

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv hnojení minerálními hnojivy se zeolity na výnos ozimé
pšenice a efektivitu využití dusíku**

Diplomová práce

Bc. Zuzana Valinová

Pěstování rostlin

Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv hnojení minerálními hnojivými se zeolity na výnos ozimé pšenice a efektivitu využití dusíku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

Zároveň bych chtěla poděkovat Ing. Radku Košalovi za perfektně vedené a zpracované pokusy, jejichž výsledky jsou v práci uváděny.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za pomoc na polním pokusu a za obrovskou podporu během celého studia.

Vliv hnojení minerálními hnojivy se zeolity na výnos ozimé pšenice a efektivitu využití dusíku

Souhrn

Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) je jedna z nejstarších kulturních plodin. Jedná se o nejrozšířenější plodinu ve světě i u nás. Na podzim roku 2023 bylo oseto pšenicí ozimou v ČR 739 tis. ha. Obiloviny představují klíčovou skupinu plodin v zemědělství ekonomicky i spotřebitelsky. Možnosti jejich využití jsou rozmanité a široce rozšířené v mnoha odvětvích, proto se jedná o perspektivní tržní plodinu k pěstování. Je tedy nutné zaměřit se na správnou výživu, která je klíčovým faktorem pro dosažení optimálních výnosů a kvality sklizeného zrna.

Tato diplomová práce je postavena na pokusech, kdy byl hodnocen vliv minerálních hnojiv se zeolity na výnos ozimé pšenice a efektivitu využití dusíku. V hospodářském roce 2022/2023 založila společnost Agrofert, a.s. maloparcelkové pokusy na půdním bloku v Radovesicích, který dlouhodobě slouží k pokusným účelům. Pšenicí ozimou odrůdy Adina bylo oseto 64 parcel, na kterých se řešilo 8 variant hnojení, každé bylo 8 x opakováno. Jedna z variant byla nehnojená kontrola. U dvou variant bylo použito hnojivo LOVOFERT LAD 27 s tím rozdílem, že u jedné varianty bylo celkově dodáno 160 kg N/ha a u druhé 142 kg N/ha. Na třech variantách se aplikovalo minerální hnojivo ZENFERT 24 N. Jednou bylo ve třech aplikacích dodáno celkem 160 kg N/ha, podruhé ve dvou aplikacích dodáno také 160 kg N/ha, u třetí se dodalo celkem 142 kg N/ha ve třech aplikacích. Na posledních dvou variantách bylo použito hnojivo ZENFERT 24 N spolu s ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha a 142 kg/ha, a celkovou dodanou sírou 35,6 kg/ha.

V jarním období proběhla inventarizace porostu. Při vizuálním posouzení stavu porostu se sledovalo zapojení porostu, stejnoměrný růst a barva rostlin. Dále byly identifikovány parcely poškozené přejezdem traktorů a požerem hrabošů. Po aplikaci poslední dávky hnojení, při vývojové fázi pšenice BBCH 59, byly odebrány vzorky rostlin, ze kterých byl proveden rozbor. Již zde byl patrný velmi silný nedostatek dusíku u nehnojené varianty. I u ostatních variant byl zaznamenán aktuální nedostatek dusíku. U všech variant mimo té, kde se aplikovalo zeolitové hnojivo s přidavkem síry s celkovou dávkou dusíku 142 kg/ha.

Po sklizni byl vyhodnocen výnos a kvalitativní parametry zrna u jednotlivých variant. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo na variantě s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N s celkovou dodanou dávkou dusíku 142 kg/ha. U kvalitativních parametrů zrna byl sledován obsah dusíkatých látek, objemová hmotnost, obsah lepku a sedimentační test. V těchto parametrech dopadla nejlépe varianta, kde bylo použito hnojivo ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha aplikovaným ve dvou dávkách.

Pro vlastní kontrolu jsem vypočítala průměrný výnos jednotlivých variant na základě průměrného počtu klasů na m² a průměrné váhy jednoho klasu. Nejvyšší vypočtený výnos vyšel u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Z odebraných klasů byl vymleto zrno a v laboratoři stanovili jeho kvalitativní

parametry. Zde opět dopadla nejlépe varianta s použitým hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Klíčová slova: hnojení, ozimá pšenice, výnos, zeolity, dusík

Effect of mineral fertilizers with zeolites on winter wheat yield and nitrogen use efficiency

Summary

Common wheat is one of the oldest agricultural crops. It is the most widespread crop both in the world and in our country. In autumn 2023, 739 thousand hectares of winter wheat were sown in the Czech Republic. Cereals represent a key group of crops in agriculture, both economically and in terms of consumption. The uses of cereals are diverse and widely spread in many sectors, making it a promising market crop for cultivation. Therefore, it is necessary to focus on proper nutrients, which is a key factor in achieving optimum yields and quality of harvested grain.

This thesis is based on experiments where the effect of mineral fertilizers with zeolites on winter wheat yield and nitrogen use efficiency was evaluated. In the 2022/2023 fiscal year, Agrofert, a.s. established small-scale experiments on a soil block in Radovesice, which has been used for experimental purposes for a long time. A total of 64 plots were sown with winter wheat of the Adina cultivar and 8 fertiliser treatments were applied, each with 8 repetitions. One option was an unfertilized control. For the two scenarios, LOVOFERT LAD 27 was used, with the difference that for one scenario a total of 160 kg N/ha was supplied and for the other 142 kg N/ha. The mineral fertiliser ZENFERT 24 N was applied on the three plots. One application delivered a total of 160 kg N/ha in three applications, the second application also delivered 160 kg N/ha in two applications and the third application delivered a total of 142 kg N/ha in three applications. On the last two variants, ZENFERT 24 N was used together with ZENFERT NS 13-29. In total, 160 kg/ha of nitrogen and 35.6 kg/ha of sulphur were applied, and in the last case 142 kg/ha of nitrogen and again 35.6 kg/ha of sulphur were applied.

In the spring season, a vegetation check was carried out. The visual assessment of the stand condition was carried out to observe the plant involvement, uniform growth, and colour of the plants. Furthermore, plots damaged by tractor crossings and voles were identified. After the application of the last dose of fertiliser, at wheat development stage BBCH 59, plant samples were taken and analysed. There was already a very strong nitrogen deficiency in the unfertilised variant. A current nitrogen deficiency was observed for all variants except the one where zeolite fertiliser with sulphur was applied, with a total nitrogen rate of 142 kg/ha.

After harvesting, the yield and grain quality parameters of each variant were assessed. The highest profit was achieved on the variant with applied fertilizer ZENFERT 24 N with a total delivered nitrogen dose of 142 kg/ha. Nitrogen content, bulk density, gluten content and sedimentation test were monitored for grain quality parameters. In these parameters, the best result was achieved by the variant where ZENFERT 24 N fertilizer was used with a total nitrogen supply of 160 kg/ha, which were applied in two doses.

For my personal control, I calculated the average yield of each variant based on the average number of ears per m² and the average weight per ear. The highest calculated yield was obtained for the variant with ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 fertiliser with total supplied nitrogen 160 kg/ha. The ears were milled, and the laboratory determined the quality

parameters of the grain. The best result was achieved by the experiment with the fertiliser ZENFERT 24 N with a total nitrogen supply of 142 kg/ha.

Keywords: fertilization, winter wheat, yield, zeolites, nitrogen

Obsah

1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Pšenice setá	12
3.1.1 Morfologie pšenice	13
3.1.2 Kvalita a složení pšeničného zrna.....	14
3.1.3 Možnosti využití zrna pšenice	15
3.1.4 Požadavky na stanoviště	16
3.1.5 Agrotechnika.....	16
3.1.5.1 Zpracování půdy	17
3.1.5.2 Setí.....	17
3.1.6 Výživa a hnojení	18
3.1.6.1 Hnojení dusíkem.....	20
3.1.6.2 Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem	22
3.1.6.3 Hnojení sírou	22
3.1.6.4 Abiotická poškození nedostatkem živin.....	22
3.1.7 Choroby a škůdci	25
3.1.8 Tvorba výnosu	26
3.2 Zeolit.....	26
3.2.1 Vznik zeolitu.....	27
3.2.2 Stavba zeolitu.....	27
3.2.3 Vliv zeolitů na půdní vlastnosti	28
3.2.4 Využití zeolitů v zemědělství	29
4 Metodika	32
4.1 Popis stanoviště	32
4.2 Charakteristika použitých hnojiv.....	36
4.2.1 LOVOFERT LAD 27	36
4.2.2 ZENFERT® 24 N.....	36
4.2.3 ZENFERT NS 13-29	37
4.3 Charakteristika odrůdy pšenice ozimé	38
4.4 Založení pokusu.....	39
4.5 Agrotechnika	40
4.6 Odběry a měření.....	41
4.6.1 Inventarizace porostu během vegetace	41
4.6.2 Sklizeň, výnos zrna a kvalitativní parametry.....	41
4.6.3 Odběry a rozbory půd	43

4.6.4	Statistické zpracování	43
5	Výsledky	44
5.1	Inventarizace porostu během vegetace.....	44
5.2	Rozbor rostlin během vegetace	44
5.3	Výsledky sklizně (data ze zrn sklizených sklízecí mlátičkou)	46
5.3.1	Vyhodnocení výnosu zrna	46
5.3.2	Vyhodnocení obsahu dusíkatých látek	47
5.3.3	Vyhodnocení objemové hmotnosti zrna	48
5.3.4	Vyhodnocení obsahu lepku v zrn.....	48
5.3.5	Vyhodnocení sedimentačního indexu	49
5.4	Vyhodnocení sklizně (data na základě vlastních výpočtů)	50
5.4.1.1	Vyhodnocení výnosu zrna	50
5.4.2	Vyhodnocení obsahu dusíkatých látek	52
5.4.3	Vyhodnocení objemové hmotnosti zrna	52
5.4.4	Vyhodnocení obsahu lepku.....	53
5.4.5	Vyhodnocení sedimentačního indexu	54
5.4.6	Vyhodnocení pádového čísla	54
5.5	Vyhodnocení rozborů půdy	55
5.5.1	Vyhodnocení rozborů půdy během vegetace.....	55
5.5.2	Vyhodnocení rozborů půd po sklizni	56
6	Diskuze	57
6.1	Stav porostu během vegetace	58
6.2	Výnos zrna pšenice.....	59
6.3	Kvalitativní parametry zrna	60
6.4	Rozbory půdy	61
7	Závěr.....	63
7.1	Stanovisko k hypotézám	63
8	Literatura.....	65
9	Seznam tabulek a grafů	72
10	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

V současné době, kdy se svět potýká s narůstající potřebou potravin a zároveň výzvami spojenými se změnou klimatu, se zemědělství stává klíčovým prvkem zajišťujícím globální potravinovou bezpečnost. Je nezbytné hledat inovativní způsoby, jak zvýšit efektivitu a udržitelnost pěstování plodin. V rámci tohoto úsilí hraje hnojení důležitou roli, neboť ovlivňuje výživu rostlin a konečné výnosy plodin.

Pšenice ozimá (*Triticum aestivum L.*) zaujímá významné místo mezi zemědělskými plodinami, jelikož je základním zdrojem potravinové produkce. Pro zajištění dostatečného zásobování potravinami je nezbytné neustále zkoumat a zdokonalovat techniky pěstování, které by zvyšovaly výnosy plodin a zároveň minimalizovali negativní dopady na životní prostředí.

Jedním z klíčových faktorů ovlivňujících růst a vývoj ozimé pšenice je přístupnost živin, zvláště dusíku. Dusík má zásadní vliv na růst, vývoj a kvalitu zrna. Při aplikaci běžných dusíkatých hnojiv často dochází ke ztrátám dusíku do okolního prostředí, což snižuje efektivitu hnojení a může způsobit znečištění vodních zdrojů a narušení ekosystému. Proto je v současnosti kladem důraz na udržitelné hospodaření s minimalizací ztrát živin. Využití minerálních hnojiv se zeolity má potenciál vylepšit výživu rostlin, zvýšit výnosy a zároveň minimalizovat enviromentální dopady.

Minerální hnojiva se zeolity představují inovativní přístup ke zlepšení výživy rostlin a optimalizaci výnosů. Zeolit je hlinitokřemičitý minerál s mikroporézní strukturou. Vyznačuje se vysokou schopností výměny iontů a zadržováním vody. Využití minerálních hnojiv se zeolity může přinést i řadu výhod při pěstování ozimé pšenice, včetně zlepšení výživy a zvýšení odolnosti rostlin proti stresovým podmínkám.

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv hnojení minerálními hnojivy se zeolity na výnos ozimé pšenice a současně posoudit efektivitu využití dusíku. Konkrétně bude zkoumán vliv různých dávek minerálního hnojiva se zeolity ve srovnání s běžným minerálním hnojivem. Důraz bude kladem na zhodnocení výsledků z hlediska zvýšení výnosů a kvalitativních parametrů zrna.

V průběhu této práce budou prezentovány teoretické základy týkající se výživy pšenice, významu dusíku pro rostliny, charakteristiky zeolitů a jejich interakcí s půdním prostředím. Následně bude popsána metodika použitá při polním pokusu. Na základě výsledků z těchto pokusů bude možné diskutovat o přínosech minerálních hnojiv se zeolity pro výnos ozimé pšenice a o efektivitě využití dusíku.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézy:

- 1) Předpokládá se, že výnos zrna u pšenice ozimé bude vyšší u variant hnojených hnojivem se zeolity.
- 2) Předpokládá se, vyšší výnos zrna pšenice ozimé u variant s vyšší dávkou dusíku.
- 3) Předpokládá se, že na variantách hnojených hnojivem se zeolity se zvýší efektivita využití dusíku rostlinami ozimé pšenice.

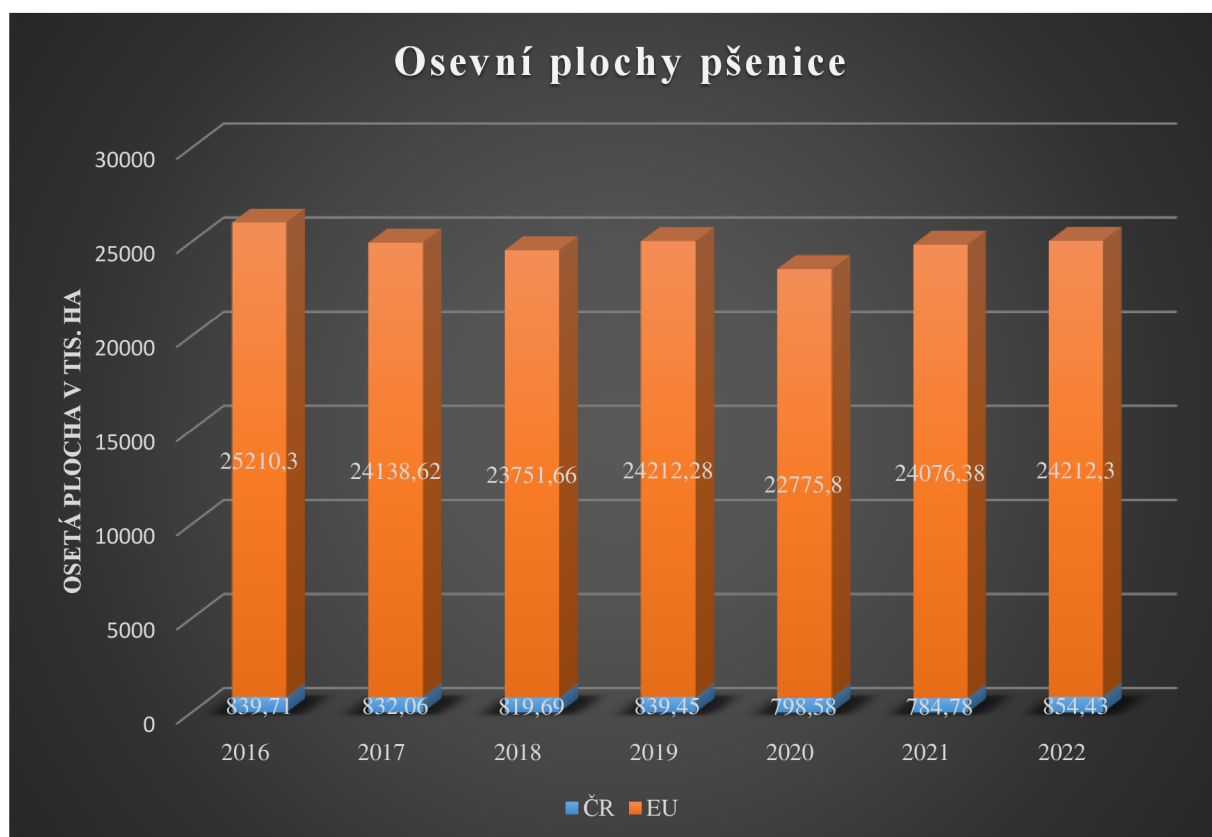
Cílem práce bude vyhodnotit vliv hnojení minerálními hnojivy na výnos ozimé pšenice při využití hnojiv se zeolity. Hodnocení bude probíhat v polních pokusech s různými kombinacemi hnojiv. Výsledky budou využity pro posouzení vlivu zeolitů na tvorbu výnosu a efektivitu využití dusíku z aplikovaných hnojiv.

3 Literární rešerše

3.1 Pšenice setá

Pšenice setá, známá na našem území již od neolitu, zaznamenala pozoruhodný vývoj postupně se vyvíjejíc z prvotní role příměsi na polích do pozice hlavní plodiny, což nastalo s příchodem Slovanů (Kühn 1984). Jak zdůrazňuje Foltýn et. al. (1970) je tato plodina trvale přítomná v naší historii, není jen nejstarší známou pěstovanou rostlinou, ale též symbolizuje dlouhodobý vývoj zemědělských praktik na našem území. Po staletí byla pěstována pšenice jednozrnka (*Triticum monococcum* L.), která i přes své skromné výnosy nabízí zrno vysoké kvality. Současně s ní se v setbě nacházela i pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccum* Schrank). Nicméně s příchodem Slovanů do naší oblasti dochází k zásadní změně ve výběru pěstovaných druhů směrem k hexaploidní nahozrné pšenici obecné, což představuje výrazný posun v historii pěstování pšenice na našem území.

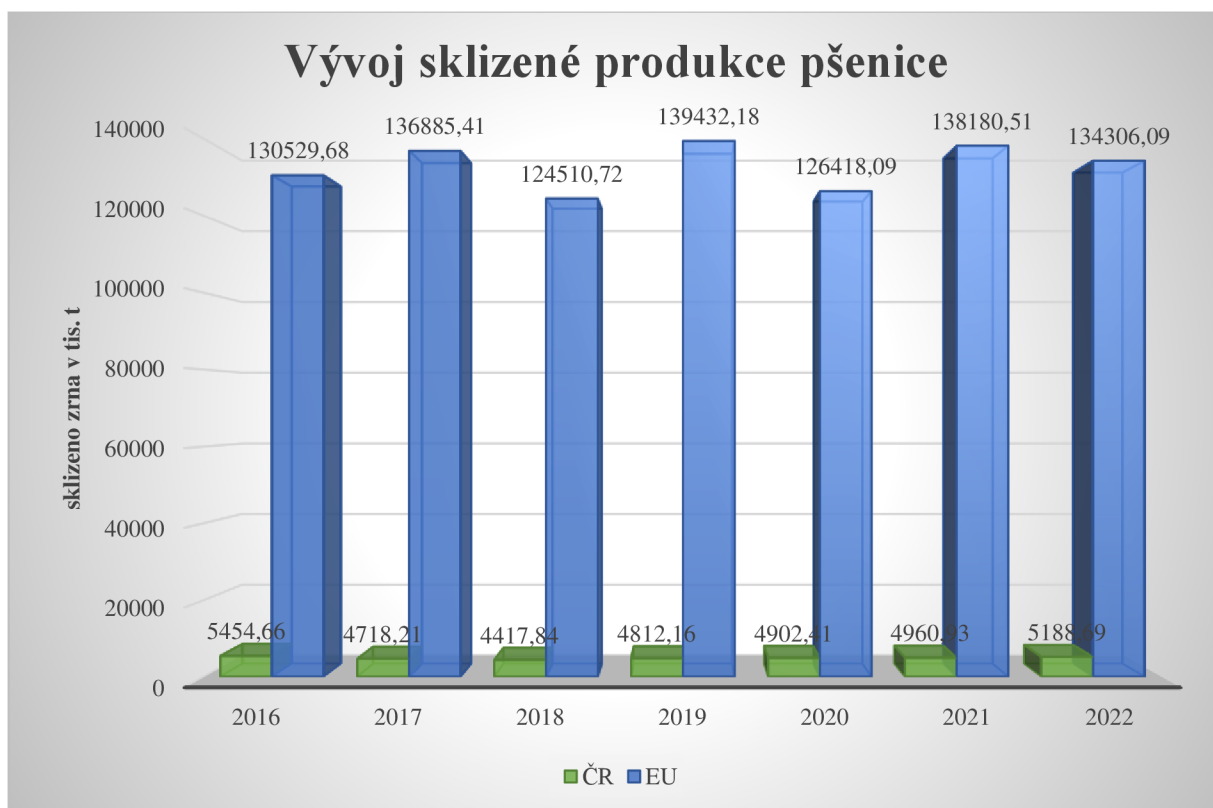
Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) je jednoletá rostlina patřící do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (Zimolka et al. 2005). Jedná se o ozimou nebo jarní obilninu.



Graf č. 1 Osevní plochy pšenice v ČR a EU (EUROSTAT 2023)

V celosvětovém měřítku je pšenice nejpěstovanější plodinou. V České republice patří také mezi nejvýznamnější zemědělské komodity (Jirsa et al. 2023). Pšenice vykazuje vysokou adaptabilitu na prostředí. Na severní polokouli sahá oblast jejího pěstování od rovníku až po jižní část Švédska (Polišenská & Jirsa 2022). Na základě dat z Českého statistického úřadu a dat

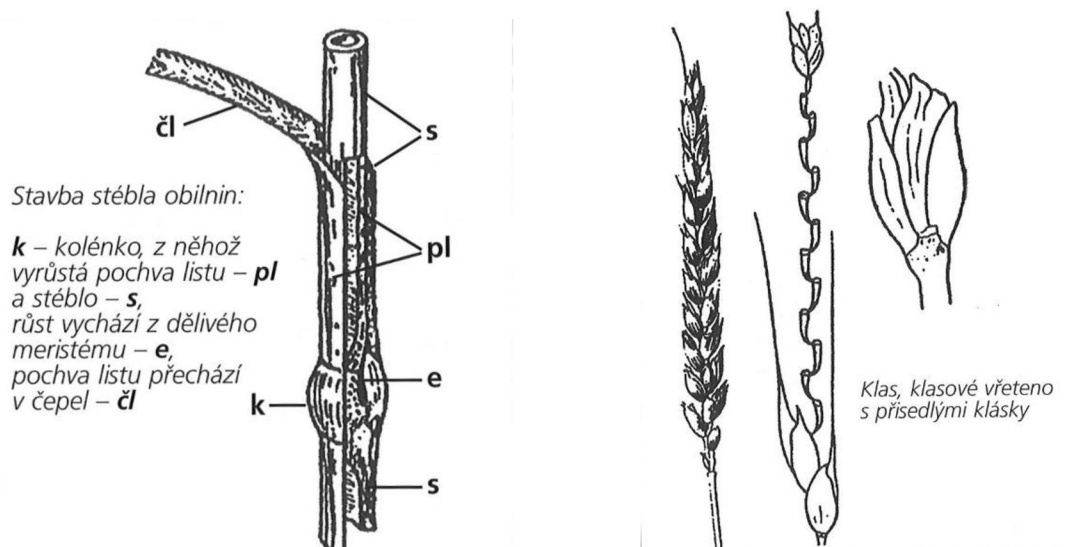
EUROSTAT můžeme vidět vývoj osevních ploch za posledních 7 let. Je patrné, že osevní plochy pšenice zůstávají v dlouhodobém měřítku na přibližně stejné hranici. V roce 2022 se v ČR sklídilo 5 188 687 tun pšenice (ČSÚ, EUROSTAT 2023).



Graf č. 2 Vývoj sklizené produkce v ČR a EU (EUROSTAT 2023)

3.1.1 Morfologie pšenice

Pšenice má tenkostěnné a duté stéblo tvořené zpravidla 5 články oddělenými kolénky (ÚKZÚZ 2023). Z kolének vyrůstají ploché čárkovité listy. Pochvy listů objímají do určité výšky stéblo (Zimolka et al. 2005). Krátký vroubkovaný jazýček se nachází na rozhraní listové pochvy a čepele, ouška jsou malá řídce obrvená nebo lysá (ÚKZÚZ 2023). Květenstvím je složený klas, kde jednotlivé klásky přisedají svou bází na vřeteno. Klásek je složený ze dvou bezosinatých plev, dvěma až pěti kvítky, které jsou zabaleny z vnější strany do pluchy a z vnitřní do plušky. Plodem pšenice je obilka (Zimolka et al. 2005). Obilka je nahá, oblého tvaru s hlubokou rýhou a z plev volně vypadává (ÚKZÚZ 2023).



Obrázek č.1 Stavba stébla obilnin, obrázek klasu a klasového vřetena pšenice (Zimolka et al. 2005)

3.1.2 Kvalita a složení pšeničného zrna

Pšeničné zrno je převážně používáno jako surovina pro potravinářský průmysl (Foltýn et al. 1970). Kvalita pšeničného zrna určeného pro zpracování ve mlýnech je dána sortimentem odrůd potravinářských pšenic, které jsou klasifikovány podle pekařské jakosti – elitní (E), kvalitní (A), chlebová (B) a nevhodná (C). Na tvorbě technologické jakosti zrna pekářských pšenic hraje klíčovou roli nejen průběh daného vegetačního období, ale především volba konkrétní odrůdy. Dalšími faktory ovlivňujícími konečnou kvalitu jsou klimatické podmínky, agrotechnické postupy, úroveň minerální výživy a s výskytem chorob. Tyto faktory mají kumulativní efekt na technologickou jakost pšenice a mohou buď tlumit nebo naopak zvýrazňovat genetický potenciál jednotlivých odrůd (Zimolka et al. 2005).

Zrno se skládá z bílkovin, sacharidů, lipidů, enzymů, vitamínů a minerálních látek.

Bílkoviny

Primární význam v oblasti technologických, výživových a krmných hodnot spočívá v dusíkatých látkách z nichž hlavní podíl tvoří bílkoviny. Obsah bílkovin v pšeničném zrně je velmi variabilní, pohybuje se v rozmezí od 8 do 20 % sušiny zrna. Bílkoviny jsou složité organické sloučeniny složené z aminokyselin. Jejich distribuce v zrně je rozmanitá s vyšším podílem v aleuronové vrstvě a klíčku. Naopak v endospermu bílkoviny ubývají směrem ke středu.

Bílkoviny endospermu, známé jako lepek, jsou klíčové pro technologické vlastnosti zrna. Lepek je složen především ze dvou bílkovinných frakcí, gliadinu a gluteninu. Vlastnosti pšeničného lepku jsou závislé především na odrůdě, zatímco množství lepku v zrně je ovlivněno vnějšími podmínkami prostředí (Foltýn et al. 1970).

Sacharidy

Sacharidy tvoří významnou složku pšeničného zrna a zahrnují škrob, hemicelulózu, pentózaný, celulózu a další sacharidy. Obsah škrobu v zrně se pohybuje v rozmezí od 50 do 70 % v závislosti na odrůdě a podmínkách růstu. Škrobová zrna ve vodě bobtnají, a při zahřátí na 65 °C se vytváří viskózní koloidní roztok (škrobový maz). Škrob se skládá ze dvou polysacharidů, amylozy a amylopektinu.

Hemicelulóza a pentózaný jsou taktéž vysokomolekulární polysacharidy. Část pentózanů přechází i do mouky a ovlivňuje její schopnost vázat vodu.

Celulóza je polysacharid a tvoří převážnou část buněčných stěn. Pro člověka je nestravitelná. U přežvýkavců je však v žaludku štěpena. V zrně je obsažena především v obalových vrstvách a klíčku. Naopak endosperm je téměř bez celulózy (Foltýn et al. 1970).

Lipidy

Obsah lipidů v zrně se pohybuje v rozmezí 1,4 až 2,6 %. Jsou složeny hlavně z vlastních tuků jako je kyselina linolová a olejová. Dále lipidová zrna tvoří zejména fosfatidy. Lipidy ovlivňují skladování mouky i obilí, způsobují žluknutí. Při štěpení fosfatidů se uvolňuje kyselina fosforečná, což způsobuje zvýšení kyselosti. K lipidům se rovněž vážou pigmenty ze skupiny karotenoidů, které ovlivňují barvu mouky (Foltýn et al. 1970).

Vitamíny

V pšeničném zrně se vyskytují některé vitamíny např. thiamin (B₁), riboflavin (B₂), pyridoxin (B₆), nikotinová kyselina (PP), tokoferol (E). Jsou obsaženy hlavně v klíčku a v aleuronové vrstvě. Jelikož tyto části mletím zrna oddělujeme do otrub či tmavších mouk, jsou přední mouky o vitamíny ochuzené (Foltýn et al. 1970).

Minerální látky

Minerální látky jsou v zrně obsaženy v rozmezí od 1,3 až 3 % v závislosti na odrůdě a podmínkách během růstu. Nejvíce je zde zastoupen fosfor a draslík. V klíčku a obalových vrstvách se nachází největší množství minerálních látek. Po vymletí tedy opět velká část zůstává v otrubách a tmavších moukách (Foltýn et al. 1970).

3.1.3 Možnosti využití zrna pšenice

Obilniny představují klíčovou skupinu plodin v zemědělství ekonomicky i spotřebitelsky. Hlavním produktem je zrno s průměrnou vlhkostí 13-15 %, které je dobře skladovatelné i po delší dobu. Vedlejším produktem při sklizni je sláma, která má využití v různých odvětvích, jako je například krmivo a stelivo pro zvířata nebo biomasa pro energetické účely (Holec et al. 2019).

