

Testování vybraných hnojiv ve výživě pšenice ozimé



Závěrečná zpráva 2024 a tříleté hodnocení 2022-2024

Objednavatel: Lovochemie, a.s.

Terezińska 57,
410 02 Lovosice,

Zhotovitel: Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin

Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.

Ing. Jiří Antošovský, Ph.D.

V Brně 30. 11. 2024

CÍL POKUSU

Cílem polních maloparcelních pokusů bylo ověření účinku vybraných hnojiv ve výživě pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) na dvou pokusných lokalitách s rozdílnými půdně klimatickými podmínkami.

CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH LOKALIT

Polní pokus zaměřený na výživu pšenice ozimé byl souběžně založen na dvou pokusných lokalitách, a to na pozemcích Školního zemědělského podniku Mendelovy univerzity v Brně (49.0226389 N, 16.6154822 E) nacházející se v lokalitě Žabčice vzdálené cca 25 km jižně od města Brna, a na pozemcích Výzkumné pícninářské stanice ve Vatíně (49.5176269 N, 15.9696028 E) nacházející v blízkosti Žďáru nad Sázavou. Katastrální území Žabčic se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K₂. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR. Lokalita leží v nadmořské výšce 179 m, v jihomoravské suché oblasti s typickým vnitrozemským klimatem. Suché klima umocňují větry, které způsobují velký výpar půdní vláhy. Dle BPEJ se jedná o klimatický region velmi teplý a suchý. Průměrná hodnota Langova dešťového faktoru je 48, což řadí pokusnou lokalitu k nejsušším regionům. Průměrná roční teplota dosahuje 10,3 °C, nejteplejším měsícem v roce je červenec s průměrnou denní teplotou vzduchu 20,9 °C. Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -0,7 °C. Z hlediska srážkových poměrů patří lokalita k suchým oblastem, kdy třicetiletý průměr ročních úhrnů srážek činí 491 mm. Do pokusné lokality zasahuje též srážkový stín. Dešťové srážky ve vegetačním období jsou rozloženy velmi nerovnoměrně. Srážkově nejbohatší je měsíc červenec s 68,9 mm. Na srážky nejchudší měsíc je únor s 20,4 mm srážek. Trvání slunečního svitu kolísá v rozmezí 1800–2000 hodin za rok. Stanice Vatín leží v kraji Vysočina v nadmořské výšce 560 m n. m. a spadá do bramborářské výrobní oblasti. Průměrná roční teplota je zde 6–7 °C a průměrný roční úhrn srážek dosahuje hodnot 600–700 mm.

Obrázek 1 Pokusné lokality Žabčice a Vatín



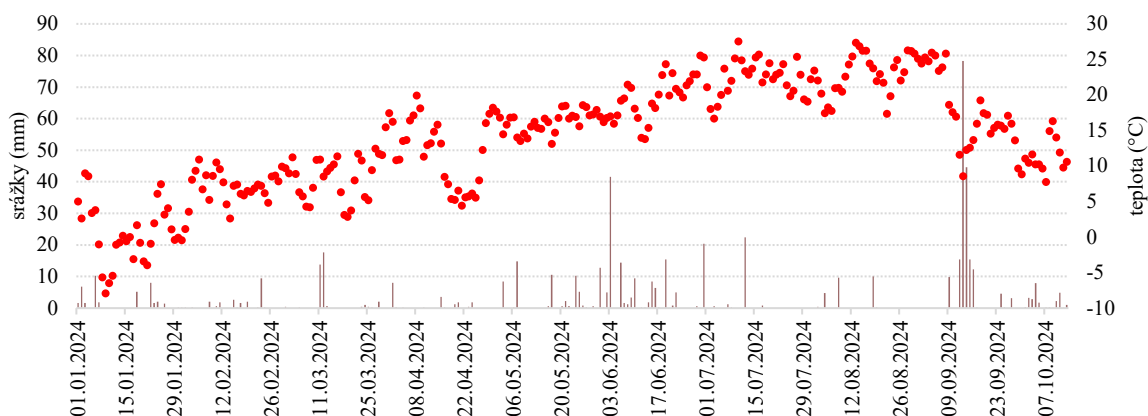
Průměrnou měsíční teplotu vzduchu (°C) a měsíční srážkové úhrny dlouhodobého normálu 1990–2020 z obou lokalit uvádí tabulka 1. Základem měření meteorologických prvků jsou ústředny (datalogery) firmy CAMPBELL s několikatydenní datovou kapacitou, na které jsou napojeny meteorologické senzory. Data jsou ukládána

a zapisována jako patnáctiminutové průměry (např. teplota v °C) či sumy (např. srážky v mm). Průběh počasí vegetačního období 2024 z obou pokusných lokalit znázorňují grafy 1 a 2.

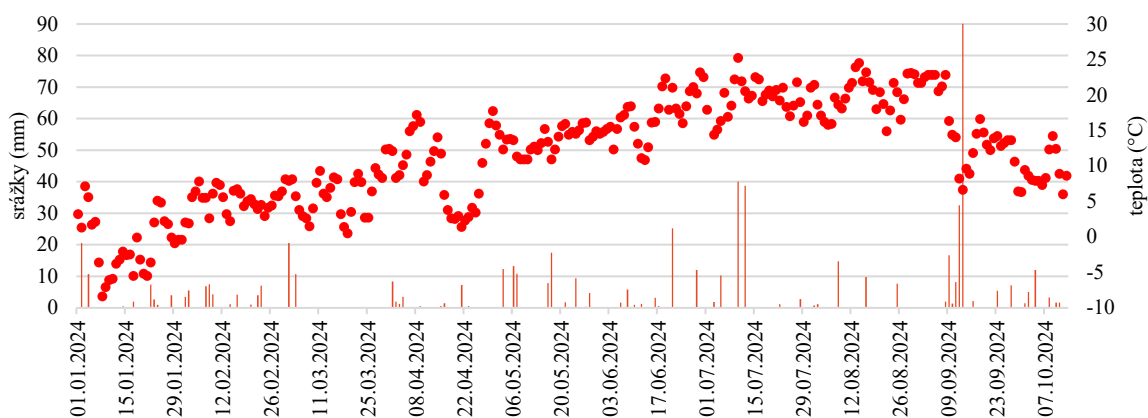
Tabulka 1 Průměrná teplota vzduchu (°C) a měsíční srážkové úhrny (mm) (normál 1990-2020)

Teplota / srážky	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Žabčice - °C	-0,7	0,9	5,1	11,0	15,6	19,2	20,9	20,6	15,4	9,7	4,9	0,3
Žabčice – mm	21,1	20,4	29,9	27,8	52,2	61,7	68,9	61,1	53,9	37,0	31,4	25,7
Vatín - °C	-2,3	-1,4	2,0	7,5	12,1	15,7	17,4	17,0	12,1	7,3	2,7	-1,4
Vatín – mm	50,0	35,2	47,0	33,8	65,1	76,2	91,2	73,5	60,6	47,3	45,4	45,9

Graf 1 Průběh teplot a srážek na lokalitě Žabčice v roce 2024



Graf 2 Průběh teplot a srážek na lokalitě Vatín v roce 2024



Pro pozemky v okolí Žabčic je charakteristický vysoký podíl zornění a malé zastoupení lesů. Ornice dosahuje mocnosti přes 30 cm s obsahem humusu okolo 2,5 %. Díky stálému vlivu podzemních vod převažuje půdní typ fluvizem glejová. Nejvíce se zde vyskytují jílovitohlinité až jílovité půdy, půdní reakce je převážně neutrální. Terén ve Vatíně je mírně svažité až rovinatý s všesměrnou expozicí. Jako půdní typ převažují kambizemě, ale vyskytují se zde také gleje. Půdním druhem je hlinitopísčité až jílovitohlinitá půda. Půdy jsou zde hluboké až středně hluboké (hloubka do 30 cm) s celkovým obsahem skeletu do 25 %. Půdní reakce je spíše kyselější. Charakteristiku půdy stanovenou před založením pokusu prezentuje tabulka 2.

