

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin**

---



**Ovlivnění výnosu a kvality pšenice ozimé použitím  
stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Bc. Petr Minařík

---

Brno 2016



## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Zpracovatel : **Bc. Petr Minařík**  
Studijní program: Fytotechnika  
Obor: Fytotechnika  
Název tématu: **Ovlivnění výnosu a kvality pšenice ozimé použitím stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou**  
Rozsah práce: cca 50 – 60 stran

### Zásady pro vypracování:

1. Téma navazuje na bakalářskou práci "Dusíkato-sírná hnojiva s inhibitory nitrifikace ve výživě pšenice ozimé"
2. Studium literárních pramenů týkajících se řešené problematiky.
3. Zpracování literární rešerše se zaměřením na výživu pšenice ozimé dusíkem a sírou a na stabilizovaná hnojiva.
4. Založení a vedení maloparcelkového polního pokusu s aplikací stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou na bázi hnojiva DASA.
5. Posouzení vlivu sledovaných hnojiv na výnosové a kvalitativní parametry sklizeného zrna pšenice.
6. Statistické zhodnocení dosažených výsledků, formulace závěrů a doporučení.



Seznam odborné literatury:

1. ZIMOLKA, J. – HRIVNA, L. – JÁNSKÝ, J. – MAREČEK, J. – RICHTER, R. *Pšenice – pěstování hodnocení a využití zrna*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2005. 180 s. ISBN 80-86726-09-6.
2. FECENKO, J. – LOŽEK, O. *Výživa a hnojení polních plodin*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000. 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
3. KNOP, K. *Charakteristika a vlastnosti pomalu působících dusíkatých hnojiv*. Praha: ÚVTI, 1975. 128 s.
4. VANĚK, V. a kol. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007. 167 s. ISBN 978-80-86726-25-0.
5. RYANT, P. a kol. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. [online]. 2004. URL: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin).
6. RYANT, P. a kol. Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2003. URL: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin).
7. Marschner, H.: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, 1993, 889 s.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2014

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2016

L. S.

  
**Bc. Petr Minařík**  
Autor práce



  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**Ing. Petr Škarpa, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu

  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Ovlivnění výnosu a kvality pšenice ozimé použitím stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D. za vedení, odborné rady a trpělivost při zpracovávání diplomové práce. Dále děkuji Ing. Haně Syrové a Ing. Jiřímu Antošovskému za pomoc a poskytnuté informace.

## **ABSTRAKT**

*Ovlivnění výnosu a kvality pšenice ozimé použitím stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou*

Tato diplomová práce hodnotila vliv stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou (ENSIN a ENTEC 26) a dusíkatých hnojiv se sírou bez inhibitorů (DASA) ve výživě pšenice ozimé. V tříletém vegetačním pokusu byl sledován vliv stabilizovaných dusíkatých hnojiv na výnos a kvalitativní parametry zrna pšenice ozimé. Pokus byl prováděn formou maloparcelkového pokusu na dvou lokalitách (Žabčice u Brna a Vatín u Žďáru nad Sázavou). Do pokusu bylo zařazeno následujících 6 variant: 1. nehnojená kontrola, 2. DASA + DASA, 3. ENSIN, 4. ENTEC 26, 5. LAD + ENSIN, 6. LAD + ENTEC 26.

Na všech hnojených variantách došlo k signifikantnímu zvýšení výnosu oproti nehnojené kontrole (v průměru o 22,4 – 37,3 %). Nejvyššího průměrného výnosu za tři roky dosahovala varianta LAD + ENSIN a to na lokalitě Vatín i Žabčice. Na lokalitě Vatín dosáhla nejvyššího průměrného výnosu 7,39 t/ha a na lokalitě Žabčice 7,61 t/ha. Tato varianta dosáhla i nejvyššího obsahu N – látek i sedimentační hodnoty. Pouze u objemové hmotnosti byla lepší varianta LAD + ENTEC 26, nejednalo se však o průkazný rozdíl. Varianta LAD + ENSIN byla nejefektivnější i z hlediska ekonomické rentability.

**Klíčová slova:** dusík, síra, stabilizovaná hnojiva, inhibitor nitrifikace, pšenice ozimá, výnos zrna, kvalita zrna

## **ABSTRACT**

*The effects of stabilized nitrogenous fertilizers with sulphur on the yield and qualitative parameters of winter wheat*

This thesis examined the effects of applied stabilized nitrogenous fertilizers with sulphur (ENSIN and ENTEC 26) and nitrogenous fertilizers without inhibitors (DASA) in the nutrition of winter wheat. The effect of various forms of stabilized nitrogenous fertilizers on the yield and qualitative parameters of winter wheat was studied during a three-year vegetative experiment. The experiment was carried out in the form of a small plot experiment in two localities (Žabčice near Brna and Vatín near Žďáru nad Sázavou). The experiment included the following six variants of fertilisation: 1. unfertilised control, 2. DASA + DASA (ammonium nitrate and ammonium sulphate), 3. ENSIN, 4. ENTEC 26, 5. LAD (ammonium nitrate with dolomite) + ENSIN, 6. LAD + ENTEC 26.

On all fertilized variants there was a significant increase in yield compared to the unfertilized control (an average of 22.4 to 37.3 %). The highest average yield for three years amounted variant LAD + ENSIN in the locality Vatín and Žabčice. The maximum average yield 7,39 t/ha reached the option LAD + ENSIN in the locality Vatín and 7,61 t/ha in the locality Žabčice. This variant also achieved the highest content of N - substances and sedimentation value. Only in bulk density was better option LAD + ENTEC 26, however, there was no significant difference. Variant LAD + ENSIN was effective also in terms of economic efficiency.

Key words: nitrogen, sulfur, stabilized fertilizer, nitrification inhibitor, winter wheat, grain yield, grain quality

## OBSAH

1	ÚVOD .....	10
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	11
2.1	Dusík.....	11
2.1.1	Dusík v půdě .....	11
2.1.1.1	Formy a přeměny dusíku v půdě .....	11
2.1.1.2	Ztráty a vyplavování dusíku v půdě .....	13
2.1.1.3	Zdroje dusíku .....	14
2.1.2	Dusík v rostlinách .....	14
2.1.2.1	Příjem dusíku rostlinami.....	14
2.1.2.2	Projevy nedostatku dusíku v rostlinách.....	15
2.1.2.3	Projevy nadbytku dusíku v rostlinách .....	16
2.1.3	Hnojení dusíkem .....	16
2.2	Síra.....	17
2.2.1	Síra v půdě .....	18
2.2.1.1	Formy síry v půdě.....	18
2.2.1.2	Přeměny síry v půdě .....	18
2.2.1.3	Ztráty a vyplavování síry z půdy .....	19
2.2.1.4	Zdroje síry .....	20
2.2.2	Síra v rostlinách .....	21
2.2.2.1	Příjem síry rostlinou .....	21
2.2.2.2	Projevy nedostatku síry v rostlinách.....	21
2.2.2.3	Projevy nadbytku síry v rostlinách .....	22
2.2.3	Hnojení sírou.....	22
2.2.4	Vliv síry na kvalitativní a kvantitativní vlastnosti zrna .....	23
2.3	Minerální dusíkatá hnojiva .....	23
2.4	Pomalou působící dusíkatá hnojiva .....	26
2.4.1	Kondenzáty močoviny .....	26
2.4.2	Obalovaná hnojiva .....	27
2.4.3	Stabilizovaná hnojiva.....	27
2.4.3.1	Inhibitory nitrifikace.....	28
2.4.3.2	Inhibitory ureázy.....	29



3	CÍL PRÁCE.....	31
4	MATERIÁL A METODIKA .....	32
4.1	Charakteristika pokusných lokalit .....	32
4.1.1	Charakteristika polní pokusné stanice Žabčice.....	32
4.1.1.1	Půdní podmínky.....	32
4.1.1.2	Klimatické podmínky .....	32
4.1.2	Charakteristika polní pokusné stanice Vatín .....	34
4.1.2.1	Půdní podmínky.....	34
4.1.2.2	Klimatické podmínky .....	34
4.2	Metodika pokusu .....	36
4.2.1	Obsah živin v půdě .....	36
4.2.2	Metodika založení a vedení pokusu.....	37
4.2.3	Zvolené varianty hnojení pšenice ozimé.....	40
4.3	Odrůda použitá v pokusu.....	41
4.4	Hnojiva použitá v pokusu .....	41
4.5	Použité analytické metody.....	43
4.5.1	Analýza půdy .....	43
4.5.2	Analýza zrna pšenice .....	43
5	VÝSLEDKY .....	44
5.1	Výnos zrna pšenice ozimé .....	44
5.2	Objemová hmotnost zrna pšenice ozimé .....	47
5.3	Obsah N – látek v zrna pšenice ozimé .....	50
5.4	Sedimentační hodnota zrna pšenice ozimé.....	54
5.5	Ekonomická efektivnost použitých hnojiv .....	57
5.5.1	Lokalita Vatín .....	57
5.5.2	Lokalita Žabčice .....	58
6	DISKUZE.....	60
7	ZÁVĚR.....	63
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	64
9	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	73
10	SEZNAM TABULEK.....	73
11	SEZNAM GRAFŮ .....	74

# 1 ÚVOD

Výjimečnost postavení pšenice ozimé v České republice vyplývá z jejího zastoupení ve struktuře plodin pěstovaných na orné půdě. S téměř 830 000 hektary osetou osevní plochou v roce 2015 je nejrozšířenější plodinou a zaujímá 33,8 % výměry z orné půdy v ČR. Pšenici ozimou řadíme mezi plodiny náročné na půdní podmínky a živiny. Úkolem výživy a hnojení je vytvořit plodině co nejpříznivější podmínky pro růst a vývoj tak, aby byl zajištěn optimální výnos a požadovaná kvalita produktu. Je tedy důležitý výběr správného minerálního hnojiva. S aplikací hnojiv však může docházet ke ztrátám dusíku z půdy vyplavováním nebo únikem dusíku do ovzduší. Nemožnost plného využívání dusíku z aplikovaných hnojiv a dusíku z půdy je nejen ekonomickou ztrátou, ale i nadbytečnou zátěží životního prostředí. Jednou z možností zamezení ztrát dusíku je používání stabilizovaných dusíkatých hnojiv.

Stabilizovaná dusíkatá hnojiva přináší pro zemědělce řadu výhod. Mezi nejvýznamnější výhody patří výrazné omezení ztrát dusíku do ovzduší či vyplavení. Další výhodou je vyšší flexibilita termínu aplikace a snížení počtu aplikací těchto hnojiv. Stabilizovaná dusíkatá hnojiva s inhibitory jsou základním předpokladem pro uplatnění nových technologických postupů ve výživě rostlin, jejichž cílem je zvýšit efektivnost hnojení dusíkem.

Efektivní využití dusíku, a tím i dosažení odpovídajícího výnosu, je přímo závislé na dostatečném přísunu síry. Síra je důležitým prvkem při syntéze bílkovin. Metabolismy síry a dusíku jsou vzájemně provázané a bez dostatečného množství síry nemohou plodiny efektivně využívat dusík a další důležité prvky. V souvislosti se změnami v průmyslové výrobě a ekologickými investicemi v poslední době klesly emise oxidu siřičitého v České republice. Byl tak omezen významný zdroj síry pro výživu rostlin. Bez dostatečného množství síry plodiny nemohou dosáhnout svého plného potenciálu, pokud jde o výnos nebo obsah bílkovin v zrna. Jestliže se má kvalita plodin udržet na nynější úrovni, musí být redukce atmosférické síry alespoň z části nahrazena hnojením. Jako vhodné řešení se nabízí využívání stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Dusík

Dusík spolu s uhlíkem představují nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Dusík patří mezi nepostradatelné živiny nejen pro rostliny, ale také pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů (Vaněk et al., 2007).

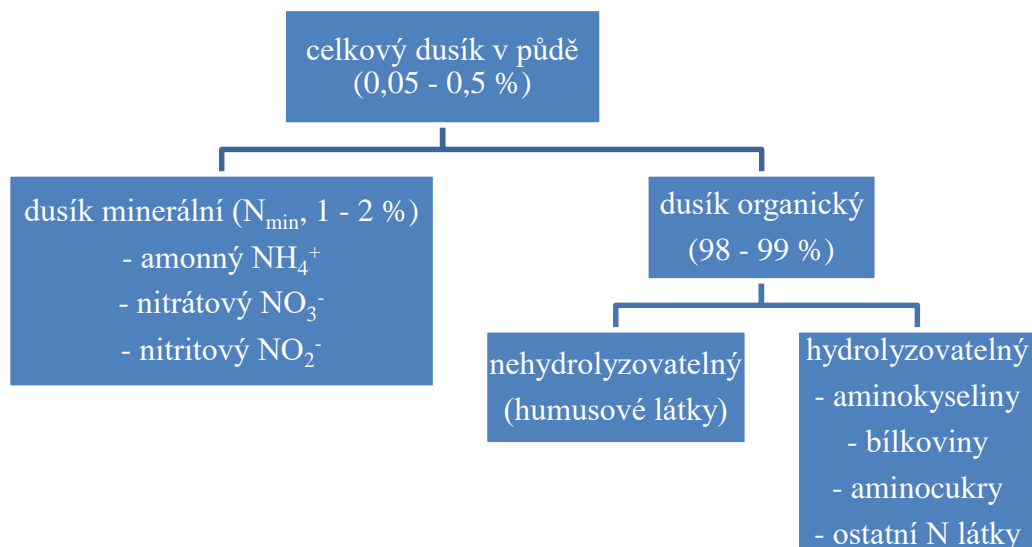
#### 2.1.1 Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě dosahuje v průměru hodnot 0,05 – 0,5 %. V orniční vrstvě převážné části půd ČR je 0,1 - 0,2 % veškerého dusíku. Organický dusík v půdě tvoří 98 až 99 % veškerého dusíku v ornici, zbytek představuje dusík ve formě minerální (Richter, 2007a).

##### 2.1.1.1 *Formy a přeměny dusíku v půdě*

Dusík je velmi pohyblivý prvek, který cirkuluje mezi půdou, atmosférou a živými organismy. Podíl minerálního dusíku v půdě je tvořen ionty  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ , které se nacházejí buď v půdním roztoku, nebo jsou výměnným způsobem vázané. Tvorba anorganického dusíku je vyvolaná rozkladem půdní organické hmoty (Fecenko et Ložek, 2000).

Podíl organicky vázaného dusíku v půdě tvoří převážnou část (až 98 – 99 %) celkového dusíku. Obsah celkového dusíku v půdě se často dává do vztahu  $C_{ox}$  a vyjadřuje se jako poměr C:N. V našich zemědělských půdách je uváděna průměrná hodnota C:N 10-12:1.



Obrázek 1: Formy dusíku v půdě (Ivanič et al. 1984)

Dusík v půdě podléhá četným přeměnám. Jsou pozorovány dva protichůdné procesy – mineralizace a imobilizace. V případě imobilizace dochází k syntéze složitých organických sloučenin z minerálních forem dusíku (Vaněk et al., 2007). Při opačném procesu dochází k mineralizaci organických dusíkatých látek přes polypeptidy, peptidy, aminokyseliny na amoniak a ten se následně oxiduje přes dusitany až na dusičnany.

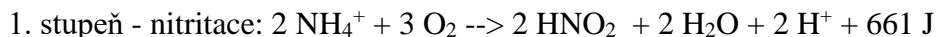
Rostlinná a živočišná bílkovina → polypeptidy → peptidy → aminokyseliny → NH<sub>3</sub>

Obrázek 2: Schéma mineralizace organických dusíkatých látek

V biologicky činných půdách je NH<sub>3</sub> oxidován v procesu nitrifikace. Nitrifikace je oxidací amonné formy na nitrit a nitrát nebo obecněji biologická přeměna organických a anorganických sloučenin dusíku z redukovaných forem na oxidovanější (Šimek, 2003).

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních. Na prvním stupni se podílejí nitritační bakterie (*Nitrosomans* a další), na druhém nitratační (*Nitrobacter*). Nejdříve se oxidací amonných solí v půdě tvoří dusitany. Tuto reakci označujeme jako nitritace a probíhá působením bakterií rodu *Nitrosomonas*. Další oxidací vlivem bakterií *Nitrobacter* vznikají z dusitanů dusičnany. Tuto přeměnu nazýváme nitratace. Intenzita nitrifikace závisí na dostatečném provzdušněním půdy, teplotou v rozmezí 15 – 30 °C (Yan et al., 2015) a vlhkostí 40 – 60 % MVK (maximální vodní kapacity). Pro nitrifikaci je rozhodující aerobní prostředí a pH. Nejpříznivější hodnota pH se udává 6,5 – 8,5 (Černý, 2010).

