digestáty a kejda poskytují na všech třech lokalitách shodně vyrovnané výnosy. V Jaroměřicích klesly výnosy o 10 - 15 % proti LAV, v Hradci o 8 - 17 %. Nejvyšší pokles výnosů variant organicky hnojených proti LAV až o 40 % byl zaznamenán na Lípě.

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

Varianty hnojení	Výnos opakování přepočtený na 14 % vlhkost				Průměr	Relativní srovnání (%)	
	A	B	C	D			
1.Nehnojeno	5,32	5,87	5,60	5,66	5,61	67,8	100
2.LAV	8,02	8,37	8,00	8,70	8,27	100	147,4
3.Kejda Lípa	6,83	7,31	6,74	7,10	7,00	84,6	124,8
4.DG Lípa	7,65	7,82	7,48	7,72	7,66	92,7	136,7
5.DG Opatov	7,43	7,47	7,31	7,60	7,45	90,1	132,8
6.Kompost	7,70	7,58	7,67	7,53	7,63	92,3	136,0

Tab. 3.2: 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	3,59	3,33	3,07	3,20	3,30	51,5	100
2.LAV	6,24	6,82	6,22	6,45	6,43	100	194,3
3.Kejda Lípa	4,17	3,99	3,64	3,92	3,93	61,2	118,9
4.DG Lípa	3,84	4,10	3,76	3,61	3,83	59,5	115,5
5.DG Opatov	4,23	4,16	3,98	3,70	4,02	62,4	121,2
6.Kompost	3,51	3,59	3,76	3,26	3,53	55,1	107,0

Tab. 3.3: 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	3,11	3,20	2,89	2,80	3,00	53,6	100
2.LAV	5,66	5,66	5,34	5,48	5,60	100	186,7
3.Kejda Lípa	4,64	5,07	4,47	4,32	4,63	82,7	154,3
4.DG Lípa	5,30	5,59	4,86	4,87	5,16	92,1	172,0
5.DG Opatov	5,18	5,36	4,87	4,70	5,03	89,8	167,7
6.Kompost	4,07	4,16	4,38	4,54	4,29	76,6	143,0

Hnojení kompostem v Jaroměřích poskytlo jen o 7,7 % nižší výnos proti LAV. V Hradci po kompostu klesl významně výnos (4,29 t/ha), tj. o 23,4 % méně ve srovnání s minerálním LAV, na Lípě (3,53 t/ha) ještě markantněji o 45 %. Výnosy všech organicky hnojených variant na Lípě jsou v úzkém rozpětí od 3,53 do 4,02 t/ha.



Pro srovnání uvádíme výnos odrůdy Dagmar hnojené 130 kg N/ha v odrůdových pokusech NOU v roce 2024. Lípa 6,09 t/ha, Jaroměřice 7,25 t/ha, Hradec (7,06 t/ha).

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

Varianty hnojení	Výnos přepočtený na 14 % vlhkost (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Jaroměř. n. R	Lípa	Hradec n. S.	Průměr		
1.Nehnojeno	5,61	3,30	3,00	3,97	58,6	100
2.LAV	8,27	6,43	5,60	6,77	100	170,5
3.Kejda Lípa	7,00	3,93	4,63	5,18	76,5	130,5
4.DG Lípa	7,67	3,83	5,16	5,55	82,0	139,8
5.DG Opatov	7,45	4,02	5,03	5,50	81,2	138,5
6.Kompost	7,63	3,53	4,29	5,15	76,1	129,7

3.2 Výnos slámy pšenice

Nejvyšší průměrný výnos slámy (tab. 3.5) dosáhla varianta hnojení LAV (6,92 t/ha). Naopak nejnižší po kompostu (5,21 t/ha). Organická hnojiva s rychle uvolnitelným N zvýšila výnos slámy o 22 - 42 % proti kontrole.

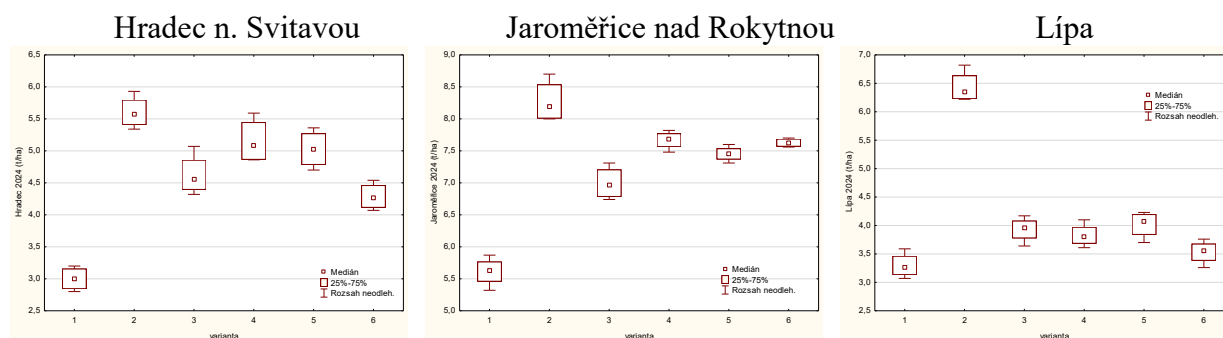
Tab. 3.5: Průměrný výnos SLÁMY ozimé pšenice, všechna stanoviště (n = 4)

Varianty hnojení	Výnos slámy přepočtený na 14 % vlhkost (t/ha)				Relativní srovnání (%)	
	Jaroměř. n. R	Lípa	Hradec n. S.	Průměr		
1.Nehnojeno	4,37	3,92	4,46	4,25	61,4	100
2.LAV	7,55	6,44	6,78	6,92	100	162,8
3.Kejda Lípa	5,87	4,71	6,26	5,61	81,1	132,0
4.DG Lípa	6,10	4,15	6,41	5,55	80,2	130,6
5.DG Opatov	6,82	4,87	6,48	6,06	87,6	142,6
6.Kompost	6,47	4,25	4,92	5,21	75,3	122,6

3.3 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 3.7.

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





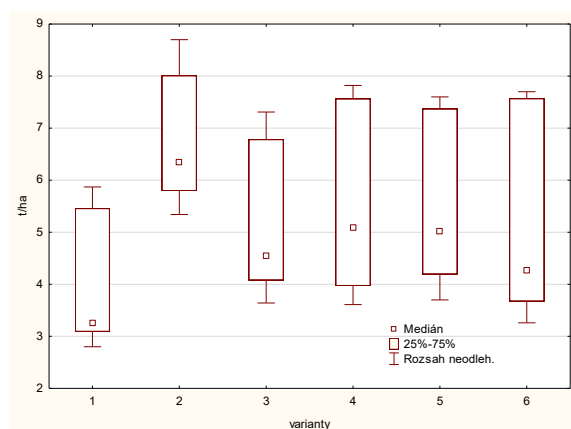
Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny mezi výnosy kontroly a minerálním hnojením. Mezi výnosy organicky hnojených variant včetně kompostu nejsou průkazné rozdíly (tab. 3.8).