Tabulka 2 Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusů

Lokalita	Půdní druh	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin dle Mehlich III (mg/kg)				Obsah N (mg/kg)		
			P	K	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{min}
Žabčice	ST	6,1	105	243	4231	367	1,55	4,04	5,59
Vatín	L	5,9	78	167	1642	201	1,42	5,33	6,75

METODIKA POKUSU

V polním maloparcelním experimentu zaměřeném na výživu pšenice ozimé bylo založeno celkem 24 variant hnojení, které popisuje tabulka 3. Většina pokusných variant je zaměřena na aplikaci moderních zeolitových hnojiv (Zenfert 24N, Zenfert NS 13-29) či jejich kombinace s dalšími, konvenčními hnojivy. Každá z testovaných variant byla založena v počtu 4 opakování/parcel, plocha parcely v Žabčicích byla 16,5 m², na menší pokusné stanici ve Vatíně měly parcely velikost 12,5 m². Pokus byl založen metodou znáhodněných bloků.

Tabulka 3 Varianty hnojení v pokusu s pšenicí ozimou

Varianta	Regenerační hnojení A + B				Produkční hnojení		Kvalitativní hnojení		Celková dávka N
	N (kg/ha)	Hnojivo	N (kg/ha)	Hnojivo	N (kg/ha)	Hnojivo	N (kg/ha)	Hnojivo	
Nehnojeno									
Základní kontrola	60	LAD			80	LAD	40	DAM-390	180
Zenfert kontrola	53	Zenfert 24N (222 kg/ha)			72	Zenfert 24N (300 kg/ha)	40	DAM-390	165
LAD + ENSIN (Plus)	40	LAD			104	ENSIN (PLUS)			144
Mix LAD+Zenf NS	40	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 200 KG	40	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 200 KG	60	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 300 KG	40	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 200 KG	180
Mix LAD+Zenf NS - 20%	40	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 200 KG			64	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 300 KG	40	LAD 27 + Zenfert NS 13-29 1:1 - 200 KG	144
Mix LAD + Silvaradix	40	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 210 KG	40	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 210 KG	60	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 310 KG	40	Zenfert 24N	180
Mix LAD + Silvaradix - 20%	40	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 210 KG	64	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 328 KG	40	Zenfert 24N			144
LAD + Silvaradix + Zenfert	40	LAD 27	36	Silvaradix	68	Zenfert 24N			144
LAD + Silvaradix + Zenfert - 2 dávky	72	LAD 27 + Silvaradix 1:1 - 370 KG			72	Zenfert 24N			144
Zenfert NS + Zenfert	45.5	Zenfert 13+29S	48	Zenfert 24N	78	Zenfert 24N			182.5

Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	60	Zenfert 24N	42	Silvaradix	78	Zenfert 24N			180
Zenfert + NS + Zenfert	48	Zenfert 24N	45.5	Zenfert 13+29S	87	Zenfert 24N			180.5
Zenfert 4x	48	Zenfert 24N	48	Zenfert 24N	48	Zenfert 24N	36	Zenfert 24N	180
Zenfert 3x	60	Zenfert 24N			84	Zenfert 24N	36	Zenfert 24N	180
Zenfert 4x sníženo o 20%	36	Zenfert 24N	36	Zenfert 24N	36	Zenfert 24N	36	Zenfert 24N	144
Zenfert 2x sníženo o 20%	72	Zenfert 24N			72	Zenfert 24N			144
Alzon + zeolity	144	Alzon neoN + Zenfert 13/29S (2:1)					36	Zenfert 24N	180
Alzon + zeolity - sníženo 20%	144	Alzon neoN + Zenfert 13/29S (2:1)							144
Zenfert + S - sníženo 20%, kvalita	60	Zenfert 24N			48	Zenfert 13+29S	36	Zenfert 24N	144
Zenfert + S - sníženo 20% produkce	40	LAD	52	Zenfert 13+29S	52	Zenfert 13+29S			144
Síranová kontrola	54	LAD			90	Lovogran	36	Zenfert 24N	180
DASA-H	40	LAD	52	DASA-H	52	DASA-H	36	Zenfert 24N	180
DASAMAG-H	40	LAD	52	DASAMAG-H	52	DASAMAG-H	36	Zenfert 24N	180

Provedené agrotechnické zásahy během vegetace pšenice na obou pokusných lokalitách uvádí tabulky 4 a 5. Před prvním produkčním hnojením byl u každé varianty z jednoho opakování proveden orientační odběr půdy na stanovení obsahu minerálního dusíku v půdě za použití ruční půdní sondy, a to z profilu 0-30 cm. Obsah minerálního dusíku na jaře 2024 je uveden v Příloze v tabulkách 16-17, průměrné obsahy z let 2022-2024 u hodnocených tříletých variant v tabulkách 18-19. Po sklizni pšenice ozimé byl z každého opakování zjištěn výnos zrna a vyjádřen při jejich 14% vlhkosti. Z každého opakování byl odebrán cca 1 kg zrna a převezen na analýzu jakostních parametrů (objemová hmotnost, obsah dusíkatých látek, obsah lepku, index sedimentace jako Zeleného test) na smluvené silo NS Hustopeče. Výsledky byly statisticky zpracovány v program STATISTICA Software 14, a to za použití analýzy variance s následným testováním dle Tukeye, při 95 % hladině významnosti ($P \leq 0,05$). U variant hnojení hodnocených již v roce 2022 bylo následně provedeno tříleté hodnocení (vícefaktorová analýza variance) z období 2022-2024.

Tabulka 4 Agrotechnické opatření – Žabčice

Datum	Operace	Materiál	Dávka/ha	Poznámka
03.08.2023	podmítka	talířový podmítač		
17.08.2023	orba			
07.09.2023	předseťová příprava půdy	Smyk + hřbové brány		
11.10.2023	setí	Balitus	3,5 MKS	

18.10.2023	válení	cambridge válce		
28.02.2024	regenerační hnojení A	dle metodiky		
11.03.2024	regenerační hnojení B	dle metodiky		
20.03.2024	herbicide	Kinvara	3,0 l	
03.04.2024	regulátor růstu	Retacel Extra R 68	0,6 l	
		Moddus	0,25 l	
03.04.2024	produkční hnojení	dle metodiky		
19.04.2024	fungicide	Hutton	0,8 l	
02.05.2024	kvalitativní hnojení	dle metodiky		
20.05.2024	fungicide	Prosaro 250EC	0,75 l	
22.05.2024	insekticide	Mospilan Mizu 120sl	0,35 l	
10.07.2024	sklizeň			

Tabulka 5 Agrotechnické opatření – Vatín

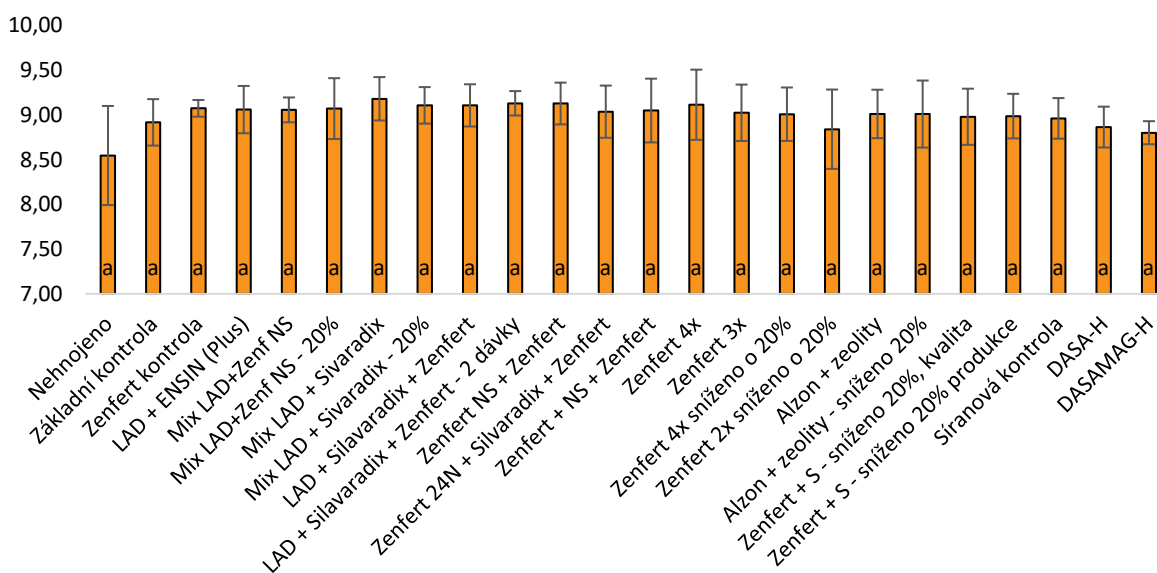
Datum	Operace	Materiál	Dávka/ha	Poznámka
04.10.2023	Kultivátor, vláčení			
	setí	Balitus		
12.10.2023	herbicide	Trinity	0,5 l	
09.03.2024	regenerační hnojení A	dle metodiky		
22.03.2024	regenerační hnojení B	dle metodiky		
10.04.2024	produkční hnojení	dle metodiky		
08.04.2024	herbicide	Corello	40 g	
09.05.2024	Kvalitativní hnojení	dle metodiky		
10.05.2024	fungicide	Delaro	320 ml	
06.08.2024	sklizeň			

VÝSLEDKY POKUSŮ

PŠENICE OZIMÁ - 2024

Vliv všech testovaných hnojiv na výnos a kvalitativní parametry pšeničného zrna z pokusné lokality Žabčice popisuje graf 3 a tabulka 6. Mezi jednotlivými variantami nebyl ani v jednom případě zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Z hlediska kvalitativních parametrů se zejména hodnoty objemové hmotnosti zrna a Zeleného testu pohybovaly shodně napříč pokusnými variantami na hraně potravinářské kvality. Souhrnné statistické srovnání všech pokusných variant z experimentální lokality Vatín jsou popsány v grafu 4, respektive tabulce 7. Ve Vatíně byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly jak u průměrného výnosu zrna, tak z pohledu jakostních parametrů.