Možnosti využití zrna pšenice jsou rozmanité a široce rozšířené v mnoha odvětvích. Její univerzální a vysoká hodnota jako základní potraviny, ale i suroviny pro další průmyslové zpracování ji činí klíčovou plodinou s mnoha perspektivami využití. Zrno pšenice je surovinou pro výrobu kynutého i nekynutého pečiva, škrobu, alkoholu, etanolu k energetickým účelům aj (Holec et al. 2019).

3.1.4 Požadavky na stanoviště

Pro optimální produkci pšenice je nezbytné detailní porozumění požadavků na půdní podmínky. Z dlouhodobého sledování výnosů vyplývá, že až 25 % výnosu pšenice lze přičíst vlivu specifického stanoviště a klimatických podmínek. Tato zjištění zdůrazňují, že pšenice vzhledem k méně rozvinutému kořenovému systému, je náročnější na půdní podmínky (Zimolka et al. 2005). Pro optimální růst a vývoj pšenice jsou ideální hlubší, hlinité a jílovitohlinité půdy s neutrální až slabě kyselou reakcí (ÚKZÚZ 2023). Zároveň je klíčové, aby tyto půdy byly dostatečně zásobené živinami a měly vysokou vodní kapacitu, což napomáhá vyrovnání nedostatků vyplývajících z omezeného kořenového systému. Nejlepší výsledky při pěstování pšenice lze očekávat v oblastech, které jsou dostatečně teplé a převážně suché. Pro optimální podmínky pro růst pšenice se doporučuje oblast s průměrnou teplotou 14-17 °C v jarním a letním období a s nižším úhrnem srážek mezi 250-350 mm (Zimolka et al. 2005). Tyto faktory jsou klíčové pro dosažení maximálních výnosů a kvality pšenice, což podtrhuje potřebu pečlivého hodnocení půdních a klimatických podmínek při rozhodování o vhodných lokalitách pro pěstování této důležité plodiny.

3.1.5 Agrotechnika

Výběr vhodné předplodiny pro pěstování pšenice je klíčovým prvkem úspěšného osevního postupu, který ovlivňuje výnosy a kvalitu zrna. Jak uvádí ÚKZÚZ (2023) předplodina neovlivňuje pouze výnos a kvalitu zrna pšenice, ale má také významný dopad na půdní vlastnosti. Při sestavování osevního postupu je zásadní brát v úvahu nejen specifické požadavky pěstovaných plodin, ale také lokální pěstební podmínky. Mezi optimální předplodiny patří jeteloviny, luskoviny, okopaniny a olejninny s důrazem na ozimou řepku. I když je možné pěstovat pšenici po obilninách, existuje riziko negativního dopadu na výnos a kvalitu zrna (Zimolka et al. 2005).

Vliv předplodiny závisí na úrodnosti půdy a místních klimatických podmínkách, což otevírá možnost volby i méně vhodných předplodin na dobrých stanovištích (Foltýn et al. 1970). Kromě toho vliv střídání plodin na výnosy pšenice je výsledkem několika faktorů. Prvním je vliv předplodiny na zásobení následné plodiny živinami, kde množství posklizňových zbytků, obsah dusíku a biologická činnost půdy hrají klíčovou roli. Po dobrých předplodinách má následná plodina k dispozici více živin z půdní zásoby. Dále je významný vliv předplodiny na zásobení následné plodiny vodou, zejména v sušších oblastech kde po předplodinách s vysokou potřebou vody často dochází k sníženému stavu vláh v půdě. Nedostatečné střídání plodin může podporovat šíření chorob a škůdců jako jsou stéblolam a černání pat stébel. Nakonec nevhodný osevní postup může přispět k rozšíření obtížných plevelů, například chundelky.

V souladu s raností vybrané odrůdy pšenice volíme optimální termín setí, který se v našich klimatických podmínkách pohybuje od poloviny září do poloviny října. V této době volíme výsek 2,5 až 3 mil. klíčivých semen na hektar. Při opožděném výsevu je důležité úměrně zvyšovat výsevek až do 5,5 – 6 MKS/ha. Při výsevu je klíčové dbát na stejnoměrnou hloubku setí, která se pohybuje od 3 do 5 cm a zvolit výsevek odpovídající ranosti odrůdy. Pro dosažení

vyrovnaného vzcházení rostlin je nezbytné pečlivě sledovat a přizpůsobovat výsevek v závislosti na termínu setí (Zimolka et al. 2005).

3.1.5.1 Zpracování půdy

Způsob a kvalita základního a předseťového zpracování půdy zaujímá klíčové postavení nejen z hlediska úspěšného zakládání porostů, ale i v kontextu významného vlivu na ekonomickou stránku pěstování ozimé pšenice. Jak uvádí Zimolka et al. (2005) tato fáze procesu představuje až 40 % energetických vstupů do technologie pěstování a vytváří předpoklady pro optimální strukturu porostů, výnosy a kvalitu produkce. Včasný a vhodně zvolený způsob zpracování půdy pak má následně zásadní vliv na počet rostlin po vzejití, přezimování, kontrolu zaplevelení a výskytu chorob. Je zjevné, že tato etapa vyžaduje precizní přístup, neboť mnohé faktory jako je předplodina, stupeň zaplevelení a stav půdy mají rozhodující vliv na počet rostlin po vzejití, přezimování a také ovlivňují zaplevelení a výskyt chorob (Hůla et al. 2008). Tyto aspekty nejsou pouze teoretickými úvahami, nýbrž mají praktický dopad na průběh zimních podmínek a situaci v předjaří. Obilniny, včetně ozimé pšenice, mají specifické požadavky na objemovou hmotnost půdy v hloubce setí a nad uloženým osivem, což se stává cílem předseťové přípravy. V tomto kontextu je zřejmé, že kvalitní provedení předseťového zpracování půdy a optimální termíny setí mohou výrazně eliminovat nepříznivé vlivy počasí (Zimolka et al. 2005).

Poznatky z dlouholetých výzkumů a zkušeností z praxe potvrzují, že obilniny reagují pozitivně na snížení hloubky a intenzity zpracování půdy. Minimalizační technologie se tak staly běžnou praxí, zejména u ozimé pšenice, a přizpůsobují se agroekologickým podmínkám. Pro snížení hloubky a intenzity zpracování půdy jsou nejvhodnější středně těžké půdy s vyšší přirozenou úrodností, zejména v sušších podmínkách kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. Dále pak na těžkých půdách, kde často nelze založit kvalitní porost při konvenčním zpracování půdy s orbou jsou minimalizační technologie často jediným účinným přístupem (Hůla et al. 2008).

3.1.5.2 Setí

Pro dosažení optimálních výnosů při pěstování ozimé pšenice je nezbytné věnovat zvláštní pozornost fázi setí. Správný termín setí a kvalita provedení mají v této fázi klíčový vliv na celkový úspěch pěstebního cyklu. Agrotechnické lhůty setí jsou specifické pro danou výrobní oblast a představují důležitý parametr, kterým lze ovlivnit úspěšnost zakládání porostů (Zimolka et al. 2005). Podle Foltýna et al. (1970) je důležité zvolit optimální termín setí a adekvátní odrůdu.

Za optimálních podmínek se výsevek pohybuje v rozmezí 2,5 až 3 MKS/ha. Při pozdějším setí výsevek úměrně navyšujeme. Výsevek stanovujeme na základě vybrané odrůdy, termínu setí a podmínek stanoviště (Zimolka et al. 2005).

Hloubka setí je dalším důležitým parametrem, který je třeba pečlivě zvolit v závislosti na půdní vláze a kvalitě půdy. V optimálním rozmezí 3 až 5 cm lze dosáhnout správného zakořenění a odnožení rostlin. Mělčí setí do 3 cm je výhodné za příznivých podmínek. Naopak

hlubší setí volíme za sucha, aby měla obilka více spodní vláhy a měla lepší podmínky pro tvorbu kořenů (Foltýn et al. 1970).

Samotné setí představuje klíčový moment v zakládání porostů. Jeho podcenění nebo nekvalitní provedení se může projevit v průběhu celého vegetačního cyklu až do sklizně, ovlivňujíc také kvalitu výsledné produkce. Cílem setí je rozložit obilky v půdním prostředí tak, aby jejich rozmístění reflektovalo úživnou plochu rostliny. Nepravidelnost v hustotě porostů může negativně ovlivnit konkurenceschopnost mezi rostlinami. V přehoustlých porostech se zvyšuje konkurence rostlin, naopak v řídkých porostech není plně využíván potenciál vegetačních faktorů a půdní vlastnosti mohou degradovat. Přehuštění má také nepřímý vliv na zvýšený výskyt chorob, které nacházejí vhodné podmínky v mikroklimatu hustších porostů (Zimolka et al. 2005).



Obrázek č. 2 Setí do pásků (CIME 2023)

V dnešní době secí technika nabízí několik možností výsevu, a Setí do řádků, setí do pásků a setí naširoko, což poskytuje širokou škálu volby pro optimalizaci procesu setí (Zimolka et al. 2005).

Pšenici je možné pěstovat i v systému bezorebného hospodaření (Strip-till), kdy jsou zpracovávány pouze pásy půdy a zbytek pozemku je ponechán bez obdělání. Setí se provádí v liniích obdělávaných řádků přesnými secími stroji (Nešvarová 2023).

3.1.6 Výživa a hnojení

Správná výživa je klíčovým faktorem pro dosažení optimálních výnosů a kvality

sklizeného zrna (Javor et al., 2022). Pšenice je řazena mezi plodiny se střední potřebou živin. Vzhledem k tomu, že se velká část kořenového systému nachází v hloubce do 40 cm je důležité zajistit v této vrstvě dostatek přístupných živin (Zimolka et al. 2005).

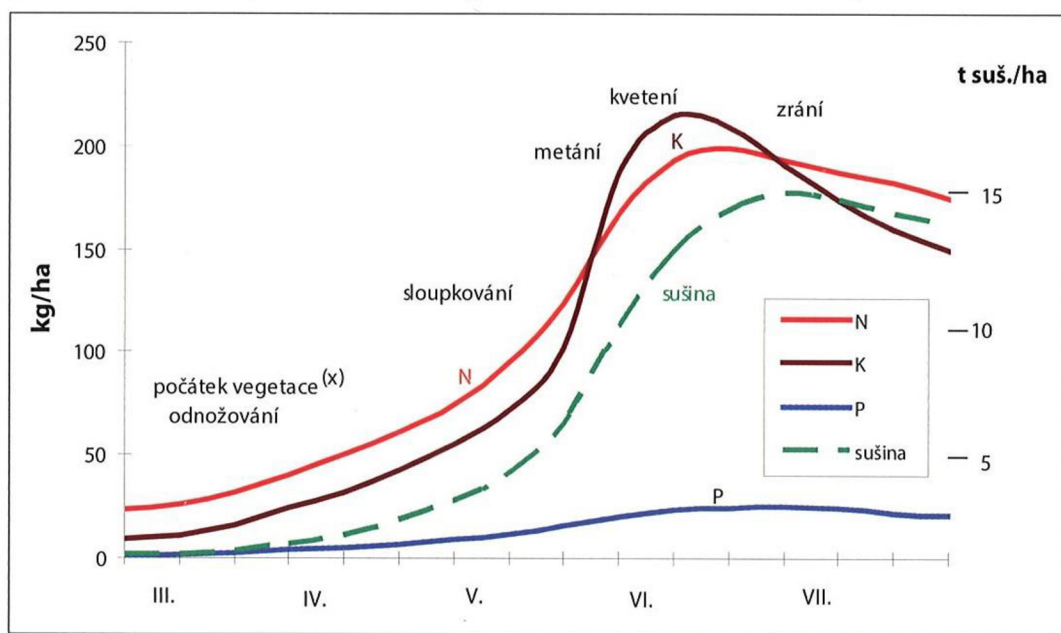
Každá rostlina potřebuje minerální živiny v různém množství. Základní uplatnění živin v rostlinách:

- jako významné součásti organických sloučenin, které představují hlavní složky rostlinné biomasy i rostlinných produktů pro které jsou pěstovány,
- jsou součástí enzymů, ovlivňují významné procesy především asimilaci, syntézy a přeměny látek, ale i příjem živin a jejich využití v rostlině,
- v osmotice, ovlivňují osmotický tlak a turgor buněk, hospodaření rostliny s vodou, transpiraci, příjem vody a její transport,
- jako přenašeči signálů (Vaněk et al. 2016).

Abychom zajistili nejpříznivější podmínky pro růst již v podzimním období je důležité dodat živiny již základním hnojením. Pokud bychom nedokázali zajistit dostatek živin v zóně kořenů tak v rostlinách dochází k omezování metabolických procesů, což vede ke slabým a špatně odnoženým rostlinám, které mohou snadno vymrzat (Hřivna 2012). Avšak nejvyšší příjem živin nastává v období intenzivního růstu a vrcholí v období květu, jak je patrné z grafu č. 3. Je proto důležité zajistit optimální příjem živin během celé vegetace (Vaněk et al. 2016).

Pšenice na vytvoření 1 tuny zrna a adekvátního množství slámy a kořenů spotřebuje v průměru 25 kg dusíku, 20 kg draslíku, 5 kg fosforu, 4 kg síry a 2,4 kg hořčíku (Zimolka et al. 2005).

Dodání fosforu, draslíku a hořčíku musíme vyřešit ještě před setím při základním hnojení. Pro vypočtení jejich dávky, která bude třeba do půdy dodat musíme vycházet z předpokládaného výnosu a zásoby dané živiny v půdě, což zjistíme z výsledků AZZP. Aplikaci jednotlivých živin provádíme pomocí buď směsí jednosložkových hnojiv, či za pomoci kombinovaných hnojiv (Škarpa et al. 2016).



Graf č. 3 Odběr živin a nárůst sušiny během vegetace pšenice ozimé (Vaněk et al. 2016)

Příjem živin rostlinami

Příjem živin je ovlivňován nejen samotnou rostlinou, ale i vnějšími vlivy, především klimatickými, povětrnostními a půdními.

1. Příjem živin kořeny

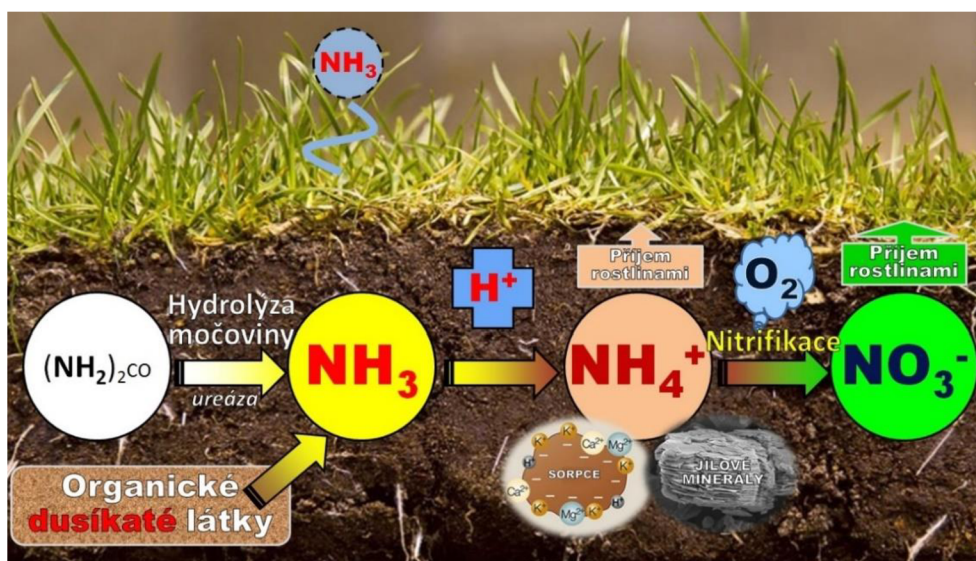
Přes kořeny přijmou rostliny většinu živin, a to ve formě iontů, buď kationtů (K^+ , NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) nebo aniontů (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$) z půdního roztoku. Na výživě rostlin se podílejí pouze živiny, které se nacházejí v blízkosti kořenů rostlin. S růstem kořenů dochází k prokoření profilu půdy a je možné čerpat živiny i z hlubších horizontů. Transport iontů z půdního roztoku do kořenů probíhá difuzí podmíněnou osmotickými tlaky a neustále se ustavujícími rovnovahami.

2. Mimokořenová výživa

Rostliny dokáží přijímat živiny všemi orgány prostřednictvím listu, stonku i květu. K průniku živin kutikulou slouží velké množství pórů. Těmito póry pronikají snadno látky malé a bez náboje. Nejvýznamnější faktor, který ovlivňuje účinnost mimokořenového hnojení je výživný stav rostliny. Nejvíce živin je přijato a transportováno u rostlin, které vykazují nízký obsah živin. Účinnost mimokořenové aplikace je závislá na vlastnostech použité látky, přídavných látek a použité koncentraci. Při této aplikaci hnojiva je nejlépe přijímán dusík (nejlépe ve formě močoviny), hořčík a zinek. Ale musíme mít na paměti, že se jedná pouze o speciální opatření, které vychází z aktuálního stavu rostliny a nemůže plně nahradit kořenovou výživu (Vaněk et al. 2016).

3.1.6.1 Hnojení dusíkem

Jak uvádí Vaněk et al. (2016) dusík je jedním ze dvou nejvýznamnějších prvků v koloběhu živin v přírodě. Jedná se o nepostradatelnou živinu pro všechny živé organismy. Hraje klíčovou roli ve všech fázích růstu a vývoje rostlin. Jeho dostatečná dostupnost je pro pěstování zemědělských plodin zásadní.



Obrázek č. 3 Přeměny dusíku (Černý 2024)

Dusík plní mnoho klíčových funkcí v rostlinách. Je součástí aminokyselin, základních stavebních bloků proteinů (Lea & Mifflin 2011). Marschner (2012) tvrdí, že proteiny jsou zásadní pro růst a vývoj rostlin včetně regulace buněčného dělení a tvorby enzymů. Dále lze pozorovat vliv dusíku na fotosyntézu. Je totiž klíčovým prvkem ve struktuře chlorofylu (Taiz et al. 2015). Dostatečný přísun této živiny má zásadní vliv na růst a vývoj kořenů, listů, květů a plodů. Jeho nedostatek může vést ke zpomalení růstu, snížení výnosu a kvality produkce (Mikanová & Šimon 2013).

Dusík je v půdě obsažen jen v limitovaném množství a jeho zásoba se rychle vyčerpává (Klem & Klemová 2008). V závislosti na vlastnostech půdy, způsobu hospodaření i meteorologických faktorech, se mění využitelnost dusíku (Klír et al. 2021). O jeho příjmu rostlinami rozhoduje množství v přijatelných formách, ne jeho celkové množství v půdě (Mikanová & Šimon 2013). Rostliny přijímají dusík v amonné či nitrátové formě (Zehnálek et al. 2006). Dostupné formy dusíku vznikají v půdě při procesu biologické mineralizace organického dusíku na anorganický amonný dusík, ten je následně v procesu nitrifikace oxidován na přednostně přijímanou nitrátovou formu (Klem & Klemová 2008).

Zásadní oblastí je otázka zásobování rostlin dusíkem, která nám tvoří samostatnou kapitolu (Škarpa et al. 2016). Pšenice ozimá má nejvíce propracované metody optimalizace dávek dusíku. Tyto metody vycházejí z analýzy půdy, analýzy rostlin, nebo jejich kombinací. Zaměřují se na optimalizaci hnojení dusíkem a zlepšení ekonomických parametrů produkce zrna (Ducsay & Ryant 2005).

Příjem dusíku rostlinami probíhá od počátku růstu až do sklizně. Z tohoto důvodu není vhodné aplikovat dusík najednou, ale podle aktuální vývojové fáze rostliny (Hřivna 2012). Abychom tedy zajistili vysoký a kvalitní výnos je důležité zohlednit všechny podmínky a správně stanovit nejen celkovou dávku ale i období aplikace hnojiv. V podzimním a zimním období je potřeba dusíku malá, proto velká část z celkového množství, které je třeba rostlině dodat, se aplikuje v jarním období (Vaněk et al. 2016).

Hnojení pšenice ozimé dusíkem dělíme podle doby aplikace na:

- **Základní hnojení** – aplikace hnojiva před setím. Vzhledem k nízké potřebě rostlin a velkému riziku ztráty dusíku se toto opatření využívá hlavně na méně úrodných půdách a po horších předplodinách. V takovémto případě aplikujeme maximálně 40 kg N/ha například v síranu amonném.
- **Přihnojení během vegetace** – zde aplikujeme převážnou část dusíku, kterou rozdělíme do několika dávek podle toho, které výnosové prvky chceme ovlivnit. Ke zvolení správné dávky dusíku je nutné vycházet ze stavu porostů, dostupného dusíku v půdě, ale také z klimatických podmínek. Toto přihnojení dále rozlišujeme na:
 1. **Regenerační** – uplatňované brzy z jara, jakmile to půdní a klimatické podmínky dovolí. Jedná se o velmi důležité opatření z hlediska výživy rostlin. Podpoříme rychlejší vývin porostu a odnožování. Dávku volíme od 20 do 60 kg N/ha.
 2. **Produkční** – realizované na počátku sloupkování kdy dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu. V tomto období se zakládá počet zrn v klasu a narůstá fytomasa, proto je zapotřebí zajistit rostlinám dostatek dusíku. V závislosti na stavu porostu volíme dávky od 20 až do 60 kg N/ha.

3. **Kvalitativní** – hnojení provedené těsně před metáním. Díky tomuto opatření můžeme ovlivnit kvalitativní parametry zrna či hmotnost tisíce semen. Vhodnost aplikace musíme posoudit v závislosti na stav porostu a klimatické podmínky. Volíme dávku 20 až 30 kg N/ha (Vaněk et al. 2016).

3.1.6.2 Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem

Aplikace fosforu bývá většinou spojena s dodáním draslíku, a to buď směsí jednosložkových či kombinovaných hnojiv. Dávka by měla vycházet z výsledků Agrochemického zkoušení zemědělských půd a předpokládaného výnosu, dále je nutné přihlídnout k tomu, zda byly zaorané posklizňové zbytky a počítat s tím že část živin z nich uvolněných bude k dispozici pro výživu následné plodiny. Fosforem hnojíme při základním hnojení a je důležité je zapravit do půdy. Dále je možné část fosforu dodat v průběhu setí „pod patu“. Upřednostňujeme hnojivo s vodorozpustnou formou fosforu. V průběhu vegetace je možné přihnojovat rostliny kapalnou formou hnojiv (Zimolka et al. 2005).

U draselných hnojiv stanovujeme dávku stejně jako u fosforečných hnojiv. Draselná hnojiva můžeme volit buď jednosložková či v kombinaci s jinými živinami jako je například hořčík či síra. Aplikujeme je při základním hnojení a zapracujeme do půdy.

Výpočet pro dávku hořčíku je obdobný jako u předchozích živin, ale zde již nezohledňujeme zaorané posklizňové zbytky. Aplikaci provádíme buď samostatně nebo současně při základním hnojení jinými živinami.

3.1.6.3 Hnojení sírou

Díky poklesu emisí síry je v posledních letech nutné ji rostlinám dodávat v hnojivech. Síra by se tedy měla stát dalším ze základních dodávaných živin. V rostlině je úzce spjata s dusíkem. Využití co nejvyšších dávek dostupného dusíku je přímo závislé na dostatečném přístupu síry (Bittner 2009). Síru aplikujeme do půdy při základním hnojení s fosforečnými, draselnými, nebo hořečnatými hnojivy. Při výpočtu dávky hnojiva vycházíme z předpokládaného výnosu, kdy na 1 t zrna počítáme odběr 4,3 kg S/ha (Zimolka et al. 2005). Přihnojení během vegetace je nejvhodnější provádět při produkčním hnojení na počátku sloupkování (Černý et al. 2020).

3.1.6.4 Abiotická poškození nedostatkem živin

V případě zjištění špatného vývinu celé nebo části rostliny není jednoduché určit příčinu. Příznaky, které se na rostlinách projevují nemusí být typické, mohou být vyvolané větším počtem vlivů, nebo jsou skryté za jinými fyziologickými vlivy například napadením škůdci či chorobami (Vaněk et al. 2016).

Nedostatek dusíku

Většinou se vyskytuje časně z jara, kdy jsou nízké zásoby přístupného minerálního dusíku v půdě. Stává se to v letech, kdy je mírná zima a pšenice stále roste. Dochází k omezení růstu, tvorby listů a také chlorofylu, což má za následek snížení fotosyntézy (Vaněk et al. 2016). Ke žloutnutí porostu dochází hlavně na místech s vyšším utužením půdy či v přehoustlých

porostech. Rostliny žloutnou od spodních listů. Na špičkách listů se začínají objevovat nekrózy, které postupují k jejich bázi. Dále pak hůře odnožují, pomaleji rostou, mají tenká stébla a krátký nedostatečně vyvinutý klas (Bittner 2009).



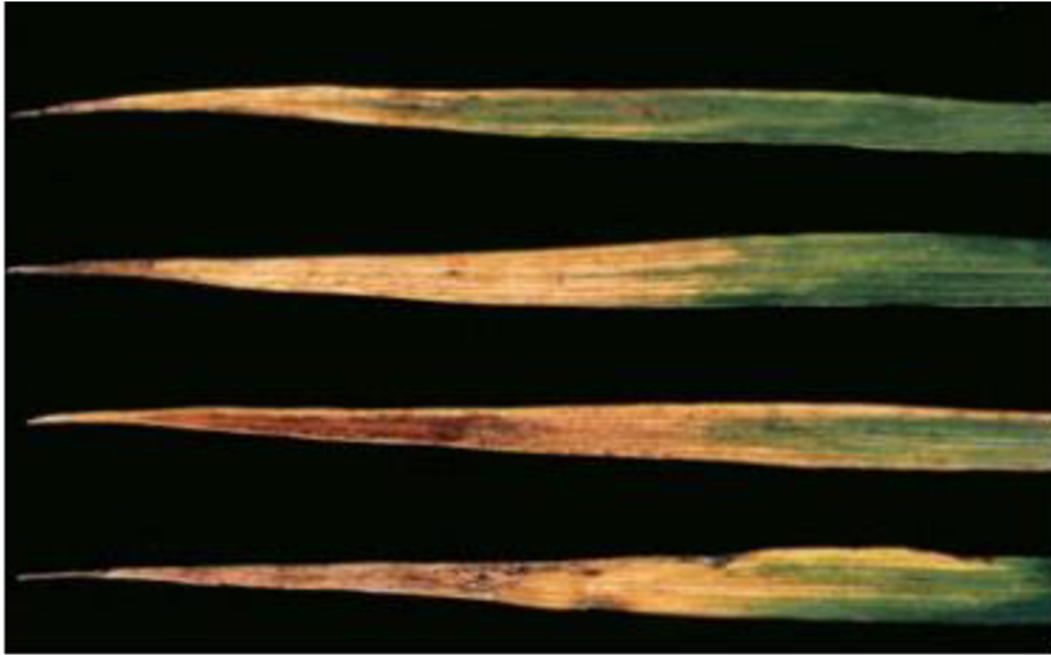
Obrázek č. 4 Deficit dusíku (YARA Agri 2024)

Nedostatek fosforu

Deficit fosforu bývá u pšenic méně viditelný (většinou se jedná o latentní nedostatek). Nejprve je omezen růst kořenů a dochází k méně intenzivnímu odnožování. K nedostatku dochází nejvíce na kyselých či velmi zásaditých půdách, kde dojde k zablokování příjmu fosforu. Rostliny jsou zakrnělé, slabě vyvinuté, starší listy se zabarvují do fialova, stejně tak jako paty stébel. Příjem fosforu je ovlivněn i klimatickými podmínkami, proto může nastat omezený příjem například za sucha nebo při nízkých teplotách (Zimolka et al. 2005). Kritické období pro příjem fosforu rostlinami je počátek růstu. Postupným růstem kořenů se příjem fosforu může zlepšit, ale velký deficit se již plně nenahradí. Odstranění nedostatku během vegetace je obtížné. Aplikace hnojiv na půdu je neúčinná a použití listových hnojiv taky nezaručí dostatečný příjem, jelikož fosfor proniká pomalu povrchem listů (Vaněk et al. 2016).

Nedostatek draslíku

Nedostatek draslíku se může na rostlinách projevit i pokud je ho v půdě dostatek, ale jsou nepříznivé podmínky pro jeho příjem jako je sucho či chlad. U ozimích obilnin dochází k projevům nedostatku v jarním období za chladného a vlhkého počasí (Vaněk et al. 2016). Při nedostatku volně dostupného draslíku či při zhoršeném příjmu dochází ke změně v růstu a vývoji. Rostliny mají kratší stéblo, vytváří více odnoží a hůře přezimují. Mladé listy jsou namodralé, starší listy žloutnou až postupně od špiček listů zasychají (Bittner 2009).



Obrázek č. 5 Nedostatek draslíku (KALI 2023)

Nedostatek hořčíku

Projevuje se většinou v latentní formě. Rostlina nejdříve mobilizuje hořčík z rezerv (organických látek) a až po dlouhodobém nedostatku se začínají projevovat zjevné příznaky (Vaněk et al. 2016). Typickým příznakem nedostatku hořčíku u obilnin je takzvané korálková mozaika na listech. Ta je způsobena nerovnoměrným uspořádáním chlorofylu. Zvýšený nedostatek vede k omezení růstu rostliny (Zimolka et al. 2005). Dochází k opožděnému vývinu, opožděnému metání (či vůbec nemetají) a pozdějšímu zrání. Obsah přijatelného hořčíku v půdě má rozhodující vliv na výskyt nedostatku, ale i pH půdy a obsah přijatelného draslíku. Při vyšším obsahu K v půdě je omezován příjem Mg (Vaněk et al. 2016).