Tab. 3.7: Deskriptivní statistika vlivu hnojení na výnos pšenice

Varianty hnojení	Průměr; směrodatná odchylka					
	Hradec n. Svitavou		Jaroměřice n. Rokytinou		Lípa	
1.Nehnojeno	3,00 ± 0,19	a	5,61 ± 0,23	c	3,29 ± 0,22	b
2.LAV	5,60 ± 0,25	c	8,27 ± 0,33	d	6,43 ± 0,28	c
3.Kejda Lípa	4,63 ± 0,32	ab	6,99 ± 0,26	b	3,93 ± 0,22	a
4.DG Lípa	5,16 ± 0,36	ac	7,66 ± 0,36	a	3,83 ± 0,21	a
5.DG Opatov	5,03 ± 0,30	ac	7,45 ± 0,12	ab	4,01 ± 0,24	a
6.Kompost	4,28 ± 0,21	b	7,62 ± 0,21	b	3,53 ± 0,21	ab

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

Tab. 3.8: Vícenásobné porovnání vlivu hnojení na výnos všechna stanoviště souhrnně



Varianty hnojení	průměrný výnos		Medián (Me)	standardní odchylka (±)
1	3,97	a	3,27	1,23
2	6,77	b	6,35	1,19
3	5,18	ab	4,35	1,39
4	5,55	ab	5,09	1,68
5	5,50	ab	5,03	1,52
6	5,15	ab	4,27	1,87

**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 spektrometr s indukčně vázaným plazmatem), (ZBÍRAL, 2005). Nejistota stanovení vyjadřující pološíři intervalu, ve kterém se s 95 % pravděpodobností nachází výsledek, činí pro P, K, Mg 10 %, Ca 50 %, N 4,5 %.

4.2 Obsah makroelementů v zrně

Na základě výnosu zrna, obsahu sušiny a obsahu celkového dusíku byl vypočítán odběr živin sklizenými produkty. Průměrný odběr N po minerálním hnojení dosáhl 118 kg/ha (tab. 4.4). Pšenice hnojená kejdou, oběma digestáty a kompostem vykázala téměř shodný odběr od 74 do 80 kg N/ha. Nehnojená kontrola odčerpala zrnem v průměru 56 kg N/ha.

Tab. 4.1: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ pšenice, Jaroměřice n. Rokytinou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah živin v sušině (%)					Průměrný odběr živin (kg/ha)				
		N	P	K	Mg	Ca	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,0	1,61	0,38	0,40	0,12	0,05	78	18	19	5,7	2,4
2.LAV	87,4	2,15	0,35	0,35	0,13	0,05	153	25	25	9,0	3,6
3.Kejda Lípa	87,3	1,73	0,38	0,38	0,12	0,05	104	23	23	7,2	3,0
4.DG Lípa	87,1	1,78	0,39	0,38	0,12	0,05	117	26	25	7,9	3,3
5.DG Opatov	87,1	1,72	0,37	0,38	0,12	0,05	110	24	25	7,6	3,2
6.Kompost	87,0	1,84	0,38	0,39	0,12	0,05	121	25	26	8,1	3,3

Tab. 4.2: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ pšenice, Lípa

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah živin v sušině (%)					Průměrný odběr živin (kg/ha)				
		N	P	K	Mg	Ca	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	86,8	1,61	0,38	0,40	0,13	0,05	46	11	11	3,6	1,4
2.LAV	87,1	1,90	0,32	0,36	0,12	0,05	105	18	20	6,5	2,8
3.Kejda Lípa	87,1	1,57	0,37	0,39	0,12	0,05	53	12	13	4,0	1,7
4.DG Lípa	87,3	1,58	0,37	0,39	0,12	0,05	52	12	13	4,0	1,6
5.DG Opatov	86,9	1,53	0,35	0,38	0,12	0,05	53	12	13	4,0	1,7
6.Kompost	87,1	1,55	0,38	0,39	0,12	0,05	47	12	12	3,7	1,5

Tab. 4.3: Průměrné obsahy živin v ZRNĚ pšenice, Hradec n. Svitavou

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah živin v sušině (%)					Průměrný odběr živin (kg/ha)				
		N	P	K	Mg	Ca	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,6	1,71	0,39	0,40	0,13	0,05	44	10	10	3,3	1,3
2.LAV	88,9	1,97	0,37	0,37	0,12	0,05	95	18	18	5,8	2,4
3.Kejda Lípa	88,9	1,66	0,37	0,39	0,12	0,05	66	15	15	4,7	2,0
4.DG Lípa	88,7	1,62	0,36	0,39	0,11	0,05	72	16	17	5,1	2,2
5.DG Opatov	88,9	1,62	0,36	0,40	0,11	0,05	70	16	17	4,9	2,2
6.Kompost	88,9	1,70	0,35	0,39	0,11	0,05	63	13	15	4,2	1,8



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

Varianty hnojení	sušina (%)	Průměrný obsah živin v sušině (%)					Průměrný odběr živin (kg/ha)				
		N	P	K	Mg	Ca	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	88,9	1,64	0,38	0,40	0,12	0,05	56	13	14	4,2	1,7
2.LAV	88,7	2,00	0,35	0,36	0,12	0,05	118	20	21	7,1	2,9
3.Kejda Lípa	88,9	1,65	0,37	0,39	0,12	0,05	74	17	17	5,3	2,2
4.DG Lípa	88,9	1,66	0,37	0,39	0,12	0,05	80	18	18	5,7	2,4
5.DG Opatov	88,8	1,62	0,36	0,39	0,12	0,05	78	17	18	5,5	2,4
6.Kompost	88,9	1,70	0,37	0,39	0,12	0,05	77	17	17	5,3	2,2

4.3 Obsah makroelementů ve slámě

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, odčerpáno bylo mezi 18 - 20 kg N/ha. Sláma varianty LAV odčerpala v průměru 35 kg N/ha.

Tab. 4.5: Průměrné obsahy živin ve SLÁMĚ pšenice, **Jaroměřice n. Rokytinou**

Varianty hnojení	sušina (%)	Odběr N kg/ha	Průměrný obsah živin v sušině (%)				
			N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	87,0	13,0	0,35	0,06	0,55	0,10	0,26
2.LAV	87,4	41,4	0,64	0,05	0,62	0,10	0,37
3.Kejda Lípa	87,3	20,6	0,41	0,05	0,63	0,10	0,29
4.DG Lípa	87,1	24,7	0,47	0,06	0,64	0,10	0,30
5.DG Opatov	87,1	26,3	0,45	0,06	0,68	0,10	0,28
6.Kompost	87,0	27,0	0,49	0,07	0,72	0,10	0,30

Tab. 4.6: 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	86,8	10,8	0,32	0,07	0,32	0,09	0,18
2.LAV	87,1	37,7	0,68	0,06	0,33	0,08	0,24
3.Kejda Lípa	87,1	16,0	0,40	0,07	0,38	0,08	0,18
4.DG Lípa	87,3	14,0	0,39	0,06	0,36	0,08	0,19
5.DG Opatov	86,9	17,0	0,41	0,05	0,40	0,07	0,19
6.Kompost	87,1	11,9	0,33	0,07	0,42	0,08	0,18