Graf 3 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice 2024



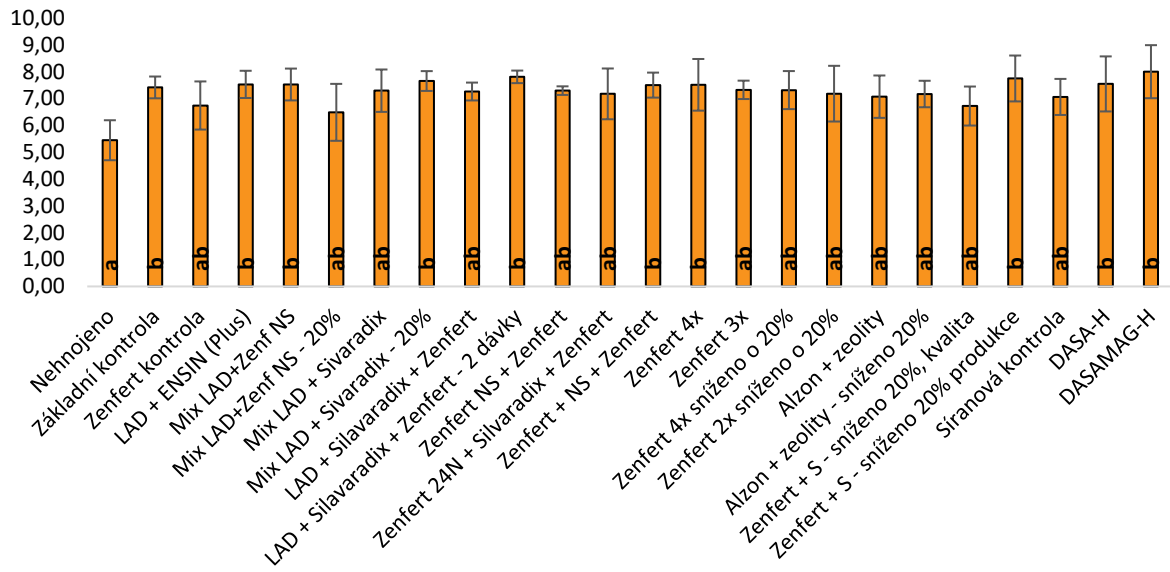
Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl (ps0,05). Chybové úsečky vyjadřují SD.

Tabulka 6 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv na jakostní parametry pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice 2024

Varianta	OH (kg/hl)	NL (%)	Lepek (%)	ZT (ml)
Nehnojeno	74,4a	12,8a	28,1a	39a
Základní kontrola	74,2a	12,7a	28,1a	40a
Zenfert kontrola	73,4a	12,8a	28,2a	39a
LAD + ENSIN (Plus)	74,2a	12,6a	27,8a	39a
Mix LAD+Zenf NS	74,2a	12,5a	27,7a	40a
Mix LAD+Zenf NS - 20%	74,6a	12,5a	27,5a	38a
Mix LAD + Sivaradix	74,1a	12,6a	27,6a	39a
Mix LAD + Sivaradix - 20%	74,3a	12,7a	28,1a	40a
LAD + Silavaradix + Zenfert	74,0a	12,6a	27,7a	39a
LAD + Silavaradix + Zenfert - 2 dávky	74,2a	12,7a	27,9a	39a
Zenfert NS + Zenfert	74,3a	12,7a	27,8a	39a
Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	74,0a	12,5a	27,6a	38a
Zenfert + NS + Zenfert	73,9a	12,5a	27,6a	39a
Zenfert 4x	74,4a	12,6a	27,8a	39a
Zenfert 3x	74,2a	12,6a	27,7a	39a
Zenfert 4x sníženo o 20%	74,5a	12,7a	28,0a	40a
Zenfert 2x sníženo o 20%	74,0a	12,6a	27,9a	40a
Alzon + zeolity	74,4a	12,5aa	27,8a	40a
Alzon + zeolity - sníženo 20%	74,1a	12,7a	28,0a	40a
Zenfert + S - sníženo 20%, kvalita	74,1a	12,5a	27,7a	39a
Zenfert + S - sníženo 20% produkce	73,9a	12,6a	28,0a	40a
Síranová kontrola	74,4a	12,6a	27,8a	39a
DASA-H	73,8a	12,7a	28,1a	40a
DASAMAG-H	74,3a	12,7a	28,1a	40a

Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl (ps0,05).

Graf 4 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Vatín 2024



Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl (ps0,05). Chybové úsečky vyjadřují SD.

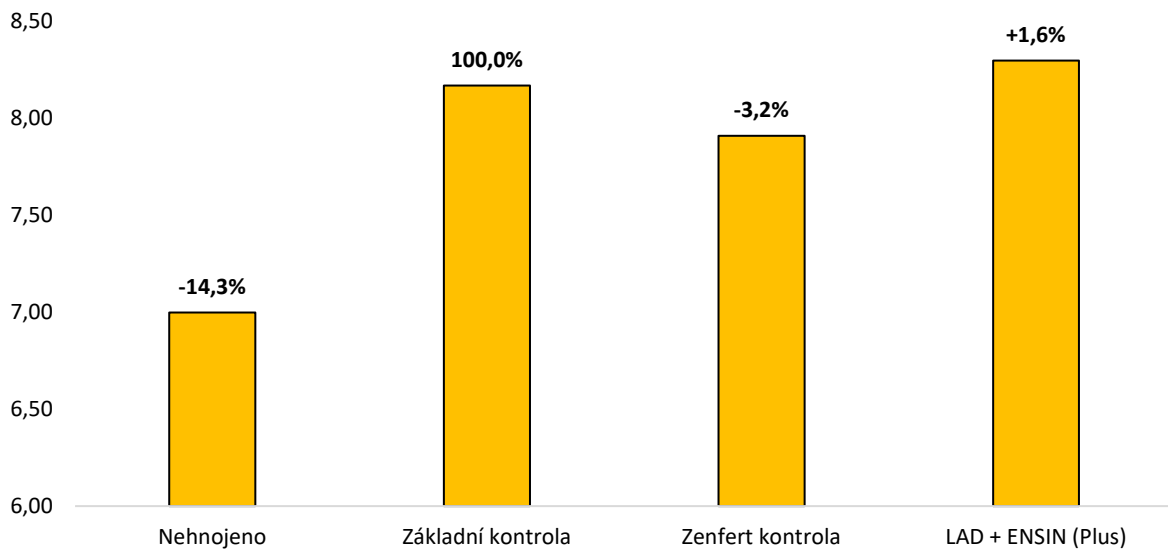
Tabulka 7 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv na jakostní parametry pšenice ozimé (t/ha) – Vátn 2024