Schéma nitrifikace:



Denitrifikace je naopak redukční proces, při němž jsou nitráty redukovány na oxidy dusíku až na elementární dusík (Vaněk et al., 2007).

### 2.1.1.2 Ztráty a vyplavování dusíku v půdě

Ke ztrátám dusíku dochází přes kapalnou i plynnou fázi. Ztráty dusíku přes kapalnou fázi jsou ovlivněné rozpustností dusíkatých hnojiv, poměrně rychlou oxidací  $\text{NH}_4^+$  iontu na dusičnany a dobrou pohyblivostí  $\text{NO}_3^-$  aniontu v půdě. Rawluk (2001) uvádí, že potenciál pro odpařování je největší, když dusíkaté hnojivo je aplikováno povrchově.

Ztráty dusíku jsou v průměru vyšší přes plynnou fázi než kapalnou. Je to způsobené reaktivností dusíkatých sloučenin a lehkou oxidací i redukcí biologickou cestou. Plynné ztráty vznikají důsledkem denitrifikace a volatilizace amoniaku. Při denitrifikaci se z půdy dusík do ovzduší uvolňuje ve formě oxidů dusíku ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), popřípadě elementárního dusíku ( $\text{N}_2$ ). Mechanismus denitrifikace lze zjednodušeně znázornit touto rovnicí:  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ .

Denitrifikace může probíhat dvěma způsoby. Přímá biologická denitrifikace se uskutečňuje pomocí enzymatických mechanismů mikroorganismů rodu *Pseudomonas* a *Micrococcus*, zatímco nepřímá denitrifikace probíhá na základě chemických reakcí (Fecenko et Ložek, 2000). Luo (2002) uvádí, že denitrifikace nastává, když je omezený přístup kyslíku, je vysoká koncentrace  $\text{NO}_3^-$ , půdní vlhkost, půdní uhlovodíky jsou dostupné a teplota je také vysoká.

Volatilizace amoniaku je vypařování (těkání) plynného  $\text{NH}_3$  z půdy a vody do atmosféry. Tento proces je nejintenzivnější v zásaditých a vysychajících půdách. K volatilizaci typicky dochází po hnojení močovinou. Z těchto hnojiv může uniknout až 5 - 25 % dusíku (McKenzie et al., 2007). Při použití ledkových hnojiv je intenzita volatilizace minimální.

### 2.1.1.3 Zdroje dusíku

Primárním zdrojem většiny dusíku, který v současnosti koluje v biosféře, je atmosféra. I když se tato forma dusíku nachází v půdě ve velkém množství (77,5 dílů  $N_2$ ), není bez předchozí ionizace pro vyšší rostliny přijatelná. Aby mohl být elementární dusík rostlinami přijatý, musí se nejdříve zoxidovat na  $NO_3^-$  nebo zredukovat na  $NH_4^+$ . Přirozenou ionizací vzdušného dusíku je například elektrický výboj při bouřce, kdy molekuly  $N_2$  oxidují na oxidy dusíku, popřípadě až na kyselinu dusičnou. Díky těmto reakcím se do půdy dostane ročně 10 – 40 kg dusíku na hektar (Richter, 2007a).

Velmi významným zdrojem půdního dusíku je fixace vzdušného dusíku bakteriemi. Fixaci vzdušného dusíku rozlišujeme na volnou a symbiotickou. Volnou fixací se ročně obohatí hektar půdy o 3 – 12 kg dusíku. Symbiotickou fixací se u bobovitých váže na hektar až 50 - 120 kg dusíku, u porostu vojtěšky a jetele mohou tyto hodnoty dosahovat až 300 kg dusíku na hektar. Symbiotická fixace je možná díky přítomnosti hlízkových bakterií rodu *Rhizobium* (Richter, 2004a).

### 2.1.2 Dusík v rostlinách

Dusík je základní stavební prvek. Je podstatnou součástí bílkovin, které jsou základní složkou veškeré živé hmoty, je obsažen v aminokyselinách nukleotidech, nukleových kyselinách, chlorofylu, enzimech a dalších sloučeninách (Lewis, 1986).

#### 2.1.2.1 Příjem dusíku rostlinami

Zdrojem dusíku pro rostliny je dusík z půdní organické hmoty, minerálních a organických hnojiv, ale i fixace vzdušného dusíku symbiotickými i nesymbiotickými bakteriemi a také elektrické výboje v atmosféře (Chow, 2010a).

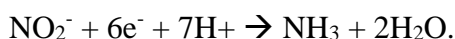
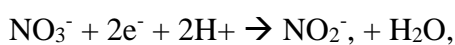
Dle Millera a Cramera (2005) jsou rostliny schopny přijímat z půdy dusík ve dvou iontových formách a to jako amonný kationt ( $NH_4^+$ ) nebo nitrátový aniont ( $NO_3^-$ ) a ve formě volných aminokyselin. Richter (2004a) uvádí, že za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Příjem  $NO_3^-$  aniontů převládá v kyselém prostředí a příjem  $NH_4^+$  může být vyšší v neutrálním a zásaditém prostředí. Dle Lewise (1984) je přístupnost dusíku pro rostliny závislá na rovnováze mezi mineralizací, nitrifikací a denitrifikací.

Vyšší rostliny do určité míry dokáží přijímat také některé organické látky jako aminokyseliny, močovinu a další (Ivanič et al., 1984). Marschner (1995) však tvrdí, že

v přirozených půdních podmínkách je příjem celých molekul močoviny málo pravděpodobný vzhledem k jejímu rychlému enzymatickému rozkladu.

Přijatý minerální dusík rostliny postupně využívají ke tvorbě organických dusíkatých sloučenin. Zatímco  $\text{NH}_4^+$  mohou rostliny bezprostředně využít k syntéze aminokyselin, nitrátový dusík je nutné nejdříve převést (redukovat) na dusík amonný. Redukce  $\text{NO}_3^-$  probíhá ve dvou stupních. Nejprve je enzymem nitrátoreduktázou (NR) redukován  $\text{NO}_3^-$  za vzniku  $\text{NO}_2^-$ , který je pak nitritoreduktázou (NiR) dále redukován na  $\text{NH}_3^-$  (Ryant, 2004a).

Schéma redukce nitrátového dusíku na amoniak:



### **2.1.2.2 *Projevy nedostatku dusíku v rostlinách***

Jak uvádí Vaněk et al. (2007), nedostatek dusíku počátkem vegetace má za následek omezení tvorby funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu rostlin, tvorby všech podstatných orgánů (listů, stonků, kořenů apod.). Při nedostatku dusíku v rostlině nastává proteolýza ve starších částech rostliny a dusík je z nich transportovaný do mladších listů a na tvorbu semen (Wang et al., 2000). Proteolýza způsobuje zmenšení chloroplastů a snižování obsahu chlorofylu. Proto prvním příznakem je žloutnutí starších listů. Při větším nedostatku může list odumřít a někdy i odpadnout.

Při nedostatku dusíku jsou rostliny slabší a nižší, často jsou porosty nevyrovnané a světlejší. Dle Sawyera (2004) nízký příjem dusíku může silně ovlivnit utváření výnosových prvků, např. u obilnin v době odnožování se sníží počet odnoží, v době diferenciaci vrcholu se sníží počet zrn v klasu, snižuje se olistění stébel atd. Klas je krátký, řídký a málo produktivní. Zrno má nižší hmotnost. Kořeny jsou v porovnání s nadzemní hmotou dlouhé, avšak do stran málo rozvětvené a jsou zbarvené do bíla. Rostliny trpící nedostatkem dusíku mají kratší vegetační období, dříve dozrávají, a proto poskytují nižší a méně kvalitní úrodu (Fecenko et Ložek, 2000).



Obrázek 3: Řídký a světle zelený porost pšenice ozimé deficitní dusíkem (Sawyer, 2004)

### **2.1.2.3 *Projevy nadbytku dusíku v rostlinách***

Nadbytek dusíku má za následek bujný růst rostlin. Při zvyšujícím se přebytku dusíku dochází k zasychání okrajů listů až k hnědým nekrotickým částem. Kováčik (2007) uvádí, že se v pletivech rostlin tvoří větší množství parenchymatických buněk na úkor sklerenchymatických. U obilnin jsou porosty husté, sytě zelené s bohatým olistěním, stébla jsou však tenká, delší, náchylná na poléhání a je zde větší předpoklad výskytu chorob zvláště houbovým (Richter, 2004b). Počet klasů i počet zrn v klasu je redukován. Zrno je malé, ale poměrně bohaté na bílkoviny v důsledku nedostatečného přesunu sacharidů při dozrávání (Fecenko et Ložek, 2000).

### **2.1.3 Hnojení dusíkem**

Při stanovení celkové dávky dusíku vycházíme z množství odebraného dusíku rostlinou. Pšenice je řazena do střední třídy náročnosti plodiny na potřebu živin. Balík (1993) uvádí průměrnou potřebu dusíku 25 kg na tvorbu 1 tuny zrna pšenice. Na určení dávky dusíku a termínu aplikace bude mít významný vliv zjištěná zásoba minerálního dusíku v půdě a stav porostu.

Základní hnojení pšenice ozimé dusíkem na podzim se většinou neprovádí, protože příjem živin rostlinou je na podzim malý a přes zimu se zastavuje. Yadav et al. (2005) tvrdí, že množství odebraného dusíku na podzim je menší než 10 % z celkového odběru dusíku. Haderlein et al. (2001) uvádí možnosti ztrát dusíku v průběhu zimy. Prasad (2009) doporučuje základní hnojení provést v případě nevhodných předplodin a po zaorávce slámy.



Odběr dusíku rostlinou se zvyšuje na jaře. Do začátku sloupkování rostliny přijmou v průměru asi 40 % N a intenzita jeho příjmu roste až do konce kvetení, kdy odebere dalších 30 % této živiny. Růžek et al. (2009) uvádí, že na určení dávky dusíku a termínu aplikace bude mít významný vliv zjištěná zásoba minerálního dusíku v ornici a podorničí a stav porostu. Při regeneračním hnojení středně odnožených porostů ozimé pšenice postupujeme podle zásady, že čím dříve začínáme s hnojením, tím více používáme hnojiva s amonnou a amidickou formou dusíku (DASA, močovina, UREA Stabil). Naopak při pozdějším a rychlém nástupu jara je možné použít nitrátovou formu dusíku (LAV). Tímto hnojením můžeme urychlit vývin porostu.

Po odnožení na počátku sloupkování aplikujeme produkční hnojení. Křen et al. (1998) uvádí, že produkční hnojení pozitivně působí na hustotu porostu i produktivitu klasů. Dávku dusíku volíme podle stavu porostů, výše regenerační dávky, předplodiny a odrůdy. Další upřesnění dávek dusíku je možné podle obsahu  $N_{\min}$  v půdě a anorganických analýz rostlin. Dusík se nejčastěji aplikuje v DAM 390 nebo LAV. Výhodná je aplikace roztoku močoviny.

Kvalitativní hnojení se provádí v období metání nebo krátce po něm. Je značně závislé na průběhu počasí, zvláště na vlhkostních podmínkách. Účinky použití rozdělených dávek dusíku mají tendenci být variabilní. Khan et al. (2013) však uvádí, že později aplikovaný dusík bývá účinnější při zvyšování obsahu bílkovin v zrně. Kvalitativní hnojení ovlivňuje také hmotnost tisíce zrn. Dusík můžeme aplikovat v LAV, DAM 390 nebo lze použít močovina. Zimolka et al. (2005) doporučuje používat pevná hnojiva před kapalnými, abychom se vyhnuli popálení porostu.

## **2.2 Síra**

Síra je nepostradatelný prvek pro růst rostlin. Patří mezi makroživiny a je významnou složkou esenciálních aminokyselin, cysteinu a methioninu, které jsou nezbytnou součástí plnohodnotných bílkovin. Sloučeniny obsahující síru mají také vliv v rostlinných obranných mechanismech proti biotickým a abiotickým stresům (Zelený et Zelená, 1996). Scherer (2001) uvádí její potřebu pro metabolismus nitrátů.

### **2.2.1 Síra v půdě**

Celkový obsah síry v ornici půd se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,01 - 0,5 % (Černý, 2012). Faktorem ovlivňujícím obsah celkové síry v půdách je podloží, resp. matečná hornina. Chow (2010b) uvádí, že půdy s nízkým obsahem organické hmoty a chladné, vlhké půdy s pomalým rozkladem organické hmoty jsou náchylné k nedostatku síry. Podle posledních šetření Matuly (2001) se množství celkové síry v ornici půd ČR pohybuje nejčastěji v rozmezí 85 - 250 mg\*kg<sup>-1</sup>.

#### **2.2.1.1 Formy síry v půdě**

V půdě se síra vyskytuje ve formě anorganické a organické. Převážná část celkové síry v půdě je síra v organických sloučeninách, dle Vaňka et al. (2007) až 98 % celkové síry.

Organická síra se nachází v rostlinných, živočišných a mikrobiálních zbytcích ve formě bílkovin, polypeptidů a aminokyselin. Organické sloučeniny síry mohou být v oxidované i redukované formě. Oxidovanou formu představují estery s lipidy, polysacharidy i glukosynoláty. Sloučeniny v redukované formě představují aminokyseliny jako je cystein a methionin, jejich mineralizace je složitější (Vaněk et al., 2007).

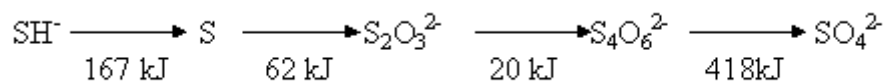
Anorganická síra je vysoce dynamickou složkou, která je hlavním přístupným zdrojem síry pro rostliny a tvoří zhruba 10 - 20 % z celkové síry (Tisdale et al., 1993). Je přítomna ve formě síranů a v nižších oxidačních stavech sulfidů, polysulfidů, siřičitanů, thiosíranů a elementární síry.

#### **2.2.1.2 Přeměny síry v půdě**

Za přeměnu síry v půdě jako je oxidace, redukce, mineralizace a imobilizace, jsou zodpovědné hlavně mikrobiální procesy, které jsou ovlivněny teplotou, vlhkostí, půdní reakcí a přístupností substrátu (Richter, 2007b).

Oxidaci síry v půdě, tzv. sulfurikaci, provádějí fotosyntetizující a chemolitotrofní bakterie, kdy redukované formy síry oxidují na sírany. Při tomto procesu se uvolňuje energie.

Schematicky lze proces sulfurikace znázornit takto:



Obrázek 4: Proces sulfurikace (Richter, 2007b)

Hlavními zástupci bakterií účastnících se redukčních pochodů, nazývajících se desulfurikace, jsou bakterie rodu *Desulfovibrio*. Při tomto procesu dochází k postupné redukce síranů na sirovodík.

Mineralizace organické síry v půdě se uskutečňuje prostřednictvím půdních mikroorganizmů, kdy dochází k uvolňování anorganických, pro rostliny přístupných, síranů z organické hmoty.

Významné jsou také imobilizační pochody, při kterých může být síran velmi rychle zpětně zabudován do organických forem. Jsou řízeny opět mikrobiální aktivitou a značně ovlivněny druhem substrátu (Richter, 2007b).

### 2.2.1.3 Ztráty a vyplavování síry z půdy

Jednou z hlavních příčin úbytku síry v půdách je její vyplavování ve formě síranu. Síranový aniont je vysoce mobilní v půdní vodě, neboť je slabě vázán na půdní částice a má vysokou mobilitu v půdním roztoku (Scherer, 2009). Mezi hlavní faktory ovlivňující intenzitu vyplavování patří půdní druh a vododržnost půdy, způsob obdělávání, hnojení sírou, intenzita mineralizace, zvětrávání, imobilizace a řada dalších půdních procesů. Adamson (2006) uvádí roční ztráty vyplavením 30 až 70 kg S na ha za rok v závislosti na mineralizaci, dávkou S v hnojivech a její formou a množstvím srážek hnojení. Z dalších možností jsou to ztráty půdní erozí, povrchovým smyvem nebo ztráty plynné.

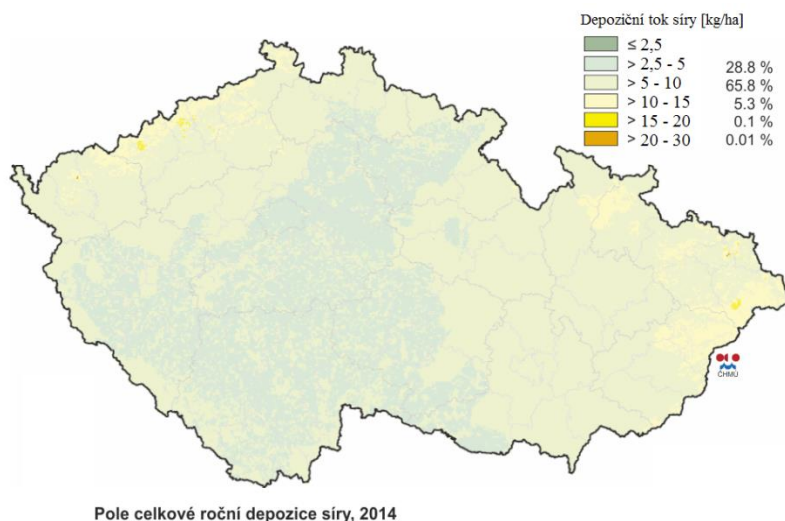
Ke snížení obsahu síry v půdě dochází i jejím odběrem pěstovanými plodinami. Náročnost na síru zemědělskými plodinami se pohybuje mezi 20 až 50 kg S na hektar (Zelený et Zelená, 1996).