Tab. 4.7: 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	88,6	11,9	0,31	0,09	0,53	0,09	0,22
2.LAV	88,9	25,8	0,44	0,09	0,55	0,08	0,25
3.Kejda Lída	88,9	17,7	0,33	0,09	0,65	0,08	0,22
4.DG Lída	88,7	18,1	0,33	0,08	0,62	0,09	0,24
5.DG Opatov	88,9	19,3	0,35	0,07	0,69	0,07	0,22
6.Kompost	88,9	15,0	0,36	0,07	0,58	0,08	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	88,9	11,9	0,33	0,07	0,47	0,09	0,22
2.LAV	88,7	35,0	0,59	0,07	0,50	0,08	0,28
3.Kejda Lída	88,9	18,1	0,38	0,07	0,55	0,09	0,23
4.DG Lída	88,9	18,9	0,40	0,07	0,54	0,09	0,24
5.DG Opatov	88,8	20,9	0,40	0,06	0,59	0,08	0,23
6.Kompost	88,9	18,0	0,39	0,07	0,57	0,08	0,23

5 Kvalitativní vlastnosti zrna

Pro detailní zhodnocení účinnosti hnojení byly provedeny analýzy zrna pšenice odrůdy Dagmar, která musí splňovat limity potravinářského využití. Požadavky na kvalitativní parametry pšenice určuje ČSN 46 1100-2. Pro zařazení zrna do užitkového směru jsou rozhodující parametry: objemová hmotnost, obsah N látek, hodnota sedimentačního testu podle Zeleného a číslo poklesu, obsah lepku a HTZ.

Tab. 5.1: Jakostní ukazatele potravinářské pšenice (ČSN 46 1100-2)

Jakostní ukazatele	Pšenice pečárenská	Pšenice pečivářská
Vlhkost (%)	Nejvýše 14,0	Nejvýše 14,0
Objemová hmotnost (kg/hl)	Nejméně 76,0	Nejméně 76,0
Obsah N látek v sušině (%)	Nejméně 11,5	Nejvýše 11,5
Sedimentační - Zeleného test (ml)	Nejméně 30	Nejvýše 25
Číslo poklesu (s)	Nejméně 220	Nejméně 220

5.1 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je ukazatelem mlynářské jakosti a výtěžnosti mouky, je to poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do tzv. objemové váhy. Určuje hmotnost 1 litru zrna (g/l) neboli hektolitrovou objemovou hmotnost (kg/hl), minimum je 760 g/l. Vyjadřuje vlastnosti, které souvisí s tvarem a velikostí obilí, vyrovnaností, sklovitostí, s vlastností povrchu zrna a vlhkostí. Závisí na pěstelských podmínkách, ročníku, zdravotním stavu. Normě 760 g/l vyhověly všechny varianty v Jaroměřicích a Hradci. Na Lípě vyhověla pouze minerálně hnojená varianta. Objemová hmotnost na kontrolní variantě na žádné stanici nedosáhla požadovanou jakost.

**Tab. 5.2:** Průměrná objemová hmotnost (n = 3)

Varianty hnojení	Objemová hmotnost zrna (g.l ⁻¹)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	758	748	756	754	98,0	100
2.LAV	781	763	763	769	100	102,0
3.Kejda Lípa	764	761	752	759	98,7	100,7
4.DG Lípa	763	763	754	760	98,8	100,8
5.DG Opatov	763	764	753	760	98,8	100,8
6.Kompost	770	770	752	764	99,3	101,3

5.2 Dusíkaté látky

Obsah hrubých bílkovin v zrně zahrnuje všechny organické dusíkaté látky (proteiny, peptidy, aminokyseliny) a anorganickou amonnou formu. Pro výpočet obsahu bílkovin se používá přepočítávací koeficient 5,7 x obsah N. Stoupající obsah N látek má pozitivní vliv na povahu těsta a konečný objem pečiva. Průměrná hodnota N látek se pohybovala u kontroly a všech organicky hnojených variant v těsném rozpětí 9,2 - 10,5 %, což zařazuje zrna podle normy ČSN 46 1100-2 do kategorie pečivářské pšenice, vhodné pro výrobky z nekynutého těsta (tab. 5.3). Zrna varianty hnojené LAV v Jaroměřicích a Lípě náleží do kategorie pekárské pšenice (min. 11,5 %).

Tab. 5.3: Průměrný obsah N látek v sušině (n = 4)

Varianty hnojení	Obsah N látek (%)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	9,7	9,2	9,2	9,4	78,8	100
2.LAV	11,2	12,2	12,2	11,9	100	126,9
3.Kejda Lípa	9,5	9,8	9,8	9,7	81,7	103,7
4.DG Lípa	9,2	10,1	10,1	9,8	82,8	105,0
5.DG Opatov	9,2	9,8	9,8	9,6	80,9	102,6
6.Kompost	9,7	10,5	10,5	10,2	86,0	109,2

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

5.3 Sedimentační Zelenyho test

Sedimentační Zelenyho test (ml) charakterizuje kvalitativní viskoelastické vlastnosti lepkové bílkoviny (tab. 5.4). Pšenice hnojená LAVem (35 - 46 ml) dosáhla v průměru Zelenyho testu 40,7 ml, také po kompostu v Jaroměřicích a Hradci zrna vykazuje (33 ml) pekárskou kvalitu. Organicky hnojené varianty dosáhly od 28,7 do 29 ml, nesplňují proto limity pro potravinářské účely, mohou být využity pro krmné účely.

Tab. 5.4: Průměrné výsledky Zelenyho sedimentačního testu (n = 4)

Varianty hnojení	Zelenyho sedimentační test (ml)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	32	26	28	28,7	70,5	100
2.LAV	35	46	41	40,7	100	141,9
3.Kejda Lípa	30	30	27	29,0	71,3	101,2
4.DG Lípa	29	29	27	28,3	69,7	98,8
5.DG Opatov	29	31	26	28,7	70,5	100,0
6.Kompost	33	33	25	30,3	74,6	105,8



5.4 Číslo poklesu

Číslo poklesu je kritériem poškození zásobních látek endospermu hydrolytickými enzymy, vznikajícími v zrně během klíčení zrna v klasu při nadměrné vlhkosti během porůstání. 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. 5.5: Průměrné číslo poklesu (n = 3)

Varianty hnojení	Číslo poklesu (s)				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	374	344	341	353	88,4	100
2.LAV	401	411	386	399	100	113,1
3.Kejda Lípa	377	372	344	364	91,2	103,2
4.DG Lípa	371	371	354	365	91,5	103,5
5.DG Opatov	368	374	342	361	90,5	102,4
6.Kompost	368	368	334	357	89,3	101,0

Varianta hnojená LAVem (399 s) dosáhla nejvyššího čísla poklesu. Hnojení digestáty, kejdou a kompostem vykázalo podobné zjištění, v průměru 357 - 365 s. Optimální hodnota pro pekárenské zpracování leží v intervalu mezi 200 - 300 s, dle normy 220 s, což naznačuje, že zrno žádné z variant nelze použít pro potravinářské účely.