Obrázek č. 6 Nedostatek hořčíku (AGROFERT 2023)

Nedostatek síry

Díky úzkému vztahu síry a dusíku dochází při její absenci ke snížení využití dusíku, což se může projevit na výnosu a kvalitě zrna, ale především na obsahu lepku a jeho kvalitě. Nedostatek síry má velmi podobné příznaky jako nedostatek dusíku s tím rozdílem, že světlejší zbarvení a žloutnutí začíná od nejmladších listů (Vaněk et al. 2016).



Obrázek č. 7 Nedostatek síry (KALI 2023)

3.1.7 Choroby a škůdci

Vzhledem k dominantnímu zastoupení obilnin v osevních postupech dochází k vytváření ideálního prostředí pro rozvoj různých chorob a rozmnožování škodlivých živočichů. Škůdci napadající obilniny se objevují nepravidelně s hospodářsky významným výskytem obvykle omezeným na určité porosty. Ochrana je možná pouze tehdy, když jsou škůdci identifikováni včas. Je tedy důležité pravidelného monitorování porostů s cílem detekovat případné škůdce (Kazda et al. 2010). Mezi nejproblémovější škůdce obilnin patří mšice, kohoutek modrý a černý, křísek polní, třásnokřídli a bzunka ječná (Kazda 2014).

Každoročně způsobují choroby obilnin ekonomické škody. Rozsah těchto škod může být ovlivněn klimatickými podmínkami a může se projevovat jak v lokálním měřítku, tak i mimořádně rozsáhlými problémy na velkých plochách. Ochrana před chorobami v současné době zahrnuje různé strategie, ale stále více se prosazuje integrovaná ochrana rostlin. Ke zdravému porostu bez chorob nám může pomoci i výběr správné odrůdy. Odolnost odrůd vůči houbovým chorobám může být různá, proto je v oblastech s pravidelným výskytem těchto chorob výhodné volit odolnější odrůdy (Kazda et al. 2010). K nejobávanějším chorobám patří

virové choroby, černání kořenů a báze stébel, stéblolam, fuzariózy, braničnatky, rzi, padlí a sněti (Prigge et al. 2006, Prokinová 2014).

3.1.8 Tvorba výnosu

Základní předpoklad pro dosažení vysokých výnosů v kvalitě, kterou požadujeme je důležité nejen dodržet všechny agrotechnické postupy, ale také zvolit vhodnou odrůdu do přirozených agroekologických podmínek lokality kde jí pěstujeme. V současné době je na trhu velký výběr odrůd pro všechny produkční podmínky ČR ve všech jakostních kategoriích (Horčíčka et al. 2015).

Jak uvádí Lipavský (2000), obilniny mají velkou schopnost využívat vegetační faktory prostředí pro tvorbu biomasy. Jedná se však o velmi složité procesy. V průběhu růstu a vývoje probíhají v rostlině složité pochody zakládání, diferenciací a redukce vegetativních a generativních orgánů vlivem působení vegetačních faktorů. Současně běží fotosyntetická asimilace a asimiláty je nutné rozdělovat mezi jednotlivé orgány. Je tedy nutné znát jak tyto faktory a procesy vzájemně souvisí a jak dokáží jednotlivě ovlivnit celkový výnos zrna.

Celkový výnos zrna utváří reakce genotypu rostliny na podmínky prostředí. Vysoká fotosyntetická produktivita rostlin nám zakládá na kvalitní výnos. Pro ni je důležitá velikost aktivního asimilačního aparátu rostlin, rychlost fotosyntézy, aktivita kořenového systému, rychlost transportu a rozdělení asimilátů mezi orgány (Lipavský 2000).

Výnos zrna je u obilnin tvořen několika výnosotvornými prvky. Jedná se o počet rostlin na 1 m², počet klasů na 1 m², počet zrn v klasu a hmotnosti tisíce semen (Foltýn et al. 1970).

Počet rostlin na jednotku plochy je ovlivněn výší výsevku. Dokonalejšími a přesnými secími stroji můžeme dosáhnout přesnějšího a rovnoměrnějšího výsevku, což zajistí každé rostlině dostatek živin, vody a energie prostředí na správný vývin (Hnilička et al. 2020).

Obilniny disponují velkou odnožovací schopností, závisí však na podmínkách prostředí jak je využijí. Je možné podpořit tvorbu produktivních odnoží přihnojením dusíkem a aplikací morforegulatorů. Uvádí se, že minimální počet přežívajících odnoží pro dostatečný výnos je 350-400 na 1 m², ale zde hraje roli ještě odrůda. Jako optimální doporučují ještě o 100-200 odnoží na m² více, to by ale mohl být problém za nepříznivých podmínek, kdy by nám takováto hustota mohla snížit ozrnění v klasu a následnou HTZ (Koprna et al. 2018).

Počet zrn v klasu a HTZ je ovlivněn odrůdou, klimatickými podmínkami a dále dusíkatým hnojením. Dalším limitujícím faktorem je úrodnost prostředí (úrodnost půdy, dostupnost vody a živin). Při naplnění toho prostoru dochází ke konkurenci rostlin a ty pak chybějící energii kompenzují snížením počtu klasů, počtem zrn v klasu či nižší hmotností zrn (Martinek et al. 2022).

3.2 Zeolit

Zeolity jsou přírodní krystalické, hydratované hlinitokřemičitany (Mumpton 1999). Jedná se o nejběžnější minerály obsažené v sedimentárních horninách, různého stáří a geologického uspořádání (Ramesh 2011). Do dnešní doby je známo více než 50 druhů přírodních zeolitů (Reháková et al. 2003; Černý et al. 2023). Nejznámější jsou chabazit, klinoptilolit, filipzit,

erionit, stilbit, heulandit a mordenit (Cataldo et al. 2021). Má širokou škálu použití jako látky vázající na půdu a doplňky živin. Kromě toho je lze použít jako materiály pro akumulaci tepla, absorbéry i adsorbéry, iontoměničové prvky, činidla pro molekulární síta a katalyzační činidla v různých chemických reakcích (Elliot & Zhang 2005).

Jedním z prvních záznamů o objevení zeolitu je spojeno se jménem švédského mineraloga Alexe Frederika Crönstedta (Reháková et al. 2003). V roce 1756 našel a popsal minerál, který nazval „zeolit“, což je termín odvozený z řeckých slov „zein“ – vařit, vřít a „lithos“ – kámen. Doslova to lze tedy přeložit jako „vroucí kámen“. Tento název odrážel schopnost zeolitů absorbovat vodu a při rychlém zahřátí jí opět uvolňovat (Černý et al. 2023).

Syntetické zeolity díky své velikosti a rozmanitosti chemického složení už převyšují přírodní zeolity. V posledních desetiletích jsme zaznamenali v oblasti kolem zeolitů velký rozvoj, který využívá jejich adsorpční, separační a iontoměničové vlastnosti. Na celém světě se každý rok vyrobí více než 1 milion tun zeolitů (Čejka & Žilková 2000).

3.2.1 Vznik zeolitu

Vznik přírodních zeolitů je spojen s geologickými procesy, kdy docházelo k interakcím mezi sopečnými horninami a vodou za vysokých teplot a tlaků. To umožnilo uvolnění minerálních prvků a jejich reorganizaci do struktury zeolitů. Což vedlo k vytvoření specifických krystalových struktur s mikroporézními a mesoporézními kanálky, které jsou charakteristické pro tyto minerály. Zjednodušeně jde říct, že aktivní sopka v pobřežních oblastech vyvrhla lávu a popel, ty se dostaly do moře a po smíchání se slanou vodou prošly hydrotermálními reakcemi. Ty vedly ke vzniku pevných krystalických látek nazývaných zeolity (Jarosz et al 2022). Tento proces probíhal v dlouhých časových obdobích a vytváří minerály s unikátními strukturami a vlastnostmi.

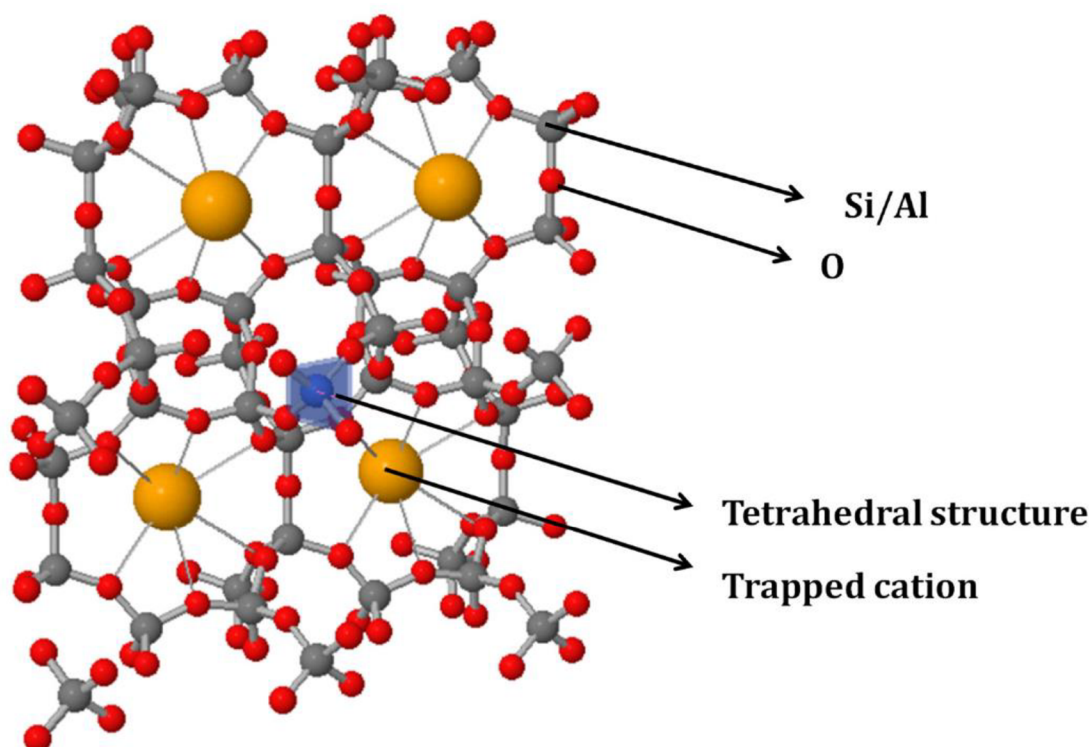
3.2.2 Stavba zeolitu

Zeolity jsou velkou rodinou minerálů a patří mezi nejdůležitější v mikroporózových materiálech (Cataldo et al. 2021). Ať už syntetické nebo přírodní jsou zeolity krystalické hlinitokřemičitany s trojrozměrnou strukturou. Skládá se z tetraedrů v jejichž středu je umístěn iont Al^{3+} nebo Si^{4+} . Jednotlivé tetraedry jsou propojeny kyslíkovými můstky (Čejka & Žilková 2000). Zjednodušeně řečeno to jsou pevné látky s otevřenou, trojrozměrnou krystalovou strukturou složenou z několika prvků jako je křemík, hliník, a kyslík, s alkalickými kovy jako je hořčík, sodík, draslík a molekuly vody zachycené v pórech mezi nimi (Ming & Mumpton 1989).

Bez změny krystalové struktury jsou schopny reverzibilně vydávat a získávat vodu a vyměňovat mimorámčové kationty. Molekuly vody jsou obsažené ve velkých strukturálních dutinách (Mumpton 1999). Její množství závisí na volném objemu dutin, teplotě a relativní vlhkosti okolního prostředí. Do volných prostorů mohou být sorbovány různorodé látky. Polární i nepolární anorganické a organické molekuly, ale i biochemicky a farmaceuticky účinné látky, herbicidy, insekticidy, a jiné (Reháková et al. 2003).

Sedimentární zeolitové tufy jsou typicky měkké, lehké a křehké. Obvykle obsahují mezi 50–95 % jediného typu zeolitu. Nicméně v některých případech může dojít k současné existenci

několika různých zeolitů společně s nezreagovaným vulkanickým sklem, křemenem, K-živcem, montmorillonitem, kalcitem, sádrou a cristobalitem/tridymitem. Při různých použitích jsou různé vnější vlastnosti horniny, např. křemičité složení, barva, pórovitost, odolnost proti otěru a objemová hmotnost. Ideální zeolitový tuf pro aplikace v kationtoměničích i adsorpčních procesech by měl splňovat několik klíčových kritérií. Musí být dostatečně mechanicky odolný, aby odolal otěru a rozpadu. Zároveň však musí být dostatečně měkký, aby se dal snadno rozdrtit. Důležitá je vysoká poréznost, která umožňuje snadnou difuzi roztoků a plynů jak dovnitř, tak ven z horniny. Je zřejmé, že čím větší je obsah požadovaného zeolitu, tím lepší bude výkon určitého tufu (Mumpton 1999).



Obrázek č. 8 Tetraedrický rámec klinoptilolitového zeolitu (International zeolite association 2024).

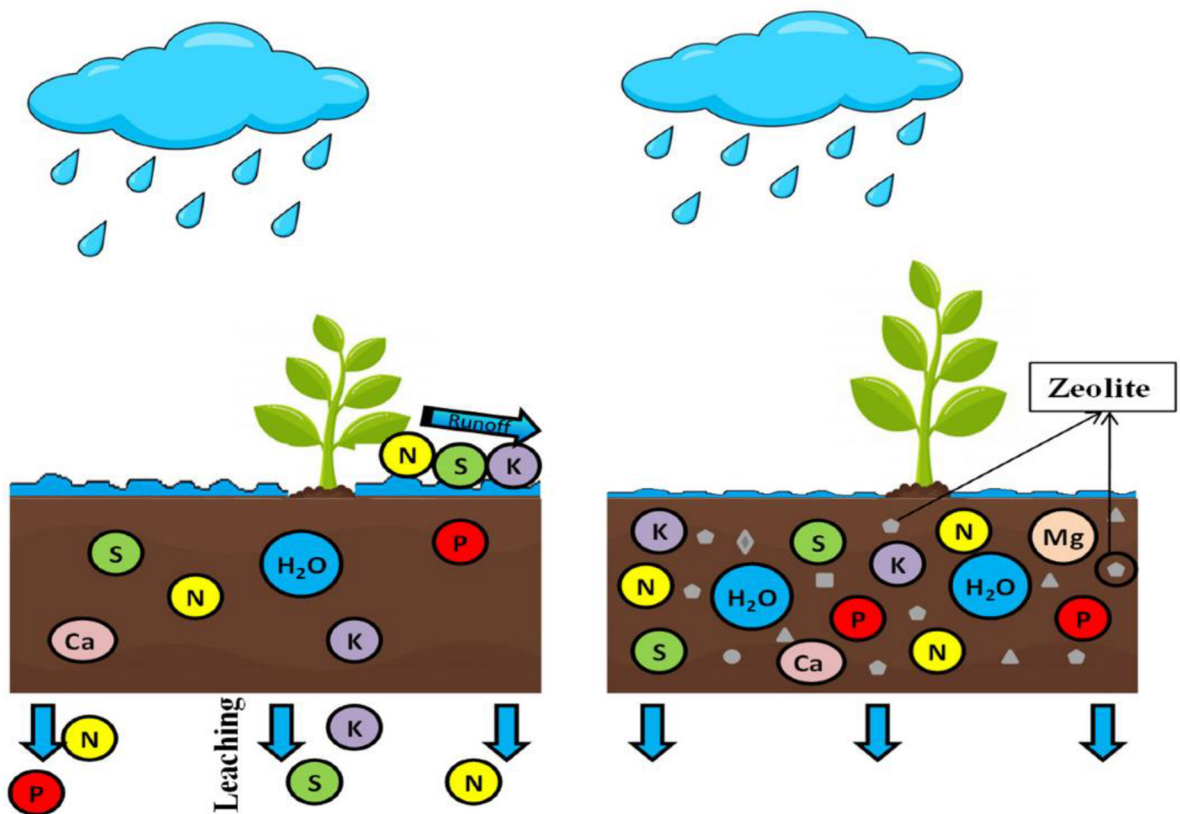
3.2.3 Vliv zeolitů na půdní vlastnosti

Zeolity jsou minerály s unikátními strukturálními vlastnostmi. Ty je činí atraktivními materiály pro různé aplikace v zemědělství včetně použití v půdním hospodářství. Výzkum zaměřený na vliv zeolitů na půdní vlastnosti poskytuje důležité poznatky o jejich potencionálním přínosu pro zlepšení půdního prostředí.

Studie provedené v oblasti agronomie ukazují, že přidání zeolitů do půdy může pozitivně ovlivnit její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Například výzkum provedený Belviso et al. (2022) zjistil, že přidáním zeolitu do půdy dochází ke změnám hydrofyzikálních vlastností půdy, které jsou způsobeny typickými a specifickými vlastnostmi těchto minerálů. Jako jsou velké objemy pórů a nízká objemová hmotnost, které modifikují strukturu půdy, celkovou

pórovitost, stabilitu agregátu a průměrnou velikost půdních částic. Přičemž objemová hmotnost je základní vlastností půdy, která ovlivňuje celkovou pórovitost a stabilitu ornice (Mondal et al. 2021). Aplikace zeolitu do půdy s lehkou texturou snižuje objemovou hustotu, která modifikuje kapacitu zadržování vody a pórovitost půdního vzduchu. Celková porozita však není významně ovlivněna (Ramesh & Reddy 2011).

Dále bylo prokázáno, že zeolity mají schopnost adsorbovat škodlivé kovy a toxické látky z půdy. To pomáhá snižovat znečištění a zlepšuje kvalitu půdy. Studie Zhang et al. (2022) například ukázala, že zeolity mohou efektivně adsorbovat těžké kovy jako je olovo a kadmium, a snižovat jejich koncentraci v půdním prostředí. Jedná se o velice důležité ujištění, jelikož kontaminace půdy negativně ovlivňuje potravinovou bezpečnost. Může snížit výnosy plodin v důsledku toxicity kontaminujících látek a dále pak plodiny pěstované v kontaminované půdě nejsou bezpečné při jejich konzumaci zvířaty a lidmi.

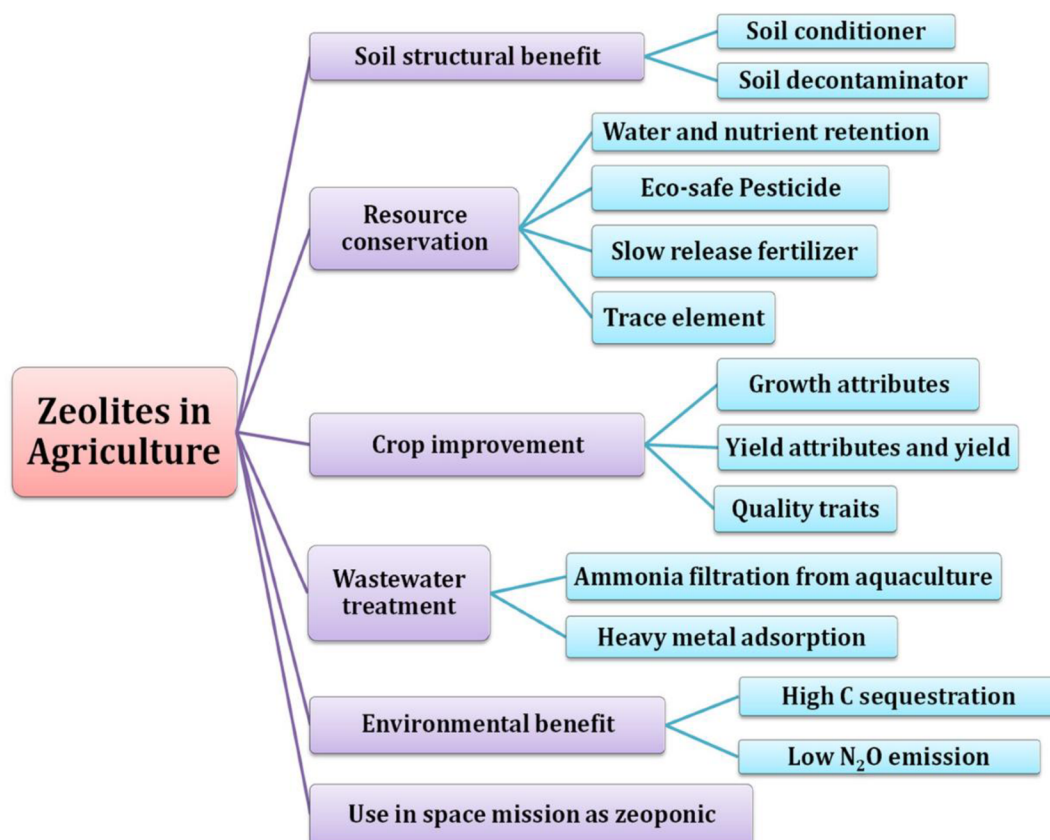


Obrázek č. 9 Účinnost zeolitu na zadržování vody a živin v půdě (Mondal et al. 2021)

3.2.4 Využití zeolitů v zemědělství

K udržení stálých výnosů zemědělských plodin je aplikováno do půd zvýšené množství minerálních hnojiv. To má vliv na přírodní ekosystém a dochází k degradaci půd. Je tedy důležité zaměřit se na udržitelné zemědělství, vyvíjet technologie a postupy s využíváním přírodních a obnovitelných zdrojů. Při naplňování cílů udržitelného rozvoje zemědělství můžeme využít vysokého potenciálu zeolitů (Manjaiah et al. 2019).

Již na konci 70. let 20. století vyvinuly v Bulharsku umělou půdu, která se skládá ze zeolitů a rašeliny nebo vermikutu. Zeoponický substrát obohacený o živiny je používán pro pěstování plodin a zakořeňování řízků ve sklenících (Mumpton 1999).



Obrázek č. 10 Využití zeolitů v zemědělství (Mondal et al. 2021)

V zemědělství byl během posledních desítek let zeolit využíván ve stále větší míře s různou použitelností (Mondal et al. 2021). Je možné využít fyzikálně-chemických vlastností zeolitických minerálů nejen jako absorbentu vody ale i jako absorbentu a nosiče živin. Tato schopnost je nejvíce využívána v oblasti dusíkatých hnojiv (Sastiono 2004). Zeolity minimalizují rychlost uvolňování živin z organických a anorganických hnojiv. Umožňují tak lepší dostupnost živin v průběhu růstových fází plodin (Perez-Caballero et al. 2008).

Zeolit nám může pomoci překonávat nepříznivé přírodní podmínky. Sucho působí nepříznivě na růst všech rostlin v každé fázi jejich vývoje. Například u pšenice, kterou sucho postihuje během celého růstového cyklu. Jeho největší dopady jsou především v období kvetení a nalévání zrna, kdy s narůstající intenzitou sucha klesá výnos zrna. Avšak škodí i v jiných fázích růstu. Ozimá pšenice vytváří během odnožování zvýšený počet odnoží, většina z nich buď odumírá nebo je sterilní. Množství odumřelých či sterilních odnoží závisí na podmínkách prostředí a době tvorby odnoží. Zemědělec může do určité míry vhodnými opatřeními minimalizovat dopady sucha. Jako například zařazením víceletých plodin či luskovin do osevních postupů. Další možností je výběr odolnějších odrůd vůči suchu. Stále více jsou prosazovány minimalizační postupy jako je „no-till“. Při kterém je na půdě ponecháno více

rostlinných zbytků (Frantová et al. 2023). V neposlední řadě se tu nabízí možnost využít hnojiv obsahující zeolity. Ty zlepšují hospodaření půdy s vodou a živinami. Zeolity lze totiž považovat za stálou zásobárnu vody. Zadržování půdní vlhkosti po delší dobu, zejména během suchých období, pomáhá zmírňovat abiotické stresy způsobené suchem. Napomáhají také při rychlém převlhčení a laterálním šíření vody v kořenové zóně (Nakhli et al. 2017). Meliorace půdy zeolity zvyšuje dostupnost vody pro rostliny o 50 % (Mondal et al. 2021).

4 Metodika

Ve své diplomové práci jsem se zaměřila na zhodnocení přínosu minerálních hnojiv se zeolity na výnos pšenice ozimé. Maloparcelkové pokusy byly založeny a vedeny společností AGROFERT a.s. v Radovesicích v okrese Litoměřice.

4.1 Popis stanoviště

Zemědělská společnost ZEPOS a.s. spolupracuje se společností AGROFERT a.s. a vyhradila část svého pozemku k dlouhodobým pokusům. Primárně zaměřených na pšenici ozimou, řepku ozimou a kukuřici. Představují aktuální nejpěstovanější odrůdy a možnosti různých variant hnojení. Zemědělská společnost hospodaří podél dolního toku Ohře. Obhospodařuje celkem 2.270 hektarů, na kterých pěstuje pšenici ozimou, kukuřici, řepku ozimou, ječmen ozimý, vojtěšku a chmel.

Půdní blok leží v nadmořské výšce 212 m.n.m. s průměrnou sklonitostí 1,98°. Spadá do klimatického regionu T1, který je teplý, suchý a je rozšířený v nejsušší oblasti Čech. Průměrná roční teplota je zde okolo 10 °C. Tato průměrná teplota byla zaznamenána i při vlastním měření. Jak vidíme v tabulce č. 1 při srovnání s dlouhodobým normálem v Ústeckém kraji je odchylka od dlouhodobého normálu 1,8 °C. Průměrný úhrn srážek je pod 500 mm. V tabulce č. 2 vidíme za období od srpna 2022 do července 2023 úhrn srážek pouze 342 mm. Tato hodnota byla naměřena přímo na pokusném stanovišti. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je 40-60 %. Je zařazen do I. třídy ochrany zemědělského půdního fondu, kterou stanovuje vyhláška MŽP 48/2011 Sb. ze dne 22. února 2011, ve znění vyhlášky č. 150/2013 Sb.. I. třída ochrany je uložena na bonitně nejcenější půdy v jednotlivých klimatických regionech. Jedná se o produkční blok s bodovou výnosností 76.

Nachází se zde černozemě. Jedná se o hluboko humózní půdy, které se vyvinuly na karbonátových sedimentech. Mají vyšší obsah organické hmoty, jsou sorpčně nasycené a mají dobrou strukturu. Jde o velmi úrodné půdy, které mohou v suchých letech trpět nedostatkem vody. Jsou převážně hluboké až středně hluboké se střední rychlostí infiltrace, hlinitopísčité až jílovitohlinité.

Tabulka č. 1 Srovnání vývoje teplot z vlastního měření a dlouhodobého normálu (1991-2020) za Ústecký kraj (ČHMÚ 2024)

	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	rok
2022/2023 (°C)	21,2	13,2	10,5	4,0	1,0	3,0	2,7	5,7	7,9	14,2	18,7	22,0	10,4
dlouhodobý normál (°C)	17,9	13,8	8,2	3,5	0,1	-0,9	0,1	3,5	8,7	13,1	16,5	18,4	8,6
odchylka od normálu (°C)	3,3	0,6	2,3	0,5	0,9	3,9	2,6	2,2	-0,8	1,1	2,2	4,4	1,8

Tabulka č. 2 Srovnání úhrnu srážek z vlastního měření a dlouhodobého normálu (1991-2020) za Ústecký kraj (ČHMÚ 2024)

	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	rok
2022/2023 (mm)	10	39	22	58	26	15	15	53	34	8	48	14	342
dlouhodobý normál (mm)	78	54	47	45	47	43	35	43	33	62	75	81	640

V roce 2022 bylo na pozemcích podniku provedeno agrochemické zkoušení zemědělských půd (AZZP). Toto zkoušení probíhá v ČR periodicky od roku 1961 v šestiletých cyklech na základě zákona č. 1156/1998 Sb., a vyhlášky č. 275/1998 Sb.. AZZP provádí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. V tabulce číslo 3 máme výsledky zkoušení půd pro konkrétní půdní blok, na kterém se prováděly pokusy. Je patrné, že se jedná o alkalickou půdu s pH 7,6. Přístupné živiny jsou v půdě zastoupeny v dobrém až velmi vysokém obsahu. Proto je z ekologického hlediska vhodné u draslíku, vápníku a síry vypustit hnojení úplně. Fosfor a hořčík je v půdě zastoupen v příznivém obsahu. Hnojení bychom měli provádět pouze nahrazovací podle odběrových normativů. U mikroelementů je situace podobná a měli bychom zajistit udržení příznivého obsahu hnojením podle odběrových normativů (eAgri 2024).

Tabulka č. 3 Výsledky AZZP (eAgri 2024)

kultura:		standardní orná půda			kod pozemku: 0201/31		výměra: 3,96 ha					počet vzorků: 1				
číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v CaCl ₂)	potřeba vápnění [CaO t.há ⁻¹ .rok ⁻¹]	kategorie CO ₃	P	K	Mg	Ca	S	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	B
						[mg.kg ⁻¹ půdy]										
201	2022	S	7,6			110	942,5	237,2	11170	61,93	278,4	3,2	8,44	93,83	218,9	3,8
hodnocení			A		-	D	VV	D	VV	VV		D	V	D	D	V

Z pokusného stanoviště se před setím odebral vzorek půdy, ze kterého byl metodou Mehlich III proveden rozbor. Stanovila se půdní reakce pozemku a zjistil obsah uhlíku, fosforu, draslíku, hořčíku, vápníku a hmotnostní poměr K/Mg. Rozbor půdy je zdrojem důležitých informací o přístupných živinách v půdě a půdní reakci. Rozborem byly zjištěny živiny v čisté formě. Zjištěné informace o obsahu živin v půdě se využijí při sestavování plánů hnojení a lze z nich vyhodnotit úrodnost půdy z krátkodobého hlediska.

Metoda Melich III je využívána díky lepší schopnosti činidla Melich III. Jedná se o kyselý roztok, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti některých forem fosforu vázaných na hliník. Dusičnan amonný obsažený v roztoku příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku.

Půdní vzorky se odebírají sondovací tyčí. Jeden průměrný vzorek je složen z 30 vpichů. Hloubka vpichu je max. do 30 cm. Při odběru je nutné dát pozor, aby nedošlo k přimíchání posklizňových zbytků na povrchu půdy. Odebrané a označené vzorky se odvezly na rozbor do akreditované laboratoře.