#### 2.2.1.4 Zdroje síry

Mezi faktory obohacující půdní prostředí o síru řadíme atmosférické depozice, organické i minerální sloučeniny, popřípadě podzemní a závlahovou vodu.

Hlavním zdrojem organické síry jsou kořeny rostlin, posklizňové zbytky a statková hnojiva. Síra patří mezi látky, které se v přírodě vyskytují v elementární podobě. Také velké množství síry je uloženo v minerálech (např. pyrit, sádrovec, aj.) proto mezi zdroje síry pro rostliny patří i sírany rozpuštěné v podzemní a půdní vodě.

Mezi dalšími zdroji síry pro rostliny patří atmosférické depozice síry. S rozvojem průmyslové výroby se v důsledku spalovacích procesů dostávalo do ovzduší v podobě oxidu siřičitého stále větší množství síry, čímž se atmosféra stala silným zdrojem síry pro výživu rostlin. Rostliny jej přijímaly buď přímou adsorpcí povrchem listů, nebo následně kořeny z půdy. Ovšem díky zvýšenému úsilí o kvalitu životního prostředí došlo v Evropě a také v ČR v posledních deseti letech k výraznému poklesu produkce  $\text{SO}_2$ , přesněji k omezení jeho úniku do atmosféry (Tlustoš et al., 2001). Na obrázku 5 vidíme pole celkové roční depozice síry. Na 94,6 % území ČR činí přísun síry z atmosféry méně než 10 kg na hektar, což je množství menší než jaké potřebuje většina plodin k optimálnímu růstu a odpovídajícímu výnosu bez přihlídnutí k množství každoročně vyplavené síry.



Obrázek 5: Pole celkové roční depozice síry 2014 (Hůnová et al., 2015)

## **2.2.2 Síra v rostlinách**

Síra je v rostlinách především ve formě aminokyselin cysteinu a methioninu součástí všech bílkovin. Zásahuje do rozhodujících procesů látkové výměny a mění tak látkové složení rostlin (Sahota, 2006). Požadavek na obsah síry pro optimální růst rostlin uvádí Györi (2005) 0,1 – 0,5 %. Podle čeledí se obsah síry liší. Nejvyšší obsah síry mají brukvovité.

### **2.2.2.1 Příjem síry rostlinou**

Pro příjem síry rostlinami jsou rozhodující anorganické formy, především síranový aniont  $\text{SO}_4^{2-}$ , představující přibližně jedno procento z celkového obsahu S v půdě. Příjem síranů a jejich koncentrace v půdním roztoku je ovlivněna hodnotou pH půdy, chováním půdních koloidů a dalšími faktory (Goh et Pamidi, 2003). Rostliny však mohou také přijímat  $\text{SO}_2$  ze vzduchu pomocí průduchů, a proto Tea et al. (2007) uvádí možnost foliární aplikace. Matula (2007) uvádí možnost přijímat síru pomocí kořenů ve formě aminokyselin (cysteinu a methioninu), jejichž obsah je však v půdě malý. Dle Järvana et Adamsona (2005) jde zhruba 80 – 90 % přijaté síry na tvorbu siřných aminokyselin, zbytek na syntézu sloučenin obsahující síru.

### **2.2.2.2 Projevy nedostatku síry v rostlinách**

Podle Scherera (2001) jsou deficity síry častější v písčítých půdách s nízkým obsahem organické hmoty. Vzhledem k tomu, že síra je součástí aminokyselin, které tvoří důležitou složku bílkovin, její nedostatek způsobuje snížení syntézy těchto vysoko molekulárních N – látek (Fecenko et Ložek, 2000). Například Inal et al. (2003) uvádí snížení aktivity významných enzymových dějů, jako je např. redukce nitrátů. Obsah nitrátů se tím může zvýšit až na desetinásobek. Při nedostatku je omezován růst nadzemní části rostlin (Bergmann, 1992). Obilniny mají menší a užší listy. Vaněk et al. (2007) dále uvádějí, že nedostatek síry způsobuje žloutnutí listů, které začíná od nejmladších listů a při trvalejším nedostatku přechází i na spodní listy. Rostliny tvoří méně klasů s menším počtem zrn.



Obrázek 6: Projev nedostatku síry na porostu pšenice ozimé (Sawyer, 2004)

### **2.2.2.3 *Projevy nadbytku síry v rostlinách***

Poškození rostlin vlivem přebytku  $\text{SO}_4^{2-}$  v našich podmínkách nebylo pozorováno. Je zde však možná toxicita  $\text{SO}_2$  z ovzduší působením kyselých dešťů. Při nadbytečném příjmu síry rostlinami dochází k akumulaci síranů v rostlinných pletivech, které ale nepůsobí negativně na růst rostlin (Oenema et Postma, 2003). Nadbytek síry se projevuje lehkými skvrnami na špičkách listů, až po jejich úplné vyblednutí (Richter, 2004c). Při vysoké koncentraci síry může vyvolat předčasný opad listů (Togay et al., 2008).

### **2.2.3 Hnojení sírou**

Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá pšenice ozimá v průměru 4 kg síry. Síra má velký vliv na využití dusíku rostlinami a je tedy důležitá pro rostliny již od počátku růstu. S ohledem na značnou pohyblivost síranů v půdě je vhodné dávky síry rozdělit. Síru lze úspěšně dodat v pevné formě ještě během vegetace, nejlépe společně s dusíkatými hnojivy obsahujícími síru (např. DASA, Ledek amonný se síranem vápenatým). Hřivna (2012) doporučuje společné hnojení dusíkem a sírou, jelikož jde o zásah ekonomicky výhodným s příznivým ekologickým efektem, protože dochází k lepšímu využití dusíku, a tím se omezuje případná kontaminace spodních vod dusíkem.

## 2.2.4 Vliv síry na kvalitativní a kvantitativní vlastnosti zrna

Síra je důležitým prvkem při syntéze bílkovin. Metabolismy síry a dusíku jsou vzájemně provázané a bez dostatečného množství síry nemohou plodiny efektivně využívat dusík, fosfor a další důležité prvky (Chow, 2010b).

O úloze síry a jejím vlivu na kvalitu zrna pšenice se zmiňuje celá řada autorů. Hagel (2005) uvádí význam síry v jejím příznivém vlivu na rheologické vlastnosti těsta. Poměr síry a dusíku v zru pšenice je důležitým faktorem ovlivňující kvalitu pšenice (Järvan et al., 2008). Podíl sirných sloučenin (sirné aminokyseliny a glutathion) zejména v lepkové frakci hrají důležitou roli při výrobě pečiva. Mají podstatný vliv na vlastnosti pšeničné mouky jako je tažnost a pružnost (Kuktaitė, 2004).

## 2.3 Minerální dusíkatá hnojiva

Do skupiny dusíkatých hnojiv řadíme všechny dusíkaté sloučeniny v minerální i organické formě. Hnojiva mohou být v tuhém i kapalném skupenství. Hlavní úlohou těchto hnojiv je poskytovat dusík jako nezbytnou živinu rostlinám (Ryant, 2004b).

Dusíkatá minerální hnojiva se dělí dle formy dusíku na:

- hnojiva s dusíkem nitrátovým (ledkovým, dusičnanovým,  $\text{NO}_3^-$ ),
- hnojiva s dusíkem amonným a amoniakálním ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ),
- hnojiva s dusíkem amidovým (organickým,  $\text{NH}_2^-$ ),
- hnojiva s dusíkem ve dvou i více formách ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_2^-$ ),
- hnojiva pomalu působící.

### ***Hnojiva s dusíkem nitrátovým (ledkovým, dusičnanovým, $\text{NO}_3^-$ )***

#### Ledek vápenatý (LV)

Ledek vápenatý obsahuje 15,5 % N, 20 % Ca a 1,5 % N- $\text{NH}_4^+$ . Vzhledem ke svým vlastnostem je vhodný k aplikaci na list během vegetace. Proto se používá v menších dávkách (25 - 50 kg N na hektar) zvláště na lehkých půdách, kde anion  $\text{NO}_3^-$  může být snadno vyplaven z půdního profilu. Je vhodný k přihnojování ozimů na jaře, cukrovky, brambor, řepky, kukuřice. Doporučuje se na všechny půdy, zejména kyselejší, kde příznivě působí svým alkalickým účinkem a je navíc i zdrojem vápníku. Po aplikaci ho není nutno zapravovat do půdy (Škarpa et Ryant, 2015).

### ***Hnojiva s dusíkem amonným a amoniakálním ( $NH_4^+$ , $NH_3$ )***

#### Síran amonný (SA)

Síran amonný  $(NH_4)_2SO_4$  obsahuje podle normy minimálně 20,3 % N, max. 1,5 % vody a max. 0,2 % volné  $H_2SO_4$ . Tvoří bílé až naředlé krystalky, které jsou ve vodě dobře rozpustné (Lovochemie, 2007a). Je fyziologicky i chemicky kyselý. Je vhodný ke všem plodinám na neutrálních půdách. Rychlost nitrifikace  $NH_4^+$  po hnojení síranem amonným je mnohem pomalejší oproti jiným hnojivům, proto je vhodným hnojivem k základnímu hnojení i na podzim. Hodí se k plodinám, které snáší kyselou reakci (brambory, oves, žito, pohanka). Protože obsahuje síru, je zvláště vhodný k brukvovitým (Kejř, 2007).

#### Kapalný amoniak (bezvodý čpavek)

Kapalný amoniak ( $NH_3$ ) je bezbarvá kapalina s obsahem dusíku 82,2 %. Jedná se o nejkonzentrovější dusíkaté hnojivo. Je vhodným hnojivem k základnímu hnojení na středních a těžkých půdách ke všem plodinám. Za normální teploty a tlaku těká, a proto je nutné skladování ve speciálních nádobách a použití strojů přímo určených k aplikaci tohoto hnojiva, což jeho využívání v praxi velmi snižuje (Hlušek, 2004).

### ***Hnojiva s dusíkem amidovým (organickým, $NH_2^-$ )***

#### Močovina

Močovina  $CO(NH_2)_2$  je diamid kyseliny uhličitě (karbamid). S obsahem 46 % dusíku se jedná o nejkonzentrovější tuhé dusíkaté hnojivo. Používá se k předset'ové přípravě půdy ke všem plodinám a na všech půdách s výjimkou půd písčitých a kyselých. Je možno s ní hnojit do krátkodobé zásoby na půdách středních a těžších. Je vhodná i k postřiku na list v koncentraci 9-12 % k obilovinám, 8% k bramborám (Kejř, 2007). Při povrchové aplikaci močoviny, zvláště v období velkého sucha, může dojít ke ztrátám N těkáním (volatilizací).

### ***Hnojiva s dusíkem ve dvou i více formách ( $NH_4^+$ , $NO_3^-$ , $NH_2^-$ )***

#### Dusičnan amonný

Dusičnan amonný  $NH_4NO_3$  označovaný též ledek amonný Obsahuje 34 - 35 % N, polovinu nitrátového a polovinu amonného. Dodáván je ve formě bílých krystalků nebo granulí. Hodí se pro základní hnojení i pro přihnojování během vegetace. Nevýhodou je jeho hygroskopičnost (Hlušek, 2004).



### Ledek amonný s vápencem (LAV)

Ledek amonný s vápencem je všestranně použitelné dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % N, z poloviny v amonné a z poloviny v nitrátové formě. Je tvořeno směsí dusičnanu amonného s jemně mletým vápencem. Je hygroskopický, proto je nutná ochrana před navlhnutím. Složení hnojiva umožňuje jeho použití, jak před setím nebo výsadbou plodin, tak i k přihnojování během vegetace. Na středních a těžších půdách je možná aplikace i při předset'ové přípravě. Je vhodný pro většinu polních i zahradních plodin na půdy kyselější.

### Ledek amonný s dolomitem (LAD)

Ledek amonný s dolomitem je granulovaná směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitem. Obsahuje 27,5 % dusíku, který je z poloviny ve formě amonné a polovina ve formě nitrátové. Vápník a hořčík je obsažen ve formě uhličitanů, přičemž obsah CaO je přibližně 9% hmotnosti. Používá se pro všechny plodiny i půdy k základnímu hnojení i k přihnojování během vegetace. Je vhodný pro půdy, kde je deficit hořčíku (Hlušek, 2004).

### DASA 26 – 13

DASA je dusíkaté hnojivo s obsahem síry. Základem je ledek amonný se síranem amonným, obsahuje 26 % dusíku a 13 % síry. Třetina dusíku je ve formě nitrátové a dvě třetiny ve formě amonné. Používá se k základnímu hnojení nebo přihnojování v době vegetace. Hnojivo je vhodné zejména pro rostliny s vysokými nároky na síru, jako jsou řepka, slunečnice, okopaniny a obiloviny, vhodné je také na cibuloviny a košťálovou zeleninu (Duslo, 2014).

### DAM 390

Jedná se o vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny, s průměrným obsahem 30 hmotnostních % dusíku, z toho 1/4 N nitrátového, 1/4 N amonného a 1/2 N amidového. Je to čirá kapalina, netěká, nevyžaduje tlakové nádoby. Používá se neředěný k základnímu hnojení obilovin na jaře i na podzim. K přihnojování obilovin během vegetace se používá rovněž koncentrovaný roztok. S ohledem na možné popálení rostlin ho není vhodné používat k brzkému jarnímu přihnojování ozimů, Dále je vhodný k přihnojování kukuřice, brambor a ozimé řepky.

## 2.4 Pomalu působící dusíkatá hnojiva

Výhodou pomalu působících hnojiv je možnost použít jednorázově vysoké dávky dusíku bez nebezpečí počátečního poškození rostlin nadměrnou dusíkatou výživou, dále omezují vyplavování dusíku do podzemních vod a tím negativní dopad na životní prostředí (Hlušek, 2004). Zpomalení rozpouštění aplikovaného hnojiva lze dosáhnout několika způsoby. První možností jsou pozvolna rozpustné sloučeniny, tzv. BDFs (break-down fertilisers). Tato hnojiva obsahují dusík v organické nebo minerální formě ve sloučeninách ve vodě těžko rozpustných. Druhou možností je obalení standardního hnojiva vrstvou materiálu zpomalujícího uvolňování živin, tzv. CRFs (Controlled-release fertilisers). Další možností jsou stabilizovaná hnojiva s inhibitory ureázy nebo nitrifikace, které omezují mikrobiální aktivitu v půdě tzv. SRFs (Slow-release fertilisers).

### 2.4.1 Kondenzáty močoviny

Tato hnojiva s pozvolna rozpustnými sloučeninami (BDFs hnojiva) obsahují živiny ve formě pomalu rozpustných sloučenin nebo živiny, které jsou přístupné rostlině až po mikrobiálním rozkladu. Rychlost uvolňování živin ovlivňují fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, především teplota, vlhkost, hodnotou pH aktivita a složení půdní mikroflóry. Hlavními představiteli této skupiny jsou hlavně produkty kondenzace močoviny s některými aldehydy. (Lošáková, 2008; Tlustoš et al., 2007).

#### Močovinoformaldehydová hnojiva

Jedná se o produkty kondenzace močoviny s formaldehydem. Může být používáno ve formě prášku nebo granulí, kde je možnost míchání s jinými hnojivy. Mezi nejznámější patří ureaform s obsahem 38 - 42 % N. Využívá se při intenzivním hnojení zelenin či zavlažovaných plodin (Hlušek, 2004). Dalším příkladem může být hnojivo Lovogreen NPK využívané pro hřišťové a trávníkové plochy.

#### Močovinoacetaldehydové hnojivo (Z-močovina)

Výroba je založena na kondenzaci močoviny s acetaldehydem. Svými vlastnostmi se podobá ureaformu. Obsahuje 33 - 38 % N (Hlušek, 2004).

### Močovinkrotonaldehydové hnojivo (CD – močovina)

Vzniká z močoviny a krotonaldehydu. Jeho granulací získáváme hnojivo s 32 % N. Je využíván v zahradnictví a květinářství (Hlušek, 2004). Příkladem může být hnojivo Floramid.

