

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra rostlinné výroby



**Vliv aplikace močoviny s inhibítorem ureázy na výnos a kvalitu
ozimé pšenice**

Bakalářská práce

Autor práce: Nikola Hruběšová
Obor studia: Rostlinná produkce
Vedoucí práce: Ing. Pavel Cihlář, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci “Vliv aplikace močoviny s inhibitorem ureázy na výnos a kvalitu ozimé pšenice“. jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů. Všechny zdroje jsou uvedeny v citovaných odstavcích a v přehledu literatury na konci práce. Jako autorka této bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. 04. 2018 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Cihlářovi Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při zpracování bakalářské práce.

Vliv aplikace močoviny s inhibítorem ureázy na výnos a kvalitu ozimé pšenice

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá vlivem močoviny s inhibítorem ureázy na výnos a kvalitu ozimé pšenice. K vypracování bakalářské práce byla vybrána odrůda Tobak. Porost byl založen 18.10.2016. Varianty pokusu byly zaměřeny na aplikaci močoviny, které obsahovaly inhibitory.

Během vegetace byli také aplikovány herbicidy dle požadavků na pšenici ozimou. K pokusu byli zvoleny přípravky s obsahem inhibitoru Urea stabil a FertiStar. Také se aplikovala močovina bez inhibitoru, hnojivo LAD v regenerační dávce. Pokus probíhal na stanici v Červeném Újezdu, která leží ve Středočeském kraji. Její nadmořská výška je 401 m.n.m. a průměrná denní teplota vzduchu činí 6,9 °C. Roční úhrn srážek je 549 mm. Délka vegetačního období v této lokalitě bývá okolo 150–160 dní. Lokalita spadá do řepařské výrobní oblasti.

Tabulka 1: Výsledky variant v pokusu

Varianta	Regenerační hnojení	Produkční hnojení	Výnosy	N-látky %	Obsah škrobu %	Počet zrn v klasu (ks)
1	Močovina 180 kg N		7,06	13,55	64,03	45,50
2	Urea stabil 180 kg N		7,54	14,78	64,28	45,75
3	FertiStar 180 kg N		7,60	15,05	64,53	47,50
4	LAD 55 kg N	FertiStar 125 kg N	7,67	15,30	64,80	50,00
5	Močovina 90 kg N	Močovina 90 kg N	7,66	15,58	66,18	52,25

Výnosy zrna byli v roce 2017 nejnižší za posledních 14 let. Způsobené to bylo převážně pozdním setím v návaznosti na studený a mokrá podzim. Pšenice vzházely na počátku listopadu a do zimy vstupovaly s maximálně jednou slabou odnoží. Rok 2016/17 se vyznačoval poměrně tvrdou a časnou zimou.

U variant hnojených Močovinou 180 kg N, Urea stabil 180 kg N, FertiStar 180 kg N a LAD 55 kg N, byli výnosy poměrně stabilní a neměli velké odchylky mezi sebou. Kolísaly od 7,4 – 7,7 t/ha. Zlepšení v obsahu látek (škrob, N-látek) bylo zjištěno po dávce Urea stabil 180 kg N/ha, oproti variantě č. 1, kde byla aplikace pouze Močoviny ve stejné dávce.

Klíčová slova: pšenice, inhibitor, dusík, vývoj, růst, výnos, močovina

Influence of Urea Application with Urease Inhibitor on yield and quality of winter wheat

Summary

The bachelor thesis deals with the influence of urea with inhibitor of urease on the yield and quality of winter wheat. To the elaboration of the bachelor thesis was chosen variety of Processing. The crop was established 18.10.2016. Variants of the trial were focused on the application of urea, which contained inhibitors. During the vegetation were also applied herbicides according to the requirements of wheat winter. To attempt were chosen products containing the inhibitor Urea Stabil and FertiStar. Also applied urea without inhibitor, the fertilizer LAD in the restorative dose. The attempt took place on station in the Red Area, which lies in the Central region. Its elevation is 401 m. n. m. and the average daily air temperature of 6.9 °C. Annual rainfall is 549 mm. The length of the growing season in this location is usually around 150-160 days. Location falls within the power area.

Table 2: Results fertilized in experiment

Variant	Regenerative fertilization	Production fertilizers	Revenues	N-substance %	Starch content %	Number of grains in cob (pcs)
1	Urea180 kg N		7,06	13,55	64,03	45,50
2	Urea Stabil 180 kg N		7,54	14,78	64,28	45,75
3	FertiStar 180 kg N		7,60	15,05	64,52	47,50
4	LAD 55 kg N	FertiStar 125 kg N	7,66	15,30	64,80	50,00
5	Urea 90 kg N	Urea90 kg N	7,66	15,58	66,18	52,25

Yields of grain were in the year 2017, the lowest for the past 14 years. Caused by that was mostly late sowing following the cold and wet autumn. Wheat vzcházely at the beginning of November and in the winter joined with a maximum of one weak branch. Year 2016/17 was marked by relatively hard and early winter. In variants fertilized Urea 180 kg N, Urea Stabil

180 kg N, FertiStar 180 kg N and LAD 55 kg N, be the returns fairly stable and did not have large deviations between them. Fluctuated from 7,4 – 7,7 t/ha.

In variants fertilized with Urea 180 kg N, Urea stabil 180 kg N, FertiStar 180 kg N and LAD 55 kg N, be the returns fairly stable and did not have large deviations between them. Fluctuated from 7,4 – 7,7 t/ha. The improvement in the content of the substances (starch, N-substances) it was found after a dose of Urea stabil 180 kg N/ha, compared to variant 1, where the app was only Urea at the same dose.

Keywords: wheat, inhibitor, nitrogen, development, growth, yield, urea

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	12
3. Literární přehled	13
3.1 Pšenice ozimá	13
3.1.1 Charakteristika	13
3.1.2 Klimatické podmínky	14
3.1.3 Založení porostu	15
3.1.4 Zpracování půdy	16
3.1.5 Zařazení do osevního postupu	16
3.2 Hnojení a výživa dusíkem	17
3.2.1 Význam dusíku	17
3.2.2 Přeměny dusíku v půdě.....	18
3.2.3 Hnojení dusíkem	19
3.2.4 Ztráty dusíku	20
3.3 Močovina.....	22
3.3.1 Močovina	22
3.3.2 Působení močoviny v půdě	22
3.3.3 Hnojení močovinou.....	22
3.4 Inhibitory	23
3.4.1 Inhibitor nitrifikace	23
3.4.2 Inhibitor ureázy	23
3.4.3 Doporučení pro rostlinnou výrobu.....	25
3.5 Vliv síry na pšenici ozimou.....	26
3.5.1 Význam síry	26
3.5.2 Nedostatek síry	26
4. Hypotéza	27
5. Materiál a metody	27
5.1.1 Popis lokality	27
5.1.2 Průběh vegetačního období.....	27
5.1.3 Agrotechnika a hnojení	29
5.2.1 Zadání pokusu.....	30
5.2.2 Varianty pokusu	31
5.2.3 Popis pokusného materiálu	32
5.2.4 Metodika pokusu.....	37
6. Výsledky	38
6.1 Statisticky zpracované výsledky	38

6.1.1 Výnosy	38
6.1.2 HVL – objemová hmotnost.....	39
6.1.3 HTZ.....	40
6.1.4 Obsah dusíkatých látek	41
6.1.6 Počet zrn v klasu	43
7. Diskuze	44
9. Závěr	45
10. Doporučení pro praxi	47
11. Seznam literatury	48
12. Přílohy.....	55

1. Úvod

Pšenice ozimá je jednou z nejstarších kulturních plodin. Pěstování této plodiny souvisí s počátkem zemědělské výroby. Nejrozšířenější plodinu ve světě i u nás je pšenice obecná. Tento druh pšenice se dle botanického hlediska člení na čtyři variety podle barvy (bílá a červená) a osinatosti klasu (osinatý a bezosinatý). Většina našich odrůd má varietu s bílým klasem bezosinatým. U nás se pěstují formy ozimé a jarní pšenice. V České republice ozimá forma zaujímá okolo 26 % orné půdy a je druhou nejrozšířenější obilovinou. Ozimá pšenice společně s ozimou řepkou jsou zásadními plodinami po ekonomické stránce podniku. Každá forma má své specifické požadavky na pěstování a klimatické podmínky.

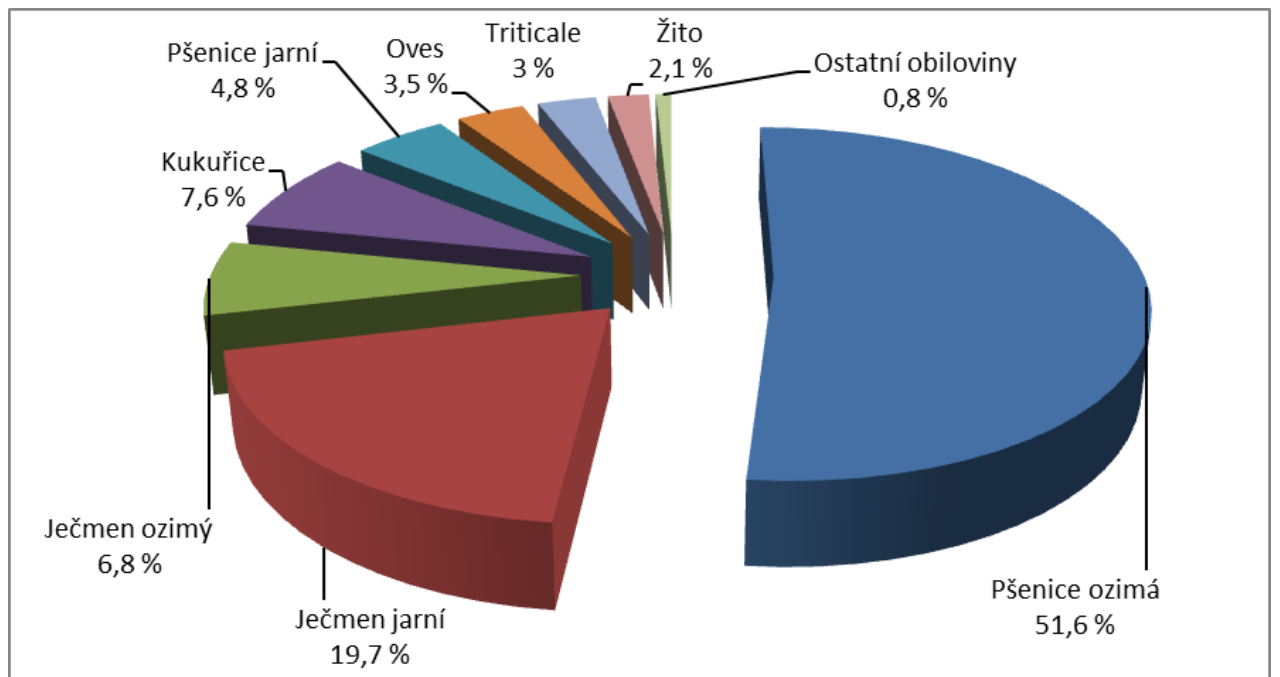
Význam pšenice spočívá v jejím využití zrna k potravinářským účelům. Zrno se využívá k výrobě chleba, pečiva, těstovin, krup a v cukrářství. Další zpracování je také pro hospodářské účely, jako krmivo v podobě šrotu, mouky, mačkané zrno či otruby. Pšenici zpracováváme jak na zrno, tak i celou rostlinu. Pšeničná sláma jako stelivo a krmivo pro hospodářská zvířata. Dnes narůstá význam slámy na výrobu paliva v kotelnách na biomasu. Průmyslová surovina pro výrobu lihu, piva a také škrobu.

Hlavní doménou pšenice je zdroj energie, a to díky vysokému obsahu škrobu (50–70 %), který je lehce stravitelný. Obsah bílkovin v zrně je 8–13 %. Zásobní bílkoviny můžeme ovlivnit agrotechnickými zásahy. Zásobní bílkoviny gliadin a glutelin s vodou vytvářejí lepek ten pozitivně ovlivňuje pekárenské vlastnosti, ale u zvířat může způsobovat trávicí obtíže. Obsahy tuku v zrně jsou nízké (1,5–3%), nachází se tu velké množství nenasycených mastných kyselin, kyseliny linolové a olejové. Z vitamínů jsou tu zastoupeny především B, E. Z minerálních látek je tu zastoupen nejvíce fosfor. Pšenici ozimou velmi ovlivňuje hnojení dusíkem. Zde nastává jeden ze zásadních problémů v tomto hnojení, těmi jsou ztráty dusíku z půdy. Jedná se o ztráty v podobě nitrátových forem. Abychom je potlačili, jsou v posledních letech vyráběny speciální inhibitory, jenž mají zabránit úniku dusíku.