Tabulka č. 4 Stanovená výměnná půdní reakce a výsledky rozboru půdy

pH (CaCl ₂)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	C %	hmotn. poměr K/Mg
7,4	51	561	201	11700	1,97	2,8
alkalická	nízký	velmi vysoký	dobry	velmi vysoký	dobry	vyhovující

V půdních rozbozech se stanovovalo:

Obsah uhlíku – uhlík se v půdě vyskytuje jako rozložená a nerozložená organická hmota. Černozemě mají nejvyšší potenciál kumulace organické hmoty. Pro zhodnocení obsahu uhlíku v půdě nejsou dostupná hodnotící kritéria. Na pokusném pozemku byl zjištěn obsah 1,97 %. Lze jej nazvat jako dobrý. V ČR na orných půdách dosahuje průměrný obsah uhlíku hodnot od 1,40 – 2,01 % (ÚKZÚZ 2024).

Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku – metodou Mehlich III. jsou zjištěny živiny v čisté formě. Pokud zjištěné hodnoty z tabulky č. 4 porovnáme s hodnotícími kritérii v tabulce č. 5 zjistíme, že obsah živin v půdě je na dobré až velmi vysoké úrovni. Pouze u fosforu byl zaznamenán nízký obsah.

Tabulka č. 5 Kritéria hodnocení fosforu, draslíku a hořčíku (eAgri 2024)

obsah	FOSFOR (mg.kg ⁻¹)	DRASLÍK (mg.kg ⁻¹)			HOŘČÍK (mg.kg ⁻¹)		
		půda			půda		
		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
dobry	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

Hmotnostní poměr K : Mg – další kritérium pro určení optimálních dávek draslíku a hořčíku je vzájemný poměr těchto dvou živin. Tento poměr vyjádřený jako K : Mg je vypočítán pro každý vzorek a následně se z nich vypočítá vážený průměr za danou výměru dílu půdního bloku. Pokud je poměr K : Mg menší než 1,6 nelze očekávat problém s výživou hořčíkem. Pokud je v rozmezí 1,6–3,2 musíme k přihnojení draslíkem přistupovat opatrně. Hodnotu vyšší jak 3,2 označujeme za nevyhovující a je následkem špatného hnojení (ÚKZÚZ 2024). Na pokusném stanovišti vyšla hodnota 2,8, kterou porovnáme s tabulkou č. 6. Zde se jedná o vyhovující poměr.

Tabulka č. 6 Kritéria hodnocení poměru K : Mg (eAgri 2024)

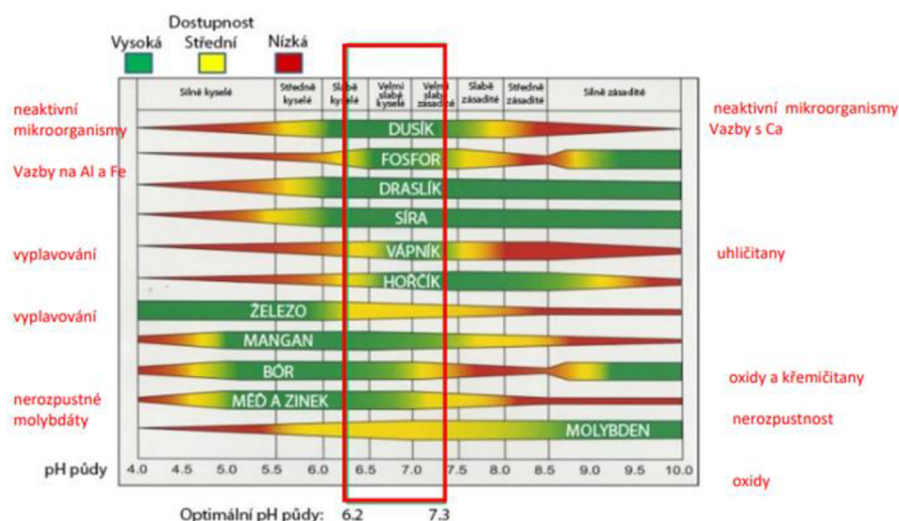
Poměr	Hodnota K : Mg	Hodnocení
dobrý–D	do 1,6	nelze očekávat problémy s výživou hořčíkem
vyhovující –VH	1,6–3,2	ke hnojení draslíkem je třeba přistupovat opatrně, problémy se mohou vyskytnout především u krmných plodin
nevyhovující–NVH	nad 3,2	jedná se o špatný poměr, který způsobuje nadměrný příjem draslíku–je třeba vypustit draselné hnojení

Půdní reakce pH – půdní reakce byla stanovena ve výluhu CaCl₂. Zjištěná hodnota pH byla 7,4. Z tabulky č. 7 je patrné, že se jedná o alkalickou půdu. Dostupnost dusíku pro rostliny je při tomto pH stále vysoká.

Tabulka č. 7 Hodnocení půd podle výměnné půdní reakce (MŽP 2024)

hodnota pH	půdní reakce
< 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
> 7,7	silně alkalická

Vliv pH na půdní vlastnosti a dostupnost živin pro rostliny



Obrázek č. 11 Vliv pH na půdní vlastnosti a dostupnost živin (eAgri 2024)

4.2 Charakteristika použitých hnojiv

4.2.1 LOVOFERT LAD 27

Granulované dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % dusíku a 4 % MgO. Jedná se o směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitem. Obsažený dusík je formě dusičnanové a amonné. Využívá se k základnímu hnojení nebo přihnojení během vegetace (aAgri 2024).



Obrázek č. 12 hnojivo LOVOFERET LAD 27

Chemické vlastnosti:

- dusík celkový jako N 27 %,
- dusík dusičnanový jako N 13,5 %,
- dusík amonný jako N 13,5 %,
- hořčík celkový jako MgO 4 %,
- hořčík vodorozpustný jako MgO 1,2 %.

4.2.2 ZENFERT® 24 N

Jedná se dusíkaté hnojivo ve formě povrchově upravených granulí s významným obsahem jemně mletého zeolitu. Dusík je zde zastoupen v dusičnanové i amonné formě. Hnojivo má univerzální využití ve všech kulturách. Aplikovat ho lze před založením porostu i v průběhu celé vegetace. Opakované aplikace hnojiva ZENFERT 24 N přináší následující benefity:

- reguluje vodní režim v půdním profilu a zvyšuje efektivitu využití vody rostlinami,
- příznivě ovlivňuje využití živin z hnojiv, zejména v obdobích/oblastech s nerovnoměrným rozložením srážek,
- stává se složkou půdního sorpčního komplexu, čímž zvyšuje sorpční kapacitu půd,
- poutá živiny, které postupně uvolňuje pro potřeby rostlin v průběhu celého vegetačního období,
- snižuje ztráty amonné formy dusíku do podzemních vod i do atmosféry a zvyšuje tak využití dusíku rostlinami,
- poutá těžké kovy (Cd, Pb, Cr, aj.) a omezuje jejich příjem rostlinami,
- neokyseluje půdy a zvyšuje jejich pufrční schopnost,
- přispívá ke zlepšení půdní struktury,
- pozitivně ovlivňuje růst a vývoj plodin,
- zvyšuje výnos a zlepšuje kvalitu produkce.



Obrázek č. 13 hnojivo ZENFERT® 24 N

Chemické vlastnosti:

- dusík celkový jako N 24 %,
- dusík dusičnanový jako N 12 %,
- dusík amonný jako N 12 %.

4.2.3 ZENFERT NS 13-29

Granulované hnojivo světle nazelenalé barvy s nízkým obsahem chloridů. Je určeno pro základní hnojení většiny zemědělských plodin. Vedle základních živin jako je dusík a síra, obsahuje hnojivo vápník ve vodorozpustné formě a mikroživinu mangan, důležitou pro

odnožování a větvení rostlin. Dusík je zde obsažen ve dvou formách, a to v dusičnanové a amonné. Obsažené zeolity jsou unikátní materiály, které pozitivně ovlivňují mechanicko – fyzikální parametry půdy a zvyšují efektivnost příjmu živin po celou dobu vegetace. Optimální použití tohoto hnojiva je při předseťovém zpracování půdy seťového lůžka, hnojení pod patu nebo v průběhu vegetace. Vysokou účinnost hnojiva lze očekávat na alkalických a neutrálních půdách (eAgri 2024). Díky synergii zeolitů a obsaženého vápníku se hnojivo vyznačuje velmi nízkým okyselujícím efektem pro půdu (LOVOCHEMIE 2024).



Obrázek č. 14 hnojivo ZENFERT NS 13-29 (LOVOCHEMIE 2024)

Chemické vlastnosti:

- dusík celkový jako N 13 %,
- dusík dusičnanový jako N 2,5 %,
- dusík amonný jako N 10,5 %,
- vápník vodorozpustný jako CaO 4,5 %,
- síra celková jako S 11,5 %
- síra celková jako SO₃ 29 %.

4.3 Charakteristika odrůdy pšenice ozimé

ADINA

Adina je pekařská poloraná odrůda. Jejím udržovatelem je SELGEN, a.s.. Ve státních registračních zkouškách byla v letech 2018-2020. Registrována byla v roce 2021. V roce 2022 a 2023 byla zařazena na seznam doporučených odrůd ÚKZÚZ.

Rostliny jsou středně vysokého vzrůstu. Středně odolné proti poléhání a méně odolná proti vymrzání. Je středně odolná proti napadení padlím pšenice na listu, padlím pšenice v klasu, komplexem listových skvrnitostí, feosferiovou skvrnitostí pšenice v klasu a hnědé rzivosti pšenice. Dle provokačních testů středně odolná až odolná proti napadení černou rzivostí trav a středně odolná proti napadení růžováním klasu pšenice.

Její velké zrno dosahuje stabilně pekařské jakosti A. Výnos zrna v neošetřené variantě pěstování v kukuřičné oblasti je vysoký až velmi vysoký, v řepařské oblasti středně vysoký až vysoký a v bramborářské oblasti vysoký. V ošetřené variantě pěstování je výnos zrna v kukuřičné oblasti vysoký až velmi vysoký, v řepařské oblasti středně vysoký až vysoký a v bramborářské oblasti vysoký.

Kvalitní pekařská jakost je dána velmi vysokou objemovou výtěžností pečiva, středně vysokým obsahem dusíkatých látek, středně vysokou až vysokou hodnotou Zelenyho testu, vysokou vazností mouky, vysokou hodnotou čísla poklesu a středně vysoké až vysoké objemové hmotnosti.

Užitná hodnota je dána kombinací kvalitní pekařské jakosti, vysokého až velmi vysokého výnosu zrna v obou variantách pěstování a střední odolnosti proto listovým a klasovým chorobám (ÚKZÚZ 2024).

4.4 Založení pokusu

Pokusy byly založeny po jedné z velmi dobrých předplodin sóje. Její strniště a posklizňové zbytky byly zapracovány do půdy diskovými bránami. Následně byla provedena podmítka s radličkovým kypřičem do hloubky 15 cm.

Setí proběhlo 18.10.2022 secím strojem SUMO DTS strip-till technologií. Semena byla uložena do pásků. Porost v páscích má dostatek prostoru pro silné kořeny a díky vzdušnosti se snižuje i tlak chorob.

Založeno bylo celkem 64 maloparcelkových pokusů, o rozměrech jedné parcely 3 x 15 m, s 8 variantami hnojení, každé hnojení bylo 8 x opakováno. Velký počet opakování byl zvolen, aby mohly být vyloučeny případné extrémní, a navíc nám to velikost pozemku umožňovala. V tabulce č. 9 je znázorněno rozmístění jednotlivých opakování.

Rozpis jednotlivých variant uvedených v tabulce č. 8:

1. varianta – základní kontrola, použité hnojivo LOVOFERT LAD 27, ve třech aplikacích dodáno 160 kg N/ha
2. varianta – zeolitové hnojivo, použité hnojivo ZENFERT 24 N, ve třech aplikacích dodáno 160 kg N/ha
3. varianta – zeolitové hnojivo snížený N, použité hnojivo ZENFERT 24 N, ve třech aplikacích dodáno 142 kg N/ha
4. varianta – zeolitové hnojivo s přídavkem síry, použité hnojivo ZENFERT 24 N a ZENFERT NS 13-29, ve třech aplikacích dodáno 160 kg N/ha
5. varianta – zeolitové hnojivo, použité hnojivo ZENFERT 24 N, ve dvou aplikacích dodáno 160 kg N/ha
6. varianta – zeolitové hnojivo s přídavkem síry, použité hnojivo ZENFERT 24 N

a ZENFERT NS 13-29, ve třech aplikacích dodáno 142 kg N/ha

7. varianta – snížená kontrola, použité hnojivo LOVOFERT LAD 27, ve třech aplikacích dodáno 142 kg N/ha

8. varianta – nehnojená kontrola

Tabulka č. 8 Varianty hnojení

var. číslo	celkem N (kg/ha)	Regenerační hnojení 1A (1.3.2023) + 1B (16.3.2023)				Produkční hnojení (13.4.2023)		Kvalitativní hnojení (23.5.2023)	
		N (kg/ha)	hnojivo	N (kg/ha)	hnojivo	N (kg/ha)	hnojivo	N (kg/ha)	hnojivo
1.	160	60	LOVOFERT LAD 27	/	/	60	LOVOFERT LAD 27	40	LOVOFERT LAD 27
2.	160	60	ZENFERT 24 N	/	/	60	ZENFERT 24 N	40	ZENFERT 24 N
3.	142	53	ZENFERT 24 N	/	/	53	ZENFERT 24 N	36	ZENFERT 24 N
4.	160	48	ZENFERT 24 N	40	ZENFERT NS 13-29	72	ZENFERT 24 N	/	/
5.	160	72	ZENFERT 24 N	/	/	88	ZENFERT 24 N	/	/
6.	142	48	ZENFERT 24 N	40	ZENFERT NS 13-29	54	ZENFERT 24 N	/	/
7.	142	60	LOVOFERT LAD 27	/	/	60	LOVOFERT LAD 27	22	LOVOFERT LAD 27
8.	0	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabulka č. 9 Rozpis jednotlivých parcel s uvedeným hnojením

řada								
1.	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno
2.	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N
3.	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)
4.	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)
5.	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N
6.	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)
7.	LOVOFERT LAD - 142 kg N	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 N
8.	nehnojeno	LOVOFERT LAD - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N - 142 kg N (3 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 160 kg N	Zenfert 24 N - 160 kg N (2 dávky)	Zenfert 24 N + Zenfert NS 13-29 - 142 kg N	LOVOFERT LAD - 142 kg N

4.5 Agrotechnika

Na námi vedených pokusech pšenice se plošně aplikovala následná ochrana, stimulace a mimokořenová výživa:

- 09.11.2022 aplikace herbicidu Reskator v dávce 1 l/ha (jedná se o selektivní herbicid, určený k hubení chundelky metlice a dvouděložných plevelů), smáčedlo Grounded v dávce 0,2 l/ha,
- 02.05.2023 aplikace růstového regulátoru Retacel Extra v dávce 0,5 l/ha (k zahuštění porostu, vyrovnává odnože),

kapalné hnojivo Lovohumine N v dávce 5 l/ha (univerzální NPK hnojivo, obsahující stopové prvky a huminové látky),
regulátor růstu Moddus Flexi v dávce 0,3 l/ha (zvýšení odolnosti proti poléhání),
fungicid Unix v dávce 0,8 kg/ha (působí proti braničnatkám, fuzariózám klasů, helmintosporioze, padlí travnímu, stéblolamu),

- 12.05.2023 aplikace herbicidu Biplay SX v dávce 45 g/ha (likviduje dvouděložné jednoleté plevely a pcháče oset),
smáčedlo Trend v dávce 0,2 l/ha,
- 14.6.2023 aplikace fungicidu Magnello v dávce 1 l/ha (proti rzi pšeničné, fuzariózám klasů a braničnatkám),
insekticid Rapid v dávce 0,08 l/ha (účinkuje na kohoutka modrého i černého a mšice).

4.6 Odběry a měření

4.6.1 Inventarizace porostu během vegetace

V průběhu jarního období ve druhé dekádě března a půlky dubna byly provedeny inventarizace porostu. Vizualně se posuzoval stav porostu. Bylo hodnoceno zapojení porostu a stejnoměrný vzrůst. Dále byly identifikovány parcely poškozené přejezdem traktorů, poškozené hrabošem a zaplevelené.

23.5.2023 ve vývojové fázi BBCH 59 pšenice (konec metání), byly odebrány vzorky rostlin ze všech jednotlivých variant hnojení. Rozbory rostlin nám ukázali aktuální výživový stav rostlin. Analýzou rostlin získáme přesné informace o množství přijatých živin. Příjem živin rostlinami je v průběhu vegetace často ovlivňován ekologickými faktory, a to pro rostliny příznivě i nepříznivě. Zjištěním koncentrace přijatých živin na základě chemického rozboru lze do značné míry kontrolovat stav ve výživě plodiny.

Rozbory rostlin zpracovala akreditovaná laboratoř. Stanovení vybraných prvků bylo metodou ICP-OES po rozkladu kyselinou dusičnou. Stanovení celkového dusíku bylo provedeno podle Dumase a výpočet dusíkatých látek (NL (6,25)) z naměřených hodnot.

4.6.2 Sklizeň, výnos zrna a kvalitativní parametry

Vyhodnocení sklizně sklízecí mlátičkou

Sklizeň proběhla 19.7.2023 maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Zurn 150 určenou na sklizeň pokusů. Sklízecí mlátička za pomoci senzoru vyhodnotila hektarový výnos a kvalitativní parametry zrna všech 64 pokusných parcel. Hektarový výnos každé varianty byl vypočítán na základě průměru všech osmy opakování.

Kvalitativní parametry, které byly vyhodnocovány:

- **objemová hmotnost** – zvaná též hektolitrová váha. Objemová hmotnost zrna pšenice je významným ukazatelem mlynářské jakosti. Souvisí s tvarem, vyrovnaností a velikostí obilek, s vlastnostmi povrchu obilek, s vlhkostí a látkovým složením obilek. Objemová hmotnost je převážně geneticky založená. Avšak špatná výživa ji může snížit. Optimální rozmezí objemové hmotnosti je 780 až 820 g/l (ÚKZÚZ 2019),
- **obsah dusíkatých látek** – obsah dusíkatých je jedním ze sledovaných parametrů u zemědělců, ale hlavně u mlýnů a výkupů. Pšenice má velmi variabilní obsah dusíkatých látek od 9 do 17 %. Obvykle od 11 do 14 %. Jeho obsah ovlivňuje kvalitu zrna, nutričně i technologicky (ÚKZÚZ 2020),
- **obsah lepku** – lepek neboli glutin. Podle množství a kvality obsaženého lepku v zrně se posuzuje následná kvalita z něj získané mouky. Lepek dává těstu jeho specifické vlastnosti při pečení. Kvalita lepku se vyjadřuje pomocí gluten indexu (ÚKZÚZ 2019),
- **sedimentační index** – hodnota sedimentačního indexu je někdy také uváděna jako Zeleného test. Jedná se o měřítko jakosti a množství lepkových bílkovin. Vyšší hodnoty signalizují vyšší množství a/nebo kvalitu lepku (Vaculová et al. 2010).

Vyhodnocení sklizně pomocí výpočtu a měření

Na základě počtu klasů na m^2 a váhy jednoho klasu byl stanoven výnos zrna. 12.-15.7.2023 byl na všech parcelách spočítán počet klasů na m^2 . 19.7.2023 byly z každé parcely odebrány 3 klasy u kterých se spočítal počet zrn. Ty se následně na laboratorní váze zvažily. Vypočítal se průměrný počet klasů za jednotlivé varianty a vynásobil 10.000 abychom dostali průměrný počet klasů na hektar. Ke zjištění průměrné váhy zrn z jednoho klasu se vypočítal průměr vah zrn za jednotlivé varianty a vydělil třemi. Tím jsme získali průměrnou váhu zrn v jednom klasu. Následně se vynásobil počet klasů na hektar s hmotností zrn jednoho klasu a vyšel nám výnos zrna na hektar.

Pro porovnání nám ve společnosti UNISEM, spol. s r.o. Libochovice udělali rozbor zrna na kvalitativní parametry. K tomuto byl odebrán směsný vzorek z jednotlivých variant. 50 klasů z každého opakování, dohromady 400 klasů z každé varianty. Z těchto klasů bylo ručně vymleto zrno a za pomoci větru, vyfoukány plevy. V laboratoři UNISEMu stanovily pro jednotlivé varianty objemovou hmotnost, obsah dusíkatých látek, obsah lepku, sedimentační index a pádové číslo.

Pro stanovení obsahu dusíkatých látek, lepku a sedimentačního indexu byl v laboratoři využit analyzátor značky Perten Inframatic 8100. Pro zjištění pádového čísla muselo být zrno nejdříve našrotováno v laboratorním mlýnu značky Perten LM 3100. Výsledný šrot byl nasypán do stroje značky Perten Falling number 1100, který nám stanovil pádové číslo.

Pádové číslo je další z důležitých parametrů zrna určeného pro potravinářské využití. Určuje aktivitu alfa-amylázy přítomné v zrně. Na základě ztekucení zmazovatělého škrobu a ostatních látek endospermu zrna ve vodné suspenzi jemného šrotu za podmínek stanovených příslušnou metodou. Udává se v sekundách což je čas potřebný na klesnutí závaží ve

standardizovaném válci naplněném směsí vody a rozemletého obilí. Pro běžné pekařské mouky by mělo být pádové číslo od 250 do 350 s (Kovaříková & Netolická 2011).

4.6.3 Odběry a rozborů půd

Rozbor půdy během vegetace

Během vegetace byly odebrány vzorky půdy pro stanovení obsahu dusíku. Obsah minerálního dusíku v půdě velmi kolísá. Závisí na intenzitě mineralizace, amonizace a nitrifikace. Výsledky z rozborů obsahu N_{\min} v půdě můžeme využít ke stanovení dávky dusíku při základním hnojení, ale i pro přihnojení v průběhu vegetace. Vzorky se odebírají sondovací tyčí do hloubky ornice (do 0,3 m). Následně se vzorek analyzoval ve výluhu 1 % K_2SO_4 .

23.5.2023 před poslední dávkou hnojiva byly odebrány vzorky půdy ze všech variant hnojení. Byl zjištěn nejen obsah celkového minerálního dusíku v půdě, ale i kolik je v amonné a dusičnanové formě.

Všechny rozborů půd z pokusů zpracovala akreditovaná laboratoř.

Rozborů půd po sklizni

19.7.2023 ihned po sklizni byly odebrány vzorky půd z jednotlivých variant. V rozbořech byl sledován obsah minerálního dusíku a obsah síry. Vzorky půdy byly odebrány za pomoci sondovací tyče v orniční vrstvě (max. 0,3 m).

4.6.4 Statistické zpracování

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí online kalkulačky Statistics Kindom. K vyhodnocení byl použit Mann Whitney U test. Tímto testem zjistíme p-hodnotu, kterou pak porovnááme se zvolenou hladinou významnosti alfa ($\alpha = 0,05$). Počítáme s rizikem omylu ve vyhodnocení menším než 5 %. Test Mann Whitney U byl zvolen plošně z důvodu toho, že testy normality nevykazují ve všech souborech normální rozdělení.

Grafické výstupy byly zpracovány v programu Statistica 12 – popisné statistiky a MS Excel.

5 Výsledky

5.1 Inventarizace porostu během vegetace

Po vizuální stránce porosty vypadaly následovně:

- **varianta č. 1** - celkově byl porost na všech parcelách vyrovnaného vzrůstu. Na dvou parcelách byl hůře odnožený se slabším stéblem. Na jedné parcele se ve větším množství vyskytoval pcháč oset a jedna parcela byla poškozena od hrabošů,
- **varianta č. 2** - na čtyřech parcelách vyrovnaný, odnožený a zapojený porost. Na čtyřech parcelách porost nevyrovnaný, místy slabší, hůř odnožený. Na dvou parcelách poškození od hrabošů,
- **varianta č. 3** - na čtyřech parcelách zapojený, vyrovnaný, dobře odnožený porost. Na čtyřech parcelách méně odnožený, výškově nevyrovnaný. Jedna parcela poškozena od hrabošů,
- **varianta č. 4** - na pěti parcelách dobře odnožený, zapojený a stejnoměrně vysoký porost. Na dvou parcelách dobře odnoženo, ale porost byl slabší a výškově nevyrovnaný. Na jedné parcele hůře odnoženo a vyšší výskyt pcháče. Dvě parcely poškozeny od hrabošů,
- **varianta č. 5** - sedm parcel dobře odnožených, avšak na dvou parcelách porost celkově slabší, s nevyrovnaným vzrůstem. Jedna parcela poškozena od hrabošů,
- **varianta č. 6** - čtyři parcely dobře odnožené, zapojené, stejnoměrného vzrůstu. Jedna parcela dobře odnožená se zapojeným porostem, ale nevyrovnaným vzrůstem. Dvě parcely dobře odnožené, stejné výšky, ale rostliny byly slabší. Jedna parcela s celkově slabším, nevyrovnaným, hůře odnoženým porostem, poškozeným od hrabošů,
- **varianta č. 7** - čtyři parcely dobře odnoženy, se zapojeným a výškově vyrovnaným porostem. Dvě parcely dobře odnožené, zapojený porost, nevyrovnaného vzrůstu. Z toho na jedné parcele byl sice porost dobře odnožený, ale rostliny slabší. Na jedné parcele se vyskytovaly hraboši. A jedna parcela byla poškozena od hrabošů i chybou traktoristy, který se v ní otočil postřikovačem,
- **varianty č. 8** - celkově byly všechny parcely světle zelené barvy což značí nedostatek dusíku. Rostliny byly slabší. Čtyři parcely dobře odnožené, vyrovnaného vzrůstu, avšak nižší než ostatní varianty hnojení. Tři parcely dobře odnožené, nevyrovnané výšky. Jedna parcela méně odnožena, nevyrovnané výšky. Na jedné parcele se vyskytoval pcháč oset. Tři parcely poškozeny od hrabošů.

5.2 Rozbor rostlin během vegetace

Z výsledků rozborů rostlin uvedených v tabulce č. 10 je patrné, že nehnojená varianta trpí nedostatkem všech živin kromě molybdenu, který je v optimu u všech variant hnojení.

Obsah dusíku – nejvyšší hodnoty dosahovala varianta s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Nejnižší

zjištěná hodnota 1,25 % tedy velmi silný nedostatek byl u nehnojené kontroly. Silný nedostatek byl zjištěn u varianty s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. U ostatních plodin byl též zjištěn nedostatek či mírný nedostatek dusíku.

Obsah fosforu – na všech variantách hnojení byl zjištěn nedostatek fosforu. Nejnižší naměřená hodnota 0,19 % byla na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N aplikovaného ve dvou dávkách s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha a na variantě s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Obsah draslíku – optimální obsah draslíku byl zaznamenán pouze u jedné varianty s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dusíkem 142 kg/ha. Na čtyřech variantách byl draslík dokonce v nadbytku. U nehnojené kontroly byl zjištěn silný nedostatek 1,67 %.

Obsah vápníku – nedostatek vápníku byl zjištěn u dvou variant, a to nehnojené kontroly a u varianty s použitým hnojivem ZENFERT 24 N kdy bylo ve dvou aplikacích dodáno 160 kg N/ha. Dvě varianty dosahovali optima a jedna dokonce vykazovala velký nadbytek.

Obsah hořčíku – obsah hořčíku byl u všech variant v nedostatku. U některých dokonce v silném až velmi silném nedostatku. Nejhorší na tom byla varianta s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha aplikovaný ve dvou dávkách.

Obsah síry – obsah síry byl u čtyř variant v nadbytku. Optimálního obsahu 0,18 % dosahovala pouze varianta s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Dvě varianty vykazovaly nedostatek síry a nehnojená kontrola až silný nedostatek.

Obsah zinku – všechny varianty hnojení dosahovaly hodnot pro velmi silný nedostatek zinku. Absolutně nejnižší hodnota 12 mg/kg byla zjištěna na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Obsah manganu – tři varianty hnojení dosahovali optimálních hodnot obsahu manganu. Všechny ostatní varianty vykazovaly mírný nedostatek. Nejnižší obsah byl zjištěn u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N aplikovaný ve dvou dávkách s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha.

Obsah mědi – u všech variant byla měď v nedostatku. Pět variant mělo dokonce silný nedostatek. Nejnižší obsah 3,5 mg/kg byl zaznamenán na nehnojené kontrole.

Obsah molybdenu – jako u jediného ze zjišťovaných prvků byly všechny varianty s optimálním obsahem molybdenu. Nejvyšší hodnota 0,89 mg/kg obsahovala varianta s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovou dávkou dusíku 160 kg/ha.