Varianta	OH (kg/hl)	NL (%)	Lepek (%)	ZT (ml)
Nehnojeno	72.0a	11.0a	23.4a	28a
Základní kontrola	72.7a	12.5b	27.6b	39b
Zenfert kontrola	72.3a	12.5b	27.6b	40b
LAD + ENSIN (Plus)	71.3a	12.3b	27.2b	38b
Mix LAD+Zenf NS	70.9a	12.5b	27.8b	40b
Mix LAD+Zenf NS - 20%	69.0a	11.9ab	26.2b	35ab
Mix LAD + Sivaradix	71.9a	12.4b	27.3b	39b
Mix LAD + Sivaradix - 20%	70.8a	12.0b	26.3b	36ab
LAD + Silavaradix + Zenfert	71.0a	12.2b	26.7b	37b
LAD + Silavaradix + Zenfert - 2 dávky	71.9a	12.2b	26.7b	37b
Zenfert NS + Zenfert	71.0a	12.5b	27.6b	40b
Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	70.2a	12.6b	28.3b	41b
Zenfert + NS + Zenfert	69.8a	12.7b	28.4b	42b
Zenfert 4x	70.9a	12.5b	27.7b	40b
Zenfert 3x	72.0a	12.7b	28.0b	41b
Zenfert 4x sníženo o 20%	69.1a	12.6b	27.9b	41b
Zenfert 2x sníženo o 20%	72.8a	12.8b	28.2b	41b
Alzon + zeolity	72.7a	12.6b	27.8b	40b
Alzon + zeolity - sníženo 20%	70.1a	12.6b	27.7b	40b
Zenfert + S - sníženo 20%, kvalita	71.5a	12.3b	27.0b	38b
Zenfert + S - sníženo 20% produkce	71.2a	12.4b	27.4b	39b
Síranová kontrola	70.7a	12.6b	27.9b	40b
DASA-H	70.9a	12.5b	27.5b	39b
DASAMAG-H	70.5a	12.3b	27.2b	38b

Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl (p<0,05).

I přes to, že se většina pokusných variant zaměřuje na aplikaci moderních zeolitových hnojiv, případně jejich kombinaci s tradičními hnojivy, není souhrnné hodnocení zcela ideální. Následující grafy a tabulky tak zobrazují skupinové srovnání vlivu podobných technologií z hlediska průměrného výnosu zrna a jakostních parametrů, a to z pohledu relativního nárůstu či poklesu v průměru z obou pokusných lokalit. V grafu 5 a tabulce 8 jsou prezentovány průměrné výnosy a hodnoty kvalitativních parametrů zrna pšenice z pohledu tradičních a moderních kontrolních variant, které by mohly představovat standard ve výživě pšenice ozimé. Zejména varianta s aplikací hnojiv LAD + ENSIN se již dlouhodobě ukazuje jako velmi perspektivní, a to nejen díky dvěma celkovým aplikacím v porovnání s klasickým trojím přihnojením pšenice, nově ale také i ve snížené dávce dusíku (144 kg/ha vs 180 kg u základní kontroly). Také varianta s aplikací hnojiva Zenfert se i přes nepatrný relativní pokles ve výnosu jeví do budoucna velmi slibně, i zde je totiž dávka dusíku snížena (165 kg/ha vs 180 kg/ha u základní kontroly). U parametrů kvality zrna nebyl s výjimkou nehnojené varianty sledován významný rozdíl.

Graf 5 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – kontrolní varianty na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

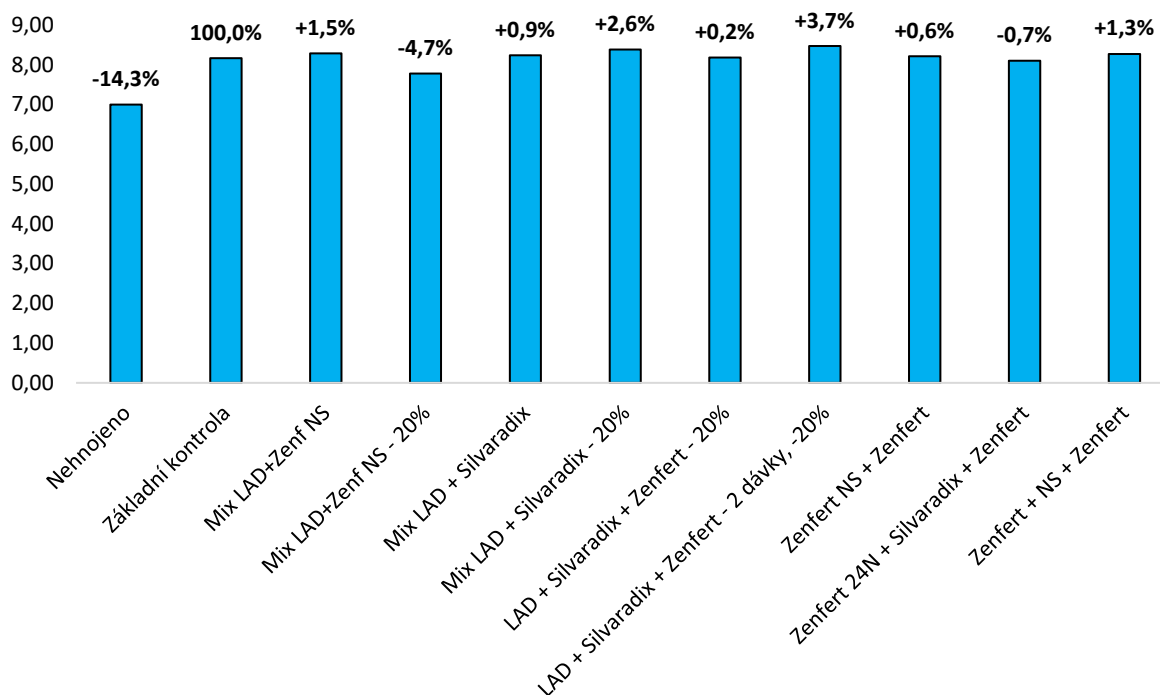


Tabulka 8 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – kontrolní varianty na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Zenfert kontrola	72,8	99,1	12,7	100,4	27,9	100,4	39	100,0
LAD + ENSIN (Plus)	72,7	99,0	12,5	99,0	27,5	98,8	39	100,0

Technologie hnojení zaměřené především na aplikaci zeolitových hnojiv a jejich kombinací s dalšími konvenčními hnojivy popisuje z hlediska průměrných výnosů zrna pšenice graf 6, kvalitativní parametry prezentuje tabulka 9. I přes to, že mezi průměrnými výnosy není velký rozdíl, zajímavé jsou opět především varianty se sníženou dávkou dusíku o 20 % (144 kg/ha vs 180 kg/ha u základní kontroly). Ukazuje se tak potenciál zeolitu, který nabízí celou řadu pozitivních efektů, mimo jiné třeba přírodní inhibitor nitrifikace amonného dusíku.

Graf 6 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a jejich kombinace na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

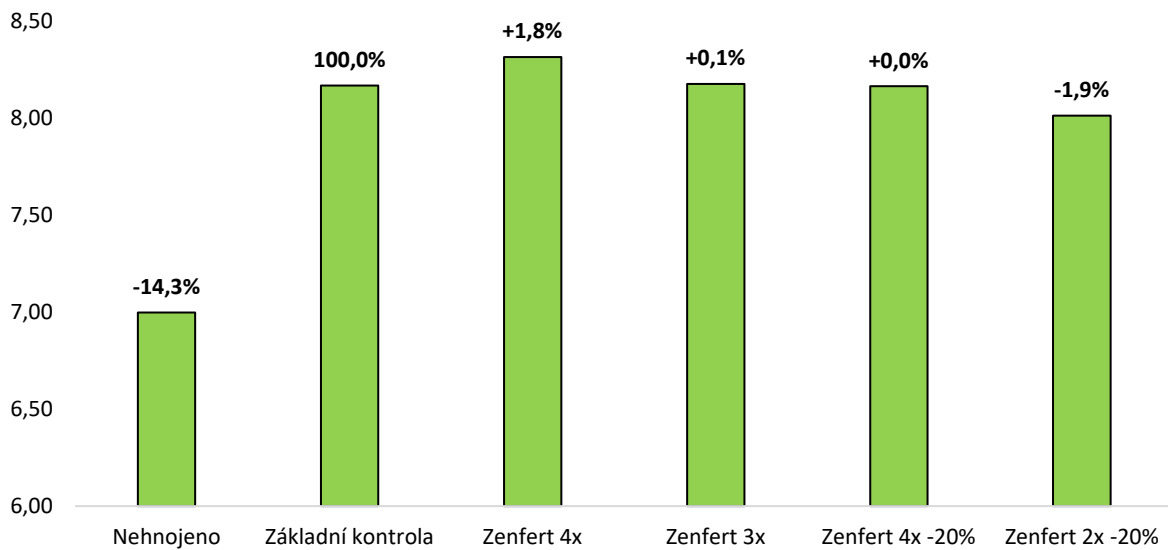


Tabulka 9 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a jejich kombinace na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Mix LAD + Zenf NS	72,5	98,7	12,5	99,4	27,7	99,7	40	102,6
Mix LAD + Zenf NS - 20%	71,8	97,7	12,2	96,8	26,8	96,4	37	94,9
Mix LAD + Silvaradix	73,0	99,3	12,5	99,1	27,5	98,7	39	100,0
Mix LAD + Silvaradix - 20%	72,6	98,7	12,4	98,1	27,2	97,8	38	97,4
LAD + Silvaradix + Zenfert - 20%	72,5	98,6	12,4	98,1	27,2	97,8	38	97,4
LAD + Silvaradix + Zenfert - 2 dávky, -20%	73,0	99,4	12,4	98,5	27,3	98,2	38	97,4
Zenfert NS + Zenfert	72,7	98,9	12,6	99,6	27,7	99,6	39	100,0
Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	72,1	98,1	12,6	99,6	27,9	100,4	40	102,6
Zenfert + NS + Zenfert	71,8	97,7	12,6	99,7	28,0	100,7	40	102,6