### Močovinoizobutyraldehydové hnojivo (IBDU)

Produkt močoviny a izobutyraldehydu, obsahující 32 – 33 % N. IBDU je účinné, pozvolna působící granulované hnojivo, určeno především pro hnojení trávníků (Hlušek, 2004).

## **2.4.2 Obalovaná hnojiva**

Obalovaná hnojiva (controlled-release fertilizers) jsou běžně rozpustná hnojiva, která mají navíc oproti ostatním hnojivům na povrchu polorozpustnou blánu, která postupně uvolňuje dusík z hnojiva. Tento obal funguje na principu membrány, do granule hnojiva vstupuje voda, která rozpouští živiny. Živiny jsou následným osmotickým tlakem uvolňovány přes membránu do okolí granule. K obalování se používá různých látek, např. parafín, vosky, pryskyřice, síra aj. (Růžek et Pišánová, 2007). Výhodou této technologie je jednoduchá a účinná regulace uvolňování dusíku. Ta se provádí úpravou mocnosti vrstvy materiálu naneseného na samotné hnojivo (Tlustoš et al. 2007).

Největší podíl obalovaných hnojiv tvoří močovina obalená sírou. Obsah živin u takového hnojiva je 32 – 36 % N a 14 – 30 % S (dle síly vrstvy). Samotná úprava se provádí nástřikem granulí močoviny roztavenou sírou nebo jejím roztokem ve vhodném rozpouštědle (amoniak, sirouhlík). Obal se v půdě rozkládá činností mikroorganismu a dusík se uvolňuje do půdního roztoku po dobu několika týdnů i měsíců (Tlustoš et al. 2007).

## **2.4.3 Stabilizovaná hnojiva**

Cílem použití stabilizovaných hnojiv s inhibitory (slow-release fertilisers) je zvýšit efektivnost hnojení dusíkem a zamezení ztrát únikem amoniaku, denitrifikací a vyplavováním nitrátů. Využíváme inhibitory nitrifikace a inhibitory ureázy. Jejich principem je snížení aktivity půdních bakterií, které v půdě zajišťují přeměny dusíku (Tlustoš et al. 2007). Jsou to složité organické látky, které se většinou přidávají v malých

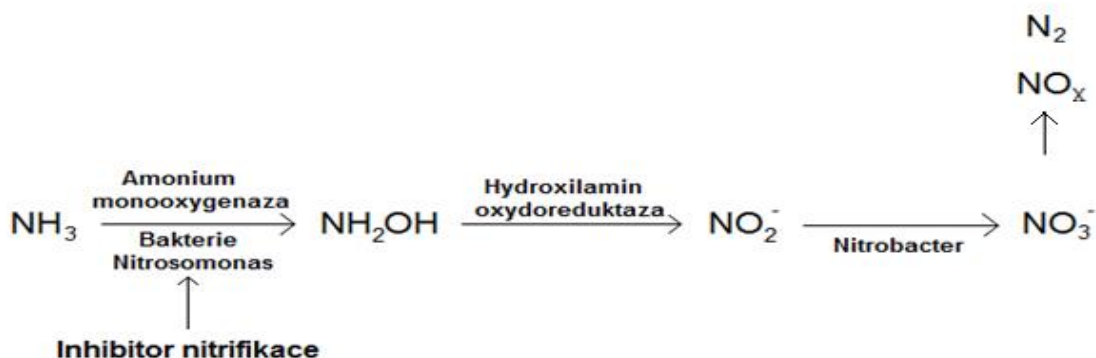
koncentracích. Tyto látky ale musejí být zároveň lehce odbouratelné z půdy a rostliny je musí dobře snášet.

Výhodou stabilizovaných dusíkatých hnojiv s inhibitory je snížení počtu aplikací a flexibilita termínu dávkování. Nedílnou součástí těchto hnojiv je zlepšení ekologického hlediska omezením znečišťování podzemních vod a ovzduší (Šimka et al., 2011).

### 2.4.3.1 Inhibitory nitrifikace

Inhibitory nitrifikace jsou chemické látky dodané do půdy za účelem zpomalení nebo opoždění průběhu nitrifikace. Nitrifikace má dvě fáze: nitritaci a nitrataci. Inhibitor nitrifikace brání bakteriím *Nitrosomonas* v nitritaci, tedy přeměně  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{NO}_2^-$  (Frey, 2005). Inhibitor udržuje amonný dusík v ornici a plodiny ho tak mají k dispozici po delší dobu. Amonný dusík se pozvolněji přeměňuje na dusičnanový, který rostliny také využívají. Harmonické vyživování plodin jak amonným, tak dusičnanovým dusíkem vede k vysokému využití živin, zároveň mohou hrát roli ve snížené akumulaci nitrátů v rostlinách, jak uvádí Mills et al. (1976 cit. Matula 1977).

Účinnost inhibitorů nitrifikace se snižuje s časem po aplikaci do půdy, v závislosti zejména na teplotě půdy, vlhkost půdy, pH půdy a obsahu organických látek (Watson, 2000). Podle Frye (2005) účinek inhibitorů nitrifikace trvá čtyři až osm týdnů. Všeobecně jsou inhibitory nitrifikace účinnější na lehkých půdách, půdách s nízkým obsahem organické hmoty, při nízké teplotě a v oblastech s vysokými srážkami. Naopak, inhibitory nitrifikace mohou mít malý vliv na vyplavování z těžkých jílovitých odvodněných půd, půd s vysokým obsahem organické hmoty a při vysokých teplotách (Edmeades, 2004).



Obrázek 7: Schéma nitrifikace při použití inhibitoru nitrifikace (Watson et al., 2009)

Inhibitory nitrifikace se aplikují v podobě impregnace pevného amonného hnojiva nebo mohou být přimíchány do kapalných hnojiv (Kozlovský et al., 2009). V současné době mají hlavní význam synteticky vyrobené inhibitory nitrifikace (Scheffer, 1994).

Z inhibitorů nitrifikace patří mezi nejúčinnější dikyandiamid (DCD). Je to organický amid, který je netěkavý, hydroskopický, chemicky a fyzikálně stabilní (Růžek et Pišanová, 2007). DCD působí tak, že blokuje místa, kde je amonný ion přeměňován na nitrit, který působí na enzym (amonia monooxygenasa). Tento enzym obsahují bakterie rodu *Nitrosomonas* (Di et Cameron, 2004).

Novějším inhibitorem nitrifikace, vyvinutým společností BASF, je DMPP (3,4 – dimethylpyrazol - fosfat) prodáváný jako složka hnojiva ENTEC 26. Jeho hlavním přednostem, ve srovnání s jeho předchůdci (DIDIN aj.), patří zejména vyšší účinnost, naprostá biologická nezávadnost a odbouratelnost v půdním prostředí během 4 - 10 týdnů (Agrostis, 2016).

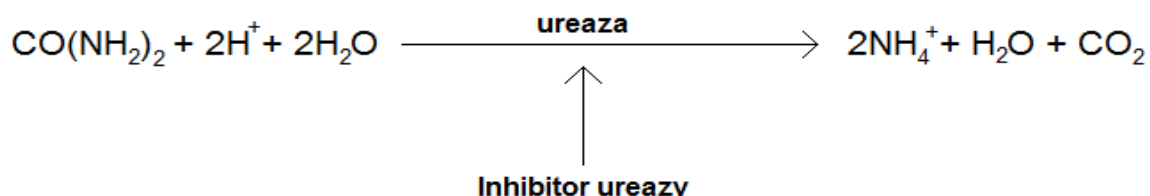
Hnojiva ENSIN a ENTEC 26 jsou popsány v kapitole Materiál a metodika. Dalším ze zástupců hnojiv s inhibitory nitrifikace je ALZON 46. Toto hnojivo na bázi močoviny má celkem 46 % dusíku. Je vyrobeno německou společností SKW Peisteritz. Pro pšenici ozimou se používá dávka 125 – 185 kg/ha a to v jedné dávce, nebo ve dvou rozdělených dávkách 50 – 60 % na začátku vegetace a 40 – 50 % jako předčasná předběžná pozdní dávka. Toto hnojivo je také v tekuté formě (SKW Stickstoffwerke Piesteritz, 2012).

#### **2.4.3.2 Inhibitory ureázy**

Inhibitory ureázy mají velký význam při aplikaci močoviny a hnojiv obsahujících močovinu na povrch půdy. Tyto chemické sloučeniny zpomalují aktivitu enzymu ureázy, a tím omezují hydrolytické štěpení močoviny na amoniak, čímž se omezí tvorba amoniaku a jeho volatilizace (Nastri et al., 2000). Amonný ion vznikající při pomalejším průběhu hydrolyzy močoviny tak může být lépe chráněn před volatilizací do ovzduší absorpcí na půdní hmotu. Inhibitor ureázy dokáže také předcházet negativnímu dopadu toxicity amoniaku a nitritů na klíčivost semen a následné vzcházení, ke kterému může docházet v případě rychlé hydrolyzy močoviny aplikované při seti (Watson, 2005).

Schuster et al. (2007) zjišťovali vliv inhibitoru ureázy na efektivnost příjmu dusíku z močoviny a také působení tohoto inhibitoru na výnos a kvalitu zrna ozimých obilnin. Jejich výsledky ukazují, že používání inhibitoru ureázy má potenciál omezit volatilizaci amoniaku, zvýšit příjem dusíku močoviny a jeho využití rostlinami, a to zejména na půdách s nízkou

pufrační kapacitou a v oblastech s dlouhým obdobím nízkých srážek. Růžek et Pišanová (2007) tvrdí, že močovina s inhibítorem ureázy najde uplatnění především v oblastech s pozdějšími jarními přisušky a v systémech půdoochranných technologií.



Obrázek 8: Schéma hydrolyzy močoviny při použití inhibítora ureázy (Watson et al., 2009)

Mezi nejvíce komerčně používané inhibitory ureázy patří N-(n-butyl) thiofosforečnan triamid (NBPT) (Motavalli et al., 2008). Výhodou tohoto inhibítora je, že je netoxický, stabilní, poměrně levný a slučitelný s močovinou. V ČR je používán přípravek Stabiluren, který se používá k úpravě močoviny (UREA Stabil).

UREA Stabil je granulované dusíkaté hnojivo, určené k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Princip hnojiva UREA Stabil je spojen s dočasným potlačením činnosti enzymu ureáza, který po kontaktu močoviny s půdou urychluje vznik amoniaku, který jako  $\text{NH}_3$  uniká do ovzduší nebo se sorbuje ve formě  $\text{NH}_4^+$  na půdní částice (Šimka et al. 2011). Obecně se doporučuje k ozimé pšenici jarní aplikace UREA Stabil (regenerační nebo časná produkční dávka) v dávce 150 - 300 kg/ha (Agra Group, 2015).

Tabulka 1: Porovnání dusíkatých hnojiv obsahujících inhibitory

Hnojivo	ENSIN	ENTEC 26	ALZON 46	UREA Stabil
Celkem N (%)	26	26	46	46
$\text{NO}_3$ (%)	7,5	7,5	-	-
$\text{NH}_4$ (%)	18,5	18,5	-	-
$\text{NH}_2$ (%)	-	-	46	46
S (%)	13	13	-	-
Inhibitor	Dikyandiamid (DCD) + 1,2,4 triazol (TZ)	3,4-dimethylpyrazol fosfát	dikyandiamid + 1H-1,2,4-triazol	N-(n-butyl) triamidem kyseliny thiofosforečné
Výrobce	Duslo	Compo	SKW Stickstoffwerke Piesteritz	Agra

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo pomocí tříletého maloparcelkového pokusu posoudit vliv hnojení stabilizovanými dusíkatými hnojivy se sírou na výnos a kvalitativní parametry zrna (objemová hmotnost, obsah N-látek, sedimentační hodnota). Dílčím cílem bylo také zhodnotit ekonomickou efektivnost jednotlivých variant hnojení.

V práci byly stanoveny tyto hypotézy:

- aplikace hnojiv s inhibitory zvýší výnosy zrna pšenice ozimé,
- aplikace hnojiv s inhibitory ovlivní kvalitativní parametry zrna (objemová hmotnost, obsah N - látek, sedimentační hodnota),
- aplikace hnojiv s inhibitory se projeví snížením nákladů.

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika pokusných lokalit

Pokus byl prováděn na dvou lokalitách – Žabčice a Vatín.

#### 4.1.1 Charakteristika polní pokusné stanice Žabčice

Maloparcelkový pokus byl realizován na pokusné stanici školního zemědělského podniku v Žabčicích ležící asi 25 km jižně od města Brna v okrese Brno – venkov. Pozemky jsou rovinného charakteru a patří do kukuřičné výrobní oblasti. Průměrná nadmořská výška je 184 m n. m.

##### 4.1.1.1 Půdní podmínky

Žabčice leží v Dyjsko-svrateckém úvalu, který je tvořen převážně sedimenty neogenními. Půdy v katastru zemědělského podniku jsou neutrální až slabě kyselé. Půdním typem je zde fluvizem glejová a půdním druhem je jílovitohlinitá až jílovitá půda. Obsah humusu se pohybuje okolo 2,44 %. Ornice dosahuje mocnosti 35 cm (Bičík, 2009). Pozemky pokusné stanice ovlivňuje hloubka podzemní vody, která může značně kolísat v závislosti na počasí v daném roce. Nejčastěji je hladina podzemní vody ve hloubce 180 cm.



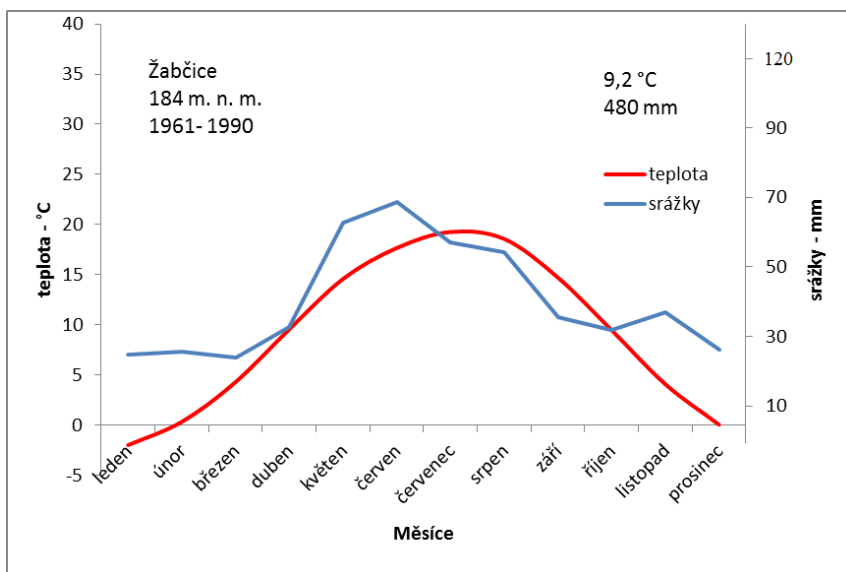
Obrázek 9: Pokusná stanice ŠZP v Žabčicích

##### 4.1.1.2 Klimatické podmínky

Klima v oblasti školního zemědělského podniku je typickým vnitrozemským klimatem (Brotan, 2013). Do oblasti pracoviště zasahuje dešťový stín. Vodní srážky ve vegetačním období jsou rozloženy velmi nerovnoměrně. Průběh počasí v průběhu vegetačního období polních plodin patří mezi základní faktory ovlivňující polní experimenty i efektivitu samotné produkce. Důležitým faktorem jsou teploty a dešťové srážky.

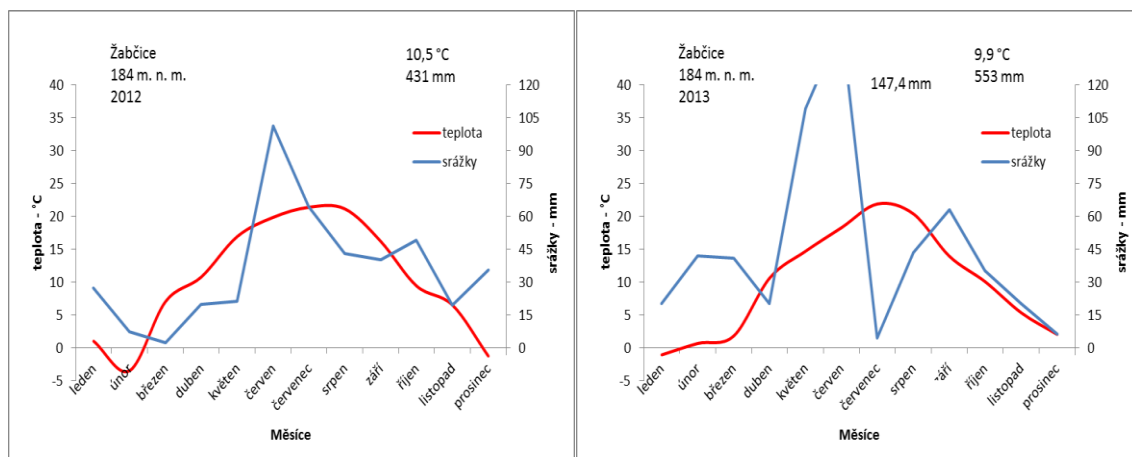


Z klimadiagramu normálu vyplývá, že průměrná denní teplota byla 9,2 °C a celkový roční úhrn srážek činil průměrně 480 mm.