Graf 1: Průměrné výnosy plodin pšenice, ječmen, řepka aktuálně k 15.8.2017 (uvedlo ČSÚ)



Graf 2: Průměrné výnosy plodin pšenice, ječmen, řepka aktuálně k 15.8.2017 (uvedlo ČSÚ)



2. Cíl práce

Cílem zvolené bakalářské práce bylo posouzení vlivu inhibitoru močoviny ureázy na výnos a kvalitu pšenice ozimé. Vyhodnotit výsledky daného pokusu a zjistit míru vlivu inhibitoru na pšenici ozimou. Dále jsme posoudili, vliv vegetačního roku a průběh počasí, který ovlivní působení inhibitoru.

3. Literární přehled

3.1 Pšenice ozimá

3.1.1 Charakteristika

Systematické zařazení

- Pšenice ozimá (*Triticum aestivum* L.) řazena do čeledi lipnicovité (*Poaceae*).
- Řád: (*Poales*)
- Podčeleď: (*Pooideae*)
- Rod: Pšenice – (*Triticum*)
- Vývojová větev: vyšší rostliny-(*Cormophytae*)
- Oddělení: (*Magnoliophyta*)
- Třída: jednoděložné-(*Liliopsida*)

(Novák J., 2012).

Pšenice ozimá je jednou z nejdůležitějších plodin a pěstuje se na 200 milionů hektarů zemědělské půdy po celém světě (Ortiz et al., 2008). Také patří k nejnáročnějším obilninám na půdní podmínky a živiny. Zrno má využití pro potravinářské a krmivářské zpracování, přičemž pro potravinářské účely se využívá 28–32 % z celkové produkce pšenice v ČR, ke krmným účelům 55–58 % a na osivo asi 6 % (Palík a kol., 2009).

Na 100 kg zrna a odpovídajícímu množství slámy odebírá v průměru 3 – 3,5 kg dusíku, 0,44 kg fosforu a 1,7 kg draslíku. Na chudších půdách je vyšší příjem živin z průmyslových hnojiv k plodině. Oproti půdám úrodnějším využívají rostlina menší část živin z hnojiva a větší část přejde do půdní zásoby (část dusíku se vyplavuje) (Faměra, 1993).

Klas pšenice je složený z vícekvětných klásků, které jsou umístěny na jednotlivých člancích klasového větene. Plodem je obilka, která má tři části: obaly, endosperm (jádro) a embryo (zárodek). Obilka pšenice ozimé je tvořena oplodím a osemením. Pod osemením je vrstva aleuronových buněk, které přiléhají k endospermu. Škrobová zrna jsou vrstevnatá, čočkovitého tvaru s různou velikostí (Zimolka a kol., 2005).

Vzhledem k využívání pšenice v odvětví pekárenském a potravinářském se dále dělí na:

- ✚ *Pšenici zlepšující, neboli silnou (ke zlepšování pekařské kvality jiných odrůd), jsou přimíchávány z 10 – 20 % k mouce zlepšované odrůdy – elita E*
- ✚ *pšenici s vyšší pekařskou hodnotou (vhodné pro pečení chleba) – třída A*
- ✚ *pšenici s běžnou pekařskou hodnotou (standardně považované odrůdy k pečení chleba)*
- ✚ *pšenici pečivářenské pro výrobu oplatků, sušenek a krekrů (biskvitové)*
- ✚ *pšenici pro ostatní použití (krmné, technické využití, škob a líh) – třída C (Chloupek a Hrstková, 2005).*

3.1.2 Klimatické podmínky

Dopady změny klimatu jsou nejvíce patrné v produktivitě zemědělských plodin, protože tento parametr představuje součást největšího zájmu producentů i spotřebitelů (Hatfield and Prueger, 2015). Pšenici ozimou řadíme mezi velmi přizpůsobivé plodiny, avšak bychom ji neměli zařazovat do extrémních stanovišť. Ve vhodných podmínkách může její výnos dosáhnout až okolo 9 t/ha (Faměra, 1993). Především se pěstuje v mírném klimatickém pásmu, jelikož upřednostňuje teplé a vlhčí podnebí (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2006).

Budoucí klimatické scénáře naznačují, že globální oteplování může být v některých oblastech prospěšné pro pšeničné plodiny, ale může snížit produktivitu v oblastech, kde již existují optimální teploty (Ortiz et al., 2008). Průměrné globální teploty se v posledních desetiletích zvýšily a předpokládá se, že budou pokračovat v růstu spolu s větší frekvencí extrémně horkých dnů. Takové události již byly hlášeny u velkých pěstitelských oblastí na světě (Asseng et al., 2011). Variabilita počasí je velmi důležitým faktorem při výrobě obilí. Nejvyšší výtěžky se dosahují, když je počasí téměř normální nebo mírně chladnější (Thompson, 1975). Přizpůsobení zemědělství ke změně klimatu je důležité pro posouzení dopadů a zranitelnosti a pro rozvoj politiky v oblasti změny klimatu (Smit and Skinner, 2002).

Tepelný šok a mráz způsobují řadu fyziologických dopadů na pšenici. Během podzimního a brzkého jarního období je množství vytvořené biomasy malé, proto je také nízký odběr živin. Lze konstatovat, že v důsledku povětrnostních podmínek může kolísat obsah živin v biomase, za sucha je většinou vyšší a za vlhka nižší (Vaněk a kol., 2016). Barlow et al. (2015), uvedli, že mráz způsobil sterilitu a potrat zformovaných zrn, zatímco nadměrné teplo způsobilo snížení počtu zrna a zkrácení doby plnění zrna. Analýzou, kterou provedli Meehl et al. (2007), bylo zjištěno, že denní minimální teploty se budou zvyšovat rychleji než denní

maximální teploty, tyto teploty vedou ke zvýšení denních průměrných teplot a větší pravděpodobnost extrémních událostí a tyto změny by mohly mít škodlivé účinky na výnos zrna.

Odolnost rostlinných druhů k suchu je často spjata s odlišným způsobem utváření kořenového systému, jeho kvantitativními i kvalitativními znaky. Mnozí biologové, fyziologové a šlechtitelé zabývající se výzkumem kořenové soustavy rostlin ji považují dokonce za klíč k druhé „zelené revoluci“ (např. J. Lynch v časopise *Nature*, 2010) (Středa a Heřmanská, 2015).

3.1.3 Založení porostu

Systém agrotechnických opatření sdružuje řadu postupů a zásahů, které by ve svém komplexu měly vytvářet co nejlepší podmínky pro růst a vývoj rostlin a formování produktivního porostu odrůdy. Patří sem způsoby zakládání porostu, výživa, ochrana proti škodlivým faktorům (choroby a škůdci, poléhání) až po sklizeň (Horčíčka a kol., 2012).

Kvalita zasetí porostu představuje základ úspěšnosti dalšího vedení porostu po celou vegetaci (Slavoj a kol., 2009). Vhodné je u hustě setých obilnin dělat užší řádky (125 mm). Hloubka setí se u pšenice ozimé pohybuje okolo 40 mm. Důležité je dodržení rovnoměrné setí. Doporučené výsevky jsou v rozmezí 400–500 zrn na m² dle odrůdy (Faměra, 1993).

Termín setí je v rozmezí 2–3 týdny před konečnou lhůtu setí. Také u nás se zavádějí pěstitelské systémy s raným setím před polovinou září (Faměra, 1993). Celosvětová produkce obilí se za posledních 50 let dramaticky zvýšila, a to především v důsledku intenzivnějšího hospodaření s půdou a zavádění nových technologií. V budoucnu se očekává silné zvýšení poptávky po zrnech, což může být dosaženo intenzivnější zemědělskou činností nežli zvětšením pěstební plochy (Neumann et al., 2010).

Další nezbytným opatřením z hlediska agrotechniky je hubení výdrolu obilovin (ať už chemicky nebo mechanicky), především z důvodu přenosu virových infekcí (Slavoj a kol., 2009). Zdravé osivo neobsahuje žádné patogeny přenosné osivem ve formě příměsí (např. sklerocia nebo jejich části námele, *Sclerotinia sclerotiorum*) ani původce chorob semen – často se jedná o druhy rodu *Penicillium*, případně *Aspergillus*, některé druhy rodu *Fusarium* (Bouma, 2017).

3.1.4 Zpracování půdy

Postupy zpracování půdy lze obecně rozdělit podle intenzity, hloubky a způsobu kypření. V současné době máme dvě základní technologie zpracování, buď s orbou (konvenční, tradiční zpracování) nebo bez orby (tzv. minimalizační či konzervační) (Novák a Mašek, 2017).

Do konvenčního zpracování půdy, běžně zahrnujeme spojování pracovních operací, například spojení orby s drcením hrud a povrchovým utužením půdy, spojení operací předset'ové přípravy půdy či spojení předset'ové přípravy půdy se setím (Hůla a kol., 1997).

U zpracování kypřičem je třeba si uvědomit, že hloubkové kypření je energeticky velmi náročný proces a je nutné jej provádět za optimálních vlhkostních podmínek. Dnes je uváděno, že minimalizační technologie snížili ztrátu půdy erozí o polovinu až dvě třetiny. Je stále více rozšířené omezit přejezdy po pozemku. Stroje v jsou již osazovány čím dál častěji nástroji pro různé vrstvy půdy (Novák a Mašek, 2017). Dále se minimalizace vysoce pozitivně promítají i do ekologie, a to především díky vysoké míře eliminace vodní i větrné eroze půdy, úspore energie a uplatnění šetrnějších herbicidů (Hůla a Procházková, 2008).

3.1.5 Zařazení do osevního postupu

Osevní postup s účelným střídáním plodin je jedním z hlavních agrotechnických opatření. Osevním postupem rozumíme střídání plodin v prostoru (na pozemcích) a v čase (v jednotlivých letech) podle nároků pěstovaných plodin a záměrů produkce. Osevní postup znamená konkrétní realizaci strukturální skladby plodin v zemědělském podniku, vytváří základ rostlinné výroby. Chyby ve struktuře plodin a jejich střídání zde nemohou být napravovány aplikací živin v minerálních hnojivech nebo aplikací pesticidních látek. Bobovité rostliny příznivě působí tím, že v půdě zanechávají značné množství kvalitních posklizňových zbytků s nízkým poměrem C: N (1: 20-25). Nevhodnými předplodinami jsou obilniny (Neuerburg and Padel, 1994). Zařazení po obilnině zvyšuje výskyt houbových chorob a škůdců, také zhoršuje výnosovou kvalitu pšenice (Faměra, 1993).

Kumar a Goh (2002), v testování na posklizňové zbytky zjistili, že je výhodné udržet zbytky plodin v terénu, i když některé zbytky mohou způsobit značnou imobilizaci půdy N, která zpočátku snižuje dostupnost N na první plodinu pšenice. Lze říci, že vstupy z reziduí plodin jsou mnohem výhodnější pro systém plodin ve srovnání se spálením zbytků plodin na poli, nebo jejich odstraněním z pole.

3.2 Hnojení a výživa dusíkem

3.2.1 Význam dusíku

Výživa dusíkem je jedním z nejvýznamnějších opatření pro růst i vývoj plodin. Snahou musí být zajistit rostlinám dostatek dusíku v půdě v období jeho potřeby. Vycházíme z biologických zvláštností odrůd, půdní úrodnosti, průběhu povětrnosti a stavu porostu (Vaněk a kol., 2016).

Dusík je nejvíce omezující živina pro rostlinnou výrobu v mnoha světových zemědělských oblastech a jeho účinné využití je důležité pro ekonomickou udržitelnost systémů pro plodiny. Reakce na aplikovaný N a efektivitu jeho využití jsou důležitými kritérii pro hodnocení požadavků na plodinu N pro maximální hospodářský výnos (Fageria and Baligar, 2005).

Dusík je v půdě značně pohyblivý a podléhá rychlým přeměnám mezi volnou a vázanou formou. Prvotním zdrojem dusíku je atmosféra, odkud se do půdy dostává fixací mikroorganismy, srážkami a spadem, dále posklizňovými zbytky, průmyslovými i organickými hnojivy (Vaněk a kol., 1997).

Celkový obsah dusíku v půdách je velmi rozdílný a kolísá nejčastěji od 0,05–0,5 %. V orniční vrstvě převážné části půd ČR je 0,1–0,2 % veškerého dusíku. Dále je uváděno, že 98 až 99 % veškerého N v ornici je přítomno ve formě organické, zbytek ve formě minerální (Richter, 1993).

Organický dusík

Tento dusík dělíme dále na lehce hydrolyzovatelný a na těžce hydrolyzovatelný. Určitá část hydrolyzovatelného dusíku: aminokyseliny, amidy, aminocukry podléhá mineralizaci až na N_{min} (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), který může být využitý k výživě (Růžek a Pišanová, 2006).