Graf 8 a tabulka 10 prezentují srovnání technologie hnojení založené čistě na aplikaci hnojiva Zenfert 24N, a to opět i ve snížených dávkách. I o 20 % snížené dávky dusíku (8,16 t/ha, respektive 8,01 t/ha) jsou díky přidavku zeolitu, na základě dat získaných ze dvou pokusných lokalit, srovnatelné s kontrolní variantou (8,17 t/ha).

Graf 7 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

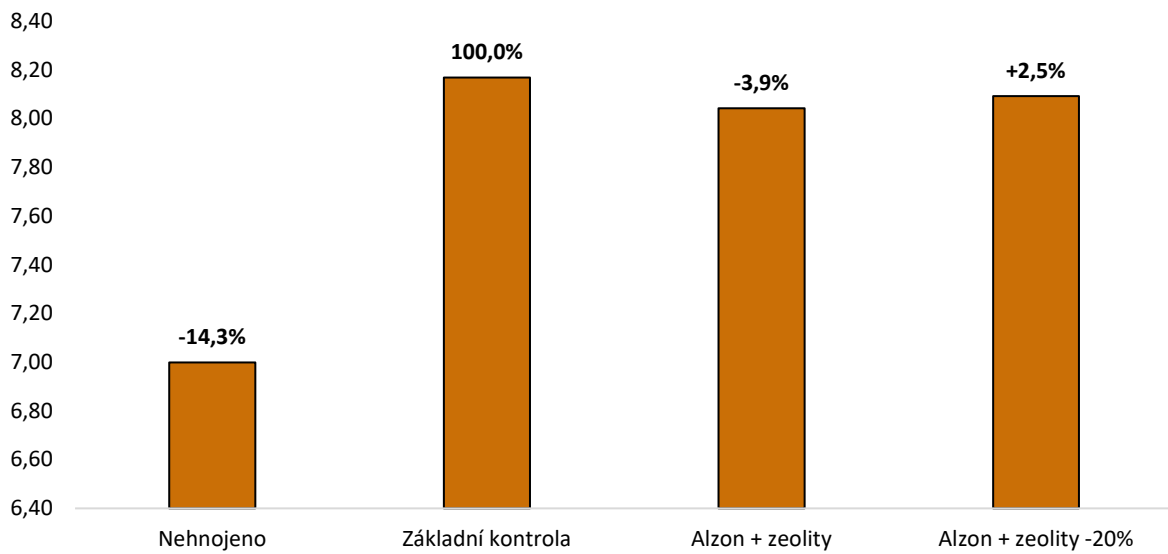


Tabulka 10 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

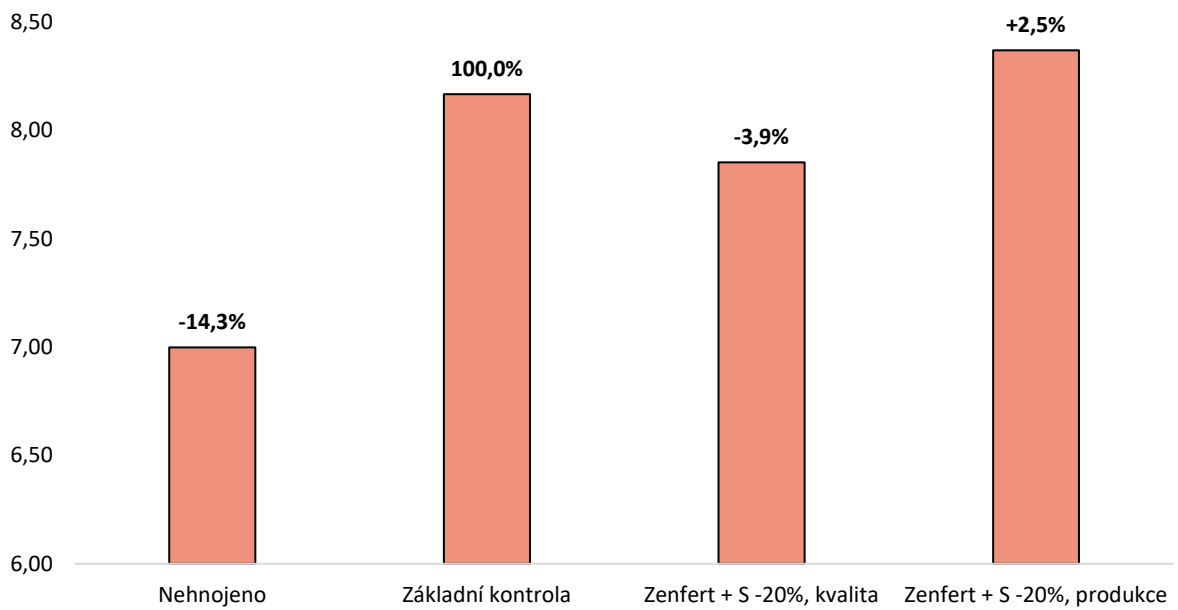
Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Zenfert 4x	72,7	98,9	12,6	99,8	27,8	99,8	39	100,0
Zenfert 3x	73,1	99,5	12,6	100,3	27,8	100,1	40	102,6
Zenfert 4x -20%	71,8	97,7	12,6	100,3	28,0	100,5	40	102,6
Zenfert 2x -20%	73,4	99,9	12,7	100,7	28,1	100,9	41	105,1

Hnojení pšenice ozimé za pomoci zeolitových hnojiv v kombinaci s inhibitory přeměny dusíku (Alzon Neo-N), případně zeolitových hnojiv se sírou, prezentují grafy 8 a 9. Kvalitativní parametry odpovídajících variant pak znázorňují tabulky 11 a 12. U obou variant je třeba zmínit nižší počet aplikací, varianta s plnou dávkou hnojiva Alzon NeoN s oběma inhibitory přeměny dusíku v kombinaci se zeolitovými hnojivy byla postavena na dvou aplikacích dusíku během vegetace, snížená dávka dokonce pouze na jedné aplikaci ve srovnání se základní kontrolou (tři aplikace). I přesto jsou průměrné výnosy ze dvou lokalit srovnatelné. Varianty se zeolitem a sírou už byly aplikovány podobně jako kontrola třikrát během vegetace (důraz buď na kvalitativní či produkční hnojení), avšak v obou případech ve snížených dávkách (114 kg/ha vs 180 kg/ha). I zde je možné konstatovat, že i přes snížení celkové dávky dusíku jsou průměrné výnosy vyrovnané. U obou srovnávaných technologií nebyly zaznamenány významnější rozdíly z hlediska kvalitativních parametrů.