Graf 1: Klimadiagram normálu 1961- 1990 Žabčice

V roce 2012 činila průměrná denní teplota 10,5 °C. Úhrn srážek činil 431,7 mm. Oproti normálu došlo ke zvýšení teploty o 1,3 °C. Úhrn srážek byl oproti normálu nižší o 48,6 mm.

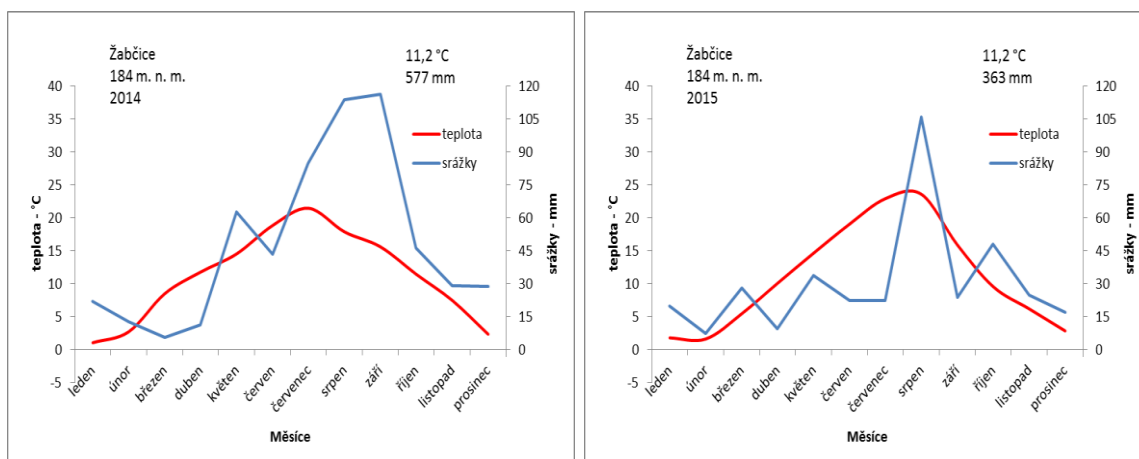


Graf 2: Klimadiagram Žabčice pro roky 2012 a 2013

Z pohledu teploty a dešťových srážek byl rok 2013 nadnormální jak v teplotách, tak ve srážkách. Roční úhrn dešťových srážek činil 553 mm, což bylo oproti normálu nižší o 48,6 mm. Teplotní průměr byl 10 °C. Z klimadiagramu za rok 2013 lze vidět, že rozložení dešťových srážek nebylo rovnoměrné, nejvíce bylo naměřeno v červnu (147,4 mm; z toho 77,4 mm během 2 dní), což je hodnota mimořádně nadnormální a jednalo se o srážkově

nejbohatší červen od roku 1961. Naopak červenec s úhrnem srážek 4,7 mm byl na srážky nejchudším červencem od roku 1961.

Z klimadiagramu pro rok 2014 vyplývá, že průměrná teplota ve sledovaném období činila 11,2 °C. Úhrn srážek činil 577 mm. Při porovnání s normálem za období 1961- 1990 můžeme konstatovat zvýšení průměrné teploty o 2 °C. Srážkové úhrny byly oproti normálu vyšší o 97 mm, přičemž mimořádně nadnormální bylo z hlediska srážek září.



Graf 3: Klimadiagram Žabčice pro roky 2014 a 2015

V roce 2015 činila průměrná denní teplota 11,2 °C. Úhrn srážek činil 363 mm. Oproti normálu došlo ke zvýšení teploty o 2 °C. Úhrn srážek byl oproti normálu nižší o 117 mm. Rozložení dešťových srážek nebylo rovnoměrné, nejvíce bylo naměřeno v srpnu.

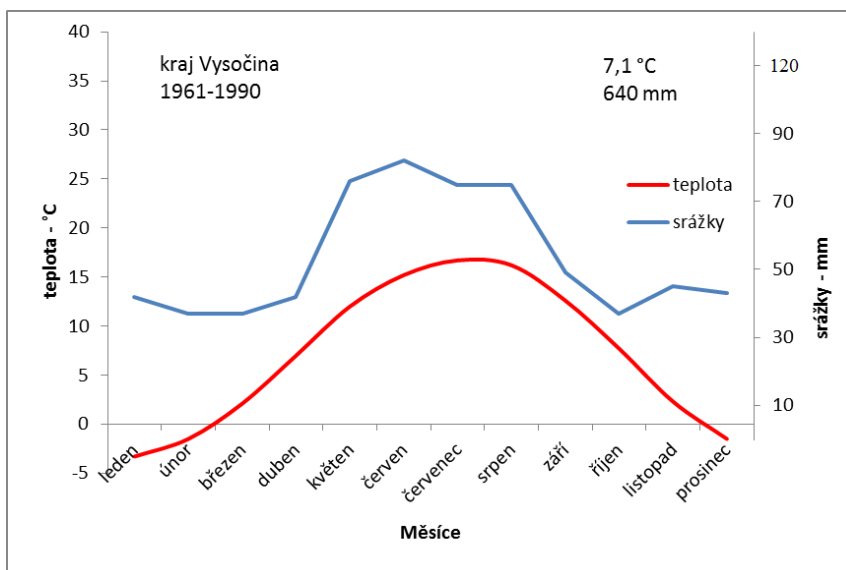
#### 4.1.2 Charakteristika polní pokusné stanice Vatín

##### 4.1.2.1 Půdní podmínky

Obec Vatín se nachází v regionu Českomoravské vrchoviny, 7 km jižně od Žďáru nad Sázavou. Nadmořská výška stanoviště je 540 m n. m. Půdní typ je zde kambizem modální. Půdní druhem písčitohlinitá půda.

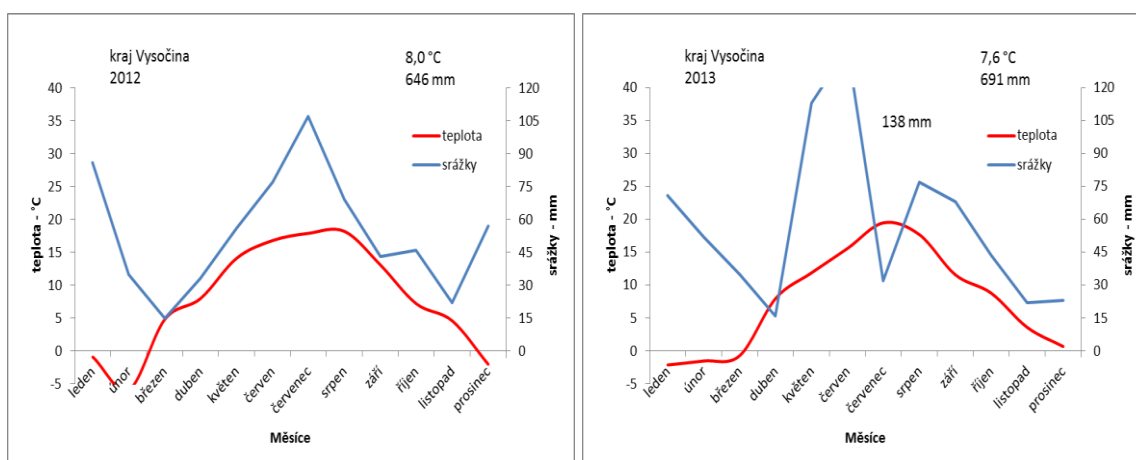
##### 4.1.2.2 Klimatické podmínky

Oblast se nachází v mírně teplém a mírně vlhkém klimatickém regionu. Z klimadiagramu normálu vyplývá, že dlouhodobý průměr srážek byl 640 mm a dlouhodobý průměr ročních teplot 7,1 °C.



Graf 4: Klimadiagram normálu 1961- 1990 kraj Vysočina

Z klimadiagramu pro rok 2012 vyplývá, že průměrná teplota ve sledovaném období činila 8 °C. Úhrn srážek činil 646 mm. Při porovnání s normálem za období 1961- 1990 můžeme konstatovat zvýšení průměrné teploty o 0,9 °C. Srážkové úhrny byly oproti normálu vyšší o 6 mm.

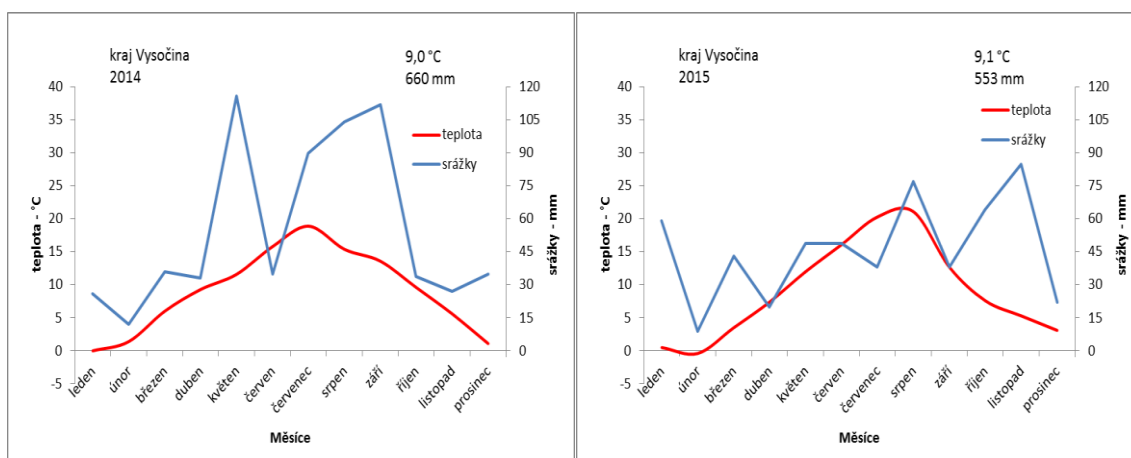


Graf 5: Klimadiagram kraje Vysočina pro roky 2012 a 2013

V roce 2013 činila průměrná denní teplota 7,7 °C. Úhrn srážek činil 691 mm. Oproti normálu došlo ke zvýšení teploty o 0,6 °C. Úhrn srážek byl oproti normálu vyšší o 51 mm. Rozložení dešťových srážek nebylo rovnoměrné, nejvíce bylo naměřeno v červnu, který byl mimořádně nadnormální, zároveň červenec byl mimořádně podnormální.

Z klimadiagramu roku 2014 vyplývá, že průměrná teplota ve sledovaném období činila 9 °C. Úhrn srážek činil 660 mm. Při porovnání s normálem za období 1961- 1990

můžeme konstatovat zvýšení průměrné teploty o 1,9 °C. Srážkové úhrny byly oproti normálu vyšší o 20 mm.



Graf 6: Klimadiagram kraje Vysočina pro roky 2014 a 2015

V roce 2015 činila průměrná denní teplota 9,1 °C. Úhrn srážek činil 553 mm. Oproti normálu došlo ke zvýšení teploty o 2 °C. Úhrn srážek byl oproti normálu nižší o 87 mm. Nejteplejší byl měsíc srpen (22,6 °C), který byl mimořádně nadnormální.

## 4.2 Metodika pokusu

### 4.2.1 Obsah živin v půdě

Před založením pokusu byly odebrány vzorky půdy a stanoven obsah fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku, obsah vodorozpustné síry (viz tab. č. 2 a 3).

Tabulka 2: Agrochemické vlastnosti půdy v Žabčicích před založením pokusu

Lokalita, hosp. rok	pH/CaCl <sub>2</sub>	mg/kg				
		P	K	Ca	Mg	S <sub>vodorozp.</sub>
Žabčice, 2012/13	6,63	134	298	4007	458	14,0
Žabčice, 2013/14	6,63	134	298	4007	458	13,8
Žabčice, 2014/15	6,51	131	235	4080	465	11,4

Podle vyhlášky MZe 275/1998 Sb. je obsah fosforu v Žabčicích vysoký, obsah draslíku dobrý, obsah hořčíku velmi vysoký a obsah vápníku vysoký, výměnná půdní reakce je slabě kyselá.

Tabulka 3: Agrochemické vlastnosti půdy ve Vatíně před založením pokusu

Lokalita, hosp. rok	pH/CaCl <sub>2</sub>	mg/kg				
		P	K	Ca	Mg	S <sub>vodorozp.</sub>
Vatín, 2013/14	5,21	74	236	1195	120	10,2
Vatín, 2014/15	4,73	74	308	896	113	10,2

Obsah fosforu ve Vatíně je vyhovující, obsah draslíku dobrý, obsah hořčíku a vápníku vyhovující, výměnná půdní reakce byla v roce 2013/14 kyselá, následující rok silně kyselá.

#### 4.2.2 Metodika založení a vedení pokusu

Problematika hnojení pšenice ozimé stabilizovanými hnojivy se sírou byla řešena na dvou lokalitách – na polní pokusné stanici „Obora“ v Žabčicích a polní pokusné stanici Vatín formou maloparcelkového polního pokusu. Pokus byl tříletý a byl prováděn v hospodářském roce 2012/13, 2013/14, 2014/15. Každá varianta byla založena ve čtyřech opakováních. Na pozemku v Žabčicích se jako předplodina pěstovala pšenice, na pozemku Vatín byla řepka ozimá. Po sklizni byla provedena podmítka. Pšenice ozimá byla vyseta maloparcelkovým secím strojem. Zvolená odrůda k setí byla ozimá pšenice Midas. Příprava půdy byla provedena pomocí kompaktoru. Porost pšenice byl několikrát ošetřen přípravky na ochranu rostlin, dále byl použit regulátor růstu určený k zvýšení odolnosti porostu vůči poleháním.

Sklizeň porostu pšenice ozimé proběhla pomocí maloparcelkové mlátičky Sampo Rosenlew 2010. Po sklizni byl vyjádřen výnos zrna v t/ha. V zrnu byla stanovena objemová hmotnost, obsah N-látek a sedimentační hodnota. Výnos a kvalitativní znaky zrna pšenice byly zhodnoceny s využitím softwaru STATISTICA version 12 pomocí ANOVY s interakcemi. Následné testování bylo provedeno Tukeyovým testem významnosti rozdílů.