Tabulka č. 10 Rozbor rostlin

var.	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg
1.	2,14	0,23	2,75	0,42	0,10	0,22	17,3	37,7	4,0	0,89
2.	1,93	0,23	2,66	0,36	0,08	0,21	19,2	36,4	4,3	0,77
3.	1,43	0,20	1,83	0,29	0,08	0,13	12	41,7	3,6	0,82
4.	1,95	0,22	2,68	0,30	0,08	0,22	17,9	38,4	3,9	0,64
5.	1,71	0,19	2,23	0,24	0,07	0,15	14,6	36,3	4,0	0,66
6.	2,17	0,21	2,70	0,33	0,08	0,20	19,1	44,5	4,8	0,83
7.	2,00	0,19	2,51	0,32	0,08	0,18	17,6	43,1	4,8	0,28
8.	1,25	0,21	1,67	0,22	0,07	0,12	16,1	38,2	3,5	0,40
velký nadbytek nad 130 %			nadbytek 110,1-130 %				optimum 95,1-110 %			
mírný nedostatek 90,1-95 %			nedostatek 70,1-90 %				silný nedostatek 60,1-70 %			
velmi silný nedostatek pod 60 %										

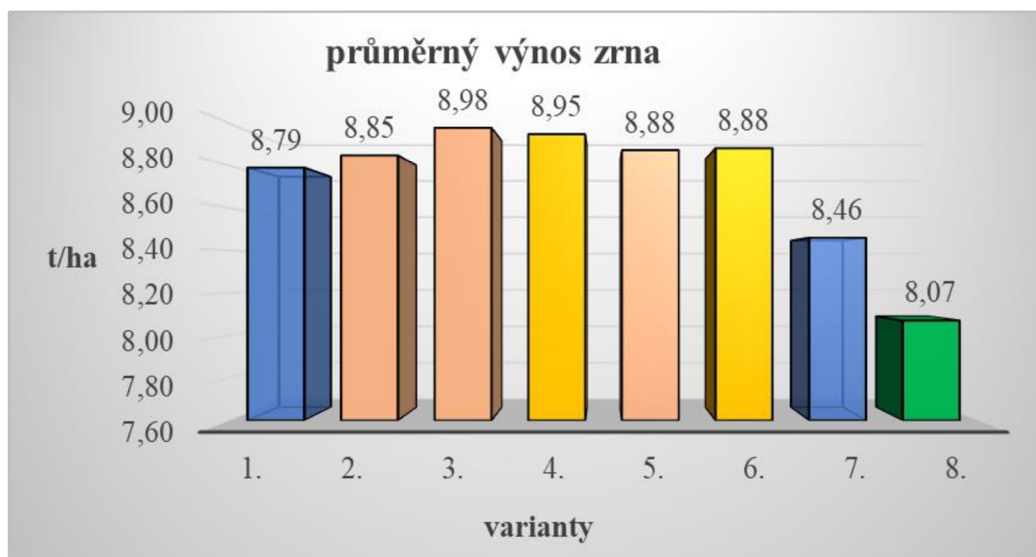
5.3 Výsledky sklizně (data ze zrn sklizených sklízecí mlátičkou)

5.3.1 Vyhodnocení výnosu zrna

V našich pokusech s použitím hnojiv se zeolity byl hlavním sledovaným parametrem výnos zrna. Výnos všech variant s opakováními je viditelný v tabulce č. I. Varianta s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N s celkovou dávkou dusíku 142 kg/ha dopadla jako nejvýnosnější ze všech s průměrným výnosem 8,98 t/ha. Druhá varianta s nejvyšším výnosem byla s aplikací hnojiva ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s dodaným celkovým dusíkem 160 kg/ha. Průměrný výnos byl 8,95 t/ha.

Nejnižších výnosů dosáhla nehnojená varianta, a to s průměrným výnosem 8,07 t/ha. Druhý nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty, kde byl aplikován LOVOFERT LAD 27 v celkové dávce dusíku 142 kg/ha. Průměrný výnos zrna na této variantě dosáhl 8,46 t/ha.

Po statistickém zhodnocení můžeme konstatovat, že výnos na variantě číslo 1. s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha, na variantě číslo 3. s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha a na variantě číslo 4. s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha je oproti nehnojené kontrole statisticky významně vyšší. U zbylých variant je navýšení výnosu statisticky neprůkazné.



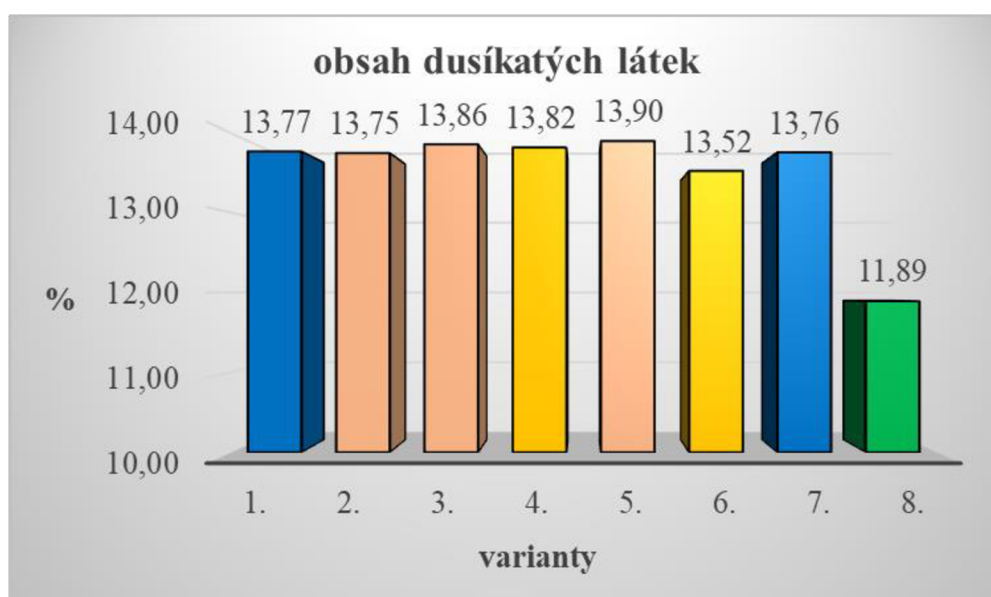
Graf č. 4 Výnos zrna – data kombajn

5.3.2 Vyhodnocení obsahu dusíkatých látek

Nejvyšší obsah dusíkatých látek 13,90 % obsahovali zrna z varianty s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha rozdělený do dvou aplikací. Na druhém místě s průměrným obsahem 13,86 % dusíkatých látek v zrně se umístila varianta s hnojivem ZENFERT 24 N kdy bylo aplikováno celkem 142 kg N/ha.

Nehnojená varianta nás nepřekvapila, i zde se umístila na posledním místě. Průměrný obsah dusíkatých látek v zrně dosahoval hodnoty 11,88 %. Druhý nejnižší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u varianty s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 kde bylo dodáno celkem 142 kg N/ha. Tato varianta dosáhla průměrného obsahu 13,52 %.

Můžeme konstatovat, že u všech hnojených variant je statisticky významný rozdíl v obsahu dusíku v zrně oproti nehnojené variantě.



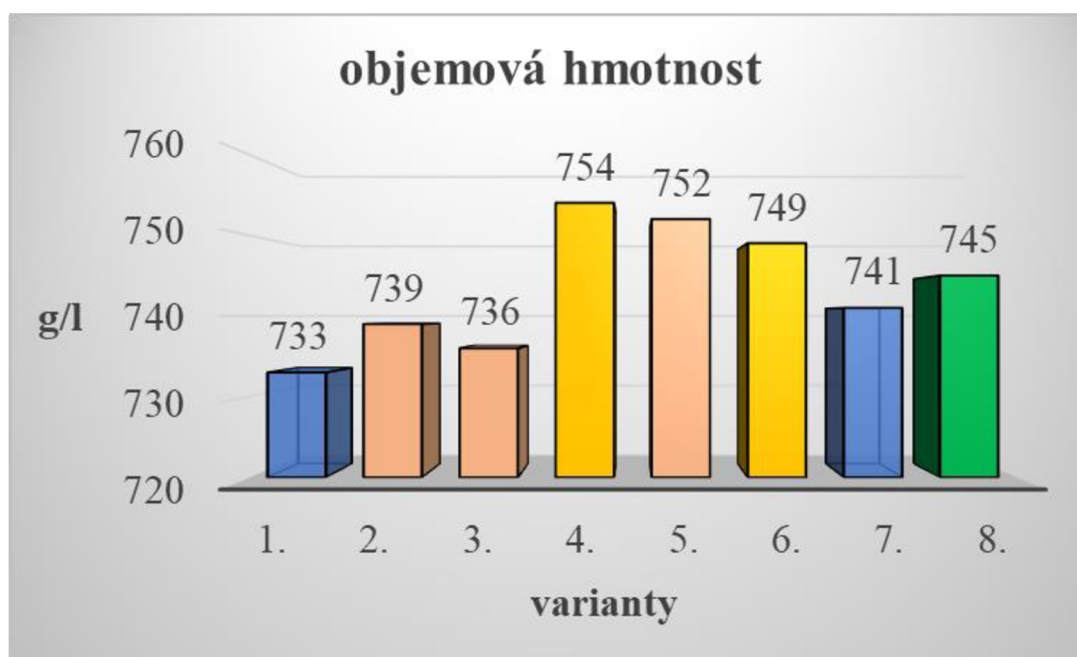
Graf č. 5 Průměrný obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn

5.3.3 Vyhodnocení objemové hmotnosti zrna

V pokusech byla zjištěna nejvyšší objemová hmotnost u varianty s kde bylo aplikováno hnojivo ZENFERT 24 N a ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Druhé nejvyšší hodnoty dosáhla varianta s hnojivem ZENFERT 24 N, kterým bylo dodáno celkem 160 kg N/ha ve dvou aplikacích.

Nejnižší průměrná objemová hmotnost zrna byla zjištěna u varianty s použitým hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha byla zjištěna průměrná objemová hmotnost 736 g/l, což je druhá nejnižší.

Navýšení objemové hmotnosti zrna u hnojených variant je statisticky neprůkazné.



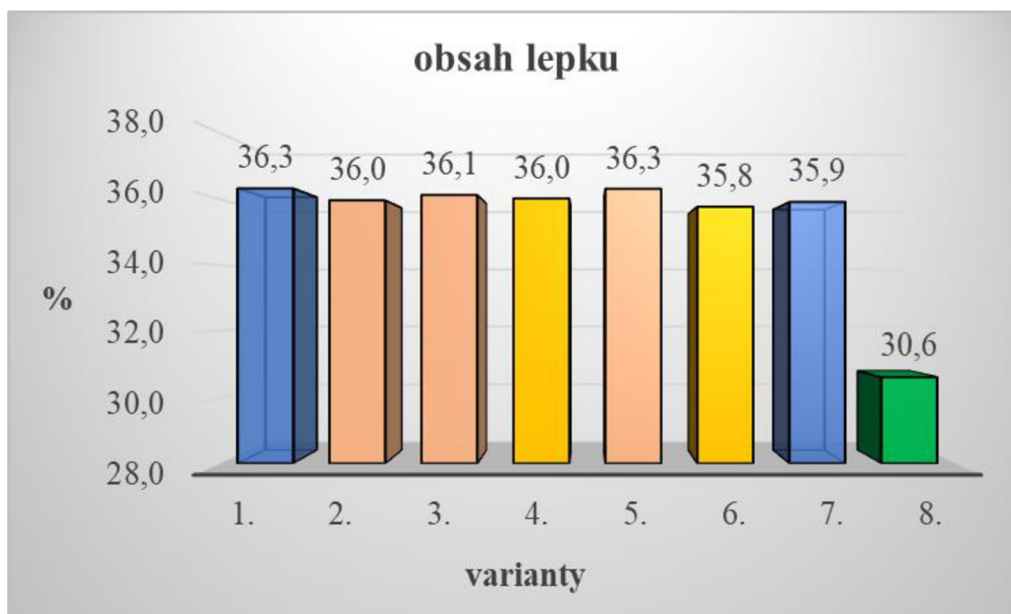
Graf č. 6 Objemová hmotnost zrna – data kombajn

5.3.4 Vyhodnocení obsahu lepku v zrně

U námi sledovaných variant dosáhla nejvyššího obsahu lepku ta, kde bylo použito hnojivo LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Druhý nejvyšší obsah byl zjištěn u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha aplikovaný ve dvou dávkách.

Všechny opakovaní nehnojené varianty dosáhli nejnižšího obsahu lepku v zrně. V průměru obsah lepku dosahoval 30,52 %. Což je o 5,81 % méně než obsahovala nejlepší varianta.

Po statistickém zhodnocení dat můžeme říct, že rozdíl obsahu lepku v zrně je mezi hnojenými variantami a nehnojenou variantou statisticky významný.



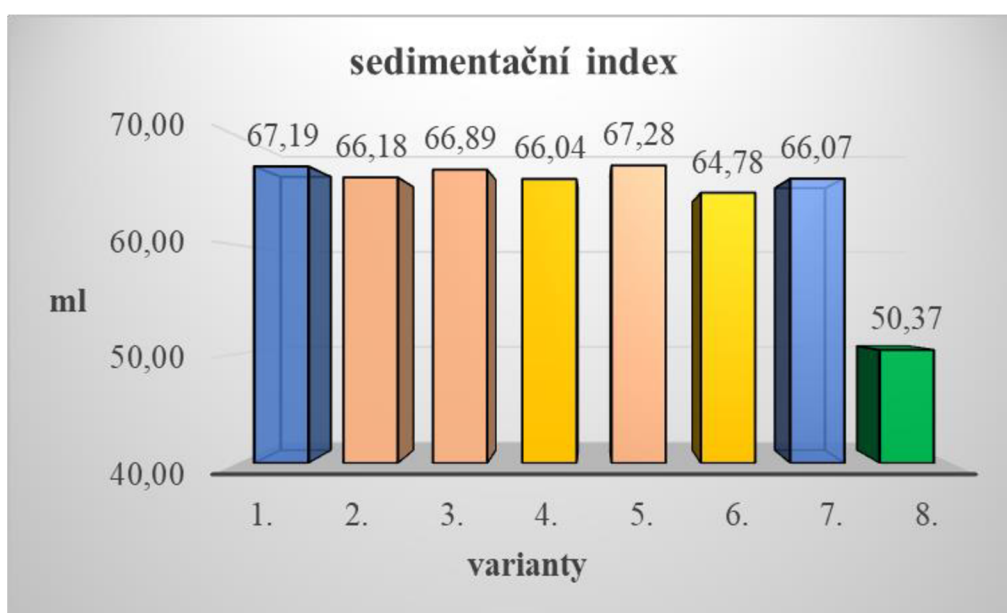
Graf č. 7 Obsah lepku v zrně pšenice – data kombajn

5.3.5 Vyhodnocení sedimentačního indexu

Nejvyšší průměrné hodnoty 67,28 ml dosáhla varianta s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha aplikovaným ve dvou dávkách. Druhých nejvyšších hodnot dosáhla varianta s použitým hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým aplikovaným dusíkem 160 kg/ha.

Nehnojená varianta opět dosáhla nejnižších hodnot. Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším sedimentačním indexem je 16,91 ml.

Rozdíl sedimentačního indexu mezi hnojenými variantami a nehnojenou variantou je statisticky významný.



Graf č. 8 Sedimentační index – data kombajn

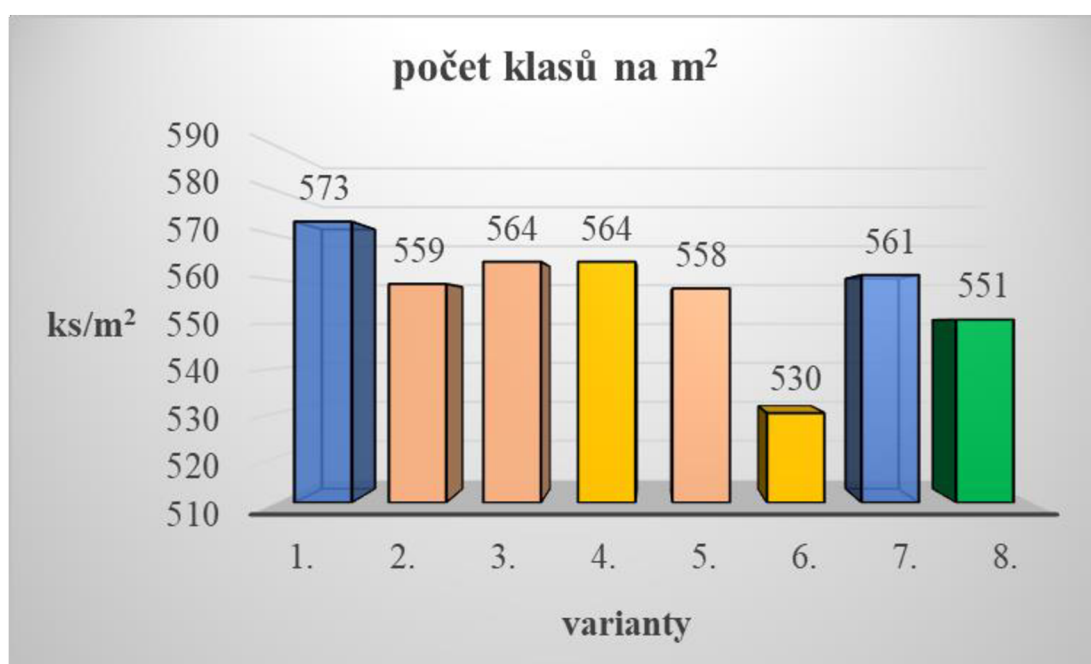
5.4 Vyhodnocení sklizně (data na základě vlastních výpočtů)

5.4.1.1 Vyhodnocení výnosu zrna

5.4.1.1.1 Počet klasů na m²

Ke stanovení výnosů zrna u jednotlivých variant bylo nutné spočítat klasy na m². Po tomto sčítání se zjistilo, že v průměru je nejvíce klasů na variantě hnojené hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg. Jak je patné z grafu č. 6 v průměru nejméně klasů se nacházelo na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Počet klasů na m² mezi hnojenými variantami a nehnojenou variantou není dostatečně velký, aby byl statisticky významný.

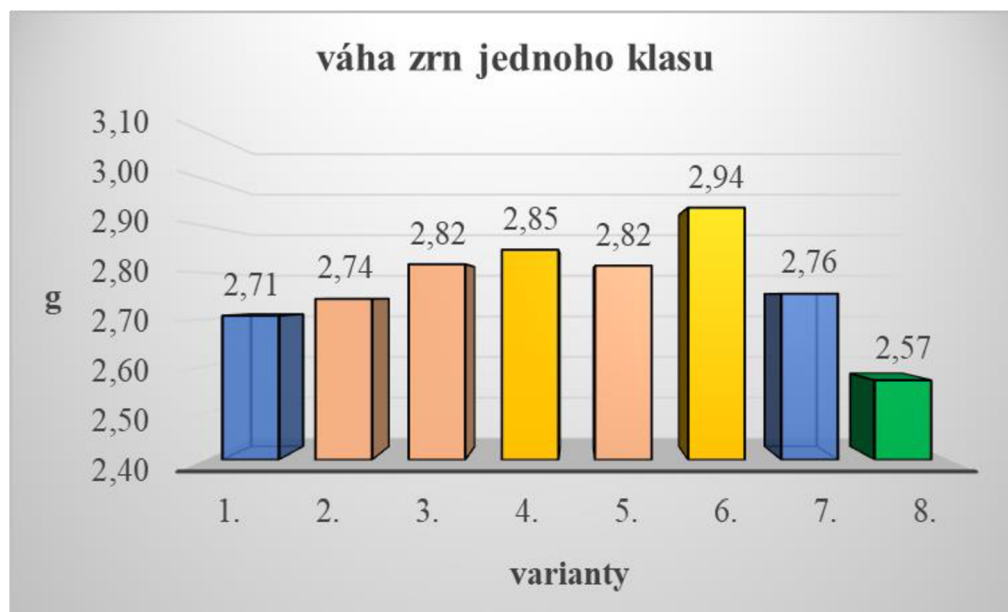


Graf č. 9 Počet klasů na m² – data vlastní

5.4.1.1.2 Váha zrn jednoho klasu

Z vydrolených zrn odebraných klasů byla zjištěna váha zrn z jednoho klasu. Nejvyšší zjištěná průměrná váha zrna z jednoho klasu byla na variantě s použitým hnojivem ZENFERET 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Nejnižší váhy dosáhla nehnojená kontrola.

Statisticky významný rozdíl hmotnosti zrn v klasu proti nehnojené kontrole byl zaznamenán u varianty číslo 4. s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha, varianty číslo 5. s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha aplikovaným ve dvou dávkách a varianty číslo 6. s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. U ostatních hnojených variant nebyl statisticky významný rozdíl ve srovnání s nehnojenou kontrolou.

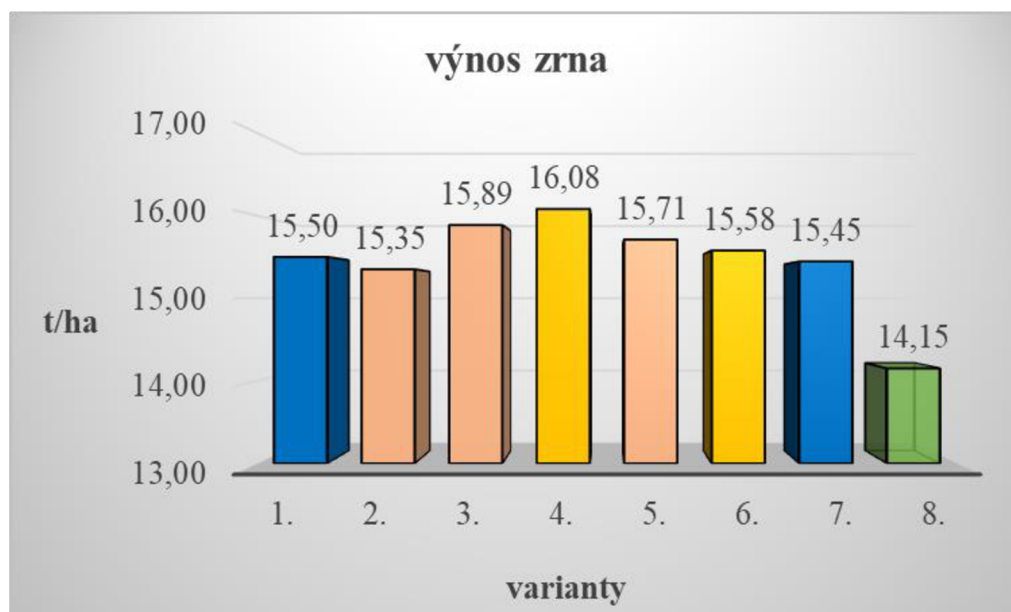


Graf č. 10 Váha zrn z jednoho klasu – data vlastní

5.4.1.1.3 Výnos zrna

Na základě těchto získaných dat je možné dopočítat průměrný výnos jednotlivých variant. Zjištěné výnosy dosahují mnohem vyšších hodnot než u dat ze sklízecí mlátičky. Z takto stanoveného výnosu bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot dosáhla varianta s použitým hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. I zde dosahovala nejnižších hodnot nehnojená varianta. Rozdíl mezi nejlepší a nejhorší variantou dosahoval hodnoty 1,963 t/ha.

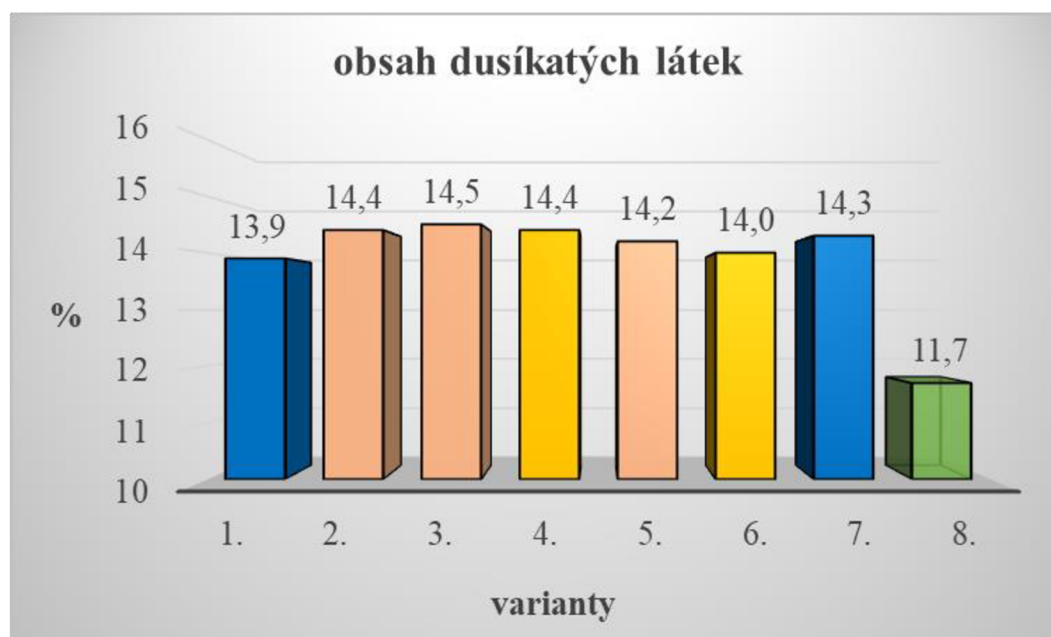
Rozdíl výnosu zrna mezi hnojenými variantami a nehnojenou variantou není statisticky významný.



Graf č. 11 Výnos zrna – data vlastní

5.4.2 Vyhodnocení obsahu dusíkatých látek

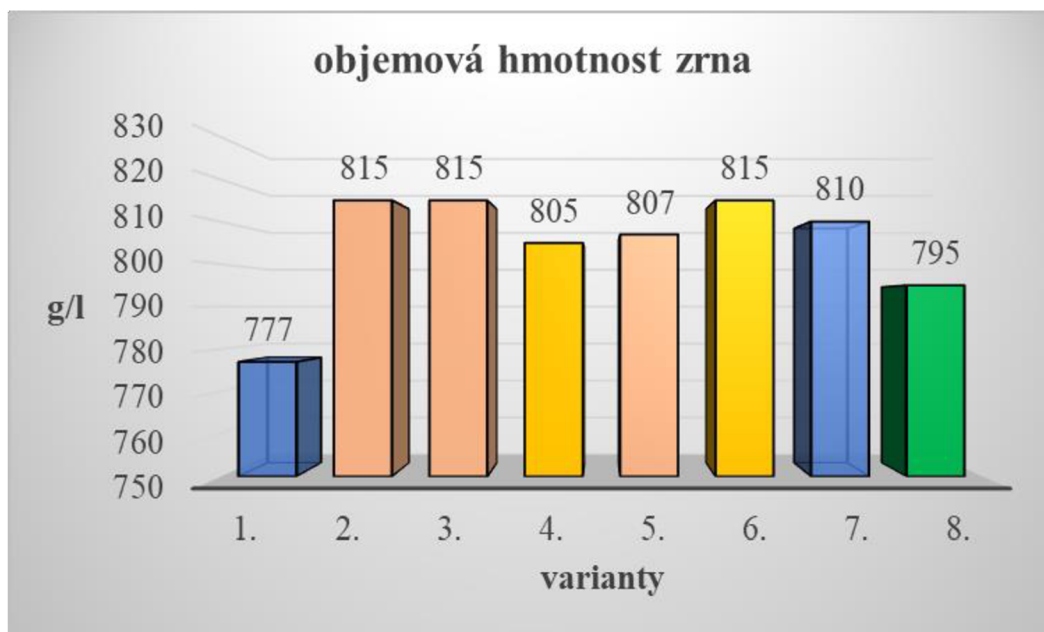
Na kontrolní nehnojené variantě dosahoval obsah dusíkatých látek v zrně 11,7 %. Jednalo se o nejnižší zjištěnou hodnotu. Nejvyšší hodnota byla vyšší o 2,8 %. Ta byla zjištěna na variantě s použitím hnojiva ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Druhý nevyšší obsah dusíkatých látek 14,4 % byl zaznamenán u dvou variant. Na jedné bylo třikrát aplikováno hnojivo ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. U druhé bylo použito hnojivo ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dusíkem 160 kg/ha.



Graf č. 12 Obsah dusíkatých látek v zrně – data vlastní

5.4.3 Vyhodnocení objemové hmotnosti zrna

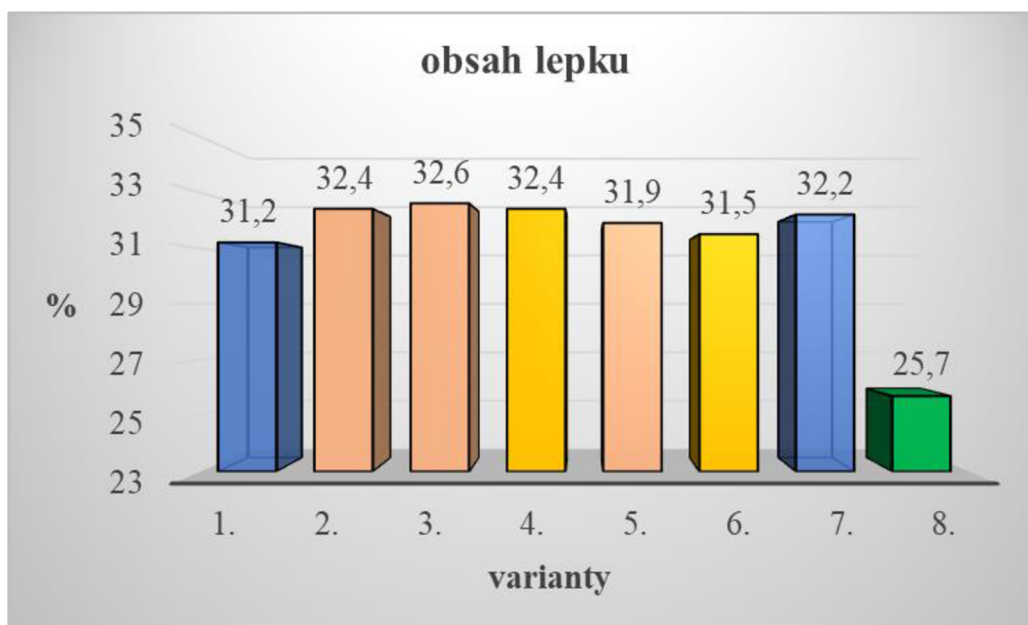
Nejvyšší naměřená průměrná objemová hmotnost byla 815 g. Této hodnoty dosáhly hned tři varianty hnojení. Dvě varianty byly s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N kdy bylo ve třech dávkách dodáno celkové množství dusíku 160 kg/ha a 142 kg/ha. Na třetí variantě bylo použito hnojivo ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Nejnižší průměrné objemové hmotnosti 777 g dosáhla varianta s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. U nehnojené varianty byla stanovena průměrná objemová hmotnost 795 g.