Graf 8 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a inhibitory na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024



Graf 9 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a sírou na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024



Tabulka 11 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a inhibitory na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

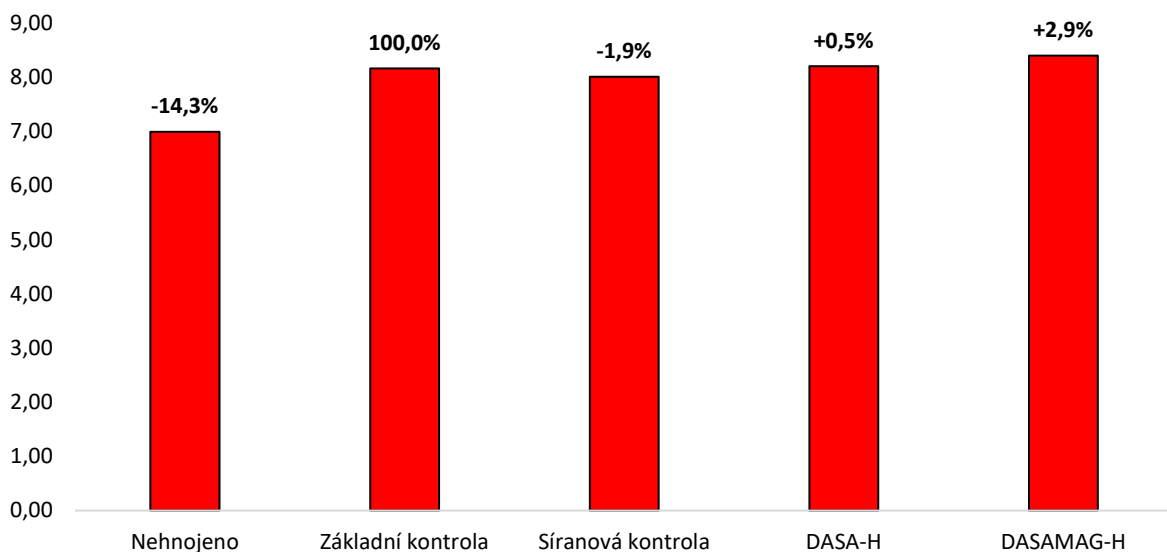
Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Alzon + zeolity	73,5	100,1	12,6	99,6	27,8	99,9	40	102,6
Alzon + zeolity -20%	72,1	98,1	12,6	100,1	27,9	100,2	40	102,6

Tabulka 12 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a sírou na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Zenfert + S -20%, kvalita	72,8	99,1	12,4	98,4	27,4	98,4	39	100,0
Zenfert + S -20%, produkce	72,6	98,8	12,5	99,2	27,7	99,5	39	100,0

Výživu pšenice více konvenčním způsobem, tedy za použití tradičních hnojiv (LAD, DASA-H, DASAMAG-H Lovogran) během časného jarního období s následným kvalitativním přihnojením za použití zeolitových hnojiv prezentuje graf 10, respektive tabulka 13. Nejvyšší výnos byl sledován u kombinace hnojení s dvojitou aplikací hnojiva DASAMAG-H doplněného o LAD a také zeolit (8,40 t/ha). Oproti základní kontrole se naopak tento přístup soustředil na rovnoměrnější distribuci dusíku během vegetace, který byl aplikován čtyřikrát namísto tří aplikací u základní kontroly (8,17 t/ha). Stejným způsobem byla realizovaná varianta s aplikací hnojiva DASA-H (8,21 t/ha), počet aplikací dusíku u síranové kontroly (hnojivo Lovogran) bylo naopak shodné se základní kontrolou. Celková dávka dusíku u těchto variant byla shodná, a to 180 kg/ha.

Graf 10 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – tradiční hnojiva doplněna o zeolit na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024



Tabulka 13 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – tradiční hnojiva doplněna o zeolit na kvalitu pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2024

Varianta	OH (kg/hl)	%	NL (%)	%	Lepek (%)	%	ZT (ml)	%
Nehnojeno	73,2	99,6	11,9	94,3	25,8	92,6	33	84,6
Základní kontrola	73,5	100,0	12,6	100,0	27,8	100,0	39	100,0
Síranová kontrola	72,5	98,7	12,6	99,7	27,8	100,0	40	102,6
DASA-H	72,4	98,5	12,6	99,7	27,8	99,9	39	100,0
DASAMAG-H	72,4	98,5	12,5	99,2	27,6	99,4	39	100,0

PŠENICE OZIMÁ - 2022-2024

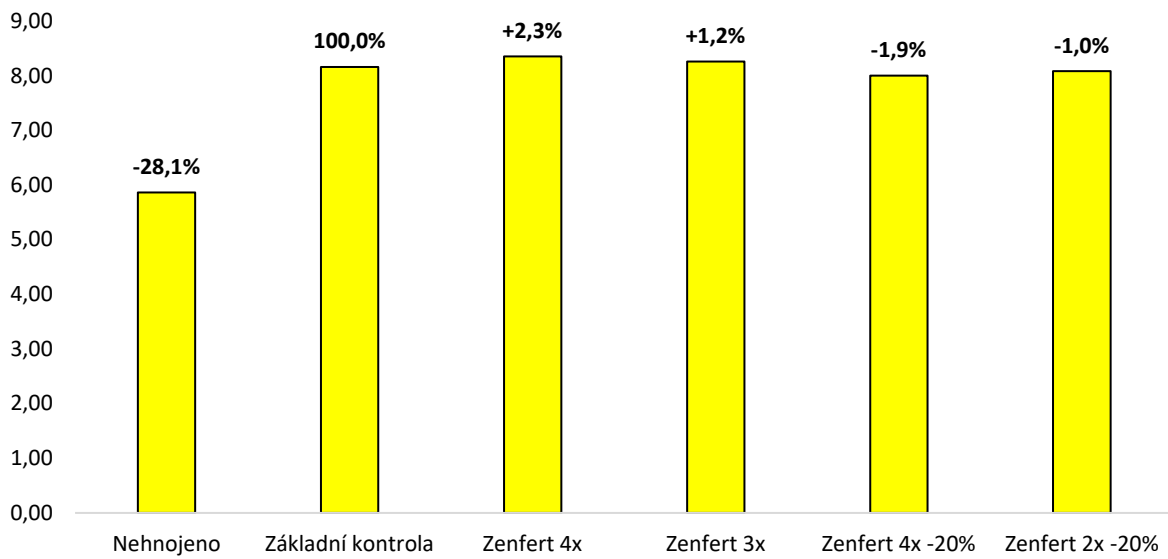
Z hlediska dosažených výsledků pěstování pšenice ozimé (průměrný výnos, kvalitativní parametry) jsou velmi důležitá víceletá data, která přinesou relevantní pohled na zkoumané varianty hnojení, navíc na dvou rozdílných lokalitách. V následující části se tedy věnujeme tříletému hodnocení dat ze sklizně pšenice proběhlé v letech 2022 až 2024. Posuzované varianty hnojení je možné rozdělit do dvou skupin, a to na technologie postavené především na hnojivech se zeolitem a následně na konvekční hnojiva, která jsou zeolitem pouze doplněna (metodika v tabulce 3). Průměrný výnos společně s analýzou kvality zrna pšenice a jejich statistickou průkaznost na základě vícefaktorové analýzy variance (varianta hnojení, lokalita, rok) zobrazuje tabulka 14. Z výsledků je patrný vliv ročníku, a to jak z hlediska průměrného výnosu, tak většiny kvalitativních parametrů. Logicky se také potvrzuje vliv stanoviště (s výjimkou ZT), tedy fyzikální vlastnosti půdy (půdní druh, typ) či například zásoba živin v půdě. Z hlediska zkoumaných variant hnojení byl sledován statisticky průkazný rozdíl pouze při srovnání hnojených variant a varianty nehnojené. Technologie založené na aplikaci zeolitových hnojiv tedy sice nepřinesly statisticky průkazné zvýšení výnosu, více než polovina testovaných variant je však postavená na celkově nižší dávce dusíku. Relativní rozdíl ve výnosu dle jednotlivých přístupů k aplikaci hnojiv se zeolity z hlediska průměrného výnosu zrna jsou prezentovány v grafech 11 až 13. Kvalitu zrna uvádí tabulka 14.