Tabulka 4: Termíny jednotlivých operací v roce 2012/13 na lokalitě Žabčice

Datum	Operace	Materiál	Dávka
03.10.2012	podmítka		
04.10.2012	setí		
05.10.2012	válení		
06.03.2013	regenerační hnojení	podle schématu	podle schématu
18.04.2013	herbicide	Sekator OD	0,15 l/ha
10.05.2013	regulátor	Moddus	0,2 l/ha
10.05.2013	fungicid	Amistar Xtra	2l/ha
23.04.2013	I. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
21.05.2013	II. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
17.06.2013	insekticid	Decis Mega	0,15 l/ha
31.07.2013	sklizeň		

Tabulka 5: Termíny jednotlivých operací v roce 2013/14 na lokalitě Žabčice

Datum	Operace	Materiál	Dávka
10.09.2013	podmítka		
24.09.2013	hnojení P	SUPERFOSFÁT	200 kg (40 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) na ha
24.09.2013	hnojení K	DRASELNÁ SŮL	200 kg (120 kg K <sub>2</sub> O) na ha
27.09.2013	orba		
03.10.2013	příprava půdy	kompaktor	
07.10.2013	setí		
11.03.2014	regenerační hnojení	podle schématu	podle schématu
01.04.2014	herbicide	HUSAR ACTIVE	1 l/ha
04.04.2014	I. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
27.4.2013	fungicid	PROSARO	0,75 l/ha
27.4.2013	insekticid	PROTEUS	0,5 l/ha
29.04.2014	fungicid	DELARO	1 l/ha
06.05.2014	II. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
19.07.2014	sklizeň		

Tabulka 6: Termíny jednotlivých operací v roce 2014/15 na lokalitě Žabčice

Datum	Operace	Materiál	Dávka
07.08.2014	podmítka		
29.08.2014	orba		
24.09.2014	hnojení P	SUPERFOSFÁT	90 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
30.09.2014	hnojení K	DRASELNÁ SŮL	120 kg K <sub>2</sub> O/ha
06.10.2014	příprava půdy		
13.10.2014	příprava půdy		
13.10.2014	setí		
14.10.2014	válení		
20.03.2015	regenerační hnojení	podle schématu	podle schématu
09.04.2015	herbicide	HUSAR ACTIVE	1 l/ha
09.04.2015	regulátor	RETACEL	1 l/ha
14.04.2015	I. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
07.05.2015	fungicid	AMISTAR XTRA	1 l/ha

07.05.2015	regulátor	CERONE	0,5 l/ha
11.05.2015	II. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
01.06.2015	insekticid	PROTEUS OD	0,5 l/ha
01.06.2015	fungicid	ARTEA PLUS	0,5 l/ha
16.07.2015	sklizeň		

Tabulka 7: Termíny jednotlivých operací v roce 2013/14 na lokalitě Vatín

Datum	Operace	Materiál	Dávka
30.09.2013	setí	Midas	
12.11.2013	rodenticid	STUTOX	
11.12.2013	rodenticid	STUTOX	
10.01.2014	rodenticid	STUTOX	
20.03.2014	regenerační hnojení	podle schématu	podle schématu
8.4.2014	herbicid	HURICANE	200g/ha
28.04.2014	I. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
22.5.2014	fungicid	AMISTAR	0,8 l/ha
28.05.2014	II. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
08.08.2014	sklizeň		

Tabulka 8: Termíny jednotlivých operací v roce 2014/15 na lokalitě Vatín

Datum	Operace	Materiál	Dávka
03.10.2014	orba		
06.10.2014	setí	Midas	
15.01.2014	rodenticid	NORAT D	
08.04.2015	regenerační hnojení	podle schématu	podle schématu
20.04.2015	I. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
11.05.2015	herbicid	HURRICANE	0,1 l/ha
11.05.2015	fungicid	AMISTAR	0,8 l/ha
16.05.2015	II. produkční hnojení	podle schématu	podle schématu
05.08.2015	sklizeň		



Obrázek 10: Porost pšenice ozimé při regeneračním hnojení v Žabčicích



Obrázek 11: Porost a vliv sucha v květnu 2014 v Žabčicích



Obrázek 12: Sklizeň porostu pšenice ozimé a vzhled pšenice v době sklizně v Žabčicích

#### 4.2.3 Zvolené varianty hnojení pšenice ozimé

Do pokusu byla vybrána hnojiva s inhibítozem nitrifikace obsahující síru ENSIN a ENTEC 26, dále hnojiva bez inhibitoru DASA a LAD. Hnojiva ENSIN a ENTEC 26 byly aplikovány jednorázově v regeneračním hnojení. Hnojivo DASA v dělené aplikaci. Dále byly zvoleny varianty, kdy byl aplikován LAD v regeneračním hnojení a ENSIN i ENTEC 26 v prvním produkčním hnojení. U jednotlivých variant byl hodnocen výnos a kvalitativní parametry zrna.



Tabulka 9: Varianty, použitá hnojiva a jednotlivé dávky dusíku a síry

Varianta	Podzim	Jaro			dávka dusíku celkem (kg/ha)	dávka síry celkem (kg/ha)
	Podzimní hnojení	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II (DAM 390)		
	N (kg/ha)	N (kg/ha)	N (kg/ha)	N (kg/ha)		
Nehnojeno	0	0	0	0	0	0
DASA + DASA	0	60	40	40	140	50
ENSIN	0	100	0	40	140	50
ENTEC 26	0	100	0	40	140	50
LAD + ENSIN	0	40	100	0	140	50
LAD + ENTEC 26	0	40	100	0	140	50

### 4.3 Odrůda použitá v pokusu

V pokusu byla použita poloraná osinatá odrůda středního vzrůstu Midas. Dosahuje pekařské jakosti E. Má vysokou objemovou hmotnost i obsah dusíkatých látek. Je odolná k vyzimování a středně odolná proti poléhání. Vysoký výnos dosahuje zejména v kukuřičné a řepařské oblasti. Doporučený výsevek při optimální době setí je 3 MKS/ha.

### 4.4 Hnojiva použitá v pokusu

#### ENSIN

Jedná se o dusičnan a síran amonný s kombinací inhibitorů nitrifikace dikyandiamid - DCD a 1,2,4 triazol – TZ (DCD + TZ). ENSIN je v podstatě inovace produktu DASA (26/13). Je výsledkem výzkumu firmy Duslo, a.s. Šala a spolupráce v rámci společností koncernu AGROFERT (zejména SKW Piesteritz GmbH). Z celkového obsahu dusíku jsou 2/3 ve formě amonné, která je stabilizována inhibitory nitrifikace. Zbývajících 7,5% dusíku je v nitrátové formě umožňující okamžité přijetí rostlinou.



Obrázek 13: Vzhled hnojiva ENSIN (zdroj: [www: bvv.cz](http://www.bvv.cz))

#### ENTEC 26

Jedná se o dusíkato-sírné hnojivo (26/13) s inhibítozem nitrifikace DMPP (di-metylpirazol fosfát). DMPP dočasně omezuje aktivitu nitrifikačních bakterií a tím i přeměnu amonného dusíku, kterého je v hnojivu obsaženo více než 70 % z celkového obsahu dusíku. K jeho hlavním přednostem patří zejména vyšší účinnost, naprostá biologická nezávadnost a odbouratelnost v půdním prostředí během 4 - 10 týdnů. Vyrábí BASF, na ČR trh dodává AgroEfekt, s.r.o.



Obrázek 14: Vzhled hnojiva ENTEC 26 (zdroj: [www.triferto.eu](http://www.triferto.eu))

#### DASA

DASA je dusíkaté hnojivo s obsahem síry, které obsahuje třetinu dusíku ve formě nitrátové a dvě třetiny ve formě amonné. Hnojivo je vyráběno ze směsi dusičnanu amonného se síranem amonným do podoby bělavých až světle hnědých granulí (Škarpa et Ryant, 2015).

#### LAD

Ledek amonný s dolomitem je granulovaná směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitem. Obsahuje 27,5 % dusíku, který je z poloviny ve formě amonné a polovina ve formě nitrátové. Vápník a hořčík je obsažen ve formě uhličitanů, přičemž obsah CaO je přibližně 9 % hmotnosti. Používá se pro všechny plodiny i půdy k základnímu hnojení i k přihnojování během vegetace. Je vhodný pro půdy, kde je deficit hořčíku (Hlušek, 2004).

## DAM 390

DAM je vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny, který obsahuje 30 % N hmotnostních nebo 39 % N objemových. Obsahuje polovinu dusíku ve formě amidické, 1/4 ve formě nitrátové a 1/4 v amonné formě (Škarpa et Ryant, 2015).

## **4.5 Použité analytické metody**

### **4.5.1 Analýza půdy**

#### Stanovení výměnné půdní reakce pH/CaCl<sub>2</sub>

Hodnota pH/CaCl<sub>2</sub> byla stanovena potenciometrickým měřením aktivity vodíkových iontů ve výluhu zeminy 0,01 mol.l<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> na pH metru (Zbiral, 2002).

#### Stanovení obsahu vodorozpustné síry v zemině

Obsah vodorozpustné síry byl proměřen ve filtrátu vodného výluhu zeminy (zemina: voda 1:5) metodou ICP-OES pomocí spektrometru (Zbiral, 2002).

#### Stanovení obsahu přístupných živin v zemině podle Mehlicha III

Obsah přístupného fosforu ve výluhu byl zjištěn spektrofotometricky. Obsah přístupného draslíku, hořčíku, vápníku byl stanoven pomocí atomové absorpční spektrofotometrie (Zbiral, 2002).

### **4.5.2 Analýza zrna pšenice**

#### Stanovení N-látek

Na určení obsahu N – látek v zrně byla použita metoda dle Kjeldahla. Ta stanoví množství dusíku v zrně a poté přepočítá vynásobením koeficientem 5,7 na N-látky v zrně (Petr et Húska, 1997).

#### Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost je poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do nádoby za přesně stanovených podmínek. Vyjadřuje se v g/l.

#### Stanovení sedimentační hodnoty

Ke stanovení sedimentační hodnoty byl použit Zelenyho test. Metoda je založena na bobtnání pšeničných bílkovin v organických kyselinách (Kovaříková et Netolická, 2011).

## 5 VÝSLEDKY

Práce hodnotí vliv jednotlivých variant hnojení na výnos a kvalitativní parametry pšenice ozimé. Byly hodnoceny tyto parametry: výnos zrna, objemová hmotnost zrna, obsah N-látek v zrna, sedimentační hodnota. Dále byla hodnocena ekonomická efektivnost jednotlivých variant hnojení.

### 5.1 Výnos zrna pšenice ozimé

Míru ovlivnění výnosu pšenice ozimé různými variantami hnojení uvádí tabulka č. 10. Statisticky vysoce významný vliv na výnos měl ročník, lokalita i varianta hnojení. Projevila se i vysoce významná interakce mezi rokem a lokalitou. Vysoce významná je i interakce mezi rokem, lokalitou a variantou.

Tabulka 10: Analýza variance výnosu zrna pšenice ozimé

Efekt	Stupně volnosti	Výnos SČ	Výnos PČ	Výnos F	Výnos p
Abs. člen	1	6609,856	6609,856	11778,81	**
Rok	2	40,174	20,087	35,79	**
Lokalita	1	6,567	6,567	11,70	**
Varianta	5	66,924	13,385	23,85	**
Rok*Lokalita	2	83,110	41,555	74,05	**
Rok*Varianta	10	1,405	0,140	0,25	NP
Lokalita*Varianta	5	1,650	0,330	0,59	NP
Rok*Lokalita*Varianta	10	25,130	2,513	4,48	**
Chyba	107	60,045	0,561		
Celkem	142	278,795			

Pozn.: Vliv faktoru: NP - statisticky neprůkazné, \* - významný, \*\* - vysoce významný  
SČ – suma čtverců, PČ – průměrný čtverec, F – testové kritérium

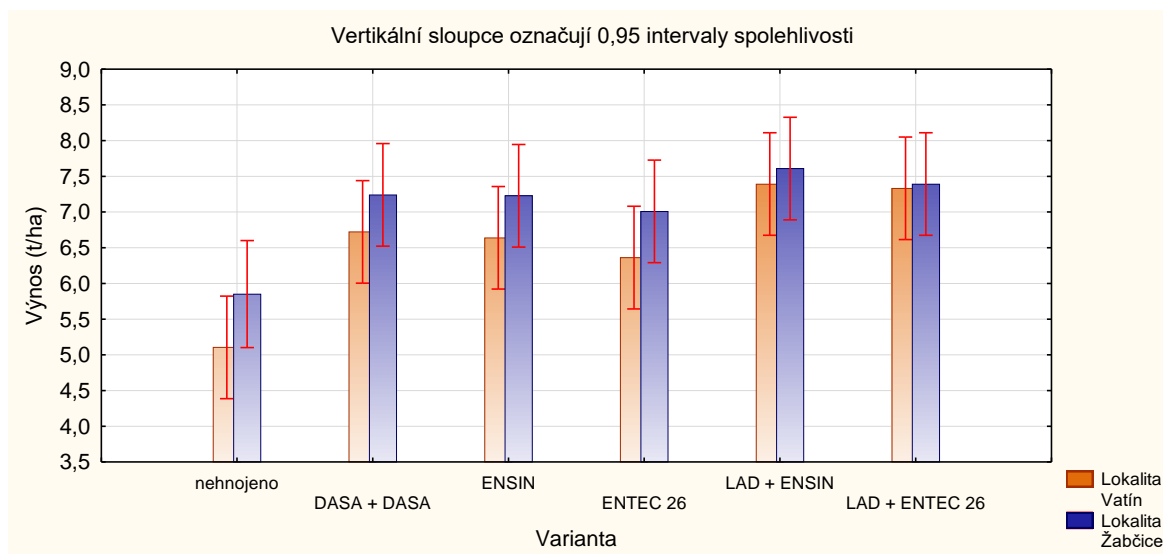
Tabulka 11: Průměrné výnosy pšenice ozimé (t/ha) a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
Rok	2013	48	7,54 ± 1,72	b	118,3
	2014	48	6,56 ± 1,05	b	102,9
	2015	48	6,38 ± 1,05	a	100,0
Lokalita	Vatín	72	6,59 ± 1,19	a	100,0
	Žabčice	72	7,07 ± 1,56	b	107,3
Varianta	nehnojeno	24	5,46 ± 1,98	a	100,0
	DASA + DASA	24	5,98 ± 1,12	b	127,8
	ENSIN	24	6,93 ± 1,05	b	127,0
	ENTEC 26	24	6,69 ± 1,15	b	122,4
	LAD + ENSIN	24	7,50 ± 1,09	b	137,3
	LAD + ENTEC 26	24	7,36 ± 0,91	b	134,8

Z tabulky č. 11 plyne, že všechny hnojené varianty dosáhly průkazně vyššího výnosu než nehnojená varianta, která dosáhla výnosu 5,46 t/ha. Z hnojených variant dosáhla nejnižšího průměrného výnosu varianta DASA + DASA (5,98 t/ha). Nejvyšší průměrný výnos dosáhla varianta LAD + ENSIN (7,5 t/ha), což je o 37,3 % více než nehnojená varianta. Rozdíl mezi LAD + ENSIN a LAD + ENTEC 26 činil 0,14 t/ha, ale rozdíl nebyl statisticky průkazný, proto se dá vliv obou hnojiv posoudit jako srovnatelný.

Z grafu č. 7 lze vidět rozdíl výnosů na jednotlivých lokalitách. Ve Vatíně byl nejnižší výnos 5,1 t/ha u nehnojené varianty. Z hnojených variant ve Vatíně dosáhla nejnižšího výnosu zrna varianta ENTEC 26 s výnosem 6,36 t/ha. Nejvyššího výnosu dosáhla varianta LAD + ENSIN s výnosem 7,39 t/ha, což je o 44,9 % více než u nehnojené varianty. Varianty s LAD a pozdější aplikaci hnojiva s inhibítorem dosahovaly nejvyšších výnosů. Obě dvě varianty byly statisticky průkazné od varianty nehnojené. Varianty, kde byla použita jen hnojiva s inhibitory, dosáhla nižších výnosů než varianta bez inhibitoru DASA + DASA.

Obdobné výsledky byly dosaženy na lokalitě Žabčice, kde nehnojená varianta dosáhla výnosu 5,85 t/ha. Hnojené varianty byly statisticky průkazné od varianty nehnojené. Nejvyšší výnos byl stejně jako na lokalitě Vatín u varianty LAD + ENSIN s výnosem 7,61 t/ha. A druhá nejvýnosnější varianta byla opět LAD + ENTEC 26. Z hnojených variant dosáhly nejnižšího výnosu, stejně jako ve Vatíně, varianty kde byla použita samostatně hnojiva s inhibitory.

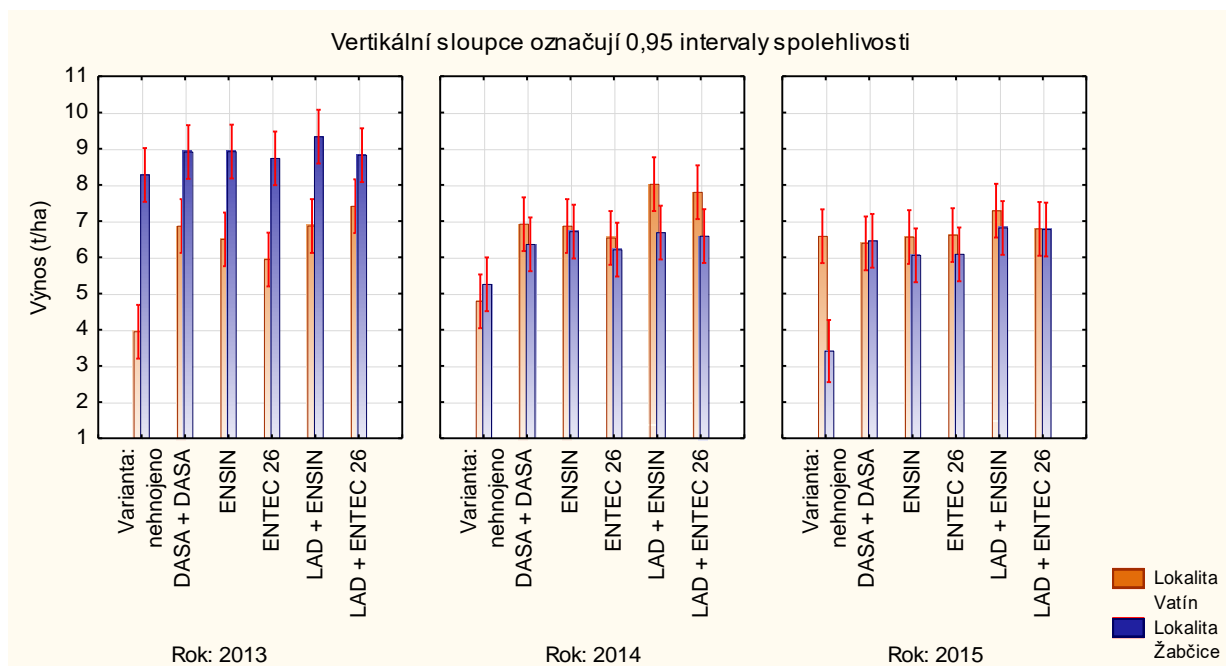


Graf 7: Průměrné výnosy zrna pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 12: Průměrné výnosy pšenice ozimé (t/ha) dle roků a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Rok	Lokalita	N	Průměr ± Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
2013	Vatín	24	6,25±1,28	a	103,5
2014	Vatín	24	6,82±1,32	a	112,9
2015	Vatín	24	6,70±0,88	a	111,0
2013	Žabčice	24	8,83±0,95	b	146,2
2014	Žabčice	24	6,30±0,61	a	104,3
2015	Žabčice	24	6,04±1,12	a	100,0

Z grafu č. 8 lze vidět průměrné výnosy jednotlivých variant v jednotlivých letech na lokalitě Vatín a Žabčice. V roce 2013 se sice ke konci měsíce dubna projevil mírný nedostatek vláhy, ale začátkem měsíce května přišly vydatné srážky na obou lokalitách, což se pozitivně projevilo ve výnosu zrna. V roce 2013 dosahoval průměrný výnos v Žabčicích 8,83 t/ha a ve Vatíně 6,25. Na vysokém výnosu v Žabčicích se projevil především příznivé klimatické podmínky a dobré stanoviště. V následujících letech 2014 a 2015 bylo jaro nadprůměrně teplé a suché, což se projevilo na nízkém výnosu v Žabčicích, kdy v roce 2014 byla dosažena hodnota 6,3 t/ha, na rozdíl od lokality Vatín, kde bylo dosaženo 6,82 t/ha. Totéž platí pro rok 2015, kdy byl průměrný výnos vyšší ve Vatíně než v Žabčicích. Nejvyšších výnosů dosáhly varianty LAD + ENSIN a LAD + ENTEC 26. Projevil se tak pozitivní vliv rychle dostupného dusíku z hnojiva LAD v regeneračním hnojení a poté pozvolné působení hnojiva s inhibitorem v produkčním hnojení.