Minerální dusík

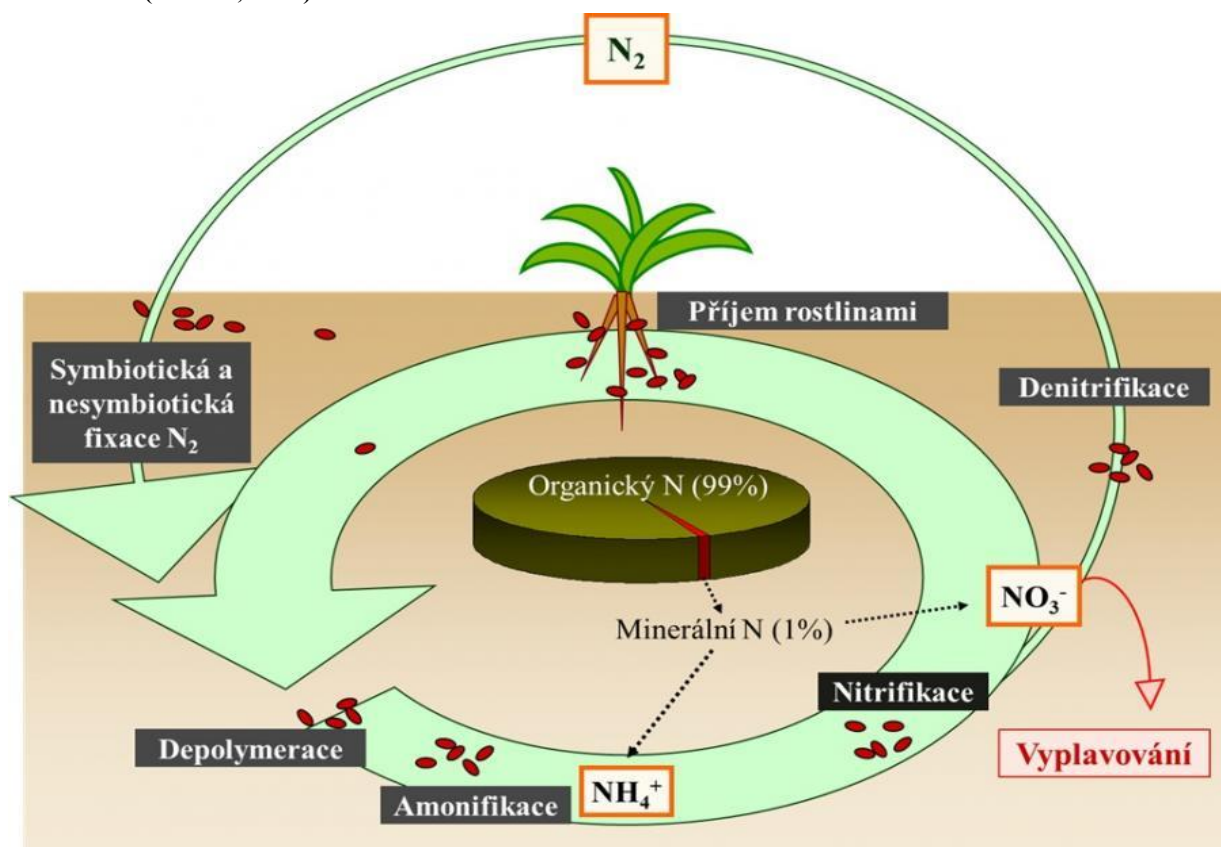
Do přístupného N je v bilanci započítán i atmosférický dusík. Tato zásoba dusíku, která může podléhat přeměnám (z tohoto důvodu je označován často jako „reaktivní N“), se vyskytuje ve formě plynu (převážně N_2) (Balík a kol., 2012).

3.2.2 Přeměny dusíku v půdě

V biologicky činných půdách podléhá amonný dusík nitrifikaci. **Nitrifikace** je biologická oxidace amoniaku na dusičnany, která se uskutečňuje ve dvou etapách, buď jako nitritace (nitritační bakterie) a nitratace (nitratační bakterie) (Růžek a Pišánová, 2006).

Dusík se vyskytuje ve dvou různých formách nestabilní diamid ($\text{HN}=\text{NH}$) nebo více stabilní forma ($\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$) (Postgate, 1998). U mineralizovatelných forem dusíku se projevuje větší vliv hnojení, ale i dalších agrotechnických opatření na jejich obsah. Významnou složkou lehce mineralizovatelných forem dusíku v půdě je mikrobiální biomasa (Balík a kol., 2012). Biologická redukce je uskutečňovaná prostřednictvím mikroorganismů (u nás hlavně symbiotických) konkrétně, enzymem nitrogenázou (Vaněk a kol., 1997).

Obrázek 1: (Záhora, 2012)



Amoniakální dusík se v půdě nachází v různém stavu (NH_4^+ , NH_3). Amonná forma dusíku je taková, kterou využívá většina organismů a rostlin. Při rozkladu organických látek (proteiny a AMK) se amonný iont opět uvolní a tento proces je nazýván **Amonifikace** (Gryndler, 2003).

Forma dusíku NH_4^+ se stává stále důležitějším substrátem na oplodněných půdách s amoniakem nebo na špatně odvodněných, kyselých půdách, kde je omezena nitrifikace mikroorganismy (Rice and Pancholy, 1972). Rhizobia, Frankiea sinice jsou symbiotické s různými druhy rostlin a poskytnutí O_2 , sacharidů, nebo jiných živin. Také může ovládat symbiotickou aktivitu v různé míře v různých symbiózách (Parsons and Sunley, 2001).

Proces zvaný **denitrifikace** je redukční proces, kdy nitráty jsou za přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík. Podmínkou průběhu denitrifikace je nedostatek kyslíku v půdě, přítomnost nitrátů a dostatek lehce dostupných organických látek (oxidují se na oxid uhličitý a uvolňuje se energie) (Vaněk a kol.,1997).

3.2.3 Hnojení dusíkem

Dávky dusíku dělíme na:

- Základní – před setím
- Regenerační – při obnovení jarní vegetace,
- Produkční – na počátku sloupkování,
- Pozdní – před metáním nebo v době květu (Faměra, 1993).

Regenerační hnojení je nezbytným předpokladem pro nastartování rychlého růstu u ozimů je vytvoření optimálních výživných podmínek. S hnojením začínáme brzy na jaře. V žádném případě by hnojivo nemělo být aplikováno na sníh (pokrývka vyšší jak 50 mm a na promrzlou půdu – hloubka promrznutí nad 80 mm) nebo půdu přesycenou vodou (Richter, 2005).

Na první regenerační přihnojení ozimů dusíkem je možné použít nitrátovou formu dusíku (LAV), která je přijímána již při teplotách od 5 °C, tj. i za chladného počasí. Na první regenerační přihnojení je také vhodný dusičnan amonný, který je hydroskopický, rychle se rozpouští a nitrátová forma N se z něho rychle uvolňuje (Slavoj a kol.,2009).

Z pevných dusíkatých hnojiv jsou doporučována pro kvalitativní přihnojení ledek vápenatý, Urea stabil, močovina, ledek amonný s vápencem a další. Také je možná aplikace postřikem na list nízko koncentrovanými roztoky těchto hnojiv (např. u hnojiva DAM při ředění s vodou v poměru 1: 6 nebo maximálně 7 % roztoky močoviny) (Růžek a kol., 2011).

Velmi dobré je dodání dusíku ve formě organických hnojiv, například kejďe. Aplikuje se běžně v dávce 20 t/ha. Vždy dbáme na správnou a rovnoměrnou aplikaci po pozemku a zapravení do orničního povrchu (Slavoj a kol.,2009).

Třetí dávka dusíku se určuje metodami doporučenými pro II. dávku nebo se vychází z kritéria předpokládaného výnosu zrna (Růžek a Pišánová, 2006). Lze dodat, že intenzita příjmu živin (nejen N) ve formě iontů bude vyšší u rostlin s jejich nedostatečným obsahem oproti rostlině dobře zásobené touto živinou (Richter a Škarpa, 2013). Fredriksson et al. (1997) ve svém výzkumu dokázali, že vyšší aplikační dávky N výrazně zvyšují obsah moučné bílkoviny a dobu vyvíjení těsta, ale snižují změkčování těsta.

Aby bylo působení živin efektivní, musí být hnojení vždy sladěno s půdními podmínkami a průběhem počasí. Podle těchto faktorů je pak vhodné volit výši dílčích dávek přihnojení a formu aplikovaného dusíku (a také síry a hořčíku) (Bouma, 2018).

3.2.4 Ztráty dusíku

Nízké využití N v ročních plodinách souvisí s jeho ztrátou volatilizací, vyluhováním, povrchovým odtokem, nebo denitrifikací (Fageria and Baligar, 2005). Plodinové rostliny jsou schopny využít pouze 30–40 % aplikovaného N (Raun a Johnson, 1999). Více než 60 % z půdy N, se ztrácí kombinací vyluhování, povrchového odtoku, denitrifikace, volatilizace a mikrobiální spotřebou (Kant et al., 2010). Tyto ztráty snižují efektivitu využití N hnojiv, nižší výnosy a kvalitu plodin, vyžadují použití více hnojiv a vystavují pšenici chorobám přenášeným půdou (Huber and Morris, 1979).

Například po aplikaci močoviny bez zapravení dochází při suchém a teplém počasí ke ztrátám dusíku z aplikovaného hnojiva volatilizací amoniaku do ovzduší (Růžek a Pišánová, 2006). K největším ztrátám dochází těsně po aplikaci organických hnojiv (kal, hnůj) (Balík a kol., 2012). Ztráta dusíku v podobě denitrifikace je v našich podmínkách způsobena fakultativně anaerobními mikroorganismy, které během rozkladu využívají kyslík nitrátů (Vaněk a kol., 1997).

Dalším možným zdrojem ztrát z aplikovaných hnojiv jsou ztráty do atmosféry, zvláště z organických hnojiv, nebo minerálních hnojiv, které podléhají na povrchu půdy přeměně (močovina, DAM apod.) (Balík a kol., 2012).

Ztráty mají jak ekonomické, tak environmentální důsledky, proto bychom měli využít techniku, která zabrání ztrátám dusíku a zvyšuje účinnost používání dusíkatých hnojiv u zemědělských plodin (Singh and Verma 2007).

K vyplavení dusíku z půdy dochází v závislosti na druhu půdy, úrovni srážek a na způsobu využití půdy. Denitrifikací se ztrácí ročně v průměru až 8 % mineralizovatelného půdního dusíku, a až 20 % N z hnojiv o závislosti na celkové dávce dodaného N.

Z dynamiky přeměn půdního dusíku je zřejmé, že přeměna dusíkatých látek v půdě do forem pro rostliny přijatelných je závislá na půdních a povětrnostních podmínkách, a proto jsou značné problémy s využitím N_{min} a N lehce mineralizovatelného N pro praktickou výživu rostlin (Richter, 2007).

3.3 Močovina

3.3.1 Močovina

Vzorec $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, jedná se o diamid kyseliny uhličitě. Vyrábí se z amoniaku a oxidu uhličitěho, kdy jako meziprodukt vznikne karbaminan a následně močovina (Vaněk a kol., 2016). Močovina je hlavní N anorganické hnojivo (Vistoso et al., 2012). Obsahuje 46 % N a je nejkonzentrovanejším tuhým dusíkatým hnojivem. Vyrábí se granulovaná ve formě lesklých bílých granulí. Vyrábí se syntézou čpavku a oxidu uhličitěho (Hlušek, 2004).

3.3.2 Působení močoviny v půdě

V půdě je močovina dobře pohyblivá a vlivem enzymu ureázy četných mikroorganismů a rostlinných zbytků se poměrně rychle hydrolyticky štěpí na uhličitán amonný, který je labilní sloučeninou a snadno se rozkládá na amoniak a kyselinu uhličitou – ta se následně rozpadá na oxid uhličitý a vodu (Vaněk a kol., 2016).

Močovina je molekula bez náboje, která se neváže na sorpční komplex půdy a je vhodným zdrojem dusíku jak pro mikroorganizmy, tak pro rostliny. Po aplikaci probíhá v půdě rozklad močoviny na amonný a nitratový dusík (Mráz, 2013). Při běžné dávce N v močovinně je její přeměna ukončena během 1–3 dnů (Růžek a Pišanová, 2006).

V půdním roztoku je stabilita močoviny výhradně závislá na aktivitě mikrobiální ureázy, enzymu závislého na niklu, který se všude vyskytuje v mikroorganismech a je uvolňován do půdy (Watson et al., 1994).

3.3.3 Hnojení močovinou

Faktor, který určuje dávku hnojení je obsah N_{min} v půdě. Pokud je pod 30 kg/ha, přihnojíme dávkou 30 kg N a jeli nad 50 kg/ ha, nehnojíme (Richter, 1993). Neuvěřitelný nárůst používání močovinnových hnojiv v posledních desetiletích je způsoben především konkurenceschopnou cenou a vysokým obsahem N (46 % hmotnostních), které umožňují snižovat náklady na dopravu a distribuci (Miller and Cramer, 2004).