Tabulka 14 Průměrný výnos (t/ha) a parametry kvality zrna pšenice ze Žabčice a Vatína v letech 2022-2024 – hnojiva se zeolitem

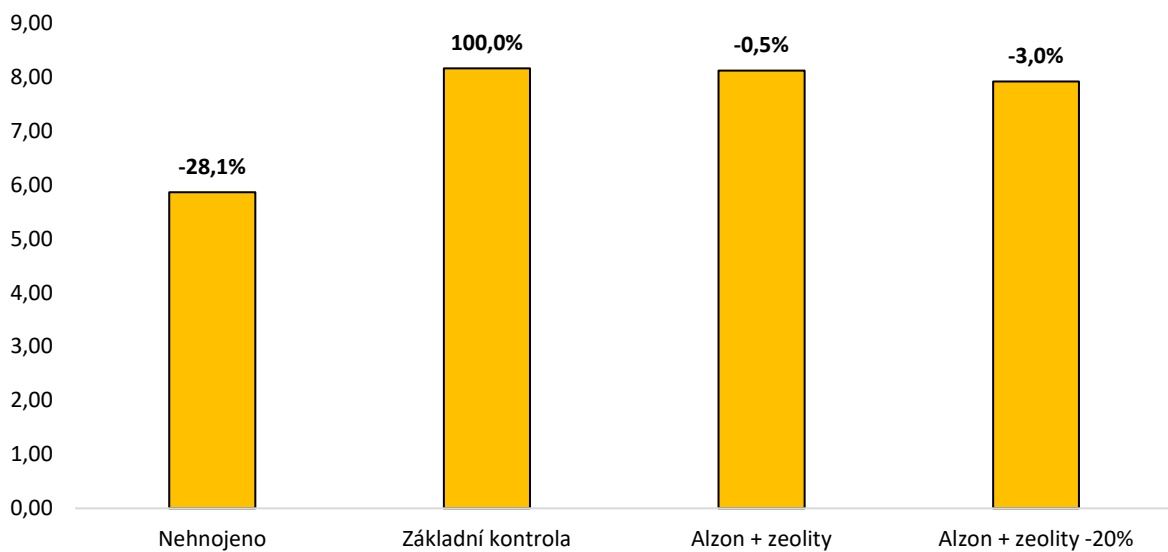
Faktor	Úroveň faktoru	Výnos (t/ha)	OH (kg/hl)	NL (%)	Lepek (%)	ZT (ml)
Rok	2022	6,70a	75,3b	11,6b	25,1b	32a
	2023	8,85b	75,1b	11,2a	24,3a	30b
	2024	8,02c	72,9a	12,5c	27,6c	39c
Lokalita	Žabčice	9,05b	75,4b	11,8b	25,7a	34a
	Vatín	6,66a	73,4a	11,7a	25,5a	34a
Varianta	Nehnojeno	5,87a	73,4a	10,3a	21,9a	24a
	základní kontrola	8,16b	75,1c	12,3e	27,1c	37de
	Zenfert 4x	8,35b	74,7bc	12,1de	27,1c	36de
	Zenfert 3x	8,26b	74,8bc	12,3e	26,8c	38e
	Zenfert 4x -20%	8,00b	74,1abc	11,8cd	25,8bc	34cd
	Zenfert 2x -20%	8,08b	74,8bc	12,0de	26,3c	36de
	Alzon + zeolity	8,12b	74,9bc	12,0de	26,3c	36de
	Alzon + zeolity -20%	7,92b	74,1abc	11,8cd	25,8bc	34cd
	Zenfert + S -20%, kvalita	7,81b	74,3abc	11,5bc	24,9b	32b
Zenfert + S -20%, produkce	8,00b	74,0ab	11,3b	24,6b	31bc	

Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl (p<0,05).

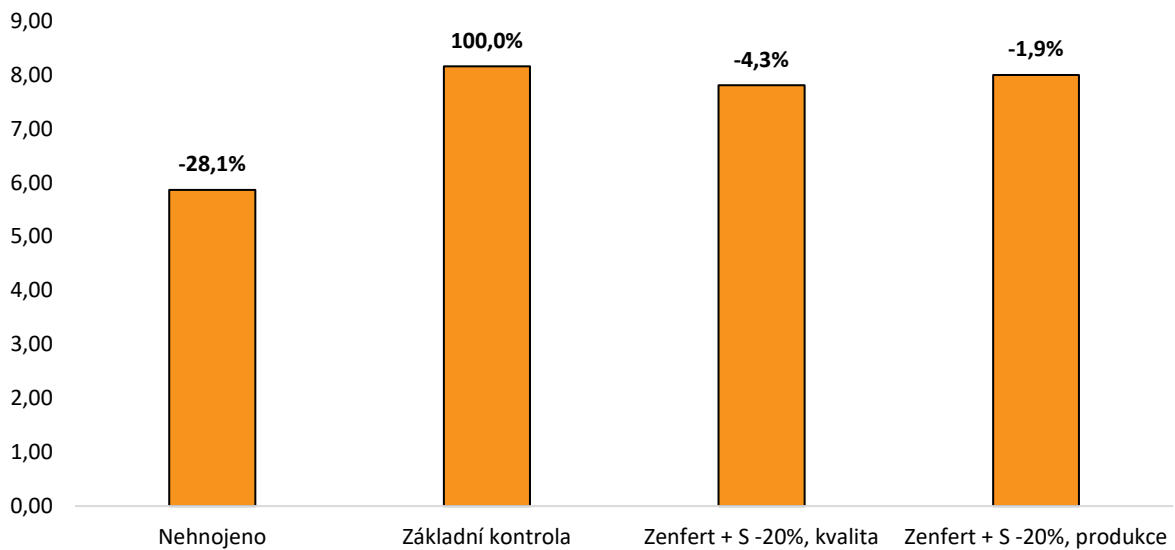
Graf 11 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2022-2024



Graf 12 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a inhibitory na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2022-2024



Graf 13 Vliv aplikace zkoumaných hnojiv – hnojiva se zeolitem a sírou na výnos pšenice ozimé (t/ha) – Žabčice a Vatín 2022-2024



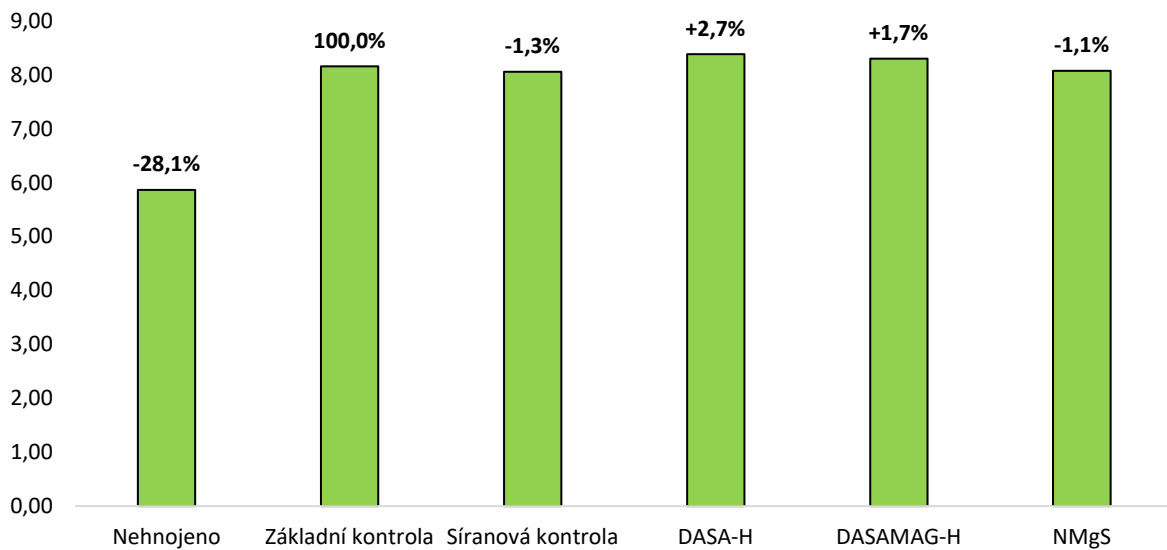
Druhou skupinou variant hodnocených v tříletém průměru ze dvou experimentálních lokalit jsou dnes již tradiční hnojiva (LAD, DASA-H, DASAMAG-H, Lovogran) aplikována během časného jarního období s následným kvalitativním přihnojením za použití zeolitových hnojiv. Průměrný výnos těchto variant, společně s dosaženou kvalitou zrna a jejich statistickou průkazností prezentuje tabulka 15. Hodnocení vlivu ročníku na výnos a kvalitu víceméně kopírují předchozí skupinu. Také z hlediska zkoumaných variant hnojení nebyl ve tříletém průměru sledován statistický rozdíl mezi hnojenými variantami. Statisticky průkazný rozdíl byl naopak sledován u kvalitativních parametrů (NL, lepek, ZT), a to nejen mezi nehnojenou variantou a zbytkem, ale také mezi variantou s aplikací NMgS hnojiva a ostatními variantami hnojení. Tato varianta v posledním roce 2024 nebyla testována z důvodu nedostatku hnojiva (jedná se tedy o dvouleté výsledky). Hodnocení průměrného výnosu z hlediska relativního nárůstu a poklesu prezentuje graf 14.