5.5 Obsah lepku

Lepek v kontaktu s vodou zvětšuje svůj objem a vytváří pružný gel, který má schopnost vázat asi 70 % vody a 30 % škrobu. Množství vody, které lepek pojme, závisí na vlastnostech daných odrudou, počasím a agrotechnikou. V mouce s nízkým obsahem lepku se na vaznosti vody více podílí škrob. Množství lepku ovlivňuje vlastnosti pšeničného těsta, tažnost a pružnost, které určuje vlastnosti těsta. Hnojení kejdou, digestáty a kompostem vedlo k výrazně nižšímu obsahu lepku, v průměru od 13,9 do 19,5 %, proto je využití zrna vhodné pro krmné účely. Pouze minerální hnojení LAVem (22,3 %) dosáhlo potravinářské kvality (tab. 5.6).

Tab. 5.6: Průměrný obsah lepku (n = 3)

Varianty hnojení	Průměrný obsah lepku %				Relativní srovnání (%)	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	16,8	15,0	14,7	15,5	69,4	100
2.LAV	22,7	24,7	19,6	22,3	100	144,1
3.Kejda Lípa	17,4	17,3	14,6	16,4	73,6	106,0
4.DG Lípa	17,0	17,0	14,5	16,2	72,4	104,3
5.DG Opatov	17,1	17,0	13,9	16,0	71,6	103,2
6.Kompost	19,5	19,5	14,1	17,7	79,3	114,2

5.6 Hmotnost tisíce zrn

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) charakterizuje tvar zrna a jeho objem, velké zrno s větším objemem má zpravidla větší poměr endospermu, proto souvisí s výtěžností mouky. Průměrná HTZ u varianty hnojené LAV dosáhla 40,1 g. HTZ u variant s organickými hnojivy, digestáty a kejdou byla o 1 - 3 g nižší než u LAV. Významné rozdíly mezi stanovišti jsou evidentní u výsledků dosažených na Lípě proti Hradci a Jaroměřicím (tab. 5.7).

**Tab. 5.7:** Průměrné hodnoty HTZ (n = 4)

Varianty hnojení	Hmotnost tisíce zrn g				Relativní srovnání %	
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	Průměr		
1.Nehnojeno	41,4	39,4	35,1	38,6	96,4	100
2.LAV	44,7	41,2	34,3	40,1	100	103,7
3.Kejda Lípa	45,7	43,5	35,6	41,6	103,8	107,7
4.DG Lípa	45,6	44,8	34,2	41,5	103,7	107,5
5.DG Opatov	45,6	43,8	33,3	40,9	102,1	105,9
6.Kompost	46,8	45,1	36,1	42,7	106,5	110,4

6 Účinnost hnojiv a bilance dusíku

Vzájemnou účinnost testovaných hnojiv můžeme vyhodnotit jako efektivitu, dále utilizaci N a Harvest index zrna pšenice ozimé. Nehnojená kontrola, která má nulový přísun dusíku, nemá výpočet uveden.

Výpočet efektivitu využití dusíku, který je určující živinou dodávanou hnojivy v pokusu, lze použít pro hodnocení reakce plodin na podmínky pěstování a také omezenější vstupy dalších živin. Efektivitu můžeme vyjádřit jako poměr mezi dodaným dusíkem a dusíkem přijatým rostlinami. Vliv dusíku v hnojivech aplikovaných pro hnojení pšenice lze sledovat z rozdílu dodaného množství N a odběru 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 N v půdě. **Efektivita využití N** neboli účinnost dusíku (Recovery Efficiency) je vypočítána podle vzorce: $RE-N = (\text{odběr N hlavním produktem na hnojené variantě} - \text{odběr hlavním produktem na nehnojené variantě}) / \text{dávka N na hnojené variantě}$. Minerální hnojení vykazuje využití N od 42 do 62 %. Digestáty a kejda v průměru 15 - 20 %. Nízký obsah N pomalu uvolnitelného z kompostu se promítl i do odběru N sklizní. RE-N zde dosahuje jen 9 % využití.

Agronomickou interpretaci vlivu využití dusíku z hnojiv vyjadřuje **utilizace dusíku** (Utilization of Nitrogen), což je podíl N odebraného hlavním sklizňovým produktem a dávka N aplikovaná k plodině. $U-N (\%) = \text{množství N odebrané výnosem (kg/ha)} / \text{aplikované množství N (kg/ha)}$. U varianty hnojené LAV v Jaroměřicích činila U-N 127 %, pšenice tak pravděpodobně využila i dusík ze srážek nebo z mineralizace půdní organické hmoty než přímo z dodaných hnojiv. Měřitelná bilance je v tomto případě záporná (-20 kg N/ha). U organicky hnojených variant je U-N pod hranicí 100 % (33 - 40 %), to znamená, že docházelo k akumulaci N v půdě a výsledná bilance je tedy kladná. Hnojení kompostem vykazuje U-N v průměru mezi 43 - 87 %, což znamená poměrně nízké využití, na Lípě je nepatrné pouze 4 %.

Přeměnu biomasy na sklizňový produkt vyjadřuje **sklizňový index** (Harvest Index), vypočítá se jako $HI-N = \text{odběr dusíku zrnem} / (\text{odběr N zrnem} + \text{odběr N slámou})$. Varianta s LAV (0,84) vykazuje vyšší HI než organicky hnojené všemi třemi materiály (0,79 - 0,82).



6.1 Účinnost dusíku

Tab. 6.1: Agronomické využití dusíku z hnojiv a porovnání se vstupem z hnojiv (n = 4)

Stanice	Varianta	Agronomické využití dusíku z hnojiv		
		Efektivita využití	Utilizace	Harvest index
		RE-N (%)	U-N (%)	HI
Jaroměřice n. Rokytinou	1.Nehnojeno	-	-	-
	2.LAV	62	127	0,86
	3.Kejda Lípa	22	87	0,79
	4.DG Lípa	33	98	0,83
	5.DG Opatov	27	92	0,83
	6.Kompost	18	50	0,81
Lípa	1.Nehnojeno	-	-	-
	2.LAV	50	88	0,86
	3.Kejda Lípa	6,2	44	0,79
	4.DG Lípa	5,2	43	0,83
	5.DG Opatov	5,9	44	0,83
	6.Kompost	0,5	4	0,81
Hradec n. Svitavou	1.Nehnojeno	-	-	-
	2.LAV	42	79	0,79
	3.Kejda Lípa	18	55	0,79
	4.DG Lípa	23	60	0,79
	5.DG Opatov	22	58	0,80
	6.Kompost	8	26	0,78
Průměr	1.Nehnojeno	-	-	-
	2.LAV	51	98	0,84
	3.Kejda Lípa	15	62	0,79
	4.DG Lípa	20	67	0,82
	5.DG Opatov	18	65	0,82
	6.Kompost	9	27	0,80

6.2 Bilance dusíku

Pro komplexní zhodnocení 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. 6.2). Dešťové srážky reprezentují atmosférickou depozici dusíku, která je součástí hodnocení pokusů za období od srpna 2023 do srpna 2024 na konkrétní zkušební stanici. Depozice dusíku srážkami za sledované období se v souhrnu pohybovala od 9,2 do 16,8 kg N/ha.