Především ji využíváme k základnímu předset'ovému hnojení. Lze ji také aplikovat ve formě roztoku na list, kde musíme brát v potaz citlivost plodin, proto ředíme různé koncentrace. K pšenici ozimé je možné aplikovat 15 % roztok (Vaněk a kol., 2016).

3.4 Inhibitory

Pro omezení ztrát NH_3 byli vyvinuty inhibitory, jenž omezují aktivitu ureázy. Přídavek inhibitorů do močoviny výrazně rozšířil možnosti jejího použití, proto se také její podíl v posledních letech zvýšil (Vaněk a kol., 2016). Abalos et al (2014) uvedli, že jejich účinnost bývá závislá na faktorech životního prostředí, kde se studie na jejich účinek provádí.

3.4.1 Inhibitor nitrifikace

Tento inhibitor není primárně určen pro močovinu, ale i pro hnojiva s obsahem NH_4^+ . Princip účinku je založen na omezení aktivity nitrifikačních bakterií v půdě. To znamená zvýšení koncentrace NH_4^+ a jeho sorpci na půdní částice. Omezuje se tvorba nitrátů (NO_3^-) a tím jejich vyplavení (Mráz, 2013). V přírodě se tyto látky vyskytují ve formě tríslovin, flavoidů a saponinů. Dnes jsou vyráběny převážně synteticky (Scheffer, 1994).

Pokud jsou inhibitory nitrifikace použity spolu s NH_4^+ obsahující hnojiv, mohou účinně zvýšit dusík a zmírnit emise skleníkových plynů, zpomalení nitrifikačních procesů v půdě vyplývajících z amoniaku (Singh and Verma, 2007).

V terénu účinky inhibitorů nitrifikace je mnohem obtížnější předpovědět. Jejich účinky jsou s největší pravděpodobností větší na půdách, které jsou bohaté na N a kde ztráty N způsobené vyluhováním a denitrifikací jsou velké. Výrazně tyto účinky růstu rostlin budou záviset na stavu půdy N; omezení N ztrát na půdách, které jsou bohaté na N, mohou mít malý vliv na rostlinnou výrobu (Edmeades, 2004).

3.4.2 Inhibitor ureázy

Ureáza je enzym, který katalyzuje hydrolýzu močoviny (Kosikowska and Berlicki, 2011). V tomto procesu jsou konečnými produkty kyselina uhličitá a amoniak. Produkty a výsledné zvýšení pH reakčního prostředí jsou zásadní v působení ureáz (Krajewska, 2009). Na trhu je močovina s inhibitorem ureázy označována jako Urea stabil (Vaněk a kol., 2016).

Jednou z nejpoužívanějších strategií ke snížení emisí amoniaku z močovinových hnojiv je použití inhibitorů ureázy (Watson, 2005). Inhibitor ureázy je určen pouze pro močovinu, případně hnojiva s vysokým podílem močoviny (DAM, SAM, AmisaN apod.). Tento inhibitor ve spojení s močovinou prodlužuje dobu, po kterou si aplikované hnojivo uchovává vlastnosti nepřeměněné močoviny (rychlá forma N) a nepodléhá masivním ztrátám únikem amoniaku (Mráz, 2013).

Přídavkem inhibitoru ureázy je možné zabránit ztrátám dusíku z aplikovaného hnojiva a přispět ke zlepšení využitelnosti močoviny. Působením inhibitorů ureázy a nitrifikace jsou snižovány ztráty dusíku z aplikovaného hnojiva na bázi močoviny, jejich účinnost je však závislá hlavně na povětrnostních podmínkách (Pišánová a Růžek, 2006).

Inhibitory jsou účinné pouze po několik dní při snižování ztráty dusíku, i když problém přetrvává po celé vegetační období. Z tohoto důvodu je často vyžadováno několik aplikací. Inhibitory jsou často podrobeny hydrolýze a podléhají omezením skladovací teploty, aby byla zachována účinnost (Shoji et al., 2007).

V důsledku zabránění ztrátám dusíku byla vyrobena močovina ve spojení s N- (n-butyl) thiofosforečným triamidem (NBPT) inhibitorem ureázy (Zanin, 2016). NBPT je uváděn na trh jako Agrotain® (Agrotain International LLC). Několik univerzitních výzkumných studií za posledních 20 let prokázalo, lepší výkonnost a výnosy pšenice ozimé, díky NBPT. Ten snižuje rychlost vyplavování amoniaku povrchově aplikované močoviny o 50–90 % po dobu až 10 dnů po aplikaci v závislosti na podmínkách (Franzen, 2013). V testování na NBPT, které prováděli Watsonová et al. (1990) uvedli, že NBPT snížila kumulativní ztrátu NH₃ z větraných skříní po dobu 13 dnů z 8,1 % močoviny N aplikované na 1,9 %.

Graf 3: Shrnutí údajů z tříleté studie (Webinar by Nafziger, 2017)

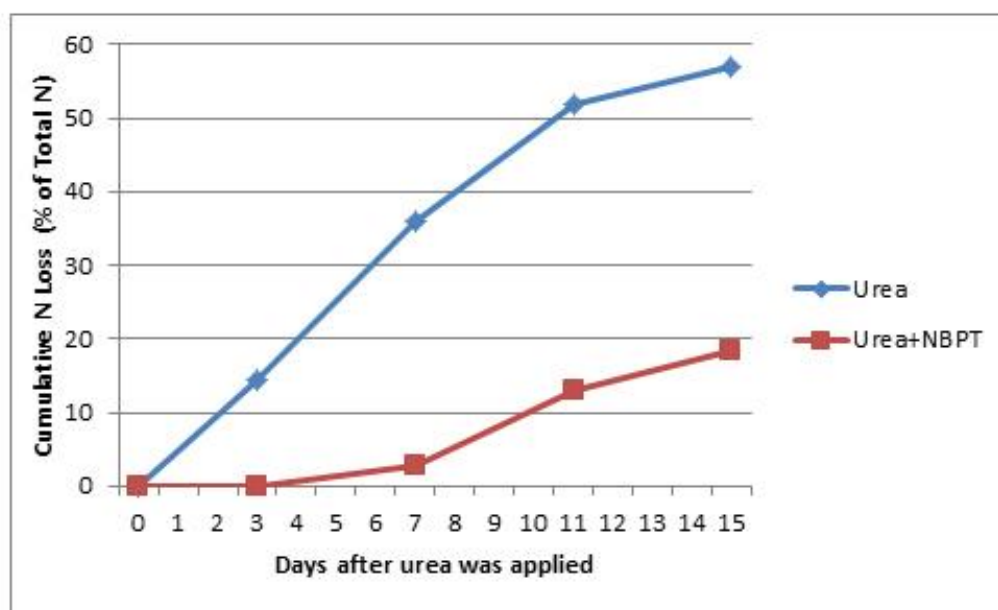


Figure 1

3.4.3 Doporučení pro rostlinnou výrobu

Zejména na lehkých, sorpčně slabých půdách je při časně aplikaci vysoké dávky kejdy nebo digestátu vhodné přidání inhibitorů nitrifikace, aby se snížilo riziko ztrát dusíku (Koubová, 2013).

Hnojivo Urea stabil je vhodné k časným produkčním dávkám dusíku k ozimům (ozimá pšenice, BBCH 29–31), a to zejména na stanovištích s častými přísušky, kde pozdější aplikace dusíkatých hnojiv je méně efektivní. Hnojivo je vhodné také aplikovat v roztoku (do 13 %) postřikem na listy rostlin. Při použití hnojiva Urea stabil k přípravě roztoků za účelem aplikace na listy rostlin se urychlí ve srovnání s běžnou močovinou vstup dusíku do listů, což přináší největší efekt při vyšších teplotách vzduchu, nižší vlhkosti vzduchu, větrném počasí apod. (Růžek a Pišánová, 2006).

Watson et al (1994) uvádí, že perzistence močoviny ošetřené NBPT byla zvláště výrazná v půdách s vysokým pH a mohla mít fyziologické důsledky pro rostliny. Je zvláště zajímavé, že NBPT byl nejúčinnější v půdách, které prokázaly vysoké obsahy NH_3 , vypařování z nezměněné močoviny.

3.5 Vliv síry na pšenici ozimou

3.5.1 Význam síry

Několik studií ukázalo, že oplodnění síry (S) může zvýšit N hnojení (Salvagiotti et al., 2009). Síra je nezbytnou živinou ve výživě pšenice. V souvislosti s její značnou mobilitou v půdě ústící až ve vyplavování síranových aniontů, je vhodné počítat s její dělenou aplikací, a to zejména v jarním období, kdy dominuje příjem této živiny (Škarpa a kol., 2016). Výživa síry je specifičtěji spojena s hladinami gluteninu v endospermu (Zhao, 1997).

Dále poměr gluteninu k jiným proteinům je zásadní pro uchování zrn a zodpovědný za elasticitu těsta a kvalitu bochníku (Shewry and Halford, 2002). Síru dodáváme i v podzimním období, kdy lze k její aplikaci využít draselná nebo hořečnatá hnojiva, popř. superfosfáty a Fosmag nebo sádrovec (Škarpa a kol., 2016). Pozitivní vliv hnojení sírou se projevuje zvláště v regionech s dlouhodobě nízkými emisemi síry, a na půdách s nízkým obsahem vodorozpustné síry (Richter a Škarpa, 2013).

3.5.2 Nedostatek síry

Nedostatek síry byl uznán jako omezující faktor pro rostlinnou výrobu v mnoha oblastech světa. Požadavek S na pšenici je asi 15–20 kg/ha pro optimální růst (Zhao, 1997). Především její obsah vede k zabezpečení odpovídající pekařské jakosti, zejména bobtnatost pšeničných bílkovin, obsah N-látek a enzymatickou aktivitu zrna (Slavoj a kol., 2009).

Síra je přijímána kořeny v podobě síranu (Hawkesford et al., 2003). Přijaté sírany musí být před utilizací redukovány, a teprve potom mohou být zabudovány do organických látek. Reakce síranu vyžaduje energii ve formě ATP. Redukční proces závisí na fotosyntéze a energetickém metabolismu rostliny. Vedle síranu rostliny mohou přijímat síru i ve formě SO₂ (Richter, 2004).

4 Hypotéza

Dodáním hnojiva Močoviny s inhibitorem ureázy, můžeme pozorovat pozitivní vliv na ztráty dusíku ve formě NH₃, lepší využití močoviny, a také zpomalení přeměn (nitrifikace) dusíku v půdě.

5 Materiál a metody

5.1.1 Popis lokality

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze v Červeném Újezdě, o.Praha západ. Stanice se nalézá na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky. Půdotvorným substrátem (80-120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší šterkovitosti, a tím rychlého zásaku, se projevuje vyšší vysychavost v půdním profilu.

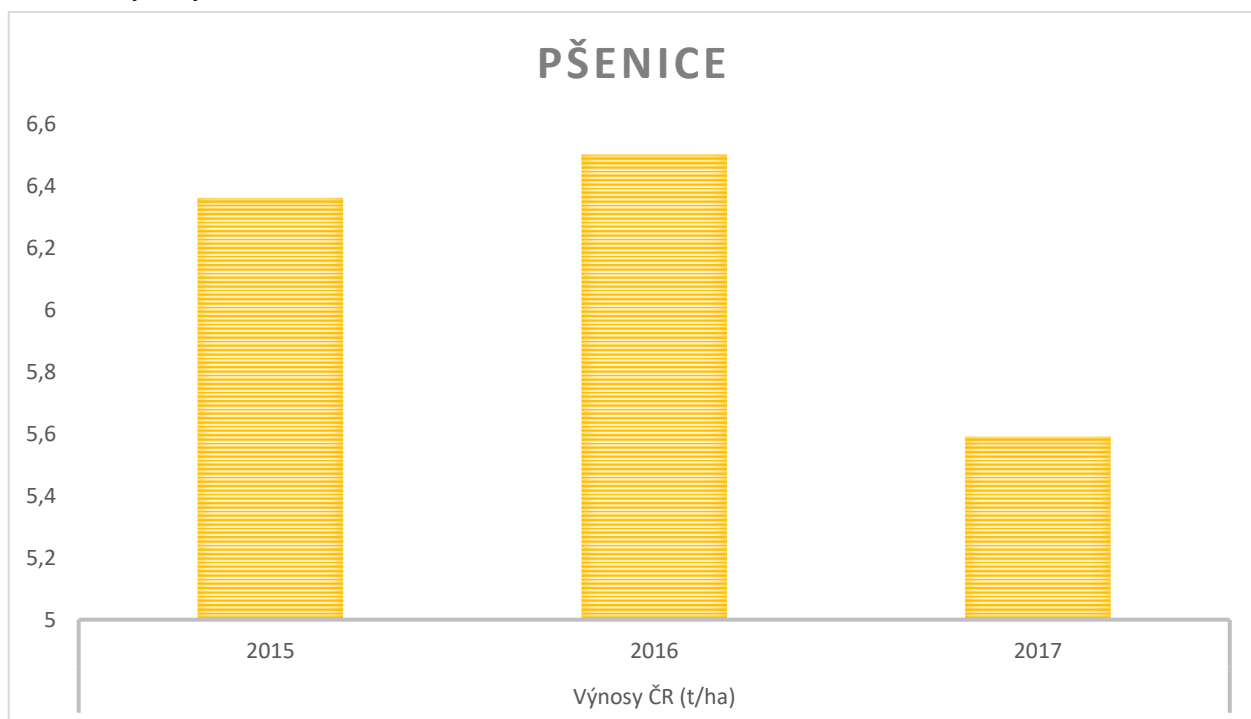
Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50–70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední.