Graf č. 13 Objemová hmotnost zrna – data vlastní

5.4.4 Vyhodnocení obsahu lepku

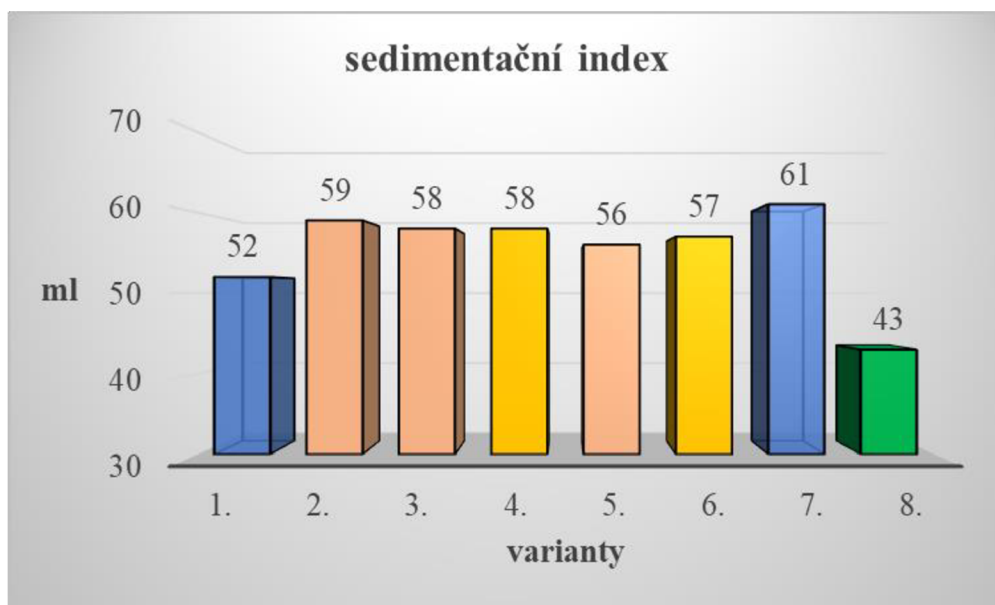
Nejnižší naměřený průměrný obsah lepku v zru bylo 25,7 % zjištěný na nehnojené kontrole. Všechny ostatní varianty dosahovaly vysokých hodnot. Nejvyšší průměrný obsah lepku 32,6 % byl změřen na variantě kde bylo použito hnoji ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.



Graf č. 14 Obsah lepku v zru – data vlastní

5.4.5 Vyhodnocení sedimentačního indexu

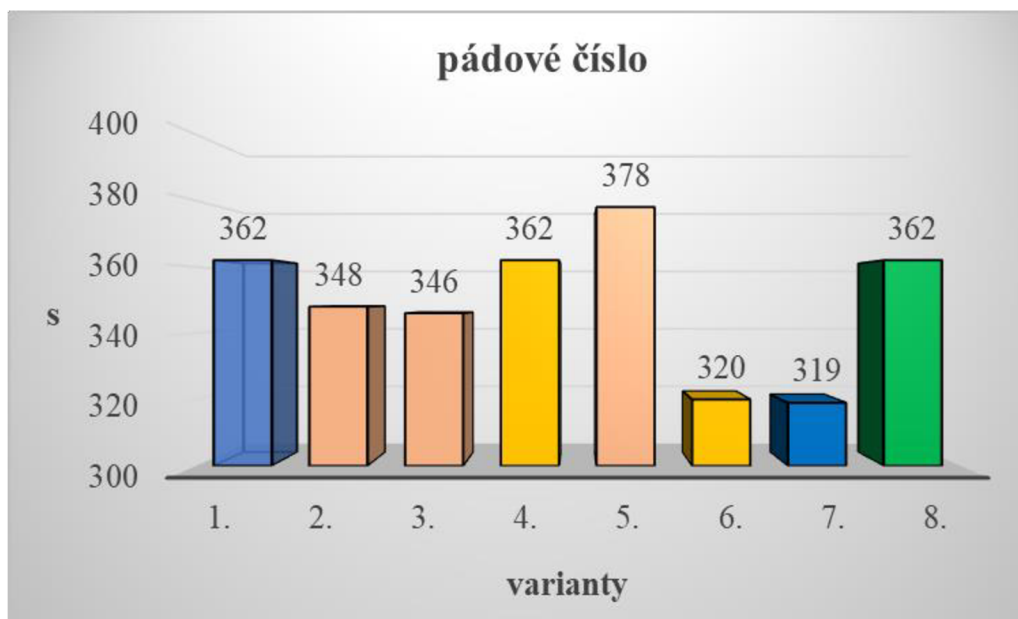
Nejnižší průměrné hodnoty sedimentačního indexu dosáhla nehnojená kontrola. Všechny varianty s aplikovaným minerálním hnojivem s obsahem zeolitu dosáhly velmi blízkých hodnot, a to od 56 do 59 %. Nejvyšší hodnoty sedimentačního indexu 61 % dosáhla varianta s použitým hnojivem LOVOFERT LAV 27.



Graf č. 15 Sedimentační index – data vlastní

5.4.6 Vyhodnocení pádového čísla

Jak je z grafu č. 13 patrné u všech variant je zjištěné pádové číslo v rozmezí kvalitních zrn pro pekařské účely. Nejvyšší pádové číslo 378 s bylo naměřeno na variantě kde bylo dvakrát aplikováno hnojivo ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Nejnižší hodnota byla naměřena u varianty s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dusíkem 142 kg/ha.



Graf č. 16 Pádové číslo – data vlastní

5.5 Vyhodnocení rozborů půdy

5.5.1 Vyhodnocení rozborů půdy během vegetace

Z výsledků rozborů uvedených v tabulce č. 11 je patrné, že u varianty s hnojivem LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha došlo k chybě nejspíše při odběru vzorku. U všech ostatních variant už obsah N_{\min} dosahoval vyšších hodnot. Nejvyšší obsah N_{\min} 191,5 mg/kg byl zaznamenán na variantě s aplikovaným hnojivem ZENFERT 24 N společně s hnojivem ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Tento vysoký obsah byl zjištěn jak v amonné, tak v nitrátové formě. Pokud nebudeme hodnotit variantu číslo 1 kde se nejspíše vyskytla chyba, tak druhý nejnížší zjištěný N_{\min} byl na nehnojené variantě.

Tabulka č. 11 Přehled výsledků rozborů půd během vegetace

Var. číslo	N_{\min} mg/kg	N (NH ₄) mg/kg	N (NO ₃) mg/kg	poměr NO ₃ /NH ₄
1.	30,7	3,8	26,9	7,08
2.	123,5	15,4	108,1	7,02
3.	130,8	18,4	112,4	6,11
4.	191,5	70,4	121,1	1,72
5.	126,6	37,3	89,3	2,39
6.	95,6	33,1	62,5	1,89
7.	102,6	13,3	89,3	6,71
8.	88,8	15,4	73,4	4,77

5.5.2 Vyhodnocení rozborů půd po sklizni

Po sklizni dosahuje půdní obsah dusíku v amonné formě stejných výsledků. Avšak u nitrátového dusíku již v tabulce č. 12 vidíme rozdíly. Po sklizni byl nejnižší obsah nitrátového dusíku v půdě zaznamenán u nehnojené varianty. Naopak nejvyšší obsah nitrátového dusíku v půdě 58,6 mg/kg byl zaznamenán po variantě kde byl dvakrát aplikován ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha.

Při tomto rozboru jsme nechali stanovit ještě obsah síry v půdě. Zde se nám jasně projeví varianty, kde byla síra aplikovaná. Nejvyšší obsah síry byl zaznamenán na variantě s aplikovanými hnojivy ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkově dodaným dusíkem 142 kg/ha a sírou 35,6 kg/ha. Nejnižší obsah síry v půdě byl zaznamenán u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dusíkem 160 kg/ha aplikovaným ve dvou dávkách.

Tabulka č. 12 Přehled výsledků rozborů půd po sklizni

Var. číslo	N _{min} mg/kg	N (NH ₄) mg/kg	N (NO ₃) mg/kg	poměr NO ₃ /NH ₄	S - SO ₄ mg/ha
1.	36,8	1,3	35,5	27,3	4,6
2.	46,7	1,3	45,4	34,9	5,3
3.	38,3	1,3	37,0	28,5	10,5
4.	30,8	1,4	29,4	21,0	11,4
5.	59,9	1,3	58,6	45,1	3,8
6.	28,9	1,3	27,6	21,2	12,1
7.	41,6	1,3	40,3	31,0	4,5
8.	16,1	1,3	14,8	11,4	5,0

6 Diskuze

Vzhledem k celosvětovému nárůstu populace je stále větší tlak na zajištění dostatku kvalitních potravin. Což značně komplikuje změna klimatu. Zemědělci se musí celosvětově potýkat s narůstajícím suchem a je třeba vymýšlet nové strategie udržitelného pěstování. Pšenice patří v celosvětovém měřítku mezi základní potraviny. Abychom tedy dokázali navýšit nebo alespoň udržet stávající výnosy v období změny klimatu, je nutné šlechtit odolnější odrůdy a přizpůsobit management pěstování současné době.

Pšenice ozimá se řadí mezi plodiny se střední potřebou živin. Abychom zajistili její optimální růst a vývoj musí mít dostatek potřebných živin v půdě. V podzimním období je příjem živin rostlinou poměrně nízký. Je tedy důležité zaměřit se na kvalitní jarní přihnojení. Nedostatek živin v tomto pro rostliny náročném období vede k omezení růstu. Záporně ovlivňuje počet klasů na jednotku plochy a počet zrn v klasu či hmotnost tisíce zrn (Zimolka et al. 2005). Proto jsme se v našich pokusech zaměřili na jarní aplikace hnojiv do porostu pšenice ozimé. Konkrétně jsme se zaměřili na dusíkatá hnojiva. Jak totiž uvádí Balík et al. (2012) i Kinsey & Walters (2021) hnojení dusíkem je jedno z nejvýznamnějších agronomických opatření. Dusík je pro rostliny nepostradatelnou živinou, která nám utváří výnos i kvalitu pěstovaných plodin. Je však strašně obtížné zvolit správnou dávku, typ hnojiva a aplikaci. Musíme si totiž uvědomit, že působení dusíku je různé vzhledem k variabilitě pozemků.

Pokusy byly založeny v úrodném území dolního Poohří v Radovesicích. Zaměřili jsme se v nich na působení zeolitových hnojiv na výnos a kvalitu zrna. Jak totiž tvrdí Majnajaiah et al. (2019) při volbě hnojiva bychom se měli zamyslet i nad stránkou ekologickou. Nadměrné používání syntetických hnojiv vede k degradaci půdy a omezení její biodiverzity. Je tedy na místě zamyslet se nad udržitelným zemědělstvím, které řídí vstupy do ekosystému za účelem dosažení účinnosti a odolnosti. Jedním z hlavních cílů udržitelného zemědělství je vyvíjet technologie a přizpůsobovat zemědělské postupy využíváním našich přírodních zdrojů. Bylo zjištěno, že geomateriály (zeolity) mají vysoký potenciál tyto cíle naplňovat. Na tyto cíle navazuje Společná zemědělská politika EU, která si zadala omezit enviromentální a klimatickou stopu potravinového systému a dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050 se odráží v European Green Deal (Evropské zelené dohodě). Evropské státy se zavázaly v rámci strategie Farm to Fork redukovat úniky živin alespoň o 50 % což povede k omezení používání hnojiv alespoň o 20 %, a to do roku 2030. Dosažení tohoto cíle spočívá ve vyváženém hnojení a udržitelném hospodaření se živinami (Klír et al. 2021). K dosažení těchto cílů by nám mohly pomoci hnojiva se zeolity.

Zeolity totiž přispívají ke snížení znečištění životního prostředí z důvodu lepšího hospodaření s minerálními formami dusíku v půdě. Omezují ztráty fosforu či snižují mobilitu rizikových prvků (Černý et al. 2023). Zeolity jsou přirozeně se vyskytující skupinou minerálů. Podporují růst rostlin, tím že zvyšují dostupnost živin, upravují půdní vlastnosti a zlepšují její schopnost zadržovat vodu (Wiedenfled 2003). Jedná se o nejrozšířenější potahový materiál při vývoji hnojiv s řízeným uvolňováním díky své vlastnosti výměny kationtů, která účinně řídí rychlost uvolňování živin. Využití předností iontoměničové vlastnosti zeolitu napomáhá snížit kontaminaci přírodních zdrojů dusíkem. Jeho další velkou předností je, že se na rozdíl od jiných půdních doplňků časem nerozkládá a zůstává nadále v půdě, kde zlepšuje dostupnost živin.

Porézní struktura přírodního zeolitu pomáhá udržovat půdu provzdušněnou a vlhkou a zároveň aktivní po dlouhou dobu (Dubey & Mailapalli 2019).

V pokusech jsme srovnávali působení zeolitového hnojiva ZENFERT 24 N s nehnojenou kontrolou, ale také ledkovou variantou, kde bylo použito hnojivo LOVOFERT LAD 27. Dále jsme testovali vliv celkové dávky dusíku na výnos. Zde jsme zvolili dvě dávky 160 kg N/ha a 142 kg N/ha. Celkovou dávkou dusíku 160 kg/ha jsme u jedné varianty dodali ve dvou aplikacích a u jedné ve třech aplikacích. Jak totiž uvádí Zimolka et al. (2005) rozdělení celkové dávky dusíku nemusí být vždy jen do regeneračního, produkčního a kvalitativního hnojení. Vždy bychom měli při plánování vycházet z daných podmínek pozemku a klimatických podmínek, ale také z vlastností odrůdy a jejich následnému využití. Dále jsme testovali vliv přidáním hnojiva ZENFERT NS 13-29, které obsahuje síru.

6.1 Stav porostu během vegetace

Při inventarizaci porostu v jarním období nebyli na jednotlivých variantách znatelné velké rozdíly. Pouze u nehnojené kontroly byl viditelný nedostatek dusíku díky světlejší barvě, jak můžeme vidět na obrázku č. 15.



Obrázek č. 15 Letecký snímek jednotlivých variant pokusu

Nedostatek dusíku u nehnojené varianty nám potvrdil i rozbor rostlin, který jsme si nechali v laboratoři zpracovat. Z něj bylo patrné, že optimální obsah dusíku v rostlině byl pouze u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. Ostatní zeolitové varianty trpěly nedostatkem až silným nedostatkem dusíku. Je možné, že na to měla vliv navázanost dusíku na zeolitové síto a tím horší dostupnost pro rostliny. Na toto téma provedli studii Froerid et al. (2019) kdy založili pokus s cílem zjistit, jak se rostlinami přijatelný dusík přidaný do zeolitu sorbuje na zeolit a je porovnáván s konvenčně přidávaným dusíkem. Testování proběhlo na květináčích za použití dvou typů půd (černozem, písčité půda) a pšenice jako testovací plodiny. Z této studie vyplývá, že zeolit měl pozitivní vliv na růst a příjem dusíku rostlinami v písčité půdě ale ne v černozemi. Dále uvádí, že ne všechny dusík sorbovaný do zeolitu byl rostlinám dostupný, alespoň ne v prvním růstovém cyklu. Část dusíku zůstala pevně navázaná na sorbent a rostlina k němu neměla přístup. Tuto teorii by potvrzovala i skutečnost, že obě ledkové varianty trpěly pouze mírným nedostatkem dusíku.

6.2 Výnos zrna pšenice

V námi sledovaném pokusu dosáhla nejvyššího výnosu zrna varianta s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha, kdy dosáhla průměrného výnosu 8,98 t/ha. To je přínos o 0,91 t/ha oproti nehnojené kontrole. Pokud bychom srovnávali přínos na výnosu s ledkovými variantami, tak oproti variantě s hnojivem LOVOREFET LAD 27 s celkově dodaným dusíkem 160 kg/ha byl přínos pouze 0,19 t/ha. Avšak oproti variantě LOVOFERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha byl přínos už 0,52 t/ha. Celkově byly výnosy vyrovnané, a i nehnojená varianta dosáhla vysoké hodnoty 8,07 t/ha.

Je možné, že se zde projevil vliv předplodiny. Dle Hůli et al. (2008) může kvalitní předplodina pozitivně ovlivnit půdní vlastnosti. To se projeví nejen při růstu rostlin, ale také při tvorbě výnosu a na kvalitě zrna. Ozimá pšenice sice patří mezi rostliny náročné na předplodinu, ale dokáže ji dobře výnosově zúročit. Naše pokusy byly založeny po sóje a jak víme bobovité rostliny jsou jako předplodiny vynikající. Dokáží příznivě působit na půdní prostředí, ale také mají schopnost obohacovat půdu o vzdušný dusík fixovaný hlízkovými bakteriemi.

Další vliv na vyrovnané výnosy může mít i stanoviště. Podle Balíka et al. (2012) je zaznamenán největší vliv hnojení dusíkem na méně úrodných stanovištích. Naopak poměrně malý přímý vliv aplikovaných dusíkatých hnojiv je na úrodných stanovištích. V úrodných půdách rostliny k tvorbě výnosu využívají 84-88 % dusíku z půdy a jen 12-16 % dusíku z hnojiv. V našich pokusech ani pozitivní vlastnosti zeolitu nepřinesli razantnější navýšení výnosů. K velmi podobným závěrům dospěl i Wiedenfeld (2003) kdy na základě pokusů v úrodných podmínkách Jižního Texasu došlo po aplikaci zeolitu jen k mírnému pozitivnímu účinku. Avšak naznačuje, že jeho potenciální přínos by mohl být v horších podmínkách kde je třeba zadržování živin či vláhy.

Je ale také možné, že výnosový efekt zvýšení u hnojených variant byl menší z důvodu nižšího srážkového úhrnu, kvůli kterému nebyly rostliny schopny využít dodanou výživu. Závislost na klimatických podmínkách potvrzují i výsledky pokusů z let 2011-2014, kdy byly sledovány výnosy zrna, slámy a kvalitativní parametry pšenice v závislosti na systému hnojení. Z nich vyplývá, že produkci zrna významně ovlivnili dva faktory. První faktor bylo počasí daného roku (74 %) a druhý faktor byl systém hnojení (23 %) (Abrham et al. 2019).

I tak zeolitová hnojiva zaznamenala přínos na výnosu. A potvrzujeme tak tvrzení Bernardi et al. (2013), který na základě studie zeolitů uvedl, že zeolit obohacený o N, P, K byl adekvátním pomalu se uvolňujícím zdrojem živin pro rostliny zajišťující vysoké výnosy. Zeolit aplikovaný s močovinou zlepšil účinnost využití dusíku. Také Mumpton (1999) potvrzuje, že přidání NH_4 do klinoptilolitu ve skleníkových experimentech vedlo k navýšení hmotnosti kořenů ředkviček o 53-59 % ve středních a lehkých půdách.

Můžeme se domnívat, že významný přínos zeolitových hnojiv bude po opakovaném používání. Díky tomu, že zeolit zůstává v půdě můžeme opakovaně využívat jeho vlastností jako je třeba poutání živin či zadržování vody. Amonná forma dusíku je dobře přijatelná rostlinami, ale v běžné půdě je amonný kationt poután na povrch půdního sorpčního komplexu, čímž se zpomaluje jeho pohyb v půdě. Zeolity jej mohou dočasně absorbovat a následně uvolňovat na základě koncentrací v půdním roztoku. Navíc malé póry ve struktuře krystalové mřížky neumožňují přístup nitrifikačních mikroorganismů do pórů. Díky tomu je omezena nitrifikace a je sníženo riziko ztrát nitrátového dusíku (Černý et al. 2023). Minimalizací těchto

ztrát se zabývali i He et al. (2002), kdy v laboratorní inkubační studii zkoumali těkání amoniaku ze substrátu jemného vápenitého písku z citrusových hájů kam přidali klinoptilolit. Výsledky ukázali snížení těkání amoniaku a naznačují tak velký potenciál při snižování ztrát dusíku z hnojiva v písčitéch půdách. Vlastnosti zeolitu zkoumali ve své práci i Karimi & Majma (2015), kdy zjišťovali vliv aplikace zeolitu na výnos slunečnice při stresu z nedostatku vody. V závěru své práce konstatovali, že je patrné zlepšení růstu a zvýšení výnosu po aplikaci zeolitu oproti kontrole kde vodní stres snížil růst a produkci rostlin. Avšak účinnější byla aplikace zeolitu za stresových podmínek.

Výnos zrna byl stanoven i na základě výpočtů, a to vynásobením počtu klasů na m^2 s hmotností zrn jednoho klasu. Na základě toho výpočtu jsme zjistili výnos jednotlivých variant. Jak je ve výsledcích patrné vyšli nám vysoké hodnoty. Což je způsobeno několika faktory. Nejsou zde zahrnuty ztráty při sklizni, není zde nijak počítáno s mezerovitostí a nevyrovnaností porostu a ani odběr klasů z každého opakování nedává reprezentativní vzorek. Ale i při takto stanoveném výnosu dosáhly všechny hnojené varianty vyššího výnosu než nehnojená kontrola. Zde byl nejvyšší výnos zjištěn u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha.

6.3 Kvalitativní parametry zrna

V pokusu jsme dále hodnotili kvalitativní parametry sklizeného zrna. Měli jsme k dispozici dva soubory dat. Jedny získané při sklizni senzorem ve sklízecí mlátičce a druhé z laboratorních rozborů.

Jedním z důležitých parametrů zrna je obsah dusíkatých látek v zrnu. Z hlediska normy pro potravinářskou pšenici (11,5 %) dosáhly všechny sledované varianty vyšších hodnot. Nejvyšší hodnota zjištěná senzorem sklízecí mlátičky 13,9 % byla zjištěna na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dusíkem 160 kg/ha dodaným ve dvou aplikacích. V laboratorních rozbořech zrna byl nejvyšší obsah dusíkatých látek zjištěn u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Co nejvíce ovlivňuje obsah dusíkatých látek je patrné z výsledků pokusů z let 2011-2014, kdy byly sledovány výnosy zrna, slámy a kvalitativní parametry pšenice v závislosti na systému hnojení. Z kvalitativních rozborů zrna bylo zjištěno, že obsah proteinu byl nejvíce ovlivněn systémem hnojení z 53 %, zatímco podmínky konkrétního ročníku měli vliv ze 45 % (Abrham et al. 2019). Jak uvádí Smutná et al. (2021) stresové podmínky mohou výrazně ovlivnit akumulaci škrobu ve srovnání s akumulací zásobních bílkovin. Takto poškozené obilky bývají drobnější a mají vysoký obsah bílkovin.

Objemová hmotnost je další ze základních parametrů při stanovování výkupní ceny merkantilu. Norma ČSN 46 1100-2 pro pekárenskou pšenici je 760 g/l (Smutná et al. 2021). Z dat získaných ze senzoru na sklízecí mlátičce je patrné, že objemová hmotnost je u všech variant nižší, než je požadovaná norma. Nejvyšší objemová hmotnost 754 g/l byla zjištěna u varianty s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. V laboratorních rozbořech nám ale naopak všechny varianty i nehnojená kontrola dosáhly vyšších hodnot, než je požadovaná norma. Zde byla nejvyšší hodnota 815 g/l zjištěna u třech variant hnojení. U varianty číslo 2 s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným

dusíkem 160 kg/ha aplikovaný ve třech dávkách, u varianty číslo 3 s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha a u varianty číslo 6 s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha. K takovému rozdílu mezi jednotlivými daty může dojít například díky rozdílné přesnosti senzoru ve sklízecí mlátičce a laboratorních testech. Nebo díky tomu, že k laboratorním testům byl odebrán jeden směsný vzorek ze všech opakování za každou variantu.

Obsah lepku ovlivňuje pekárenské vlastnosti pšenice. Na základě všech získaných dat můžeme říct, že všechny hnojené varianty dosahovali velmi podobných hodnot.

Pekárenskou kvalitu zrna nejvíce ovlivňuje složení a struktura bílkovinné složky, která má vliv na schopnost zadržování plynů během kynutí těsta a tím i následně strukturu a pórovitost střídky pečiva. Tento parametr je nejvíce ovlivněn geneticky avšak jejich struktura může být ovlivněna i enviromentálními faktory (Vaculová et al. 2010). Množství a kvalitu lepkových bílkovin nám udává sedimentační index (Zelenyho test). Norma pro pekárenskou pšenici požaduje SEDI minimálně 30 ml. Na základě dat získaných ze senzoru ve sklízecí mlátičce i laboratorních rozborů můžeme konstatovat, že všechny varianty dosáhly vyšších hodnot než požaduje norma ČSN.

Posledním ze sledovaných parametrů bylo pádové číslo. Aktivita amylolytických enzymů obsažených v endospermu zrna je důležitým technologickým ukazatelem u pšenic. Normální amylasová aktivita je vyjádřena v hodnotách 220-280 s (Vaculová et al. 2010). Norma ČSN 46 1100-2 pro potravinářské pšenice je 220 s. Číslo poklesu u sledovaných variant bylo vyhodnoceno pouze laboratorně. Kdy bylo zjištěno, že všechny varianty dosahují vyšších hodnot, než je požadovaná norma. Nejvyšší číslo 378 s bylo zjištěno na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dusíkem 160 kg/ha dodaným ve dvou aplikacích.

6.4 Rozbory půdy

V půdě se vyskytuje dusík převážně v organické formě (98-99 %), jen malá část je ve formě minerální (NH_4 , NO_3). Organický dusík mohou rostliny využívat až po mineralizaci. Proto nás ve výživě rostlin zajímá obsah minerálního dusíku v půdě. Jeho obsah v půdě, ale značně kolísá v závislosti na intenzitě mineralizace, amonizace a nitrifikace. Stanovení obsahu minerálního dusíku je dobrým pomocníkem pro optimalizaci hnojení (Prchalová & Klement 2013).

V námi sledovaných pokusech proběhl odběr půdy na rozbor v době jarního maxima, kdy naplno jede nitrifikace a mineralizace. Z výsledků bylo patrné, že se v půdě nachází dostatek minerálního dusíku, který mohou rostliny využít. Jak totiž píše Hřívna (2012) odběr dusíku rostlinami pšenice se na jaře zvyšuje. Do začátku sloupkování přijme v průměru asi 40 % dusíku a intenzita jeho příjmu roste až do konce kvetení. V době odběru byly totiž rostliny již ve fázi konce metání.

Nejvyšší obsah minerálního dusíku jsme zaznamenali na variantě s hnojivem ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 s celkovým dodaným dusíkem 160 kg/ha. Na této variantě se nacházel i nejvíce vyrovnaný poměr mezi nitrátovým a amonným dusíkem.

Výsledky rozborů půdy ihned po sklizni nám ukázali, že velká část zbytkového minerálního dusíku je v nitrátové formě. A velmi nízké množství ve formě amonné. Na většině variant bylo zjištěno 1,3 mg/kg. Dokládá nám to tedy, že došlo k jeho odebrání rostlinami či byl nitrifikován.

Pro porovnání máme k dispozici historické údaje z rozborů půdy po žních z pokusů, které na tomto stanovišti Agrofert provádí dlouhodobě. V tabulce č. 13 je jasně vidět, jak obsah minerálního dusíku v půdě po sklizni souvisí s výnosem zrna. Což nám dokládají roky 2017-2020 kdy byly porosty napadeny hraboši a hodnoty dusíku v půdě po sklizni dosahovali vysokých čísel.

Tabulka č. 13 Rozbory půd po sklizni Radovesice (Agrofert)

Radovesice pšenice	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N-min (mg/kg)	14,0	16,4	24,4	26,2	85,9	133,4	216,1	130,1	30,5	82,8	39,0
S-min (mg/kg)	8,3	13,4	24,0	85,7	32,3	35,6	43,5	48,6	6,9	15,5	9,1
výnos (q/ha)	89,1	109,9	100,0	85,5	56,1	55,9	59,0	36,8	78,1	69,9	82,5

7 Závěr

Na základě maloparcelkových pokusů založených na úrodných půdách dolního Poohří v hospodářském roce 2022/2023 můžeme posoudit vliv aplikace dusíkatých hnojiv se zeolity. V pokusu jsme hodnotili rozdíl ve výnosu a kvalitativních parametrech zrna pšenice ozimé mezi variantami s aplikovaným ledkovým hnojivem, zeolitovým hnojivem a nehnojenou kontrolou.

Výnosy zrna pšenice ozimé byly významnou měrou ovlivněny ročníkem. Oproti dlouhodobému normálu byl tento rok teplotně nadprůměrný a srážkově podprůměrný. Byl zaznamenán pozitivní vliv u všech variant hnojení na výši dosažených výnosů zrna pšenice. Největší účinek poskytlo hnojivo ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha, po jehož aplikaci byl dosažen výnos 8,98 t/ha. To je o 11,3 % vyšší oproti nehnojené kontrole.

Z hlediska dobrého zpeněžení vypěstovaného zrna je pro zemědělce důležitý hlavně jeden z kvalitativních parametrů, a to obsah dusíkatých látek v zrnu. Ten nám řekne, zda je zrno v potravinářské či krmné kvalitě. V námi sledovaných pokusech dosahoval obsah dusíkatých látek u všech hnojených variant vysokých hodnot. Dokonce i nehnojená varianta splňovala potravinářskou normu pro obsah dusíkatých látek.

Použití dusíkatých hnojiv se zeolity bylo v našich pokusech přínosem. Avšak při volbě správného použití, typu hnojiva a dávky v zemědělských provozech je nutné zvážit spoustu aspektů abychom dosáhly požadovaného přínosu. Jak tvrdí Černý et al. (2023) zeolity mají značný potenciál, aby dokázali zvýšit využití živin z aplikovaných hnojiv. Je proto důležité zvolit správný způsob aplikace hnojiv se zeolity, aby byla jejich účinnost co největší. K tomu je potřeba znát a respektovat chování a přeměny jednotlivých živin v půdě.

7.1 Stanovisko k hypotézám

Hypotéza č. 1: Předpokládá se, že výnos zrna u pšenice ozimé bude vyšší u variant hnojených hnojivem se zeolity.