U kontroly byla zjištěna vzhledem k trvalému vynechání jakéhokoliv hnojení záporná bilance N v průměru tří stanic -56 kg N/ha, což je po několik let víceméně konstantní deficit. Varianty organicky hnojené vykazovaly přebytek mezi 33 - 40 kg N/ha. Aplikace LAV vzhledem k výši výnosů a odběru N vykazuje deficit -20 kg N/ha. Kompost díky dvojnásobné dávce dodaného N v teoretickém výpočtu měřitelných faktorů vykazuje kladnou bilanci 157 kg N/ha.

**Tab. 6.1:** Vstupy dusíku hnojivy a srážkami za období srpen 2023 až srpen 2024

Varianty hnojení	Měřitelné vstupy dusíku hnojivy a dešťovými srážkami (kg N/ha)				
	hnojiva	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	průměr VSTUPY
1.Nehnojeno	0	16,8	9,2	10,3	12
2.LAV	120	16,8	9,2	10,3	132
3.Kejda Lípa	120	16,8	9,2	10,3	132
4.DG Lípa	120	16,8	9,2	10,3	132
5.DG Opatov	120	16,8	9,2	10,3	132
6.Kompost	240	16,8	9,2	10,3	252

Tab. 6.2: Odběr N hlavním a vedlejším produktem

Varianty hnojení	Měřitelné výstupy dusíku (kg N/ha)			
	odběr N hlavním a vedlejším produktem			průměr VÝSTUPY
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	
1.Nehnojeno	56	91	57	68
2.LAV	121	194	143	152
3.Kejda Lípa	84	124	69	92
4.DG Lípa	90	142	66	99
5.DG Opatov	89	137	70	99
6.Kompost	78	148	59	95

Tab. 6.3: Výpočet bilance dusíku

Varianty hnojení	Bilance dusíku stanoviště (kg N/ha)			průměrná bilance N (kg N/ha)
	Hradec n. Svit.	Jaroměřice	Lípa	
1.Nehnojeno	-39	-82	-46	-56
2.LAV	16	-65	-13	-20
3.Kejda Lípa	53	5	61	40
4.DG Lípa	47	-13	64	33
5.DG Opatov	48	-8	60	34
6.Kompost	179	102	191	157

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 P, K, Ca, Mg, S a mikroelementy B, Cu, Zn, Fe, Mn byly extrahovány ve vzorcích zeminy v roztoku Mehlich 3. Ke stanovení 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) je trvale neměnná v kategorii neutrální stejně jako v Hradci n. Svitavou u všech variant. V Jaroměřicích je slabě kyselá půdní reakce



u všech variant s výjimkou hnojení DG z Opatova (pH 6,7). Na písčitohlinité půdě na Lípě pH kolísalo v rozpětí 5,6 - 6,2. Zejména kejda a digestáty pH mírně zvyšují, v rámci všech variant je hodnocena jako slabě kyselá.

Z výsledků analýz přístupných živin je zřejmé, že digestáty přispívají ke zvýšení obsahu fosforu. Pravidelná aplikace digestátů a kejdy i kompostu udržuje vyhovující až dobrou zásobu fosforu a draslíku, zejména digestát z Opatova v tomto smyslu dominuje.

Obsah mědi, manganu, železa a zinku je většinou kategorií středního obsahu, přičemž vliv variant nelze jednoznačně rozlišit. V případě mědi a železa je patrný mírný nárůst po hnojení kompostem a digestáty na všech třech lokalitách. Obsah síry je během vegetace velmi dynamický, přesto i 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	2780	50	2,46	0,87	262	128	7,7	2,80
1.Nehnojeno	6,9	69	116	2354	59	2,37	0,57	324	157	33,5	3,83
2.LAV	7,0	78	154	2384	73	2,73	0,63	331	154	22,9	4,96
3.Kejda Lída	7,0	73	169	2259	66	1,94	0,59	311	143	11,7	4,51
4.DG Lída	6,9	82	210	2224	68	1,72	0,66	303	137	18,9	4,07
5.DG Opatov	6,9	112	289	2394	87	1,66	0,82	319	130	12,5	5,35
6.Kompost	6,9	74	126	2279	58	2,38	0,58	338	154	20,9	4,71

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	6,0	50	175	2812	239	3,21	<0,50	286	173	8,7	2,79
2.LAV	6,4	73	204	2962	301	3,35	0,52	297	172	9,0	3,61
3.Kejda Lída	6,2	71	203	2965	300	3,17	<0,50	306	165	8,2	2,99
4.DG Lída	6,2	72	220	2882	282	2,91	<0,50	296	158	7,2	2,72
5.DG Opatov	6,7	151	365	3612	335	2,97	0,94	326	150	12,9	6,14
6.Kompost	6,1	60	164	2862	230	3,24	0,51	300	181	6,8	2,86

Tab. 7.3: Lída, 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	1940	65	1,99	<0,55	423	109	8,9	<2,20
1.Nehnojeno	5,5	43	116	1654	122	1,76	<0,50	427	128	11,4	2,17
2.LAV	6,1	44	140	1839	160	1,95	<0,50	412	134	9,7	2,54
3.Kejda Lída	6,1	43	148	1927	140	1,85	<0,50	416	134	8,9	2,31
4.DG Lída	6,2	49	191	2034	130	1,86	<0,50	409	136	10,0	2,80
5.DG Opatov	6,5	88	271	2512	157	1,96	0,58	443	137	12,0	4,96
6.Kompost	5,6	44	100	1689	117	1,92	<0,50	431	133	8,9	2,25



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 všech variant (tab.7.8 - 7.9) po sklizni pšenice v srpnu 2024, prezentují tak stav po 13 letech vedení pokusu. Opakovaná aplikace statkových hnojiv a kompostu neproказuje významnější rozdíly mezi variantami, zejména přihlídneme-li k velmi nízkému rozsahu zjištěných hodnot.



Kompost je materiálem, u něhož byl zaznamenán významnější pozitivní vliv na sledované parametry. V Jaroměřicích opakovaná a pravidelná aplikace kompostu zvýšila Cox na 1,21 %, oproti kontrole 1,09 %. Dalším pozitivem je zvýšení glomalinu na všech třech stanovištích, který plní funkci agregace půdních částic a dále velmi důležitou schopnost retence vody. I pravidelná aplikace digestátů a kejdy přispívává k mírnému zvýšení glomalinu, 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 vyšší (C:N 5-8) na všech třech lokalitách.