5.1.2 Průběh vegetačního období

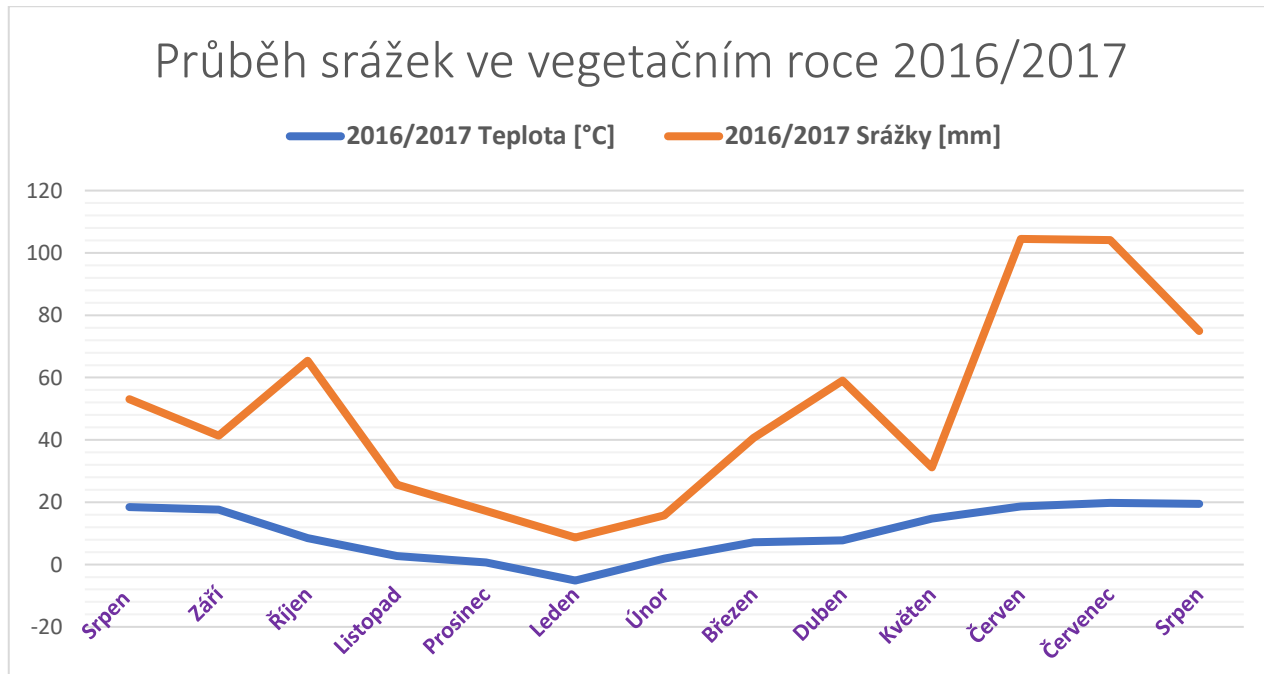
Klimaticky pokusné stanoviště spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,9 °C (za roky 1901-1950 po zohlednění interpolace stanice Lány a Karlov - 7,7 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 549 mm (za roky 1901-1950 činí 493 mm). Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je 12,9 °C (resp. 13,8 °C), průměrný vegetační úhrn srážek činí 361 mm (resp. 333 mm). Průměrná teplota ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období 53,0 mm. Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha-Karlov) je 1902 hodin. Délka vegetačního období činí 150-160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna.

Vegetační rok 2016/17 se zásadně lišil od roků 2013/14, 2014/15 i 2015/16. Ty totiž byly velmi podobné v tom, že měly velmi teplé zimy. Rok 2016/17 se vyznačoval poměrně tvrdou a časnou zimou.

Graf 4: Výnosy v ČR v roce 2015-2017



Graf 5: Průběh srážek ve vegetačním roce 2016/2017



5.1.3 Agrotechnika a hnojení

- 8.9. 2016 Orba + hrubá příprava půdy, předplodina řepka
- 11.10. 2016 Příprava půdy (kompaktor)
- 18.10 2016 Setí Odrůda Tobak 4 MKS
- 28.2.2017 Hnojení dle metodiky – regenerace
- 24.4. 2017 Aplikace Huricane 0,2 kg/ha
- 4.5. 2017 Hnojení dle metodiky – produkční
- 4.5. 2017 Aplikace Modus 0,4 l/ha + Hutton 1 l/ha
- 12.6. 2017 Aplikace Magnelo 1 l/ha
- 31.7. 2017 Odběr klasů
- 31.7. 2017 Sklizeň

5.2.1 Zadání pokusu

Tabulka 3: Schéma aplikací dusíkatých hnojiv a výsledky z variant pokusu

Varianta	Regenerační hnojení	Produkční hnojení
1	Močovina 180 kg N	
2	Urea Stabil 180 kg N	
3	FertiStar 180 kg N	
4	LAD 55 kg N	FertiStar 125 kg N
5	Močovina 90 kg N	Močovina 90 kg N

5.2.2 Varianty pokusu

KONTROLA 1.

Variantu jsme použili k posouzení dalších 5. variant. U každé varianty proběhly 4 opakování. Kontrolu jsme hnojili LAD a DASA. Hnojilo se v regenerační, tak i v produkční dávce. Sledovali jsme na variantě vliv ročníku a průběh klimatu.

VARIANTA 1.

Tato varianta byla hnojena regeneračním hnojením Močovinou v dávce 180 kg/ha N. U varianty jsme sledovali a porovnávali s ostatními variantami rozdíly v HTZ, Výnosu, HLV, obsahu N látek, obsah škrobu.

VARIANTA 2.

V této variantě jsme zvolili regenerační hnojení Urea stabil v dávce 180 kg / ha N, který obsahoval inhibitor, jenž zkoumáme v našem pokusu. Znovu jsme porovnávali, jak se změnili výsledky (HTZ, HVL atd.) oproti variantám hnojeným jiným N hnojivem.

VARIANTA 3.

Varianta 3 byla opět v regeneračním hnojení (pouze) hnojena FertiStar dávce 180 kg /ha N. I toto hnojivo obsahovalo inhibitory proti ztrátám NH₃.

VARIANTA 4.

U varianty 4 jsme již zvolili hnojení, jak regenerační, tak produkční. V dávce na počátku vzcházení jsme aplikovali LAD 55 kg/ha hnojivo s obsahem N 27 % dusíku a Mg 4 %. V produkčním hnojení bylo aplikováno hnojivo FertiStar 125 kg /ha N, kde se opět vyskytoval inhibitor.

VARIANTA 5.

V poslední variantě jsme zvolili opět hnojení regenerační a produkční. Obě dávky obsahovaly stejné hnojivo – Močovinu 90 kg/ha N. U všech variant porovnáваме a sledujeme rozdíly v jejich výsledné produkci.

5.2.3 Popis pokusného materiálu

Výnos je postaven na spojení vyššího počtu klasů, vysokého počtu zrn v klase a střední HTZ. Vyšší odnožovací schopnost zaručuje výbornou auto-kompatibilitu v průběhu špatných set'ových podmínek.

TOBAK je vysoce intenzivní odrůda, proto je třeba pro dosažení pekařských parametrů „A“ neopomenout vhodné hnojení sírou a všemi ostatními makro i mikroprvky a zejména zvýšené kvalitativní hnojení dusíkem.

➤ Přípravek Urea stabil

Vlastnosti

UREAstabil® je nové moderní koncentrované hnojivo na bázi amidického dusíku s obsahem inhibitoru ureázy (NBPT). NBPT zlepší postup N ke kořenům rostlin a omezení sorpce a fixace NH_4 . Zároveň omezí únik amoniaku do ovzduší konkrétně při povrchové aplikaci.

Granule hnojiva jsou velikostně tříděny, což zaručuje vyšší rovnoměrnost aplikace a téměř vylučuje přítomnost prachového podílu. Inhibitor ureázy, kterým je granule na povrchu obalena, oddaluje po rozpuštění přeměnu $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ na NH_4^+ a zvyšuje tak přímou účinnost aplikovaného dusíku.

Cíl použití

Hnojivo **UREAstabil®** používáme tam, kde potřebujeme při povrchové aplikaci zajistit rychlejší průnik dusíku do kořenové zóny a zvýšit jeho lepší dostupnost pro rostlinu. Použitím **UREAstabil®** je eliminován tzv. „pomalý“ účinek močoviny a jsou po určitou dobu udrženy její vlastnosti. Další výhodou je omezení ztrát dusíku únikem amoniaku do ovzduší, zejména pokud není možné hnojivo okamžitě zapravit.

Technické parametry

Celkový obsah N	46 %
NBPT	inhibitor ureázy

Dávky k pšenici ozimé

Především vycházíme z celkové potřeby N k plánovanému výnosu a půdní zásoby N_{min}.
Jarní aplikace UREAstabil® v ozimé pšenici (regenerační, nebo časná produkční dávka).

Doporučuje se v regeneračním hnojení volit dávku 50–120 N kg /ha dle vlastností jenž má půda. V produkčním 70–100 kg N /ha opět dle typu půdy. Kvalitativní volíme pouze u potravinářské odrůdy a struktury porostu, dávky jsou nižší okolo 30–50 kg N /ha.

Vaky: 500 kg a 1 000 kg

Doba použitelnosti je 18 měsíců od data výroby hnojiva při dodržení podmínek skladování.

➤ Přípravek FertiStar

Vlastnosti

FertiStar je koncentrované dusíkaté hnojivo s inhibítorem ureázy NBTP, které je určené k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Pro základní hnojení se aplikuje na povrch půdy a následně se do ní lehce zapraví. Inhibitor ureázy NBTP stabilizuje močovinu, zpomaluje její rozklad a omezuje ztráty dusíku po její aplikaci na půdu únikem amoniaku.

Cíl použití

FertiStar minimalizuje ztráty vytékáním čpavku tak, aby v půdě zůstalo více dusíku, který mohou rostliny využít. To zajišťuje, že aplikovaný dusík zůstává plodině k dispozici ještě dlouhou dobu po hnojení.

Při základním hnojení FertiStarem se aplikuje rovnoměrným rozhozem na povrch půdy a zapraví lehce pod povrch. Přihnojování během vegetace provádíme formou postřiku (doporučená koncentrace 0,5 % až 1 %) nebo rozhozem na suchý porost. Aplikujte cca 1x za měsíc.

➤ LAD 27 % N–Ledek amonný s dolomitem

Vlastnosti

Ledek amonný s dolomitem je dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % dusíku a 4 % MgO. Tvoří jej směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitickým vápencem.

Granule o velikosti 2–5 mm jsou zbarveny bělavě, šedě, světle hnědě či narůžověle, záleží na zdroji použitého dolomitu. Granule jsou povrchově upraveny proti spékavosti a jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti zaručují výbornou skladovatelnost.

Cíl použití

Ledek amonný s hořčíkem je univerzální dusíkaté hnojivo, vhodné jak k základnímu hnojení před setím, tak pro přihnojení během vegetace. Uplatnění nachází především při regeneračním hnojení ozimých obilovin a řepky. Vhodný je k plodinám, které jsou náročné na hořčík, jako jsou brambory, luskoviny, ovocné stromy a zelenina. Vhodný je též k přihnojování luk a pastvin.

Balení

Dodává se volně ložený, ve velkoobjemových vacích – big-bag, nebo pytlovaný v polyetylenových pytlích o hmotnosti 50 kg.

Technické parametry

Celkový dusík jako N v %	27 %
Dusičnanový dusík jako N v %	13,5 %
Amoniakální dusík jako N v %	13,5 %
Obsah MgO v uhličitanové formě v %	4,0%
Obsah CaO v uhličitanové formě v %	7,0 %

Cena 5000 Kč

Orientační dávka hnojiva pro pšenici ozimou 100–200 kg/ha

➤ **Močovina 46 % N**

Vlastnosti

Močovina je diamid kyseliny uhličité – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Je to neutrální organická sloučenina s vysokým obsahem dusíku (více než 45 % N) ve formě anodické. Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitého. Prilovaná močovina jsou bílé granulky, lehce rozpustné ve vodě. Močovina je povrchově upravená proti spékavosti.