Tabulka 15 Průměrný výnos (t/ha) a parametry kvality pšenice ze Žabčice a Vatína v letech 2022-2024 – tradiční hnojiva doplněna o zeolit

Faktor	Úroveň faktoru	Výnos (t/ha)	OH (kg/hl)	NL (%)	Lepek (%)	ZT (ml)
Rok	2022	6,64a	74,7b	11,5b	24,7b	31a
	2023	8,81c	75,1b	11,2a	24,4a	31a
	2024	7,96b	72,8a	12,4c	27,4c	38b
Lokalita	Žabčice	8,93b	75,4b	11,8b	25,6a	34a
	Vatín	6,66a	73,1a	11,5a	25,2a	33a
Varianta	Nehnojeno	5,87a	73,4a	10,3a	21,9a	24a
	základní kontrola	8,16b	75,1b	12,3c	27,1c	37c
	Síranová kontrola	8,06b	73,9ab	12,0c	26,3c	36c
	DASA-H	8,39b	74,2ab	12,0c	25,9c	35c
	DASAMAG-H	8,30b	74,3ab	12,0c	26,5c	36c
	NMGS	8,08b	74,9b	11,3b	24,3b	30b

Mezi variantami označenými stejnými písmeny není průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$). * NMgS hodnoceno pouze z let 2022-2023.

Graf 14 Průměrný výnos (t/ha) zrna pšenice ze Žabčic a Vatína v letech 2022-2024 – tradiční hnojiva doplněna o zeolit



ZÁVĚR

Pšenice ozimá je stále nejpěstovanější plodinou v ČR, proto je vhodné její výživu co možná nejvíce optimalizovat za použití vhodných hnojiv, které umožňují snižování počtu aplikačních přejezdů či celkové snižování dávek dusíku. Moderní přístup může být založen na aplikaci hnojiv obsahujících podíl zeolitu, který má celou řadu pozitivních vlastností jako je například zlepšení hospodaření s vodou, fixace živin (mj. amonný kation), zlepšení půdní struktury či snižování kyselosti. Z tříletých výsledků vyplývá, že aplikace hnojiv se zeolitem je z pohledu snížených dávek dusíku (-20 %) stejně efektivní, jako je konvenční přístup ke hnojení pšenice za pomoci tradičních hnojiv LAD a DAM-390. Hnojiva se zeolitem tak představují moderní a účinný způsob hnojení, který přináší mnoho výhod pro rostliny i životní prostředí. Díky svým unikátním vlastnostem zeolit zlepšuje růst a výnosy rostlin, snižuje ztráty živin a přispívá k udržitelnému zemědělství. Z pohledu možné intenzifikace již tradičních hnojiv ve výživě pšenice ozimé tříleté výsledky ukazují, že čtyři aplikace umožňující možná rovnoměrnější rozložení dávek dusíku během vegetace není asi zcela nutné, avšak za určitých podmínek vzhledem k ročníku můžou být účinným opatřením pro lepší využití dusíku rostlinami.

Kontaktní adresa

Ing. Jiří Antošovský, Ph.D.

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, AF, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

tel: 545 133 093, 774 108 331

e-mail: jiri.antosovsky@mendelu.cz

PŘÍLOHA

Tabulka 16 Orientační stanovení N_{min} před produkčním hnojením na jaře 2024, Žabčice

Varianta	N_{min} před produkčním		
	Dusík amoniakální	Dusík dusičnanový	Dusík minerální
Nehnojeno	4,4	8,2	6,3
Základní kontrola	8,6	22,2	15,4
Zenfert kontrola	7,1	19,3	13,2
LAD + ENSIN (Plus)	22,3	23,8	23,0
Mix LAD+Zenf NS	22,7	9,4	16,0
Mix LAD+Zenf NS - 20%	20,1	11,2	15,6
Mix LAD + Sivaradix	16,7	19,7	18,2
Mix LAD + Sivaradix - 20%	22,5	24,0	23,2
LAD + Silavaradix + Zenfert	17,6	23,6	20,6
LAD + Silavaradix + Zenfert - 2 dávky	11,3	16,3	13,8
Zenfert NS + Zenfert	7,2	9,5	8,4
Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	11,3	23,8	17,6
Zenfert + NS + Zenfert	7,8	8,6	8,2
Zenfert 4x	10,1	17,3	13,7
Zenfert 3x	21,5	15,9	18,7
Zenfert 4x sníženo o 20%	18,5	12,0	15,3
Zenfert 2x sníženo o 20%	19,0	16,2	17,6
Alzon + zeolity	21,4	19,8	20,6
Alzon + zeolity - sníženo 20%	18,0	14,8	16,4
Zenfert + S - sníženo 20%, kvalita	21,8	10,2	16,0
Zenfert + S - sníženo 20% produkce	13,4	13,2	13,3
Síranová kontrola	13,0	16,9	14,9
DASA-H	11,0	20,6	15,8
DASAMAG-H	13,6	14,6	14,1

Tabulka 17 Orientační stanovení N_{min} před produkčním hnojením na jaře 2024, Vatin

Varianta	N _{min} před produkčním		
	Dusík amoniakální	Dusík dusičnanový	Dusík minerální
Nehnojeno	3,2	11,5	7,4
Základní kontrola	10,5	6,6	8,6
Zenfert kontrola	19,7	19,0	19,3
LAD + ENSIN (Plus)	12,5	19,6	16,0
Mix LAD+Zenf NS	20,7	6,4	13,5
Mix LAD+Zenf NS - 20%	8,2	7,8	8,0
Mix LAD + Sivaradix	13,8	7,5	10,6
Mix LAD + Sivaradix - 20%	14,7	18,5	16,6
LAD + Silavaradix + Zenfert	7,6	7,0	7,3
LAD + Silavaradix + Zenfert - 2 dávky	13,7	7,1	10,4
Zenfert NS + Zenfert	7,1	7,6	7,3
Zenfert 24N + Silvaradix + Zenfert	19,1	8,2	13,6
Zenfert + NS + Zenfert	14,2	19,1	16,7
Zenfert 4x	6,3	21,0	13,6
Zenfert 3x	7,5	19,6	13,5
Zenfert 4x sníženo o 20%	18,4	9,6	14,0
Zenfert 2x sníženo o 20%	20,5	12,3	16,4
Alzon + zeolity	9,6	13,1	11,4
Alzon + zeolity - sníženo 20%	10,8	10,7	10,8
Zenfert + S - sníženo 20%, kvalita	15,7	19,2	17,4
Zenfert + S - sníženo 20% produkce	6,4	8,9	7,7
Síranová kontrola	17,6	16,3	16,9
DASA-H	12,4	18,2	15,3
DASAMAG-H	7,5	10,9	9,2

Tabulka 18 Orientační stanovení N_{min} před produkčním hnojením na jaře z let 2022-2024, Žabčice

Varianta	N _{min} před produkčním		
	Dusík amoniakální	Dusík dusičnanový	Dusík minerální
Nehnojeno	3,6	6,9	8,4
základní kontrola	24,5	29,2	48,7
Zenfert 4x	17,2	14,7	27,3
Zenfert 3x	16,4	16,8	27,0
Zenfert 4x -20%	15,0	11,6	21,5
Zenfert 2x -20%	16,4	18,4	28,9
Alzon + zeolity	16,1	11,9	21,1
Alzon + zeolity -20%	21,5	10,4	26,4
Zenfert + S -20%, kvalita	20,5	14,5	29,6
Zenfert + S -20%, produkce	12,9	13,0	21,5
Síranová kontrola	13,3	18,8	27,2
NMgS	33,5	15,4	48,8
DASA-H	17,8	18,7	31,2
DASAMAG-H	19,8	16,2	31,3

Tabulka 19 Orientační stanovení N_{min} před produkčním hnojením na jaře z let 2022-2024, Vatín

Varianta	N _{min} před produkčním		
	Dusík amoniakální	Dusík dusičnanový	Dusík minerální
Nehnojeno	3,4	7,3	8,2
základní kontrola	17,5	6,6	21,3
Zenfert 4x	12,4	18,8	26,7
Zenfert 3x	7,4	18,1	21,0
Zenfert 4x -20%	14,7	15,0	25,0
Zenfert 2x -20%	15,3	15,8	25,7
Alzon + zeolity	12,7	17,9	26,8
Alzon + zeolity -20%	12,3	12,5	21,3
Zenfert + S -20%, kvalita	13,1	16,0	23,3
Zenfert + S -20%, produkce	12,5	12,5	22,5
Síranová kontrola	14,9	16,9	26,1
NMgS	12,5	14,9	27,4
DASA-H	19,9	13,5	28,3
DASAMAG-H	15,9	16,9	29,7