Hypotéza byla potvrzena. U všech variant, kde bylo aplikované hnojivo ZENFERT 24 N samostatně či v kombinaci ZENFERT 24 N + ZENFERT NS 13-29 byl zaznamenán vyšší výnos než u nehnojené kontroly. Vyšší výnos u zeolitových hnojiv byl i ve srovnání s variantami kde byl aplikován LOVOFERT LAD 27. Nejvyššího výnosu zrna dosáhla varianta s hnojivem ZENFERT 24 N s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha.

Hypotéza č. 2: Předpokládá se, vyšší výnos zrna pšenice ozimé u variant s vyšší dávkou dusíku.

Hypotéza nebyla potvrzena. Nejvyššího výnosu dosáhla varianta, kde byla aplikována celková dávka dusíku 142 kg/ha. Avšak měla pouze o 0,03 t/ha vyšší výnos zrna než varianta, kde bylo celkově dodáno dusíku 160 kg/ha. Celkově dosahovali všechny hnojené varianty velmi podobných výnosů pouze varianta s hnojivem LOVORERT LAD 27 s celkovým dodaným dusíkem 142 kg/ha dosáhla nejnižšího výnosu mezi hnojenými variantami. Zde se

nejspíš projevil vliv ročníku s nízkým množstvím srážek, kdy nebyl využit plný potenciál hnojiva.

Hypotéza č. 3: Předpokládá se, že na variantách hnojených hnojivem se zeolity se zvýší efektivita využití dusíku rostlinami ozimé pšenice.

Hypotéza nebyla potvrzena.

8 Literatura

- Amrham Z, Vach M, Hlisnikovský L. 2019. Vliv aplikace hnojiv na výnosy, jakost a ekonomiku pšenice ozimé. Agritech science. Available from <https://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2019/033.pdf> (accessed březem 2024).
- AGROFERT. 2023. Efektivní výživa rostlin – malý pomocník agronoma. AGROFERT. Available from <https://www.mojehnojiva.cz/sites/default/files/prilohy/diagnostikaweb.pdf> (accessed listopad 2023).
- Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Belviso C, Santriani A, Lovelli S, Comegna A, Coppola A, Dragonetti G, Cavalcante F, Rivelli AR. 2022. Impact of zeolite from coal fly ash on soli hydrophysical properties and plant growth. Agriculture. Available from <https://doi.org/10.3390/agriculture12030356> (accessed únor 2024).
- Bernardi ACC, Oliviera PPA, Monte MBM, Souza-Barros F. 2013. Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture. Microporous and mesoporous materials **167**:16-21. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1387181112004179> (accessed duben 2024).
- Bittner V. 2009. Škodlivé organismy pšenice Abiotická poškození, choroby, škůdci. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Cataldo E, Salvi L, Paoli F, Fucile M, Masciandaro G, Manzi D, Masini CM, Mattii GB. 2021. Application of zeolites in agriculture and other potential uses: A review. Agronomi **11**:1547. Available from <file:///C:/Users/u%C5%BEivatel/Downloads/agronomy-11-01547-v2.pdf> (accessed prosinec 2023).
- CIME. 2023. Co je to strip-till?. CIME, s.r.o. Available from <https://www.cime.cz/onas/udrzitelne-zemedelstvi/co-je-to-strip-till/> (accessed prosinec 2023).
- Čejka J, Žilková N. 2000. Syntéza a struktura zeolitů. Chemické listy **94**:278-287.
- Český statistický úřad. 2023. Osevní plochy zemědělských plodin – Česká republika. ČSÚ, Praha. Available from https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr (accessed prosinec 2023).
- Černý J. 2024. Produkční přihnojení ozimých plodin dusíkem a hnojení mikroprvky. ČZU, Praha. Available from <https://www.mojehnojiva.cz/produkni-prihnojeni-ozimych-plodin-dusikem-a-hnojeni-mikroprvky> (accessed březem 2024).
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2023. Využití zeolitů jako součást hnojiv. Agromanuál **3**:96-98.
- Černý J, Kulhánek M, Sedlář O, Balík J, Javor T, Suran P. 2020. Vhodná dávka síry a termín aplikace při jarním hnojení ozimé pšenice. Kurent, s.r.o., České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vhodna-davka-siry-a-termin-aplikace-pri-jarnim-hnojeni-ozime-psenice> (accessed únor 2024).

- Dubey A, Mailapalli DR. 2019. Zeolite coated urea fertilizer using different binders: fabrication, material properties and nitrogen release studies. *Environmental technology & Innovation*. Available from <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:cr1&volume=49&issue=1to3&article=005> (accessed duben 2024).
- Ducsay L, Ryant P. 2005. Vliv různých forem dusíkatých hnojiv aplikovaných na konci odnožování na výnos a kvalitu zrna pšenice ozimé. *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně* **4**:43-50.
- eAgri. 2023. Portál farmáře Registr půdy – LPIS. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <https://eagri.cz/public/portal/mze/farmar> (accessed leden 2024).
- eAgri. 2024. Veřejný registr hnojiv – příbalový leták, etiketa: LOVOFERT LAD 27. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from file:///C:/Users/u%C5%BEivatel/Downloads/Etiketa_PL_R12223.pdf (accessed únor 2024).
- eAgri. 2024. Veřejný registr hnojiv – příbalový leták, etiketa: ZENFERT 24 N. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from file:///C:/Users/u%C5%BEivatel/Downloads/Etiketa_ZENFERT_24_N_uprava_MB.pdf (accessed únor 2024).
- eAgri. 2024. Veřejný registr hnojiv – příbalový leták, etiketa: ZENFERT NS 13-29. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from file:///C:/Users/u%C5%BEivatel/Downloads/Etiketa%20ZENFERT%20NS%2013-29%20%4%8CR_MB.pdf (accessed únor 2024).
- Elliot AD, Zhang D. 2005. Controlled release zeolite fertilisers: A value-added product produced from fly ash. Curtin University of Technology. Available from <https://p2infohouse.org/ref/45/44846.pdf> (accessed listopad 2023).
- EUROSTAT. 2023. Wheat and spelt by area, production and humidity. EUROSTAT. Available from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00047/default/table?lang=en&category=t_agr.t_apro.t_apro_cp (accessed prosinec 2023).
- Foereid B, Alvarenga E, Szocs J, Makadi M. 2019. Ammonium sorbed to zeolite is partly available to wheat in the first growth cycle. *Agronomy*. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/3/122> (accessed duben 2024).
- Foltýn J. 1970. Pšenice. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Frantová N, Porčová L, Rábek M. 2023. Sucho a jeho vliv nejen na pšenici. *Úroda* **3**:26-29.
- He ZL, Calvert DV, Alva AK, Li YC, Banks DJ. 2002. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization a calcareous sandy soil. *Plant and soil* **247**:253-260. Available from <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1021584300322> (accessed duben 2024).

- Hnilička F, Martinek P, Hniličková H. 2020. Zvyšování výnosu pšenice a hodnocení bilance energie s využitím spalné kalorimetrie. *Obilnářské listy* **2**:38-42.
- Holec J, Poláková J, Černý J, Čítek J, Čítková D, Dvořák P, Faměra O, Hamouz P, Hnilička F, Janošíková M, Kohout P, Kouřimská L, Kožnarová V, Matula S, Pazderů K, Penízek V, Ptáček M, Pulkrábek J, Rajmon R, Sabolová M, Soukup J, Tyšer L, Urban J, Vaněk A, Zádorová T, Zita L. 2019. *Zemědělství a potraviny*. Profi Press, Praha.
- Horčička P, Veškrna O, Bížová I, Chrpová J, Hanzalová A, Matyk J, Čapek J, Bláha T, Švehlová J, Andělová L, Sedláček T. 2015. Pěstební doporučení k odrudám ozimé pšenice. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Hřivna L. 2012. Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce. *Šlechtitelské listy podzim 2012*: 1-4.
- Hůla J, Procházková B, Badalíková B, Dovrtěl J, Dryšlová T, Hartman I, Hrubý J, Hrudová E, Javůrek M, Kasal P, Klem K, Kovaříček P, Kroulík M, Kumhála F, Mašek J, Neudert L, Růžek P, Smutný V, Váňová M, Winkler J. 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press, Praha.
- International zeolite association. 2023. Database of zeolite structures. IZA-SC. Available from <https://www.iza-structure.org/databases/> (accessed prosinec 2023).
- Jarosz R, Szerement J, Gondek K, Mierzwa-Hersztek M. 2022. The use of zeolites as an addition to fertilisers – A review. *Catena*. Available from <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106125> (accessed srpen 2023).
- Javor T, Beranová L, Václavík F. 2022. Vliv mimokořenové aplikace dusíku a síry u pšenice a ozimé řepky. *Úroda* **4**:19-24.
- Jirsa O, Tvarůžek L, Polišenská I. 2023. Kvalita odrud ozimé pšenice v polním pokusu v Kroměříži v roce 2022. *Obilnářské listy* **2**:34-41.
- KALI. 2023. Hnojení polních plodin hořčíkem a draslíkem. K+S CZ a.s., Praha. Available from <https://www.ks-cz.com/cs-data/documents/broschures/cz-vegetables-field-A4-1010.pdf> (accessed prosinec 2023).
- Karimi S, Majma E. 2015. Effects of zeolite application on yield components and yield of sunflower grow under water deficit stress. *Crop research* **49**:23-29. Available from <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:cr1&volume=49&issue=1to3&article=005> (accessed duben 2024).
- Kazda J. 2014. *Škůdci polních plodin*. Profi Press, Praha.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha.
- Kinsey N, Walters Ch. 2021. *Agronomie v praxi*. Naše pole, s.r.o.
- Klem K, Klemová Z. 2008. Vliv dávky, termínu a formy dusíkaté výživy ozimé pšenice na výskyt listových chorob a výnosový efekt fungicidní ochrany. *Obilnářské listy* **4**:121-126.
- Klír J, Wollnerová J, Dědina M, Beranová J. 2021. *Bilancování dusíku v zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Koprna R, Petrásek J, Šamalík J. 2018. Nové možnosti optimalizace počtu odnoží a výnosu u pšenice ozimé. *Agromanuál* **8**:67-69.

- Kovaříková D, Netolická V. 2011. Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava. Střední průmyslová škola potravinářská, Pardubice.
- Kühn František. 1984. Vývoj polních plodin a plevelů v ČSSR od neolitu po středověk. Sborník prací Filozofické fakulty Brněnské univerzity. **E 29**:179-184.
- Lea PJ, Mifflin BJ. 2011. Nitrogen assimilation and its relevance to crop improvement. Annual plant reviews. Wiley-Blackwell **42**:1-40.
- Lipavský J. 2000. Tvorba výnosu obilnin a možnosti modelování těchto procesů. AGRIS. Available from <http://agris.cz/clanek/106805> (accessed únor 2024).
- LOVOCHEMIE. 2024. Produktový leták – ZENFERT 24 N. Lovochemie a.s. Available from <https://www.mojehnojiva.cz/sites/default/files/prilohy/zenfert-a4-letak-erazeni-nefunkcniqr.pdf> (accessed únor 2024).
- LOVOCHEMIE. 2024. Produktový leták – ZENFERT NS 13-29. Lovochemie a.s. Available from <https://www.mojehnojiva.cz/sites/default/files/prilohy/zenfert-ns-13-29-a4-letak-cz-finalweb.pdf> (accessed únor 2024).
- Manjaiah KM, Mukhopadhyay R, Paul R, Datta SC, Kumararaja P, Sarkar B. 2019. Clay minerals and zeolites for environmentally sustainable agriculture. Pages 309-329 in Mercurio M, Sarka B, Langella A, editors. Modified clay and zeolite nanocomposite materials. Elsevier. Available from <file:///C:/Users/u%C5%BEivatel/Downloads/agronomy-11-01547-v2.pdf> (accessed leden 2024).
- Marschner P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Martinek P, Lecianová E, Dobrovolskaya OB. 2022. Šlechtění pšenice na výnos a mnohořadý klas. Obilnářské listy **2**:43-47.
- Mikanová O, Šimon T. 2013. Alternativní výživa rostlin dusíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Ming DW, Mumpton FA. 1989. Zeolites in soils. Minerals in soil environments. Available from <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c18> (accessed listopad 2023).
- MOJE HNOJIVA. 2024. LOVOFERT LAD 27. AGROFERT, a.s., Praha. Available from <https://www.mojehnojiva.cz/lovofert-lad-27> (accessed únor 2024).
- Mondal M, Biswas B, Garai S, Sarkar S, Banerjee H, Brahmachari K, Bandyopadhyay PK, Maitra S, Brestic M, Skalický M, Ondřík P, Hossain A. 2021. Zeolites enhance soil health, crop productivity and environmental safety. Agronomy. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/3/448#B43-agronomy-11-00448> (accessed leden 2024).
- Mumpton FA. 1999. Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **96**:3463-3470.

- Nakhli SAA, Delkash M, Bakhshayesh BE, Kazemian H. 2017. Application of zeolites for sustainable agriculture: a review on water and nutrient retention. *Water air soil pollution*. Available from <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3649-1> (accessed leden 2024).
- Němeček J, Rohošková M, Macků J, Vokoun J, Vavříček J, Novák P. 2008. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU, Praha.
- Nešvarová D. 2023. Strip-till – velký objev pro zemědělce. *Agroportal24h.cz*. Available from <https://www.agroportal24h.cz/clanky/strip-till-velky-objev-pro-zemedelce> (accessed únor 2024).
- Perez-Caballero R, Gil J, Benitez C, Gonzalez JL. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees, preliminary results. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **2(1)**:321-324.
- Pokorný E, Šarapatka B, Hejátková K. 2007. Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku. Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., Náměšť nad Oslavou.
- Polišenská I, Jirsa O. 2022. Vliv počasí na výnos a kvalitu pšenice. *Úroda* **5**:27-32.
- Prchalová R, Klement V. 2013. Lyzimetrická sledování – Výsledky lyzimetrických měření Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského za 25 let sledování. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.
- Prigge G, Gerhard M, Habermeyer. 2006. Houbové choroby obilnin znaky pro včasné rozlišení. BASF spol. s r.o., Praha.
- Prokinová E. 2014. Choroby polních plodin. Profi Press, Praha.
- Ramesh K, Reddy DD, 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture. *Advances in agronomy* **113**:219-241. Available from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4.00004-X> (accessed leden 2024).
- Reháková M, Čuvanová S, Gaval'ová Z, Rimár J. 2003. Využitie prírodného zeolitu typu klinoptilolitu v agrochémii a poľnohospodárstve. *Chemické listy* **97**:260-264.
- Sáňka M, Materna J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta* **11**:23-33.
- Sastiono A. 2004. Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian. *Jurnal zeolit Indonesia* **3**:36-41.
- Smatanová M. 2023. Hodnocení kvality půdy a její testování. ÚKZÚZ. Available from <https://eagri.cz/public/portal/-q223813---acU56XGH/hodnoceni-kvality-pudy-a-její-testovani> (accessed březen 2024).
- Smatanová M, Sušil A. 2018. Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2012-2017. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.
- Smutná P, Bradáčová M, Elzner P. 2021. Výsledky odrůdového pokusu s ozimou pšenicí v roce 2020. Pšenice odborná příloha časopisu *Úroda* **8**:21-23.

- Škarpa P, Ryant P, Antošovský J. 2016. Základní hnojení pšenice ozimé. Agromanual. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zakladni-hnojeni-psenice-ozime> (accessed únor 2024).
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A. 2015. Plant physiology and development. Sinauer associates incorporated. Available from <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20173165866> (accessed leden 2024).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2019. Jednotné pracovní postupy – testování odrůd 50192.1 – Stanovení objemové hmotnosti zvané hektolitrová váha. ÚKZÚZ. Available from https://eagri.cz/public/web/file/633064/50192.1Stanobjemhmotnostizvanehektolitrova_vaha.pdf (accessed březen 2024).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2024. Nově registrované odrůdy (2021). ÚKZÚZ. Available from <https://eagri.cz/public/portal/-q418375---IXekL6Hn/psenice-ozima-2> (accessed únor 2024).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Jednotné pracovní postupy – testování odrůd 50015.1 – Stanovení obsahu dusíkatých látek. ÚKZÚZ. Available from <https://eagri.cz/ssl/portal/-q420739---IIyt0odM/jpp-testovani-odrud-postup-50015?linka=a307867> (accessed březen 2024).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2023. Rostlinolékařský portál – pšenice setá. ÚKZÚZ. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c53bebf (accessed listopad 2023).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2023. Hodnocení vybraných parametrů půdní organické hmoty v zemědělských půdách ČR za období 2014 – 2022. ÚKZÚZ, Brno. Available from <https://eagri.cz/public/portal/-a35436---PcAziKQY/hodnoceni-vybranych-parametru-pudni-organicke-hmoty-v-zemedelskych-pudach-cr-2?linka=a545736> (accessed březen 2024).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2019. Jednotné pracovní postupy – testování odrůd 50191.1 – Stanovení obsahu mokrého lepku a hodnoty gluten indexu. ÚKZÚZ. Available from <https://eagri.cz/ssl/portal/-q420649---7il6sVhg/jpp-testovani-odrud-postup-50191?linka=a307469> (accessed březen 2024).
- Vaculová K, Jirsa O, Martinek P, Balounová M. 2010. Hodnocení kvality zrna vybraných vzorků netradiční pšenice a bezpluchého ječmene. *Obilnářské listy* **3**:71-76.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.
- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 2024. eKatalog BPEJ. VUMOP. Available from <https://bpej.vumop.cz/10100> (accessed únor 2024).
- Wiedenfeld B. 2003. Zeolite as a soil amendment for vegetable production in the lower Rio Grande valley. *Subtropical plant science* **55**:7-10. Available from

<https://www.subplantsci.org/wp-content/uploads/2016/02/SPSJ-55-7-10-Wiedenfeld.pdf>
(accessed duben 2024).

YARA Agri. 2024. Nedostatek dusíku vs. optimum-Pšenice. YARA Agri Czech Republic s.r.o., Praha. Available from <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/plodiny/psenice/deficience-psenice/nedostatek-dusiku-penice/> (accessed leden 2024).

Zehnálek J, Adam V, Kizek R. 2006. Asimilace dusičnanového, amonného a amidického dusíku u zemědělských plodin. *Chemické listy* **100**:508-514.

Zhang H, Chen Y, Liu SX, Jachimowicz AE, Li A. 2022. Big data research on agricultural soil contamination by zeolite application. *Journal of Elementology* **27(2)**:265-287.

Zimolka J, Edler S, Hřivna L, Jánský J, Kraus P, Mareček J, Novotný F, Richter R, Říha K, Tichý F. 2005. Pšenice pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, Praha.

9 Seznam tabulek a grafů

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Srovnání vývoje teplot z vlastního měření a dlouhodobého normálu (1991-2020) za Ústecký kraj (ČHMÚ 2024)

Tabulka č. 2 Srovnání úhrnu srážek z vlastního měření a dlouhodobého normálu (1991-2020) za Ústecký kraj (ČHMÚ 2024)

Tabulka č. 3 Výsledky AZZP (eAgri 2024)

Tabulka č. 4 Stanovená výměnná půdní reakce a výsledky rozboru půdy

Tabulka č. 5 Kritéria hodnocení fosforu, draslíku a hořčíku (eAgri 2024)

Tabulka č. 6 Kritéria hodnocení poměru K:Mg (eAgri 2024)

Tabulka č. 7 Hodnocení půd podle výměnné půdní reakce (MŽP 2024)

Tabulka č. 8 Varianty hnojení

Tabulka č. 9 Rozpis jednotlivých parcel s uvedeným hnojením

Tabulka č. 10 Rozbor rostlin

Tabulka č. 11 Přehled výsledků rozborů půd během vegetace

Tabulka č. 12 Přehled výsledků rozborů půd po sklizni

Tabulka č. 13 Rozbory půd po sklizni Radovesice (Agrofert)

Seznam grafů

Graf č. 1 Osevní plochy pšenice v ČR a EU (EUROSTAT 2023)

Graf č. 2 Vývoj sklizené produkce v ČR a EU (EUROSTAT 2023)

Graf č. 3 Odběr živin a nárůst sušiny během vegetace pšenice ozimé (Vaněk et al. 2016)

Graf č. 4 Výnos zrna – data kombajn

Graf č. 5 Průměrný obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn

Graf č. 6 Objemová hmotnost zrna – data kombajn

Graf č. 7 Obsah lepku v zrně pšenice – data kombajn

Graf č. 8 Sedimentační index – data kombajn

Graf č. 9 Počet klasů na m² – data vlastní

Graf č. 10 Váha zrn z jednoho klasu – data vlastní

Graf č. 11 Výnos zrna – data vlastní

Graf č. 12 Obsah dusíkatých látek – data vlastní

Graf č. 13 Objemová hmotnost zrna – data vlastní

Graf č. 14 Obsah lepku v zrně pšenice – data vlastní

Graf č. 15 Sedimentační index – data vlastní

Graf č. 16 Pádové číslo – data vlastní

10 Samostatné přílohy

Seznam tabulek

- Tabulka č. I Výnos jednotlivých opakování – data kombajn
- Tabulka č. II Mann Whitney U test pro parametr výnos zrna – data kombajn
- Tabulka č. III Obsah dusíkatých látek jednotlivých variant – data kombajn
- Tabulka č. IV Mann Whitney U test pro parametr obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn
- Tabulka č. V Objemová hmotnost jednotlivých variant – data kombajn
- Tabulka č. VI Mann Whitney U test pro parametr objemová hmotnost zrna – data kombajn
- Tabulka č. VII Obsah lepku v zrně jednotlivých variant – data kombajn
- Tabulka č. VIII Mann Whitney U test pro parametr obsah lepku v zrně – data kombajn
- Tabulka č. IX Sedimentační index jednotlivých variant – data kombajn
- Tabulka č. X Mann Whitney U test pro parametr sedimentační index – data kombajn
- Tabulka č. XI Počet klasů jednotlivých variant na m^2 – data vlastní
- Tabulka č. XII Mann Whitney U test pro parametr počet klasů na m^2 – data vlastní
- Tabulka č. XIII Hmotnost zrn jednoho klasu – data vlastní
- Tabulka č. XIV Mann Whitney U test pro parametr hmotnost zrn v klasu – data vlastní
- Tabulka č. XV Výnos zrna jednotlivých variant – data vlastní
- Tabulka č. XVI Mann Whitney U test pro parametr výnos zrna – data vlastní
- Tabulka č. XVII Kvalitativní parametry zrna – data vlastní

Seznam grafů

- Graf č. I Krabicový graf výnos zrna – data kombajn
- Graf č. II Krabicový graf obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn
- Graf č. III Krabicový graf objemová hmotnost zrna – data kombajn
- Graf č. IV Krabicový graf obsah lepku v zrně – data kombajn
- Graf č. V Krabicový graf sedimentační index – data kombajn
- Graf č. VI Krabicový graf počet klasů na m^2 – data vlastní
- Graf č. VII Krabicový graf hmotnost zrn jednoho klasu – data vlastní
- Graf č. VIII Krabicový graf výnos zrna – data vlastní

Seznam obrázků

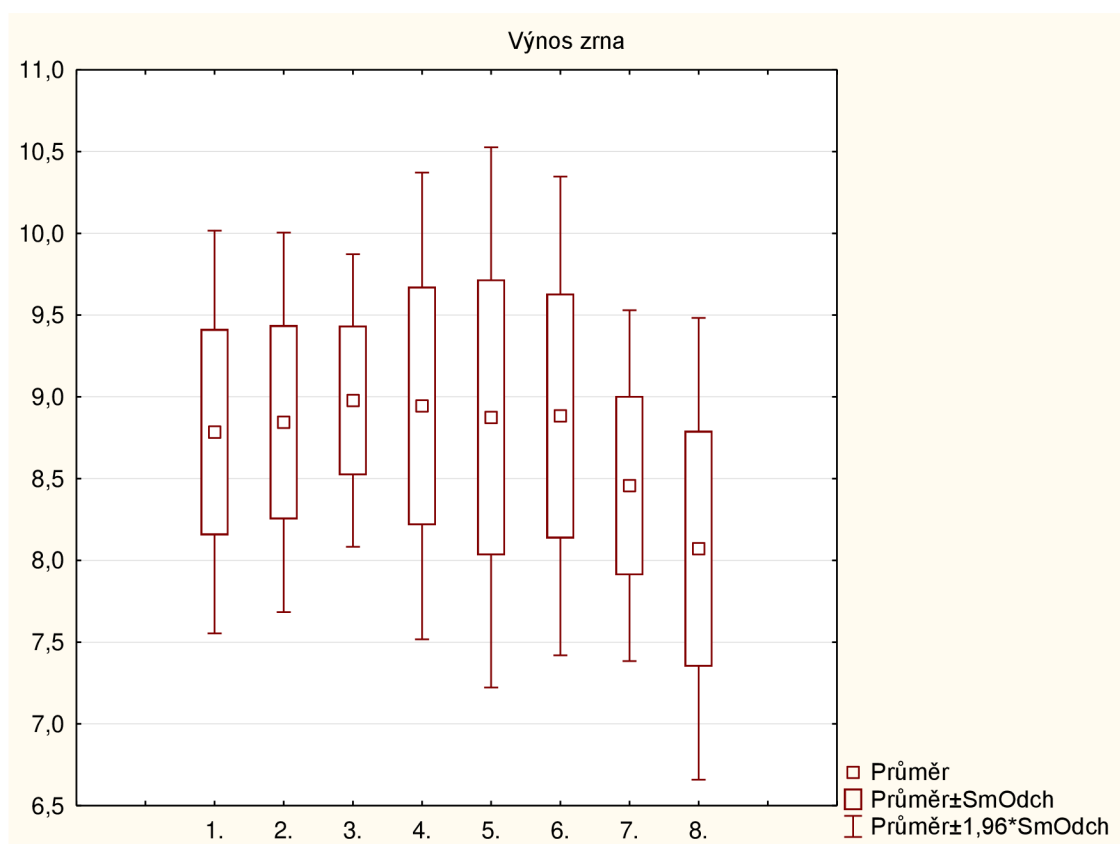
- Obrázek č. I Setí pokusných variant
- Obrázek č. II Vzcházející porost pšenice ozimé
- Obrázek č. III Kultivace uliček v pokusech
- Obrázek č. IV Roznesené hnojivo připravené k aplikaci
- Obrázek č. V Letecký snímek pokusů
- Obrázek č. VI Sklizeň pokusů
- Obrázek č. VII Třídění zrn po laboratorních rozborech

Tabulka č. I Výnos jednotlivých opakování – data kombajn

Var. číslo	výnos jednotlivých opakování (t/ha)								průměr (t/ha)
1.	8,78	9,32	9,15	9,25	9,14	8,93	8,21	7,50	8,79
2.	9,29	9,26	9,56	9,30	8,54	8,26	7,90	8,65	8,85
3.	9,57	8,91	9,34	9,34	9,11	8,17	8,62	8,77	8,98
4.	9,81	9,64	9,35	9,40	7,71	8,41	8,83	8,41	8,95
5.	9,34	9,94	9,50	8,45	8,78	9,51	7,92	7,56	8,875
6.	10,02	9,93	8,67	8,37	9,16	8,01	8,41	8,50	8,884
7.	7,47	7,91	8,89	9,20	8,45	8,43	8,71	8,60	8,46
8.	6,81	8,20	8,35	8,45	8,17	8,67	8,80	7,12	8,07

Tabulka č. II Mann Whitney U test pro parametr výnos zrna – data kombajn

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	9,035	8,955	9,01	9,09	9,06	8,585	8,525	8,275
A	8,785	8,845	8,97875	8,945	8,875	8,88375	8,4575	8,07125
norm	0,0562	0,4281	0,9234	0,6129	0,6393	0,1868	0,8306	0,09376
p	0,02813	0,06496	0,01556	0,04042	0,09265	0,09265	0,2476	X
Z hodnota	2,1955	1,8456	2,419	2,0494	1,6816	1,6816	1,1561	X



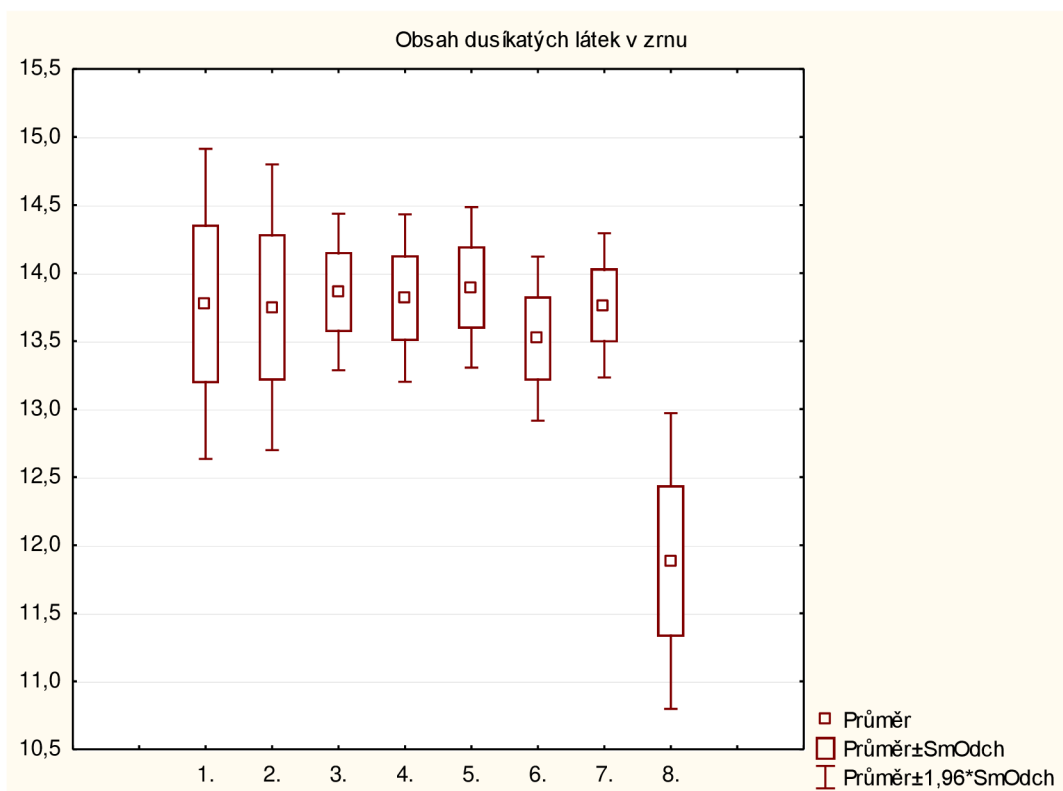
Graf č. I Krabicový graf výnos zrna – data kombajn