Graf 8: Průměrné výnosy zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech

## 5.2 Objemová hmotnost zrna pšenice ozimé

Míru ovlivnění objemové hmotnosti pšenice ozimé různými variantami hnojení uvádí tabulka č. 13. Při hodnocení míry ovlivnění objemové hmotnosti nebyl prokázán vliv ročníku, lokality, ani varianty.

Tabulka 13: Analýza variance objemové hmotnosti (g/l) zrna pšenice ozimé

Efekt	Stupně volnosti	Objemová hmotnost SČ	Objemová hmotnost PČ	Objemová hmotnost F	Objemová hmotnost p
Abs. člen	1	88920235	88920235	24598,31	**
Rok	2	11629	5814	1,61	NP
Lokalita	1	643	643	0,18	NP
Varianta	5	32874	6575	1,82	NP
Rok*Lokalita	2	8601	4300	1,19	NP
Rok*Varianta	10	27927	2793	0,77	NP
Lokalita*Varianta	5	26092	5218	1,44	NP
Rok*Lokalita*Varianta	10	38430	3843	1,06	NP
Chyba	107	386793	3615		
Celkem	142	536082			

Pozn.: Vliv faktoru: NP - statisticky neprůkazné, \* - významný, \*\* - vysoce významný  
SČ – suma čtverců, PČ – průměrný čtverec, F – testové kritérium

Tabulka 14: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti pšenice ozimé (g/l) a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

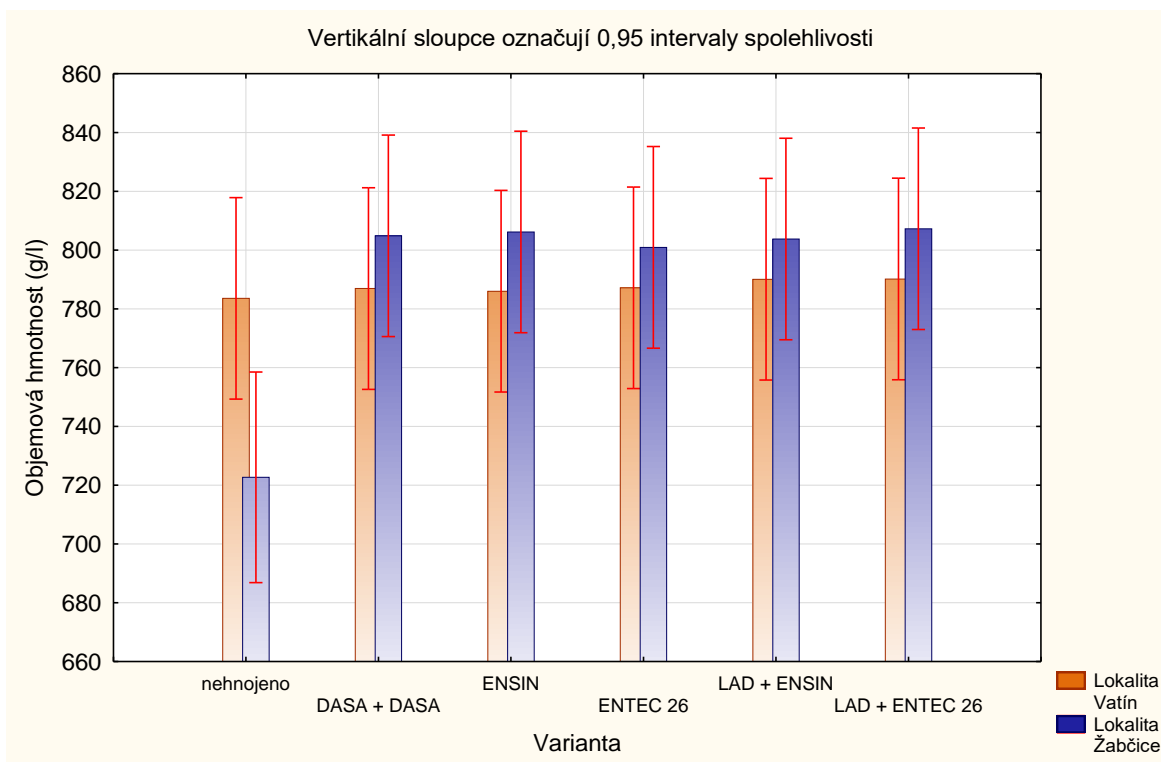
Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
Rok	2013	48	797,42 ± 15,49	a	102,6
	2014	48	776,87 ± 103,72	a	100,0
	2015	48	794,60 ± 12,61	a	102,3
Lokalita	Vatín	72	787,32 ± 8,73	a	100,0
	Žabčice	72	791,90 ± 87,00	a	100,6
Varianta	nehnojeno	24	754,47 ± 148,32	a	100,0
	DASA + DASA	24	795,88 ± 13,46	a	105,5
	ENSIN	24	796,08 ± 12,93	a	105,5
	ENTEC 26	24	794,04 ± 12,26	a	105,2
	LAD + ENSIN	24	796,92 ± 11,96	a	105,6
	LAD + ENTEC 26	24	798,71 ± 11,87	a	105,9

Z tabulky č. 14 plyne, že u jednotlivých variant hnojení dosahovaly průměrné hodnoty objemové hmotnosti od 754,47 do 798,71 g/l. Rozdíl mezi variantami hnojení byl statisticky neprůkazný. Nejnižší objemová hmotnost byla naměřena u nehnojené varianty (754,47 g/l). Z hnojených variant dosáhla nejnižší objemové hmotnosti varianta ENTEC 26 (794,04 g/l). Nejvyšší byla naměřena u varianty LAD + ENTEC 26 (798,71 g/l).

Z grafu č. 9 lze vidět rozdíl dosažených objemových hodnot na jednotlivých lokalitách. Ve Vatíně nejnižší objemová hmotnost byla naměřena u nehnojené varianty a to hodnota 783,58 g/l. Z hnojených variant byla nejnižší objemová hmotnost u varianty ENSIN. Nejvyšší objemové hmotnosti dosáhla varianta LAD + ENTEC 26 a LAD + ENSIN s hodnotami 790,17 a 790,08 g/l.

V Žabčicích byla nejnižší objemová hmotnost naměřena u nehnojené varianty (722,7 g/l). Z hnojených variant dosáhla nejnižší objemové hmotnosti varianta ENTEC 26 s hodnotou 800,92 g/l. Nevyšší objemová hmotnost byla stejně jako ve Vatíně u varianty LAD + ENTEC 26. Z grafu je však patrný malý rozdíl v objemové hmotnosti mezi hnojenými variantami. Vliv jednotlivých variant hnojení na objemovou hmotnost zrna pšenice ozimé byl neprůkazný.



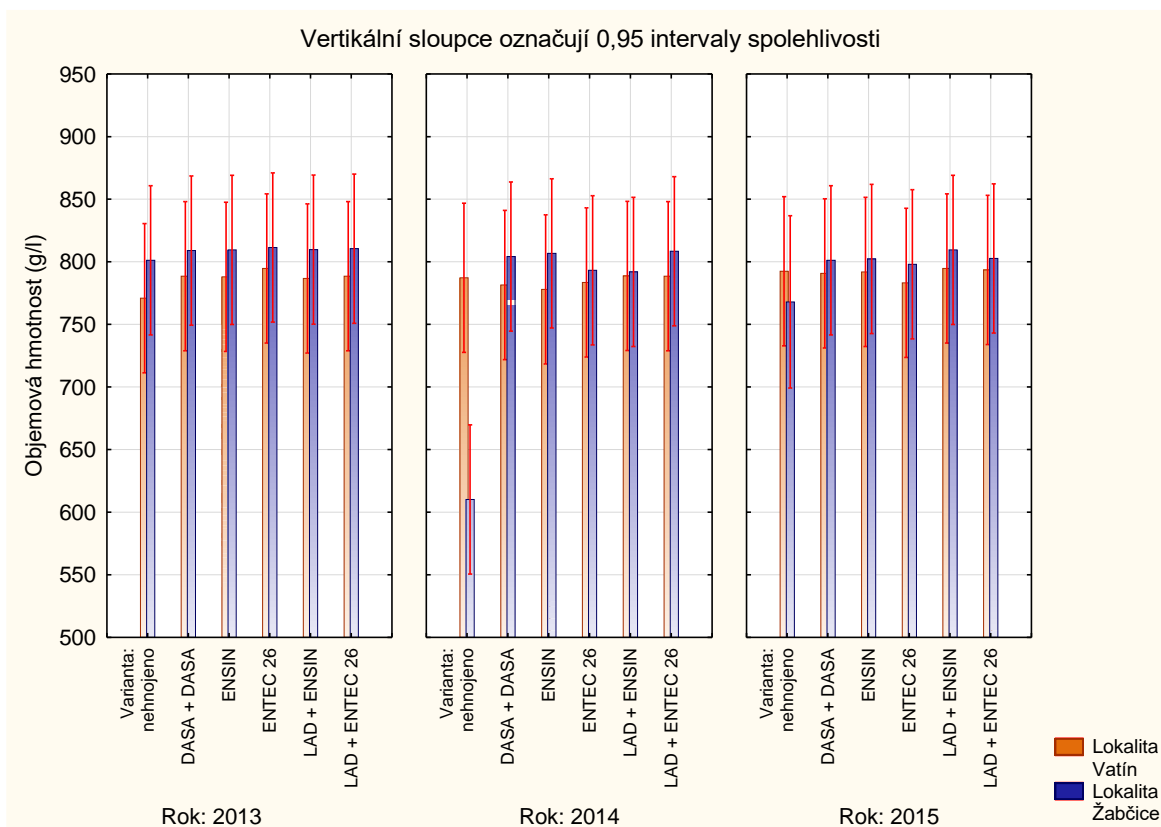


Graf 9: Průměrné objemové hmotnosti (g/l) zrna pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 15: Průměrné objemové hmotnosti pšenice ozimé (t/ha) dle roků a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Rok	Lokalita	N	Průměr ± Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
2013	Vatín	24	786,25±10,38	a	102,2
2014	Vatín	24	808,58±11,06	a	105,1
2015	Vatín	24	784,58±7,20	a	102,0
2013	Žabčice	24	769,15±147,67	b	100,0
2014	Žabčice	24	791,13±7,16	a	102,9
2015	Žabčice	24	798,22±15,87	a	103,8

Z grafu č. 10 vidíme průměrné objemové hmotnosti jednotlivých variant v jednotlivých letech na lokalitě Vatín a Žabčice. Minimální objemová hmotnost pro potravinářskou pšenici je podle ČSN 46 1100-2 760 g/l. Tato hodnota byla dosažena u všech variant hnojení. Ve Vatíně byla nejvyšší průměrná hodnota objemové hmotnosti dosažena v roce 2014 (808,58 g/l). V Žabčicích byla nejvyšší hodnota v roce 2015 (798,22 g/l).



Graf 10: Průměrné objemové hmotnosti zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech

### 5.3 Obsah N – látek v zrně pšenice ozimé

Míru ovlivnění obsahu N – látek v zrně pšenice ozimé různými variantami hnojení uvádí tabulka č. 16. Při hodnocení jednotlivých ročníků, lokalit a variant hnojení byl zjištěn statisticky velmi vysoce významný rozdíl. Projevila se velmi významná interakce mezi rokem a lokalitou. Další vysoce významná interakce byla mezi lokalitou a variantou hnojení. Významná interakce se projevila mezi rokem a variantou hnojení.

Tabulka 16: Analýza variance obsahu N – látek v zrně pšenice ozimé

Efekt	Stupně volnosti	N - látky SČ	N - látky PČ	N - látky F	N - látky p
Abs. člen	1	19990,74	19990,74	41427,56	**
Rok	2	4,70	2,35	4,87	**
Lokalita	1	59,38	59,38	123,06	**
Varianta	5	38,12	7,62	15,80	**
Rok*Lokalita	2	125,27	62,63	129,80	**
Rok*Varianta	10	8,06	0,81	1,67	*
Lokalita*Varianta	5	7,73	1,55	3,21	**
Rok*Lokalita*Varianta	10	1,02	0,10	0,21	NP
Chyba	107	51,63	0,48		
Celkem	142	296,36			

Pozn.: Vliv faktoru: NP - statisticky neprůkazné, \* - významný, \*\* - vysoce významný  
SČ – suma čtverců, PČ – průměrný čtverec, F – testové kritérium

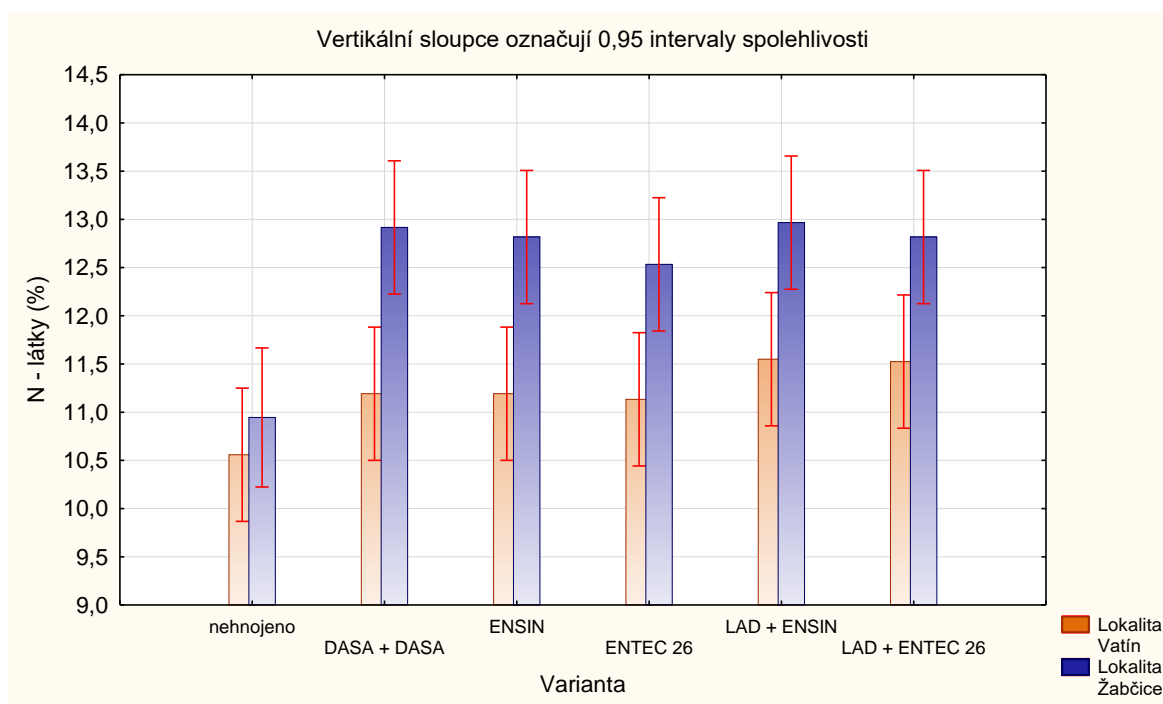
Tabulka 17: Průměrné hodnoty obsahu N – látek (%) v zrně pšenice ozimé a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
Rok	2013	48	11,96 ± 1,85	a	102,9
	2014	48	11,98 ± 1,37	a	103,1
	2015	48	11,62 ± 0,97	a	100,0
Lokalita	Vatín	72	11,19 ± 1,02	a	100,0
	Žabčice	72	12,52 ± 1,51	b	111,9
Varianta	nehnojeno	24	10,74 ± 1,33	a	100,0
	DASA + DASA	24	12,05 ± 1,48	b	112,2
	ENSIN	24	12,00 ± 1,35	b	111,8
	ENTEC 26	24	11,83 ± 1,42	b	110,2
	LAD + ENSIN	24	12,26 ± 1,34	b	114,1
	LAD + ENTEC 26	24	12,17 ± 1,35	b	113,3

Z tabulky č. 17 plyne, že všechny hnojené varianty dosáhly průkazně vyššího obsahu N - látek než nehnojená varianta, která dosáhla obsahu 10,74 % N - látek. Z hnojených variant dosáhla nejnižšího průměrného obsahu N - látek varianta ENTEC 26 (11,83 %). Nejvyšší průměrný obsah N - látek dosáhla varianta LAD + ENSIN (12,26 %), což je o 14,1 % více než nehnojená varianta. Dobrého obsahu N – látek dosáhla také varianta LAD + ENTEC 26 (12,17 %). Rozdíl mezi těmito variantami nebyl statisticky průkazný, proto se dá vliv obou hnojiv posoudit jako srovnatelný.