Technické parametry

Obsah dusíku celkem **46 %**

Cíl použití

Močovina je koncentrované dusíkaté hnojivo určené k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Pro základní hnojení se močovina aplikuje na povrch půdy a následně se do ní zapraví kultivací. Všude tam, kde není k dispozici DAM, je možné použít roztok močoviny k foliární výživě rostlin. Postřiky ve večerních hodinách jsou nejvhodnější, aplikace při vyšších teplotách během dne se nedoporučují – hrozí popálení rostlin.

Orientační dávka hnojiva v kg /ha: 200–300

➤ DASA 26 % N 13 S %

DASA je dusíkaté hnojivo s obsahem 26 % N a 13 % S, tvořené směsí dusičnanu a síranu amonného. Hnojivo má podobu bělavých až bílých granulí o velikosti 2 až 5 mm. Výrobek je povrchově upraven proti spékání.

Technické parametry

Celkový dusík N v **26 %**

Dusičnanový dusík N **8,6 %**

Amoniakální dusík N **17,4 %**

Celková síry S **13 %**

Cíl použití

Používá se k základnímu hnojení nebo přihnojování v době vegetace. Hnojivo je vhodné zejména pro rostliny s velkou potřebou síry (brukvovité, miříkovité, lilkovité).

Orientační dávky hnojiva v kg / ha: jarní dávka 120–180, během vegetace 120–180

Balení

Močovina se dodává volně ložená, v 0,5 – 1 t vacích big –bag, PE pytlích 25, 40 nebo 50 kg.

Technické parametry

celkový dusík jako N **46,0 %**

Orientační dávka hnojiva v kg/ha: 200–300

5.2.4 Metodika pokusu

Velikost parcel 15 m² brutto, 11,250 m² netto. Každá varianta je ve čtyřech opakováních, založená metodou náhodných čtverců. Pokus měl dohromady 5 variant a 4 opakování u každé varianty.

Tabulka 4: výsledky v měření kvantitativních znaků

Výnos	N-látky %	Obsah škrobu %	Počet zrn v klasu (ks)	HTZ (g)	HVL (g)
7,06	13,55	64,03	45,50	33,80	742,68
7,53	14,76	64,28	45,75	34,00	743,35
7,60	15,05	64,53	47,50	34,43	748,35
7,66	15,30	64,80	50,00	35,05	749,35
7,66	15,58	66,18	52,25	38,58	737,65

Dané varianty se jednotlivě měřili po sklizni porostů. Byla získána tato data:

- Výnos zrna z jednotlivých variant
- Objemová hmotnost zrna (HVL)
- Množství dusíkatých látek v zrně
- Počet zrn v klasu
- Obsah škrobu v zrně

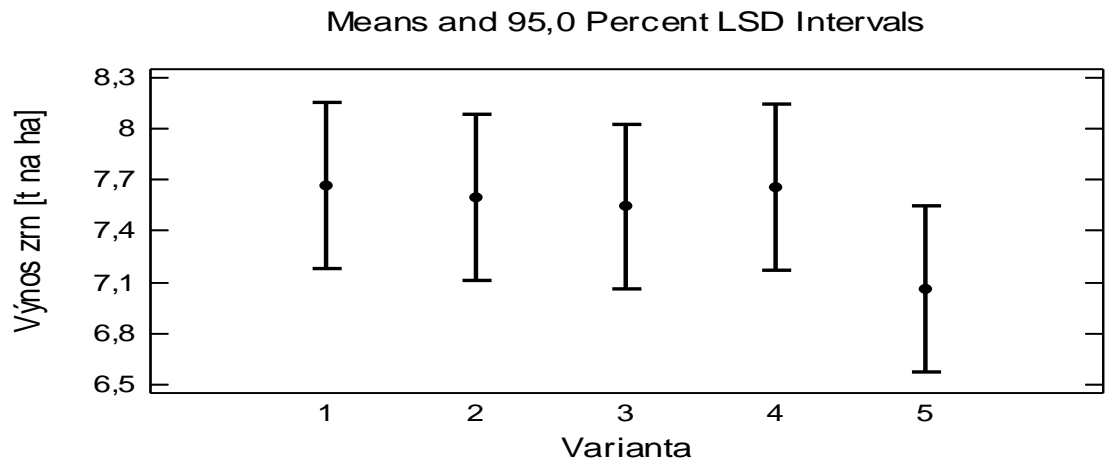
Tyto výsledky byli následně statisticky vyhodnoceny a následně posouzeny.

6. Výsledky

6.1 Statisticky zpracované výsledky

6.1.1 Výnosy

Graf 6: Statistické vyhodnocení znaku – výnos t/ha



Tabulka 5: Statistické rozdíly mezi jednotlivými varianty ve znaku – výnos t/ha

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	0,06489	0,973431
1 - 3	0,122222	0,973431
1 - 4	0,00462	0,973431
1 - 5	0,60165	0,973431
2 - 3	0,05733	0,973431
2 - 4	-0,06027	0,973431
2 - 5	0,53676	0,973431
3 - 4	-0,1176	0,973431
3 - 5	0,47943	0,973431
4 - 5	0,59703	0,973431

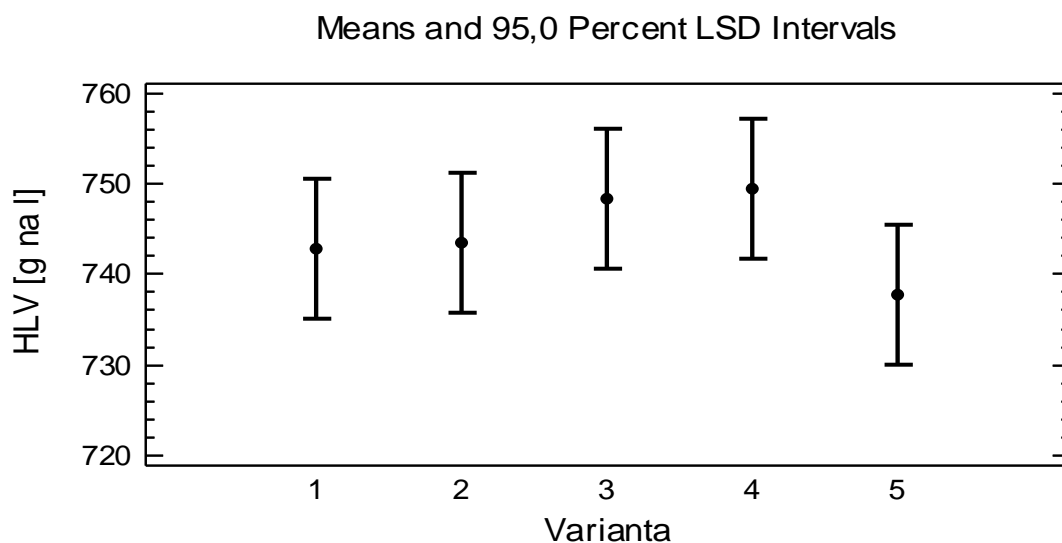
Tabulka 6: Výnosy v t/ha u jednotlivých variant

Varianta	1	2	3	4	5
Výnosy t/ha	7,06	7,54	7,60	7,66	7,66

Nejvyšší výnosy byli zaznamenány u varianty č. 5 hnojené Močovinou v regeneračním a produkčním hnojení. Výnosy jsou poměrně stabilní a nevykazují příliš odlišné hodnoty.

6.1.2 HVL – objemová hmotnost

Graf 7: Statistické vyhodnocení znaku – objemová hmotnost



Tabulka 7: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku – objemová hmotnost

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-0,675	15,4757
1 - 3	-5,675	15,4757
1 - 4	-6,675	15,4757
1 - 5	5,025	15,4757
2 - 3	-5,0	15,4757
2 - 4	-6,0	15,4757
2 - 5	5,7	15,4757
3 - 4	-1,0	15,4757
3 - 5	10,7	15,4757
4 - 5	11,7	15,4757

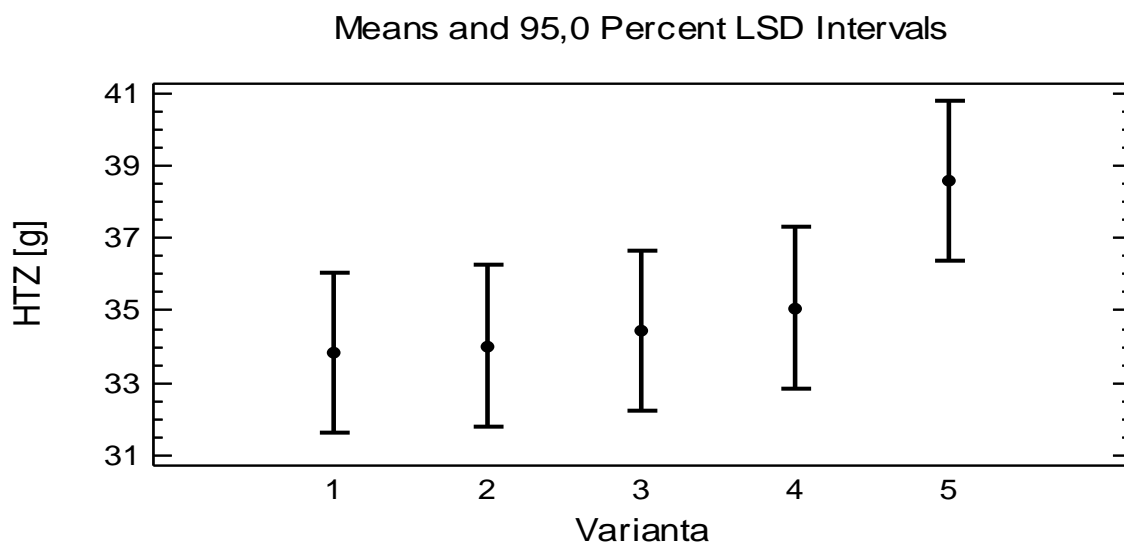
Tabulka 8: Objemová hmotnost u jednotlivých variant

varianta	1	2	3	4	5
HVL	742,68	743,35	748,35	749,35	737,65

V objemové hmotnosti (HVL) se hodnoty u jednotlivých variant nijak výrazně nelišili a jejich hmotnosti byli téměř stabilní.

6.1.3 HTZ

Graf 8: Statistické vyhodnocení znaku – HTZ (g)



Tabulka 9: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku HTZ

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,2	4,45375
1 - 3		-0,625	4,45375
1 - 4		-1,25	4,45375
1 - 5	*	-4,775	4,45375
2 - 3		-0,425	4,45375
2 - 4		-1,05	4,45375
2 - 5	*	-4,575	4,45375
3 - 4		-0,625	4,45375
3 - 5		-4,15	4,45375
4 - 5		-3,525	4,45375

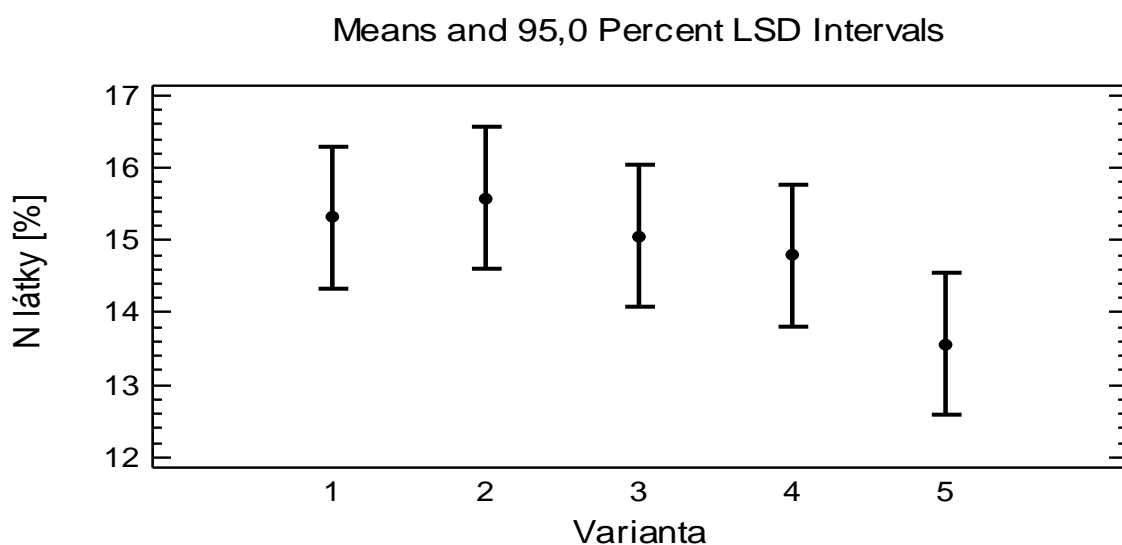
Tabulka 10: HTZ u jednotlivých variant

varianta	1	2	3	4	5
HTZ	33,8	34	34,43	35,05	38,58

V tomto měření na HTZ (g) pozorujeme nejmenší hmotnost u varianty č. 1 hnojené pouze močovinou v regenerační dávce. Nejlépe se zde osvědčila varianta č. 5 kde byli aplikovány obě dávky močoviny (regenerační, produkční) v dávce 90 kg N/ ha.