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	0,20	1,59	2,76	4,43	1,75	8,1
2.LAV	0,20	1,61	2,77	4,44	1,79	7,9
3.Kejda Lípa	0,21	1,62	2,90	4,47	1,81	7,7
4.DG Lípa	0,21	1,59	2,94	4,55	1,78	7,6
5.DG Opatov	0,21	1,60	3,11	4,54	1,77	7,7
6.Kompost	0,20	1,55	3,39	4,57	1,73	7,7

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

Varianty hnojení	Parametry kvality organické hmoty (n = 4)					
	N _{TOT} %	Cox %	Glomalin mg/g	Q4/6	CTOC %	C:N
1.Nehnojeno	0,17	1,09	2,49	4,61	1,18	6,3
2.LAV	0,17	1,13	2,49	4,62	1,21	6,7
3.Kejda Lípa	0,17	1,11	2,46	4,57	1,20	6,5
4.DG Lípa	0,18	1,05	2,36	4,62	1,17	5,9
5.DG Opatov	0,18	1,05	2,38	4,62	1,15	6,0
6.Kompost	0,19	1,21	3,24	4,75	1,33	6,3

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	0,18	1,32	2,05	5,34	1,43	7,2
2.LAV	0,19	1,36	2,14	5,40	1,48	7,3
3.Kejda Lípa	0,20	1,39	2,19	5,38	1,52	7,1
4.DG Lípa	0,19	1,36	2,28	5,35	1,49	7,1
5.DG Opatov	0,20	1,44	2,44	5,36	1,58	7,1
6.Kompost	0,22	1,54	3,22	5,37	1,69	7,1

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, 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), v podzimních měsících 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 - 7.4.2 jsou zhodnoceny dva termíny odběru půdy na obsah 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 před zámrzem půdy v listopadu 2024, s cílem zjistit, jak velká rezidua N jsou v půdě před zimním obdobím.

Pracovní kritéria pro hodnocení dusičnanové formy dusíku vycházejí z rozsáhlé studie (Trávník, 1995) a zohledňují nadmořskou výšku hodnocené lokality (tab. 7.11).

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. 7.12) vykazoval ve vzorcích půdy brzy na jaře (před jarním přihnojením) v orniční vrstvě 0 - 30 cm velmi nízké obsahy od 6,6 (kontrola) do 4,7 (LAV) mg/kg. Pohotový obsah dosahoval 21 kg N/ha u varianty s LAV. Rozdíly v zásobě dusíku po zimě (2023/24) byly u variant hnojených digestáty, kejdou i kompostem velmi vyrovnané (14,4 - 19,2 kg N/ha), po kompostu 2,5 kg N/ha.

**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	5,0	22,4	4,2	18,9	1,5	6,9	3,6	16,1
2.LAV	4,7	20,9	6,5	29,1	2,9	12,9	4,7	21,0
3.Kejda Lípa	2,1	9,6	6,9	31,0	2,9	12,9	4,0	17,8
4.DG Lípa	2,2	10,1	6,0	26,8	2,7	12,3	3,6	16,4
5.DG Opatov	4,2	18,9	6,4	28,9	2,2	9,9	4,3	19,2
6.Kompost	4,7	21,1	9,0	40,7	3,3	14,8	5,7	25,5

Tab. 7.13: Obsah N-NO₃⁻ a N-NH₄⁺ - 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	2,3	3,2	0,2	1,9
2.LAV	2,6	4,8	0,9	2,8
3.Kejda Lípa	1,1	5,4	2,0	2,8
4.DG Lípa	1,2	4,4	1,6	2,4
5.DG Opatov	2,1	4,7	1,4	2,7
6.Kompost	2,1	7,8	2,2	4,0
Hodnocení obsahu N-NO ₃ podle nadmořské výšky	velmi bezpečný bezpečný přiměřený nadměrný rizikový			
Varianty hnojení	N-NH ₄ ⁺ mg/kg v sušině - horizont 0 - 30 cm			
1.Nehnojeno	2,7	1,0	1,3	1,7
2.LAV	2,0	1,7	1,9	1,9
3.Kejda Lípa	1,0	1,5	0,9	1,1
4.DG Lípa	1,1	1,6	1,1	1,3
5.DG Opatov	2,1	1,7	0,8	1,5
6.Kompost	2,6	1,3	1,1	1,7

Obsah nitrátového dusíku (tab. 7.13) se hodnotí podle nadmořské výšky konkrétní stanice. U všech tří stanic obsah N-NO₃⁻ hodnotíme jako velmi bezpečný, tedy bez environmentálního rizika. Úroveň amonné formy dusíku N-NH₄⁺ u varianty LAV byla nejvyšší 1,9 mg/kg, u organicky hnojených variant bylo zajištěno od 1,1 do 1,7 mg/kg.

7.4.2 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 3,7 do 6,4 mg/kg. Reziduální dusík nacházející se v půdě před zimním obdobím po organickém hnojení byl v průměru 21 - 27 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. Aplikovaná hnojiva tak nepřestávají potenciální riziko ztrát dusíku během zimních měsíců.



Tab. 7.14: 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. Svít.		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	4,7	21,3	3,6	16,3	3,1	14,0	3,8	17,2
2.LAV	4,8	21,7	5,3	23,7	3,1	14,2	4,4	19,9
3.Kejda Lípa	5,8	26,1	5,3	24,0	3,7	16,6	4,9	22,2
4.DG Lípa	5,1	23,1	4,9	22,3	4,4	20,0	4,8	21,8
5.DG Opatov	6,4	28,6	5,5	24,8	5,4	24,5	5,8	26,0
6.Kompost	5,4	24,2	6,7	30,3	5,8	26,1	6,0	26,9

Tab. 7.15: 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. Svít. 460 m n. m.	Jaroměřice n. R. 425 m n. m	Lípa 505 m n. m	Průměr
1.Nehnojeno	3,8	3,1	2,0	3,0
2.LAV	4,1	3,9	2,0	3,3
3.Kejda Lípa	4,0	4,3	2,0	3,4
4.DG Lípa	4,0	3,9	2,5	3,5
5.DG Opatov	4,6	4,1	3,4	4,0
6.Kompost	3,5	5,4	3,0	4,0
Hodnocení obsahu N-NO ₃ ⁻ podle nadmořské výšky				
velmi bezpečný bezpečný přiměřený nadměrný rizikový				
	N-NH ₄ ⁺ (mg/kg) v sušině - horizont 0-30 cm			
1.Nehnojeno	0,9	0,5	1,1	0,8
2.LAV	0,7	1,3	1,1	1,0
3.Kejda Lípa	1,8	1,0	1,7	1,5
4.DG Lípa	1,2	1,1	2,0	1,4
5.DG Opatov	1,7	1,4	2,1	1,7
6.Kompost	1,9	1,4	2,8	2,0

V termínu odběru před zimním obdobím byl u všech variant (tab. 7.15) N-NO₃⁻ na úrovni velmi bezpečného nebo ojediněle bezpečného obsahu. Riziko ztrát nitrátů se tedy neprokázalo. Amonná forma dusíku se pohybovala v průměru od 0,8 (kontrola) do 2 mg/kg (kompost).



8 Mikrobiologické metody a extrakce uhlíku

Zpracoval: RNDr. Jiří Čuhel, PhD.

Půdní vzorky pro účely mikrobiologického šetření byly z dlouhodobého stacionáru v Jaroměřicích n. Rokytnou odebrány 17. 4. 2024, tj. 24 dní od aplikace hnojiv. Odběr půdních vzorků proběhl z hloubky 0-15 cm. Cílem bylo zjistit, jak každoročně opakovaná aplikace testovaných hnojiv ovlivňuje vybrané mikrobiální a chemické parametry půd (tab. 8.1).