Tabulka č. III Obsah dusíkatých látek jednotlivých variant – data kombajn

Var. číslo	obsah dusíkatých látek u jednotlivých variant (%)								průměr (%)
1.	12,73	13,38	13,53	13,88	13,96	14,52	14,45	13,74	13,77
2.	12,84	13,24	13,48	13,68	13,97	14,31	14,31	14,16	13,75
3.	13,42	13,86	13,73	13,96	14,44	13,85	13,67	13,96	13,86
4.	13,35	13,92	14,07	13,74	14,38	13,77	13,74	13,56	13,82
5.	13,85	14,11	14,31	13,46	14,00	13,46	13,92	14,05	13,90
6.	13,39	12,95	13,78	13,42	13,57	13,36	13,91	13,77	13,52
7.	13,55	13,19	13,77	13,98	13,92	13,91	13,97	13,81	13,76
8.	11,78	11,50	11,46	12,36	11,98	12,25	12,72	11,02	11,88

Tabulka č. IV Mann Whitney U test pro parametr obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	13,81	13,825	13,855	13,755	13,96	13,495	13,86	11,88
A	13,77375	13,74875	13,86125	13,81625	13,895	13,51875	13,7625	11,88375
norm	0,869	0,517	0,5961	0,9611	0,3774	0,6748	0,04126	0,9986
p	0,000155	0,000931	0,000931	0,000931	0,000931	0,000155	0,000155	X
Z hodnota	3,7823	3,3106	3,3106	3,3106	3,3106	3,7826	3,7826	X



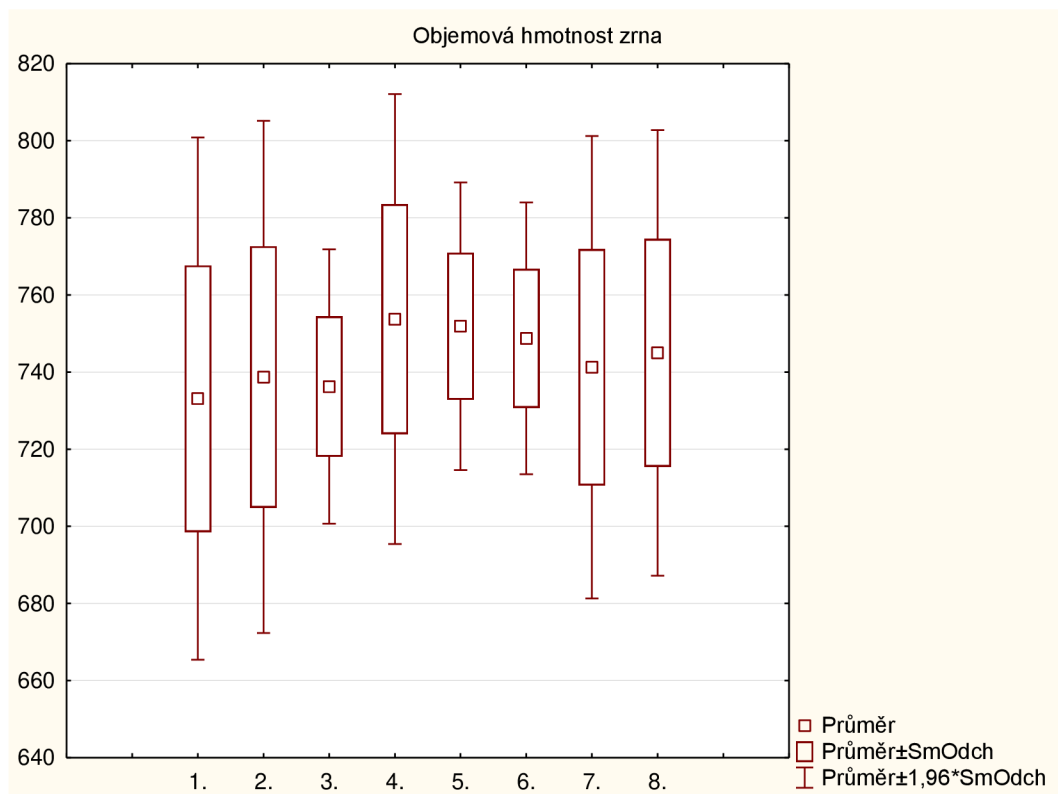
Graf č. II Krabicový graf obsah dusíkatých látek v zrně – data kombajn

Tabulka č. V Objemová hmotnost jednotlivých variant – data kombajn

Var. číslo	objemová hmotnost jednotlivých variant (g/l)								průměr (g/l)
1.	760	770	730	760	750	720	720	655	733
2.	780	740	735	755	685	725	790	700	739
3.	745	755	750	755	705	710	735	735	736
4.	775	745	750	780	745	750	795	690	754
5.	755	775	755	725	780	760	730	735	752
6.	750	760	780	735	760	755	725	725	749
7.	760	725	775	780	760	685	720	725	741
8.	695	775	760	780	730	740	770	710	745

Tabulka č. VI Mann Whitney U test pro parametr objemová hmotnost zrna – data kombajn

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	740	737,5	740	750	755	752,5	742,5	750
A	733,125	738,75	736,25	753,75	751,875	748,75	741,25	745
norm	0,1169	0,9599	0,1354	0,3104	0,5661	0,5523	0,4667	0,5054
p	0,4926	0,7926	0,4163	0,5624	0,8744	1	0,7918	X
Z hodnota	-0,6862	-0,2629	-0,7368	0,5793	0,1581	0	-0,2639	X



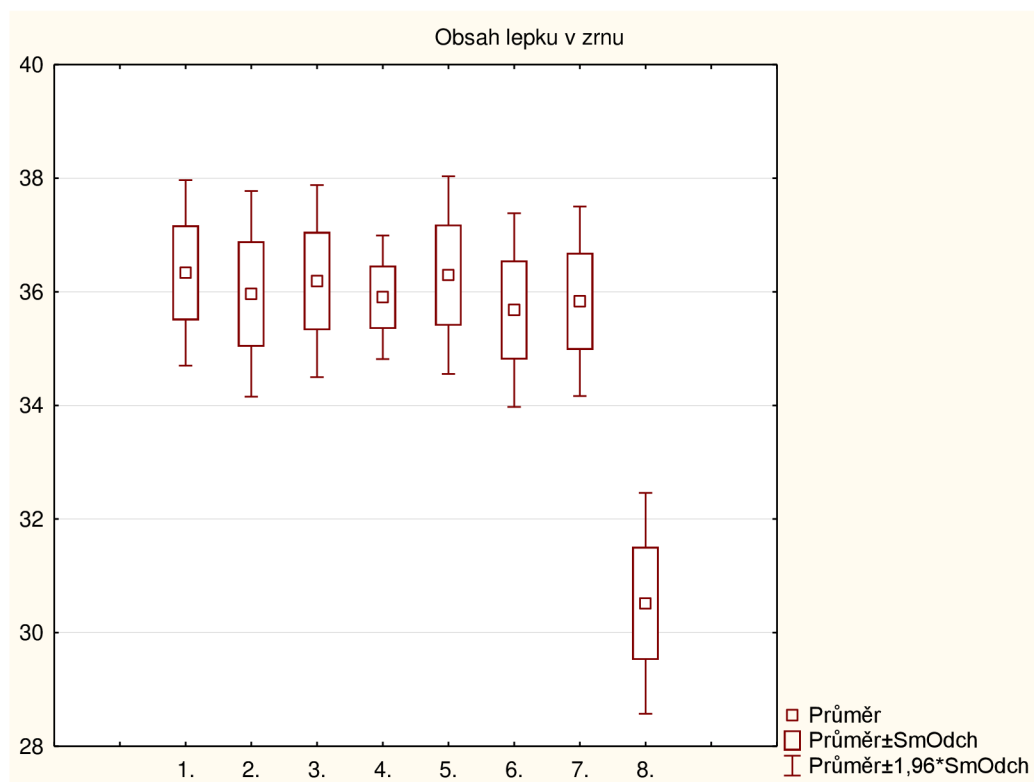
Graf č. III Krabicový graf objemová hmotnost zrna – data kombajn

Tabulka č. VII Obsah lepku v zrnú jednotlivých variant – data kombajn

Var. číslo	obsah lepku v zrnú u jednotlivých variant (%)								průměr (%)
1.	35,79	36,21	36,86	35,90	36,50	36,64	37,79	34,98	36,33
2.	35,47	35,74	35,44	35,60	35,60	35,88	38,22	35,75	35,96
3.	37,62	35,47	35,70	36,92	36,89	36,10	35,65	35,15	36,19
4.	36,39	35,90	36,21	36,37	36,24	35,75	35,65	34,72	35,90
5.	37,14	37,39	37,25	35,72	35,91	35,12	36,43	35,39	36,29
6.	36,95	33,86	35,62	35,94	36,17	35,76	35,66	35,47	35,68
7.	36,95	34,27	35,71	35,41	36,91	35,75	35,75	35,92	35,83
8.	31,73	29,98	30,97	30,91	31,38	29,63	30,79	28,74	30,52

Tabulka č. VIII Mann Whitney U test pro parametr obsah lepku v zrnú – data kombajn

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	36,355	35,67	35,9	36,055	36,17	35,71	35,75	30,85
A	36,33375	35,9625	36,1875	35,90375	36,29375	35,67875	35,83375	30,51625
norm	0,9984	0,000578	0,5017	0,07849	0,3701	0,1881	0,3013	0,5754
p	0,000155	0,000931	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000931	X
Z hodnota	3,7823	3,3106	3,7823	3,7823	3,7823	3,7823	3,3106	X



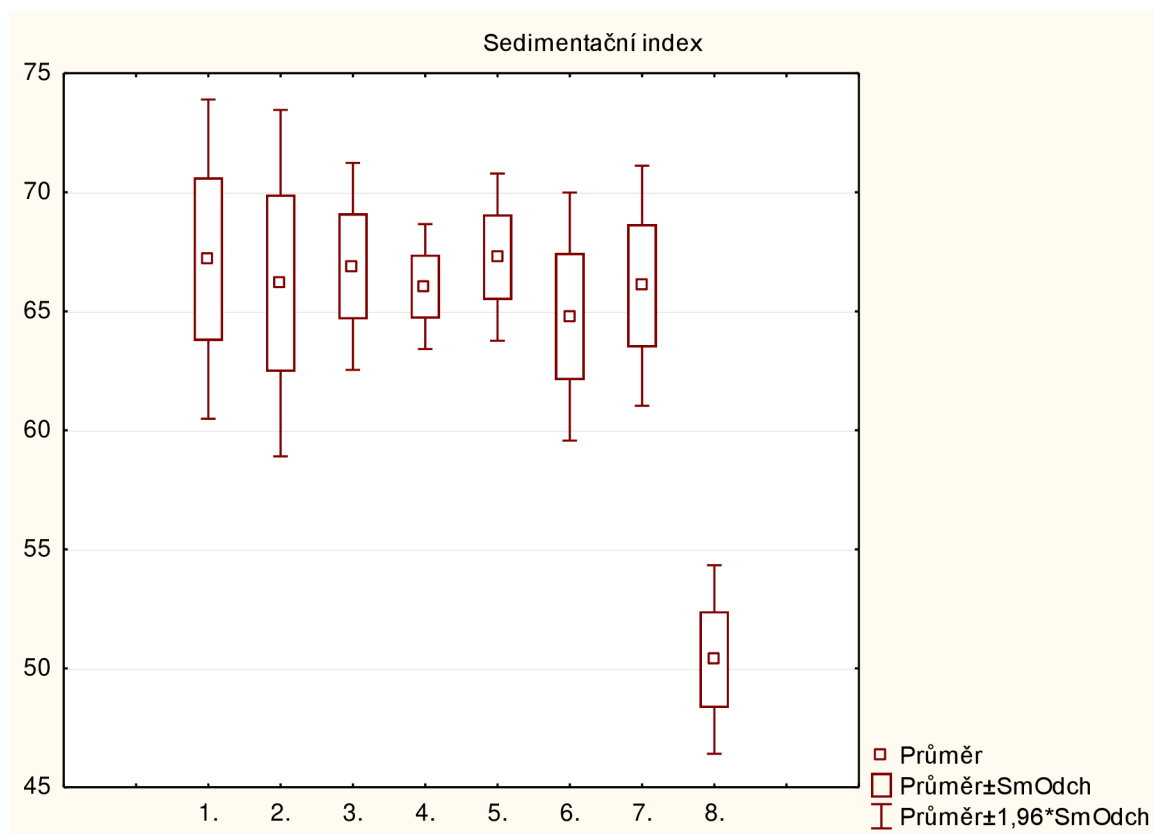
Graf č. IV Krabicový graf obsah lepku v zrnú – data kombajn

Tabulka č. IX Sedimentační index jednotlivých variant – data kombajn

Var. číslo	sedimentační index u jednotlivých variant (ml)								průměr (ml)
1.	62,83	65,68	66,89	65,87	67,83	70,58	73,45	64,41	67,19
2.	61,94	64,15	63,43	64,18	65,82	68,04	73,58	68,31	66,18
3.	68,42	63,90	64,77	68,02	70,68	67,55	65,38	66,37	66,89
4.	65,11	65,18	66,68	66,25	68,72	66,14	66,00	64,23	66,04
5.	67,67	69,05	69,70	65,39	66,30	64,44	68,05	67,63	67,28
6.	66,51	58,43	64,91	65,10	65,97	64,72	66,28	66,32	64,78
7.	66,84	60,90	64,73	65,14	69,40	67,92	66,22	67,42	66,07
8.	52,07	48,69	49,28	51,06	51,24	50,13	53,44	47,06	50,37

Tabulka č. X Mann Whitney U test pro parametr sedimentační index – data kombajn

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	66,38	65	66,96	66,07	67,65	65,535	66,53	50,595
A	67,19	66,18125	66,88625	66,03875	67,27875	64,78	66,07125	50,37125
norm	0,7688	0,3646	0,9754	0,5467	0,9139	0,00223	0,6397	1
p	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	X
Z hodnota	3,7823	3,7823	3,7823	3,7823	3,7823	3,7823	3,7823	X



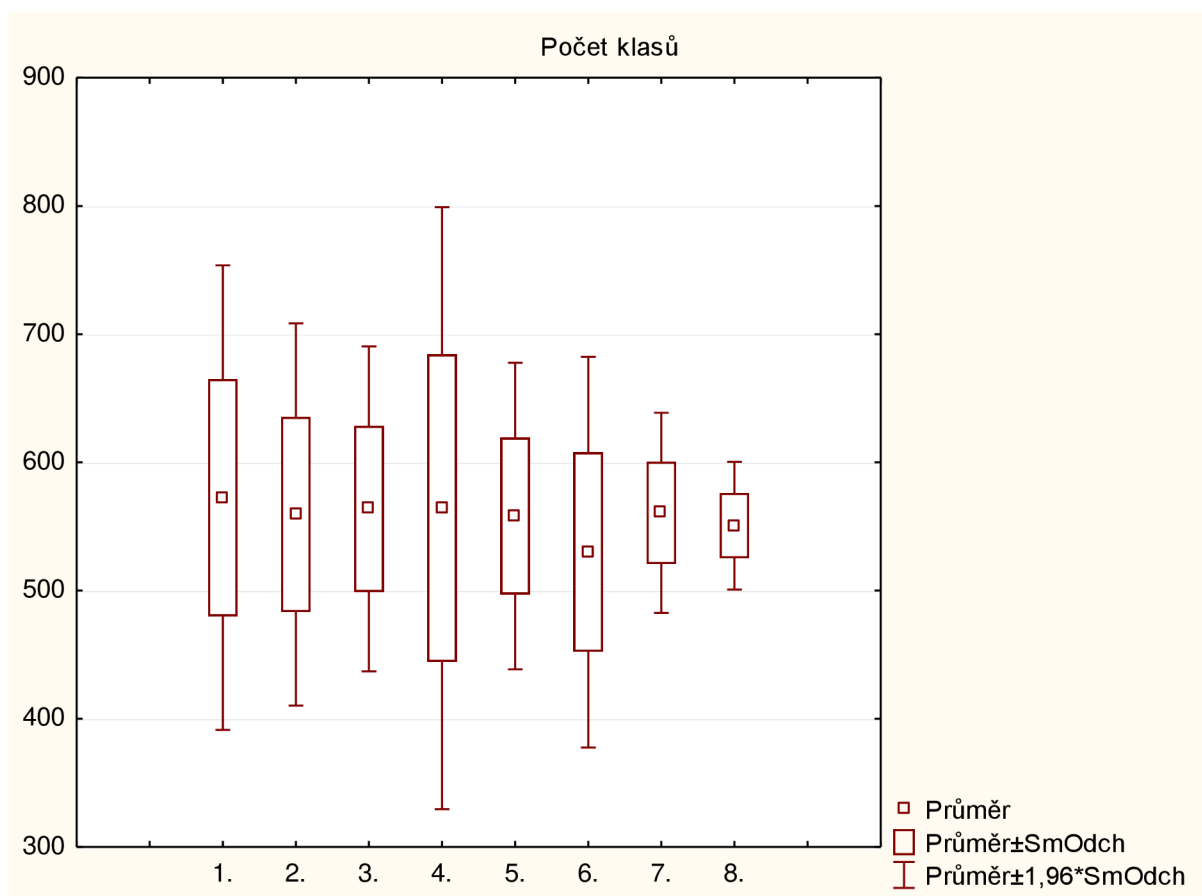
Graf č. V Krabicový graf sedimentační index – data kombajn

Tabulka č. XI Počet klasů jednotlivých variant na m² – data vlastní

Var. číslo	počet klasů jednotlivých variant na m ² (ks)								průměr (ks)
1.	410	555	580	735	595	620	510	575	573
2.	470	495	565	615	490	585	555	700	559
3.	510	455	565	650	525	595	580	630	564
4.	470	365	495	755	640	600	625	565	564
5.	645	520	510	480	510	580	625	595	558
6.	465	530	460	515	445	655	540	630	530
7.	605	520	560	580	535	625	545	515	561
8.	570	515	510	575	565	545	555	570	551

Tabulka č. XII Mann Whitney U test pro parametr počet klasů na m² – data vlastní

n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	577,5	560	572,5	582,5	550	522,5	552,5	560
A	572,5	559,4	563,8	564,4	558,1	530	560,6	550,6
norm	0,8209	0,6659	0,9852	0,9986	0,4338	0,2938	0,6648	0,08556
p	0,2466	0,958	0,4939	0,674	0,7921	0,2929	0,7126	x
Z hodnota	1,1586	-0,05263	0,6841	0,4207	0,2635	-1,0518	0,3684	x



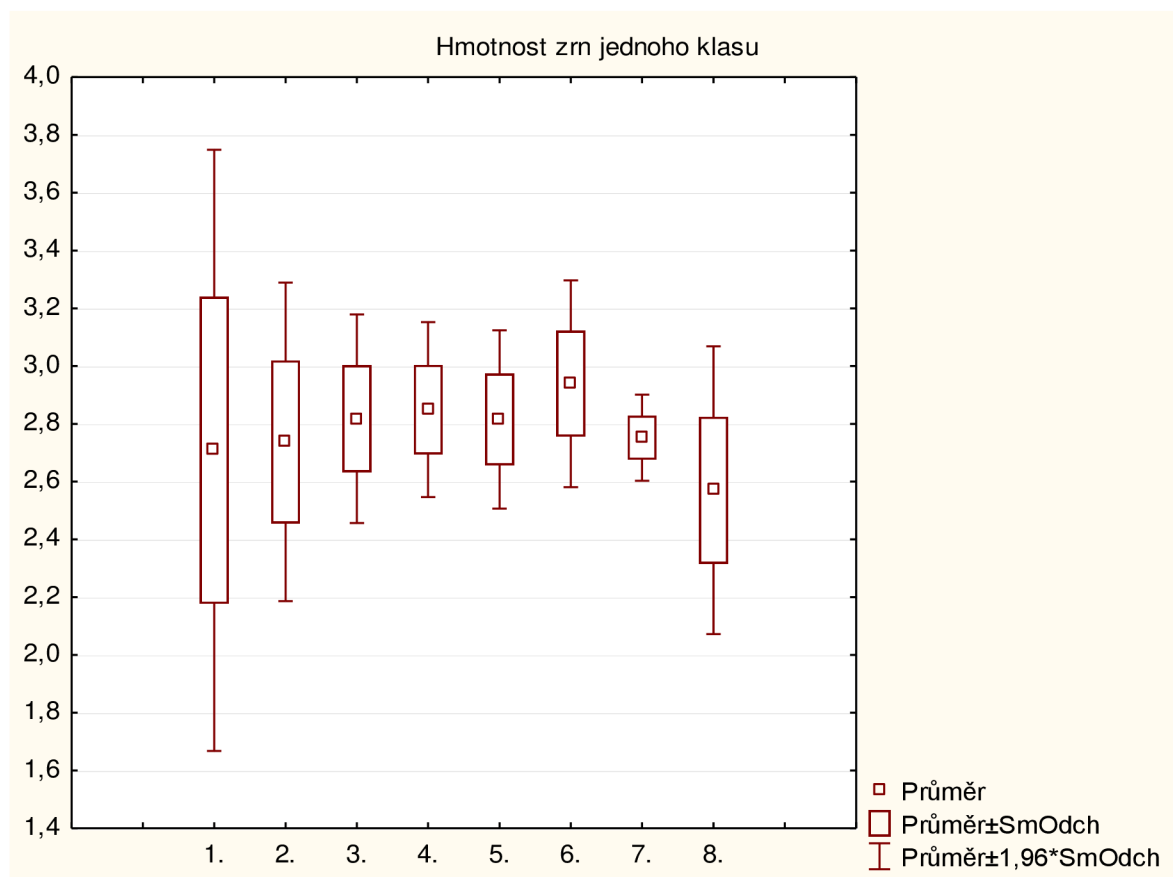
Graf č. VI Krabicový graf počet klasů na m² – data vlastní

Tabulka č. XIII Hmotnost zrn jednoho klasu – data vlastní

Var. číslo	hmotnost zrn jednoho klasu u jednotlivých variant (g)								průměr (g)
1.	1,955	2,259	2,788	2,410	3,708	3,002	2,857	2,686	2,708
2.	3,029	2,281	2,874	2,664	3,097	2,863	2,450	2,644	2,738
3.	2,517	2,947	2,756	2,840	2,945	3,090	2,818	2,629	2,818
4.	3,145	2,849	2,960	2,898	2,782	2,646	2,789	2,725	2,849
5.	2,526	2,845	2,865	2,986	2,850	2,730	2,709	3,010	2,815
6.	3,064	2,974	2,939	3,109	2,969	3,116	2,596	2,744	2,939
7.	2,779	2,773	2,716	2,695	2,856	2,855	2,671	2,670	2,752
8.	2,561	2,903	2,817	2,270	2,547	2,675	2,635	2,153	2,570

Tabulka č. XIV Mann Whitney U test pro parametr hmotnost zrn v klasu – data vlastní

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	2,737	2,7635	2,829	2,819	2,8475	2,9715	2,7445	2,598
A	2,708125	2,73775	2,81775	2,84925	2,815125	2,938875	2,75187	5,570125
norm	0,9317	0,8743	0,9889	0,8735	0,6896	0,183	0,2031	2,598
p	0,5737	0,2345	0,06496	0,02813	0,04988	0,004662	0,1049	X
Z hodnota	0,5626	1,1888	1,8456	2,1955	1,961	2,8295	1,6216	X



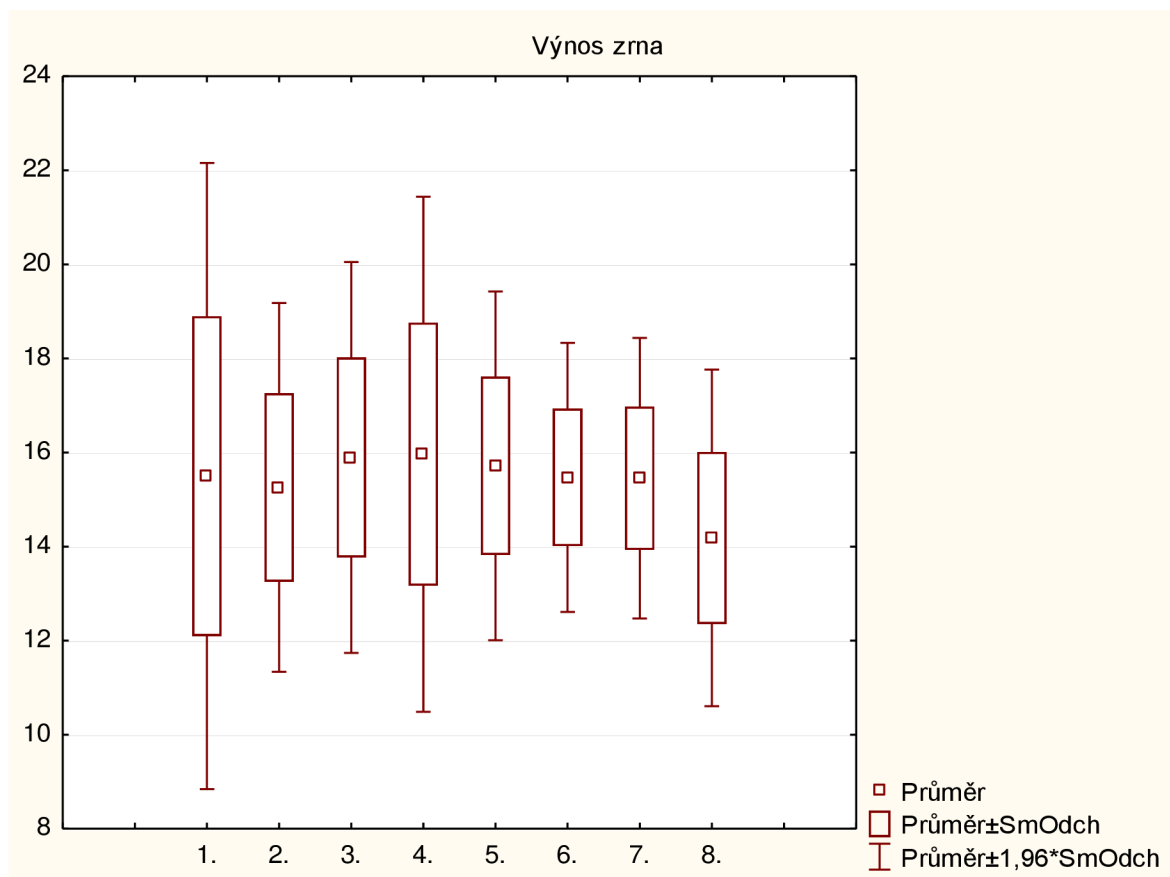
Graf č. VII Krabicový graf hmotnost zrn jednoho klasu – data vlastní

Tabulka č. XV Výnos zrna jednotlivých variant – data vlastní

Var. číslo	výnos zrna jednotlivých variant (t/ha)								průměr (t/ha)
1.	8,02	14,01	16,59	17,71	18,91	17,41	16,43	14,91	15,50
2.	14,99	10,72	15,95	15,05	15,18	16,75	17,15	16,26	15,26
3.	12,84	15,47	12,54	17,89	17,52	17,46	16,34	17,09	15,89
4.	15,57	16,10	13,91	10,58	17,81	19,98	16,73	17,03	15,96
5.	12,13	14,79	17,05	15,23	14,54	17,06	17,47	17,46	15,72
6.	14,25	15,76	15,14	16,79	13,66	13,87	17,00	17,29	15,47
7.	15,56	16,08	14,53	14,69	17,28	17,84	13,89	13,75	15,45
8.	13,19	16,69	16,06	12,83	14,52	14,58	14,62	10,98	14,18

Tabulka č. XVI Mann Whitney U test pro parametr výnos zrna – data vlastní

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
n	8	8	8	8	8	8	8	8
med	16,51	15,565	16,715	16,415	16,14	15,45	15,125	14,55
A	15,49875	15,25625	15,89375	15,96375	15,71625	15,47	15,4525	14,48375
norm	0,07408	0,02898	0,06643	0,8181	0,1449	0,3169	0,4934	0,8802
p	0,1304	0,1304	0,1049	0,1049	0,08295	0,1949	0,1949	X
Z hodnota	1,5126	1,5126	1,6216	1,6216	1,7336	1,2963	1,2963	X



Graf č. VIII Krabicový graf výnos zrna – data vlastní

Tabulka č. XVII Kvalitativní parametry zrna – data vlastní

Var. číslo	obsah N-látek (%)	objemová hmotnost (g/l)	obsah lepku (%)	sedimentační index (ml)	pádové číslo (s)
1.	13,9	777	31,2	52	362
2.	14,4	815	32,4	59	348
3.	14,5	815	32,6	58	346
4.	14,4	805	32,4	58	362
5.	14,2	807	31,9	56	378
6.	14,0	815	31,5	57	320
7.	14,3	810	32,2	61	319
8.	11,7	795	25,7	43	362



Obrázek č. I Setí pokusných variant



Obrázek č. II Vzcházející porost pšenice ozimé



Obrázek č. III Kultivace uliček v pokusech



Obrázek č. IV Roznesené hnojivo připravené k aplikaci



Obrázek V letecký snímek pokusů



Obrázek č. VI Sklizeň pokusů



Obrázek č. VII Třídění zrn po laboratorních rozbořech