6.1.4 Obsah dusíkatých látek

Graf 9: Statistické vyhodnocení znaku – obsah N látek



Tabulka 11: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah N látek

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,275	1,96414
1 - 3		0,25	1,96414
1 - 4		0,525	1,96414
1 - 5		1,75	1,96414
2 - 3		0,525	1,96414
2 - 4		0,8	1,96414
2 - 5	*	2,025	1,96414
3 - 4		0,275	1,96414
3 - 5		1,5	1,96414
4 - 5		1,225	1,96414

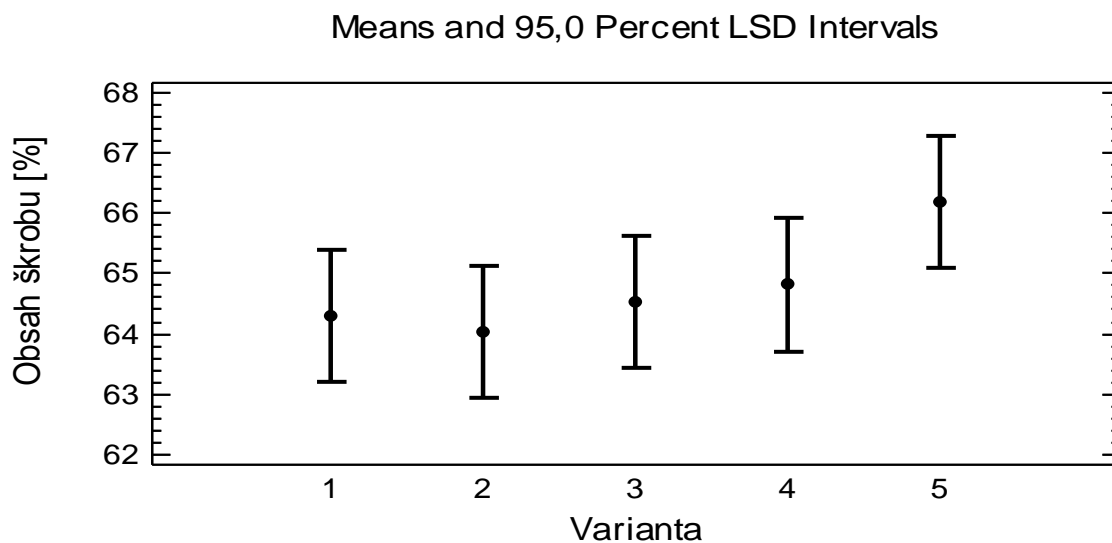
Tabulka 12: Obsah N látek u jednotlivých variant

varianta	1	2	3	4	5
N-látky	13,55	14,78	15,05	15,3	15,58

Zde vidíme výsledky z měření obsahu N-látek v znu. Největší zastoupení se projevilo ve variantě č. 5 oproti variantě č. 1 kde opět sledujeme největší rozdíly obsahů. Ostatní varianty nevykazovali razantní rozdíly a pohybovali se na úrovni variantě č. 5 s obsahem N-látek.

6.1.5 Obsah škrobu

Graf 10: Statistické vyhodnocení znaku – obsah škrobu v %



Tabulka 13: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah škrobu v %

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	0,25	2,20032
1 - 3	-0,25	2,20032
1 - 4	-0,525	2,20032
1 - 5	-1,9	2,20032
2 - 3	-0,5	2,20032
2 - 4	-0,775	2,20032
2 - 5	-2,15	2,20032
3 - 4	-0,275	2,20032
3 - 5	-1,65	2,20032
4 - 5	-1,375	2,20032

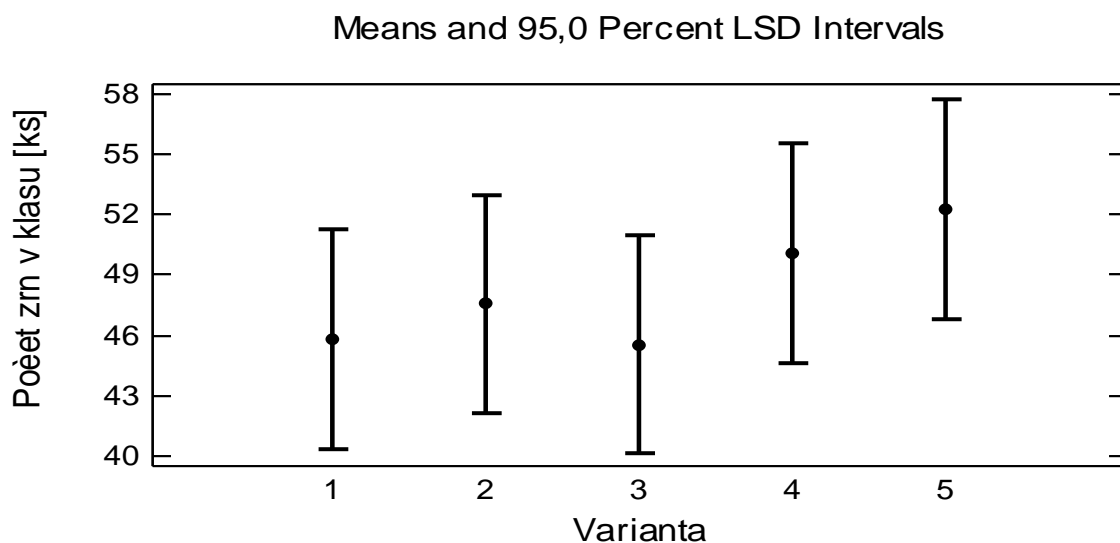
Tabulka 14: Obsah škrobu u jednotlivých variant

varianta	1	2	3	4	5
Škrob %	64,03	64,28	64,53	64,8	66,18

Obsahy škrobu v % zastoupení nebyli příliš odlišné. Pohybovali se stále na úrovni 64 % až 65 %. Pouze varianta č. 5 měla vyšší nárůst v zastoupení škrobu v zrně, zde byli výsledky až 66 % škrobu.

6.1.6 Počet zrn v klasu

Graf 11: Statistické vyhodnocení znaku – počet zrn v klasu v ks



Tabulka 15: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – počet zrn v klasu

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-1,75	10,9205
1 - 3	0,25	10,9205
1 - 4	-4,25	10,9205
1 - 5	-6,5	10,9205
2 - 3	2,0	10,9205
2 - 4	-2,5	10,9205
2 - 5	-4,75	10,9205
3 - 4	-4,5	10,9205
3 - 5	-6,75	10,9205
4 - 5	-2,25	10,9205

Tabulka 16: Počet zrn v klase u jednotlivých variant

varianta	1	2	3	4	5
Počet zrn	45,5	45,75	47,5	50	52,25

Počet zrn byl téměř stálý u varianty 1-2, dále i u variant 3, 4, 5 vidíme vyšší počet zrn. Opět varianta č. 5 měla nejvyšší zastoupení v počtu zrn.

7. Diskuze

Dopady změn klimatu jsou nejvíce patrné v produktivitě zemědělských plodin, protože tento parametr představuje součást největšího zájmu producentů i spotřebitelů (Hatfield and Prueger, 2015).

Průměrné roční teploty činily v letech 1937 až 2000 asi 9,2 °C (v Praze 9,5; v Brně 8,9 °C), suma ročních srážek 482,5 mm (v Praze 455,4 a v Brně 509,5 mm). V letech s vysokými úhrny srážek byly nižší výnosy pšenice, ječmene, žita i luskovin. Vyšší celoroční teploty prospívaly výnosům pšenice (Chloupek a Hrstková, 2004).

Vegetační rok 2016/17 se zásadně lišil od roků 2013/14, 2014/15 i 2015/16. Ty totiž byly velmi podobné v tom, že měly velmi teplé zimy. Rok 2016/17 se vyznačoval poměrně tvrdou a časnou zimou. V roce 2016 propadly výnosy všech plodin, příčinou bylo hlavně sucho mezi 12.5. až 24.7.2017.

Němečtí vědci při výzkumu plodin na teploty došli k jednoznačnému závěru: Sklizeň těchto plodin utrpí změnou klimatu závažnou škodu. Při extrémně vysokých teplotách nad 36 °C se očekává ještě další snížení výnosů. Pšenice reaguje negativně na podzimní mrazíky a studené jarní počasí.

Schauberger (2000), především zdůrazňuje prevenci problémů, které mohou způsobit extrémní teploty, by měla být na prvním místě v obraně proti následkům klimatické změny. Nejlepší adaptace na klimatickou změnu je zmírnění jejich dopadů.

Günter Jacobs provedl testy, jeho výsledky ukázaly, že zejména na lehkých, sorpčně slabých půdách je při časně aplikaci vysoké dávky kejdy nebo digestátu vhodné přidání inhibitorů nitrifikace, aby se snížilo riziko ztrát dusíku. Lze tak minimalizovat riziko, že již nitrifikovaný dusík bude při následných srážkách vymýván. Kromě toho může být zpoždění dodávek dusíku do půdy způsobené inhibitory nitrifikace výhodou, protože tak lze zabránit příliš hustým porostům (Koubová, 2013).

Nové dusíkaté hnojivo Urea stabil bylo zaregistrováno v roce 2006 a je na rozdíl od podobných hnojiv na českém a zahraničním trhu cenově srovnatelné s běžně používanými dusíkatými minerálními hnojivy. Hlavní předností hnojiva Urea stabil ve srovnání s běžně používanými minerálními dusíkatými hnojivy je vysoký obsah dusíku, velmi dobrá rozpustnost ve vodě a již po malém množství srážek (5 mm) transport nepolární molekuly močoviny ke kořenům rostlin (Růžek a Pišánová, 2006).

Pokud vezmeme v úvahu problémy s únikem dusíku a ztráty ve výživě rostliny, je zcela na místě použití některých z přípravků např. zde uvedených (Urea stabil, FertiStar aj.) k zamezení těmto ztrátám. Jak víme, dusík je nezastupitelným prvkem pro výživu, proto již mnoho podniků využívá tyto inhibitory a ztráty jsou v podobě přeměn N, jsou značně omezeny. Veškerou roli v působení inhibitoru sehrává klima i samotná aplikace, tudíž nesmíme podcenit agrotechniku a správný čas samotné aplikace.

9. Závěr

Z výsledků, jenž byli provedeny je zřejmé, že lépe na kvalitu a výnos reagovali varianty hnojené bez inhibitoru (močovina, LAD). Lze ale konstatovat, že rozdíly nebyli příliš razantní, ale nejvíce se osvědčila varianta hnojená pouze močovinou, a to v regeneračním a kvalitativním hnojení.

Avšak, nelze říci, že by inhibitory neprospívaly lepšímu vstřebávání dusíku a zabránění jeho ztrátám. Zde musíme konstatovat, že nepříznivé klima a teploty působily velmi neuspokojivě na náš pokus, proto doporučujeme dále pokračovat v pokusu. Testované varianty byly ovlivněny suchem i vysokou teplotou, tedy stresy, které se během vegetace v našich klimatických podmínkách v průběhu vegetace prakticky vždy vyskytují.

10. Doporučení pro praxi

- Podnik Agros Kojice v Pardubickém kraji doporučuje používání hnojiv s inhibitorem – Urea stabil.
- Po jeho aplikaci byli značně sníženy ztráty N v podobě čpavku
- Doporučují použití s dalšími hnojivy např. DASA
- Čermák (Agros Kojice) tvrdí, že se výrazně zpomalily přeměny NH_4 na NO_3 a následný únik v podobě čpavku
- Růžek a Pišánová (2006) tvrdí, že v příštích letech bude hnojivo Urea stabil dodáváno farmářům na základě jejich konkrétních požadavků (např. granulace podle způsobu aplikace a použité aplikační techniky) a podmínek stanoviště (úhrn srážek, vlastnosti půdy včetně způsobu zpracování, pH, aktivity enzymu ureázy apod.)
- Dnes využívá převážně každé zemědělství tyto inhibitory. Výsledky z praxe i výzkumu nám ukazují, že inhibitory mají dobrý vliv z hlediska ztrát i výživy.
- Každý agronom má na výběr z velké nabídky močoviny s inhibitorem a rozhoduje se dle ceny, doby působení aj. vlastností.