U všech parametrů, kde byl detekován signifikantní rozdíl mezi variantami hnojení, byly nejnižší hodnoty u kontroly. Varianta kontroly a LAV se mezi sebou lišily pouze v parametru WSN, minerální hnojení nemělo oproti kontrole na stanovené parametry téměř žádný vliv. Půdy hnojené dvěma typy digestátů se mezi sebou průkazně lišily pouze v hodnotách mikrobiální biomasy (C_{bio}), což ukazuje, že tyto organické materiály ovlivňují půdní mikroorganismy a parametry s nimi spojené podobným způsobem. Varianta s kompostem vykázala C_{bio} signifikantně vyšší než kontrola, navíc se často lišila i od ostatních variant hnojení. Dlouhodobá aplikace pozitivně ovlivňuje mikrobiální a chemické parametry nejvíce. Aplikace kejdy vedla k nejvyšším hodnotám R_B i R_S .

Bazální respirace (R_B), popisuje celkovou mikrobiální aktivitu a dostupnost labilní frakce organické hmoty, byla 24 dní po hnojení signifikantně vyšší v půdách hnojených kejdou a kompostem (oproti kontrole). Tyto materiály tedy představují pro půdní mikroorganismy vhodný zdroj organických látek, díky kterým mohou zvýšit svůj energetický metabolismus. *Substrátem indukovaná respirace* (R_S), která je považována za měřítko mikrobiální biomasy, charakterizuje frakci mikrobiálního společenstva adaptovanou na vstup rychle rozložitelného substrátu, byla signifikantně vyšší pouze u varianty s kejdou, a to ve srovnání s kontrolou a se všemi ostatními variantami. Tomuto výsledku ne zcela odpovídá vlastní stanovení *mikrobiální biomasy* (C_{bio}), která byla oproti kontrolní variantě průkazně vyšší pouze u půd hnojených kompostem. Avšak C_{bio} detekuje jak aktivní, tak neaktivní mikroorganismy, zatímco R_S je fyziologickým odhadem aktivních mikrobů, kteří dokážou reagovat na dodaný substrát. Je tedy patrné, že půdy s každoroční aplikací kompostu a kejdy obsahují mikrobiální společenstva rozdílného fyziologického složení s různým poměrem R_S/C_{bio} . Dodávaná kejda vede spíše k aktivaci půdních mikroorganismů a zvýšení jejich schopnosti metabolizovat dodaný substrát, zatímco kompost dokáže efektivně zvýšit i množství jejich biomasy.

Na rozdíl od předchozích let při měření růstových křivek nebyly nalezeny mezi variantami žádné signifikantní rozdíly v délce doby do dosažení maximální růstové rychlosti ($t_{peakmax}$) a ani ve specifické růstové rychlosti (μ). Tyto parametry ($t_{peakmax}$ a μ) v minulých letech ukázaly, že hnojení kompostem vede k posunu mikrobiálního společenstva k tzv. r-strategii, tj. k mikroorganismům s kratší generační dobou a využívající spíše snadno rozložitelné organické látky. Absence těchto zjištění v roce 2024 ale naznačuje, že pozorovaná r-strategie mikroorganismů v půdách ošetřených kompostem je spíše záležitostí jejich fyziologického stavu, a nikoliv výsledkem změny složení či struktury mikrobiálního společenstva.

**Tab. 8.1:** Mikrobiální parametry, průměry $\pm$ směrodatné odchylky ($n = 4$)

Parametry	1. kontrola	2. LAV	3. kejda	4. DG Opatov	5. DG Lípa	6. Kompost
R_B ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	1.01 ^{a*}	1.16 ^{ab}	2.08 ^c	1.36 ^{ac}	1.20 ^{ab}	1.83 ^{bc}
R_S ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	11.8 ^a	13.2 ^a	23.5 ^b	16.4 ^a	14.1 ^a	16.7 ^a
C_{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	183 ^{ab}	186 ^{ac}	256 ^{bc}	250 ^{bc}	145 ^a	277 ^c
C_{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	39.1 [*]	36.7 [*]	41.1 [*]	37.1 [*]	52.9 [*]	62.8 [*]
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	93 ^{a*}	96 ^a	157 ^{ab}	110 ^a	113 ^{ab}	190 ^b
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)	10.7 ^a	16.0 ^{bc}	13.0 ^{ac}	11.3 ^{ac}	10.8 ^{ac}	18.3 ^b
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	415 ^{a*}	440 ^{ab}	433 ^a	386 ^a	409 ^a	523 ^b
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)	42.4 ^{ab}	48.3 ^{ac}	45.8 ^{ab}	37.6 ^b	41.5 ^{ab}	55.9 ^c
μ (h^{-1})	0.155 [*]	0.159 [*]	0.137 [*]	0.153 [*]	0.155 [*]	0.185 [*]
t_{peakmax} (h)	28.9 [*]	27.9 [*]	27.3 [*]	26.7 [*]	28.6 [*]	25.3 [*]
R_B ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	0.088	0.225	0.996	0.162	0.184	0.366
R_S ($\mu\text{g O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	1.92	1.35	4.78	1.46	1.66	1.47
C_{bio} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	50.1	34.3	31.2	17.9	56.5	34.4
C_{ext} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	18.6	7.2	16.7	4.1	25.8	17.0
WSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	17.4	9.2	56.4	15.6	13.1	49.6
WSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)	1.18	4.96	2.52	0.43	1.86	2.13
HWSC ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	32.4	17.3	40.9	9.4	52.4	42.4
HWSN ($\mu\text{g N g}^{-1}$)	4.30	3.25	6.12	2.59	5.53	6.52
μ (h^{-1})	0.0361	0.0167	0.0483	0.0312	0.0533	0.0317
t_{peakmax} (h)	2.48	0.67	5.90	1.79	4.17	1.78

Pozn: *u parametrů byla před Tukey testem provedena logaritmická transformace dat ($\log_{10}$) z důvodu požadavků na normalitu dat/homogenitu variancí. Odlišná písmena Tukey testu indikují statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ($p < 0,05$).

Vodou extrahovatelný C (WSC) představuje labilní, mikroorganismy snadno využitelnou frakci C půdní organické hmoty. Hnojení kompostem přispívá k nejvyšším hodnotám WSC, to naznačuje, že dokáže zvyšovat frakci organické hmoty (tvořenou např. aminokyselinami, jednoduchými cukry), která pak může být přístupná jako snadno využitelný zdroj C a energie pro půdní mikroorganismy. Podobným parametrem jako WSC je C extrahovatelný K_2SO_4 (C_{ext}), avšak ten se mezi jednotlivými variantami nelišil. Analogickým parametrem k WSC je vodou extrahovatelný N (WSN). WSN byl oproti kontrole průkazně vyšší opět po kompostu. Vyšší hodnoty WSN byly zjištěny i u varianty LAV, která je značně ovlivněna dodáním N ve snadno dostupné minerální formě. Oproti WSC a WSN jsou HWSC a HWSN (horkou vodou extrahovatelný C a N) již vysokomolekulárními formami labilní frakce C, respektive N. Ty jsou pro půdní mikroorganismy dostupné trochu hůře a jejich obsah v půdě podléhá pomalejším změnám. Tyto parametry byly u půd hnojených kompostem opět nejvyšší a statisticky průkazně se lišily od zbývajících organicky hnojených variant.



Tab. 8.2: Popis mikrobiologických parametrů

Parametr	Zkratka	Význam
C mikrobiální biomasy	C _{bio}	Schopnost mikroorganismů využít organické sloučeniny pro syntézu biomasy, pro stanovení C v roztoku byl použit CN analyzátor (fumigačně-extrakční metoda)
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 pomocí měřicí 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 pomocí měřicí 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)

9 Závěr

Výroční zpráva předkládá výsledky dlouhodobé polní zkoušky založené na třech stanovištích ve zranitelné oblasti za pokusný rok 2024. Zkouška ověřuje účinnost hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem, dvou digestátů, kejdy a kompostu s pomalu uvolnitelným dusíkem. Srovnání těchto materiálů je porovnáváno 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 8,27 t/ha byl dosažen po minerálním hnojení v Jaroměřicích, v průměru tří stanic 6,44 t/ha
- digestáty s kejdou působily shodně (5,1 - 5,5 t/ha), avšak v průměru o 20 % slaběji než LAV
- hnojení kompostem výnos zrna (5,15 t/ha) zvýšilo oproti kontrole o 29,7 %

Statistické zhodnocení výnosů pšenice

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

Odběr živin

- průměrné odčerpání N zrnem pšenice po kejdě a digestátech bylo shodné 74 - 80 kg/ha
- varianta s kompostem odčerpala zrnem v průměru 77 kg N/ha
- varianta hnojená LAV odčerpala slámou 35 kg N/ha
- organicky hnojené varianty slámou odebraly od 18 do 20 kg N/ha



Kvalitativní parametry pšenice

- Objemová hmotnost: normě 760 g/l vyhověly všechny varianty v Jaroměřicích a Hradci, na Lípě jen minerální hnojení, zrno kontroly na žádné stanici nedosáhlo požadované jakosti
- Obsah N látek: pouze hnojení LAV (11,2 - 12,2 %) vyhovělo normě pro potravinářské pekárenské účely, zrno zbývajících variant má krmné využití
- Sedimentační Zelenyho test: hnojení LAVem dosáhlo v průměru 40,7 ml (pekárenská kvalita), organicky hnojené varianty dosáhly 28,7 - 29 ml (krmné účely)
- Číslo poklesu: všechny varianty mají krmné využití, překročily limit potravinářského využití
- Obsah lepku: nejnižší u organicky hnojených variant 13,9 - 19,5 % (krmné účely), minerální hnojení LAVem s průměrným obsahem 22,3 % má potravinářskou kvalitu
- Hmotnost tisíce zrn: průměr u LAV 40,1 g, organická hnojiva HTZ o 1 g méně než LAV

Účinnost hnojiv a bilance dusíku

- RE-N u varianty LAV od 42 do 62 %; po organickém hnojení od 15 do 33 %, po kompostu zanedbatelná
- nejvyšší utilizace U-N prokázal LAV od 79 do 127 %, digestáty a kejda od 62 do 67 %; u varianty s kompostem U-N byla v širokém rozpětí od 4 do 50 %
- nejvyšší HI-N po LAV (0,84), digestáty s kejdou vykázaly HI-N 0,82 průměrná záporná bilance činila -56 kg N/ha u kontroly, po LAV -20 kg N/ha
- přebytek N u organických hnojiv činil od 33 do 40 kg N/ha
- vzhledem ke dvojnásobné dávce dodaného N přebytek činí u kompostu 157 kg N/ha

Výměnná půdní reakce

- aplikace digestátů v Jaroměřicích a Hradci po dobu trvání pokusu vykazuje stabilně neutrální pH, na Lípě mírně neutralizuje z počátečních pH 5,5 na pH 6,2 a 6,5

Obsah přístupných živin a mikroelementů

- digestát Opatov působil nejlépe na obsah fosforu na všech třech stanovištích
- digestáty, kejda a kompost se podílí na zvýšení obsahu K, Ca a Mg
- zásoba mikroelementů je většinou v kategorii středního obsahu
- síra vykazuje velmi nízký (Hradec) nebo nízký obsah (Jaroměřice, Lípa)

Organická půdní hmota

- kompost v Jaroměřicích zvýšil významně Cox na 1,21 % oproti kontrole 0,85 %
- glomalin, CTOC, Cox na všech stanovištích pozitivně ovlivnil kompost
- digestáty i kejda mírně zvyšují glomalin, NTOT, CTOC, Cox, ve srovnání s LAV i kontrolou
- poměr C:N je od 5 do 8 tj. vyšší na všech třech lokalitách, mezi variantami jsou minimální rozdíly

Obsah minerálního dusíku před hnojením

- N min byl velmi nízký po organickém hnojení 3,6 - 5,7 mg/kg, tj. 16 - 25 kg N/ha
- po LAV byl zjištěn Nmin 4,7 mg/kg, tj. 21 kg N/ha
- obsah N-NO₃⁻ byl většinou bez rizika, tj. velmi bezpečný

Obsah minerálního dusíku před zámrzem

- N min byl po organickém hnojení nízký a vyrovnaný, v průměru 4,8 - 6,0 mg/kg, tj. 15,5 - 20,6 kg N/ha
- na variantě LAV hnojené 120 kg N/ha byl N min v průměru 4,4 mg/kg, tj. 19,9 kg N/ha
- N-NO₃⁻ byl na úrovni velmi bezpečného nebo ojediněle bezpečného obsahu, riziko ztrát se neprokázalo

Mikrobiologické zhodnocení

- bazální respirace (RB) vyšší v půdách hnojených kejdou a kompostem
- substrátem indukovaná respirace (RS) - vyšší pouze u varianty s kejdou



- mikrobiální biomasa (C_{bio}) vyšší jen u varianty hnojené kompostem
- vodou extrahovatelný C (WSC) nejvyšší hodnoty po hnojení kompostem
- vodou extrahovatelný N (WSN) vyšší po kompostu a variantě LAV
- horkou vodou extrahovatelný C a N (HWSC a HWSN) nejvyšší po hnojení kompostem

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 pro tvorbu a objem výnosu je poměrně významný.

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 vykazuje bezpečné obsahy nitrátové formy dusíku bez rizika jeho ztrát. Pravidelná aplikace organických hnojiv a zejména kompostu zlepšuje vodostálost půdních a agregátů a strukturu půdních částic, které mohou lépe odolávat rozplavování při nadměrných srážkách. Organická hnojiva, zejména kompost, 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.

10 Použitá literatura

1. BALÍK J., ČERNÝ J., KULHÁNEK M. 2012: *Bilance dusíku v zemědělství, Certifikovaná metodika*, ČZU, Praha. ISBN 978-80-213-2329-2.
2. TRÁVNÍK K. (1995): *Stanovení ekologicky únosných obsahů min. dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů*, ÚKZÚZ Brno.
3. ZBÍRAL, J. a kol: *Jednotné pracovní postupy: Analýza půd I, postup 2, postup 3.1* (UKZÚZ, NRL, 2001).
4. ZBÍRAL, J. a kol.: *Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3.* (UKZÚZ, NRL, 2005).
5. ZBÍRAL, J. a kol: *Jednotné pracovní postupy: Analýza rostlinného materiálu: postup 1 a 3.* (UKZÚZ, NRL, 2005).
6. ZBÍRAL J. a kol. (2011): *Jednotné pracovní postupy: Analýza půd III.* ISBN 978-80-7401044-6.