11. Seznam literatury

Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., Vallejo A. 2014. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 189. 136–144.

Asseng, S., Foster, I., Turner, N. C. 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*. 17 (2). 997–1013.

Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M. 2012. *Bilance dusíku v zemědělství*. Praha. Česká zemědělská univerzita v Praze. 40 s. ISBN: 978-80-213-2329-2.

Barlow, K. M., Christy, B. P., Leary, G. J., Riffkin, P. A., Nuttall, J. G. 2015. Simulation of Extreme Heat and Fat Impact on Wheat Production: Review. *Police Crop Res*. 171. 109–119.

Bouma, D. Hnojení ozimé pšenice dusíkem na jaře nemusí být složité [online]. *Úroda*. 22. února 2018 [cit. 2017-09-15]. Dostupné z <<http://uroda.cz/hnojeni-ozime-dusikem-psyenice-na-jare-nemusi-byt-slozite>>.

Bouma, D. Přenos chorob pšenice osivem [online]. *Úroda*. 4. září 2017 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z <<http://uroda.cz/prenos-chorob-psyenice-osivem>>.

Edmeades, D., C. 2004. Nitrification and Urease Inhibitors. *Environment Bay of Plenty*. p. 32. ISBN: 1175–9372.

Fageria, N. K., Baligar, V. C. 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Advances in Agronomy*. 88. 97–185.

Faměra, O., 1993. *Základy pěstování ozimé pšenice*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 51 s. ISBN: 80-7105-045-8.

Franzen, D. W. 2013. Volatilization losses from urea. *Wisconsin Crop Management Conference*. 52. 142–146.

Fredriksson, H., Salomonsson, L., Salomonsson A. 1997. Wheat grown with organic fertilizers and urea: baking properties and dough properties. *Acta Agriculture Scandinavica*. 47 (1). 35–42.

Hatfield, J. L., Prueger J. H. 2015. Extreme temperatures: Impact on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. 10. 4–10.

Hawkesford, M. J., 2003. Sulfur intake and transport, Sulfur in plants. Dordrecht, Nizozemsko Kluwer Academic Publishers. 71–86.

Hlušek, J., 2004. *Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 56 s. ISBN: 80-7271-147-4.

Horčíčka, P., Čapek J., Kocourková Z., Bížová, I., Veškrna O., Bláha, T., Skala, R., Sedláček, T. 2012. *Pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice*. Kurent s.r.o. České Budějovice. 37 s. ISBN: 978-80-87111-31-4.

Huber, J., Morris B. 1979. Response of Winter Wheat to Inhibiting Nitrification of Fall-Applied Nitrogen. *Agronomy Journal*. 4 (5). 272–283.

Hůla, J., Abrhám, Z., Bauer, F. 1997. *Zpracování půdy*. Praha. 144 s. ISBN: 80-2090265-1.

Hůla, J., Procházková, B. *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press. 246 s. ISBN: 9788086726281.

Chloupek, O., Hrstková P. 2004. Yield and Its Stability, Crop Diversity, Adaptability and Response to Climate Change, Weather and Fertilisation over 75 Years in the Czech Republic in Comparison to Some European Countries. *Field Crops Research*. 85. 167–190.

Kant, S., Rothstein J., Bi Y. 2010. Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. Canada. 62 (1). 1499–1509.

Kosikowska, P., Berlicki, L. 2011. Urease inhibitors as potential drugs for gastric and urinary tract infections: a patent review. *Expert Opinion on Therapeutic*. 21 (6). 945–957.

Koubová, D. Dusík je třeba chránit inhibitory nitrifikace [online]. *Agronavigátor*. 15. ledna 2013 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z <http://agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=124411&ids=104>.

Krajewska, B. 2009. Urease I. Functional, catalytic and kinetic properties. *Journal of Molecular Catalysis*. 1 (3). 9–21.

Kumar, K., Goh, M. K. 2002. Management practices of antecedent leguminous and non-leguminous crop residues in relation to winter wheat yields, nitrogen uptake, soil nitrogen mineralization and simple nitrogen balance. *European Journal of Agronomy*. 16 (4). 295–308.

Mašek, J., Novák P. 2017. Současné trendy zpracování půdy. *Agrojournal*. Praha. 17. 22–25.

Meehl, G. A., Stocker T. F., Collins W. D., 2007. Global Climate Projections, in the Intergovernmental Panel on Climate Change [online]. Scientific Research Publishing. August 7th 2014 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z [http://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1253915](http://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1253915).

Miller, A., Cramer J. 2004. Acquisition and Assimilation of Root Nitrogen. *Plant soil*. p. 274. ISBN: 11104-004-0965-1.

Mráz, J. 2013. Močovina a vliv inhibitorů. *Agrární obzor*. 9. 8–9.

Neuerburg, W., Padel, S. 1994. *Ekologické zemědělství v praxi*. Praha. 476 s.

Neumann, K., Verburg, P. H., Stehfest, E., Muller, Ch., 2010. The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems*. 103 (5). 316–326.

NIIR Board of Consultants & Engineers. 2006. Wheat, Rice, Corn, Oat, Barley and Sorghum Processing Handbook. Asia Pacific Business Press Inc. p. 464. ISBN: 81-7833-002-4.

Novák, J., Skalický, M., 2012. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Ed. 3. Poweprint. Praha. 336 s. ISBN: 978-80-87415-53-5.

Ortiz, R., Kenneth, D. S., Govaerts, B., Grupta R., Subbarao, G. V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J. M., Ortiz-Monasterio, J., Reynolds, M. 2008. Climate change: can the wheat beat the heat? Agriculture, the ecosystem and the environment. 126. 46–58.

Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková I., Tichý, F., Váňová M. 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Agrotest. Kroměříž. 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1.

Postgate, J. 1998. Nitrogen Fixation. Cambridge University Press. p. 112. ISBN: 521-64047-4.

Raun, W. R., Johnson, G. V., 1999. Improving the efficiency of nitrogen use in the production of cereals, Agronomic Journal. 91. 57–363.

Rice, E. L., Pancholy S. K. 1972. Inhibition of Nitrification by Climax Ecosystems. Journal of Botany. 59. 1033-1040.

Richter, R. 1993. Kapalná hnojiva a jejich použití ve výživě rostlin. Agrochemie. 33 (1). 19–21.

Richter, R. Dusík v půdě [online]. Multimediální učební texty z výživy rostlin. 16. ledna 2007 [cit. 2017-11-16]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_n.htm> .

Richter, R. Nároky pšenice na výživu [online]. Multimediální učební texty z výživy rostlin. 25. ledna 2005 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/psenice_ozima.htm> .

- Richter, R., Škarpa, P., 2013. Mimoskořenová výživa u polních plodin. *Úroda*. 59 (3). 67–68.
- Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R. 2011. Kvalitativní hnojení pšenice dusíkem. *Rostlinná výroba. Zemědělec*. 21. 22–33.
- Růžek, P., Pišanová, J. 2006. *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 48 s. ISBN: 80-86555-96-8.
- Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Miralles, D. J., Pedrol, H. M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research*. 113 (2). 170–177.
- Shewry P. R., Halford, N. G., 2002. Protein Storage Proteins: Structures, Properties and Role Using Grain, *Bulletin of Experimental Botany*. 53. 947–958.
- Shoji, S., J., Delgado, A., Mosier and Miura, Y. 2007. Use of controlled fertilizers and nitrification inhibitors to increase water efficiency and water and air protection. *Communication in soil research and plant analysis*. 32 (7-8). 1051–1070.
- Schauberger, V. 2000. *The Fertile Earth: Nature's Energies in Agriculture, Soil Fertilisation and Forestry*. Ecotechnology. p. 224. ISBN: 978-1858600604.
- Scheffer, B. 1994. Application of nitrogen fertilizers with nitrification inhibitors in water drainage areas. *GWF, GasWasserfach*. 135 (1). 15–19.
- Singh, S. N., Verma, A. 2017. Environmental Review: The Potential of Nitrification Inhibitors to Manage the Pollution Effect of Nitrogen Fertilizers in Agricultural and Other Soils: A Review. 266–279.
- Slavoj, P., Burešová I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M. 2009. *Metodika pěstování ozimé pečárenské pšenice*. Agrotest fyto, s.r.o. Kroměříž. 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1.

Smit, B., Skinner, M. W., 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 7 (1). 85–114.

Středa, T., Heřmanská A. 2015. Šlechtění na větší kořenový systém přináší efektivnější využití vody a živin. *Časopis Živa*. 15 (3). 9–8.

Škarpa, P., Ryant P., Antošovský J. Přípravky na ochranu rostlin, hnojiv a osiv [online]. *Agromanual*. 8. září 2016 [cit. 2017-11-10]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zakladni-hnojeni-psenice-ozime>>.

Thompson, M. L., 1975. Weather Variability, Climatic Change, and Grain Production. *Science*. 188. 535–541.

Vaněk, V., a kol. Dusík v půdě a jeho přeměny [online]. Agrární www portál. 27. listopadu 1997 [cit. 2017-12-09]. Dostupné z <<http://www.agris.cz/clanek/118806/dusik-v-pude-a-jeho-premeny>>.

Vistoso, E., Alfaro, M., Saggar, S., Salazar, F. 2012. Effect of nitrogen inhibitors on nitrous oxide emissions and pasture growth after an autumn application in volcanic soil. *Journal of Agricultural Research*. 72. 133–139.

Watson, C. J., Miller, H., Poland, P., Kilpatrick, D. J., Allen, M. D. B., Garrett, M. K., Christianson, C. B. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-BUTYL) thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biology and Biochemistry*. 26 (9). 1165–1171.

Watson, C., J. 2005. Inhibitory Urease. International Conference of IFA on Frankfurt Higher Efficiency Workshop. 28–30.

Watsonová, R., J. 1990. Effectiveness of the urease inhibitor NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) for improving the efficiency of urea for ryegrass production. *Fertilizer research*. 24 (1). 11–15.

Zanin, L. 2016. Short-term treatment with the urease inhibitor N- (n-butyl). *Front Plant Sci* 6. 1007.

Zhao, F. J., 1997. Sulfur nutrition: an important factor in the quality of wheat and rape, *soil science and plant nutrition*. 43. 1137–1142.

Zimolka, J., a kol., 2005. *Pšenice*. Profi Press. 181 s. ISBN: 978-80-8672-609-0.

12. Přílohy

Obrázek 1: (Záhora, 2012).....	18
Obrázek 2: FertiStar hnojivo.....	56
Obrázek 3: FertiStar.....	56

Graf 1: Průměrné výnosy plodin pšenice, ječmen, řepka aktuálně k 15.8.2017 (uvedlo ČSÚ).....	11
Graf 2: Průměrné výnosy plodin pšenice, ječmen, řepka aktuálně k 15.8.2017 (uvedlo ČSÚ).....	11
Graf 3: Shrnutí údajů z tříleté studie (Webinar by Nafziger, 2017)	25
Graf 4: Výnosy v ČR v roce 2015-2017	28
Graf 5: Průběh srážek ve vegetačním roce 2016/2017	28
Graf 6: Statistické vyhodnocení znaku – výnos t/ha.....	38
Graf 7: Statistické vyhodnocení znaku – objemová hmotnost	39
Graf 8: Statistické vyhodnocení znaku – HTZ (g).....	40
Graf 9: Statistické vyhodnocení znaku – obsah N látek	41
Graf 10: Statistické vyhodnocení znaku – obsah škrobu v %.....	42
Graf 11: Statistické vyhodnocení znaku – počet zrn v klasu v ks	43

Tabulka 1: Výsledky variant v pokusu	4
Table 2: Results fertilized in experiment.....	6
Tabulka 3: Schéma aplikací dusíkatých hnojiv a výsledky z variant pokusu.....	30
Tabulka 4: výsledky v měření kvantitativních znaků	37
Tabulka 5: Statistické rozdíly mezi jednotlivými varianty ve znaku – výnos t/ha.....	38
Tabulka 6: Výnosy v t/ha u jednotlivých variant.....	38
Tabulka 7: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku – objemová hmotnost	39
Tabulka 8: Objemová hmotnost u jednotlivých variant.....	39
Tabulka 9: Statistické rozdíly mezi variantami ve znaku HTZ	40
Tabulka 10: HTZ u jednotlivých variant	40
Tabulka 11: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah N látek.....	41
Tabulka 12: Obsah N látek u jednotlivých variant	41
Tabulka 13: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – obsah škrobu v %	42
Tabulka 14: Obsah škrobu u jednotlivých variant	42
Tabulka 15: Statistické rozdíly mezi jednotlivými variantami ve znaku – počet zrn v klasu ..	43
Tabulka 16: Počet zrn v klase u jednotlivých variant.....	43

Obrázek 2: FertiStar hnojivo



Obrázek 3: FertiStar