Z grafu č. 11 lze vidět rozdíl obsahů N - látek na jednotlivých lokalitách. Ve Vatíně nejnížší obsah N – látek dosáhla nehnojená varianta. Z hnojených variant dosáhla nejnížšího obsahu varianta ENTEC 26 s obsahem 11,13 % N – látek. Nejvyšší obsah N – látek dosáhla varianta LAD + ENSIN s obsahem 11,55 %. Žádná z variant ve Vatíně nedosáhla vyššího obsahu N – látek v zrně než 12 %, což představuje hraniční hodnotu pro zařazení do potravinářské pšenice (dle ČSN 46 1100-2).

Naopak v Žabčicích všechny hnojené varianty dosáhly hodnot vyšších než 12 % N – látek v zrně. Nejnížší obsah N – látek dosáhla nehnojená varianta. Z hnojených variant dosáhla nejnížšího obsahu N- látek varianta ENTEC 26 s obsahem 12,53 % N – látek. Statisticky průkazný rozdíl byl mezi nehnojenou variantou a variantou LAD + ENSIN, která dosáhla stejně jako na lokalitě Vatín nejvyšších hodnot N – látek. Oproti nehnojené variantě měla o 22,8 % vyšší obsah N – látek (12,97 %).

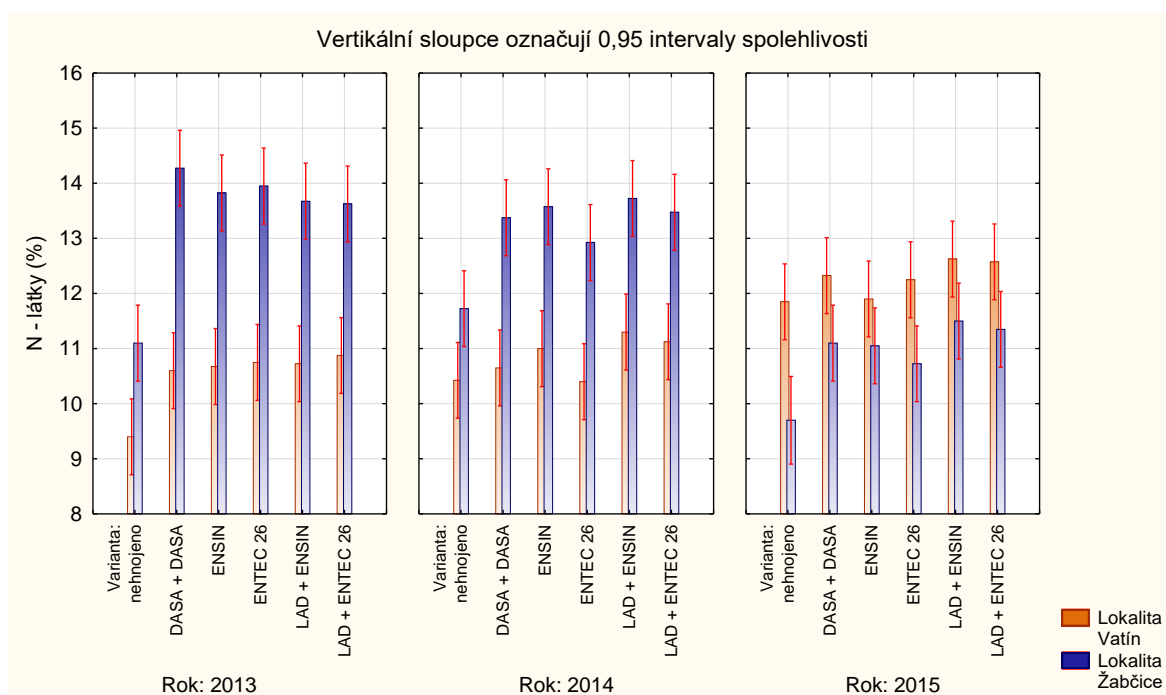


Graf 11: Průměrný obsah N – látek (%) v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 18: Průměrný obsahu N – látek (%) v zru pšenice ozimé dle roků a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Rok	Lokalita	N	Průměr ± Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
2013	Vatín	24	10,50±0,56	a	100,0
2014	Vatín	24	10,82±0,62	a	103,0
2015	Vatín	24	12,25±0,83	c	116,7
2013	Žabčice	24	13,41±1,51	b	127,6
2014	Žabčice	24	13,13±0,80	b	125,0
2015	Žabčice	24	10,96±0,60	a	104,3

Z grafu č. 12 vidíme průměrné obsahy N – látek v zru u jednotlivých variant v jednotlivých letech na lokalitě Vatín a Žabčice. V roce 2013 se rozdíly v obsahu N - látek projevují na jednotlivých lokalitách v důsledkú výkyvů počasí, zejména po deštích v měsíci srpnu při pozdější sklizni. V roce 2013 tak byl velký rozdíl v obsahu N – látek na lokalitě Vatín a Žabčice. Obdobný byl rok 2014, kdy hodnoty N - látek ovlivnily časté a vydatné srážky, které způsobily snížení některých kvalitativních parametrů sklizeného zru jako je obsah N – látek. V roce nejsušším roce 2015 se projevil pozitivní vliv hnojiv s inhibítorem, kdy varianta LAD + ENSIN dosáhla lepších hodnot než varianta bez inhibítora.



Graf 12: Průměrný obsah N – látek v zru pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech

## 5.4 Sedimentační hodnota zrna pšenice ozimé

Míru ovlivnění sedimentační hodnoty pšenice ozimé různými variantami hnojení uvádí tabulka č. 19. Statisticky vysoce významný vliv na sedimentační hodnotu měl ročník, lokalita i varianta hnojení. Projevila se i vysoce významná interakce mezi rokem a lokalitou. Vysoce. Významná je i interakce mezi lokalitou a variantou. Interakce mezi rokem, lokalitou a variantou nebyla prokázána.

Tabulka 19: Analýza variance sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé

Efekt	Stupně volnosti	Sedimentační hodnota SČ	Sedimentační hodnota PČ	Sedimentační hodnota F	Sedimentační hodnota p
Abs. člen	1	119266,1	119266,1	3100,707	**
Rok	2	6009,7	3004,9	78,121	**
Lokalita	1	7692,3	7692,3	199,987	**
Varianta	5	2529,9	506,0	13,154	**
Rok*Lokalita	2	13869,0	6934,5	180,285	**
Rok*Varianta	10	416,2	41,6	1,082	NP
Lokalita*Varianta	5	478,4	95,7	2,488	*
Rok*Lokalita*Varianta	10	74,0	7,4	0,192	NP
Chyba	107	4115,7	38,5		
Celkem	142	35090,2			

Pozn.: Vliv faktoru: NP - statisticky neprůkazné, \* - významný, \*\* - vysoce významný  
SČ – suma čtverců, PČ – průměrný čtverec, F – testové kritérium

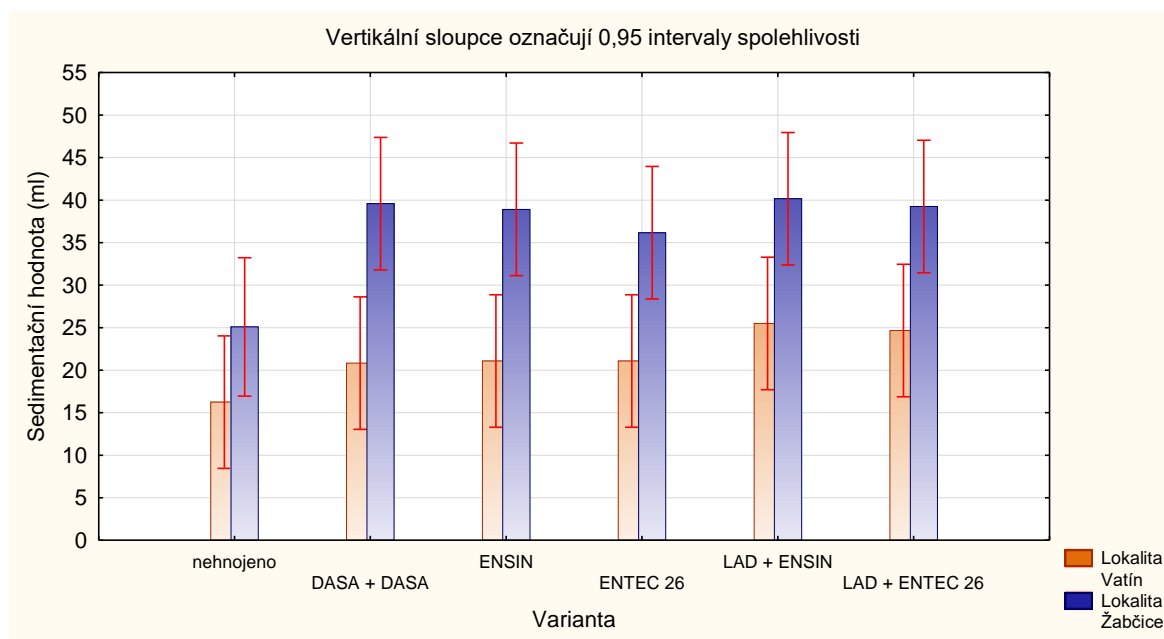
Tabulka 20: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
Rok	2013	48	37,65 ± 21,05	a	167,7
	2014	48	27,00 ± 10,58	a	120,3
	2015	48	22,45 ± 8,35	b	100,0
Lokalita	Vatín	72	21,57 ± 7,52	a	100,0
	Žabčice	72	36,69 ± 18,09	b	170,1
Varianta	nehnojeno	24	20,48 ± 14,76	a	100,0
	DASA + DASA	24	30,21 ± 17,02	b	147,5
	ENSIN	24	30,00 ± 15,89	b	146,5
	ENTEC 26	24	28,63 ± 15,94	b	139,8
	LAD + ENSIN	24	32,83 ± 14,21	b	160,3
	LAD + ENTEC 26	24	31,96 ± 14,81	b	156,0

Z tabulky č. 20 plyne, že všechny hnojené varianty dosáhly průkazně vyšší sedimentační hodnoty než nehnojená varianta, která dosáhla 20,48 ml. Z hnojených variant dosáhla nejnižší průměrné sedimentační hodnoty varianta ENTEC 26 (28,63 ml). Nejvyšší průměrnou sedimentační hodnotu vykazuje varianta LAD + ENSIN (31,96 ml), což je o 60,3 % více než nehnojená varianta.

Z grafu č. 13 lze vidět rozdíl dosažených sedimentačních hodnot na jednotlivých lokalitách. Ve Vatíně dosahovaly sedimentační hodnoty od 16,25 do 25,50 ml. Nejnižší sedimentační hodnota u hnojených variant byla naměřena u varianty DASA + DASA (20,83 ml). Nejvyšší sedimentační hodnota dosáhla varianta LAD + ENSIN (25,5 ml).

V Žabčicích dosahovaly sedimentační hodnoty od 25,09 ml u nehnojené varianty do 40,17 ml u varianty LAD + ENSIN. Z hnojených variant dosáhla nejnižší sedimentační hodnoty varianta ENTEC 26 (36,17 ml). Nejvyšší sedimentační hodnota byla naměřena stejně jako na lokalitě Vatín u varianty LAD + ENSIN (40,17 ml).

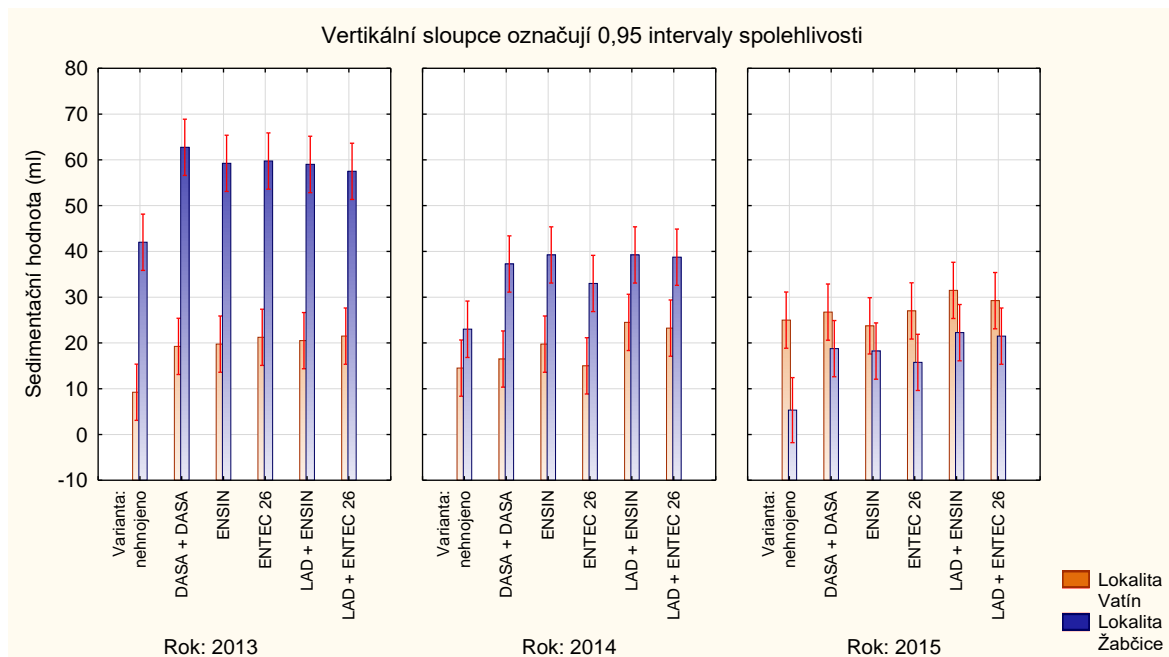


Graf 13: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech

Tabulka 21: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) dle roků a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Rok	Lokalita	N	Průměr ± Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Relativní %
2013	Vatín	24	18,58±4,82	a	106,3
2014	Vatín	24	18,92±6,57	a	108,2
2015	Vatín	24	27,21±7,63	b	155,7
2013	Žabčice	24	56,71±11,13	d	324,4
2014	Žabčice	24	35,08±7,01	c	200,7
2015	Žabčice	24	17,48±5,85	a	100,0

Z grafu č. 14 vidíme průměrné sedimentační hodnoty u jednotlivých variant v jednotlivých letech na lokalitě Vatín a Žabčice. Stejně jako u obsahu N – látek byl i v sedimentační hodnotě zásadní vliv srážek na jednotlivých lokalitách v období sklizně. Časté a vydatné srážky způsobily snížení sedimentační hodnoty na lokalitě Vatín v roce 2013 a 2014. V roce nejsušším roce 2015 se projevil pozitivní vliv hnojiv s inhibítorem, kdy varianta LAD + ENSIN dosáhla lepších hodnot než varianta bez inhibítora.



Graf 14: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) dle variant hnojení



## 5.5 Ekonomická efektivnost použitých hnojiv

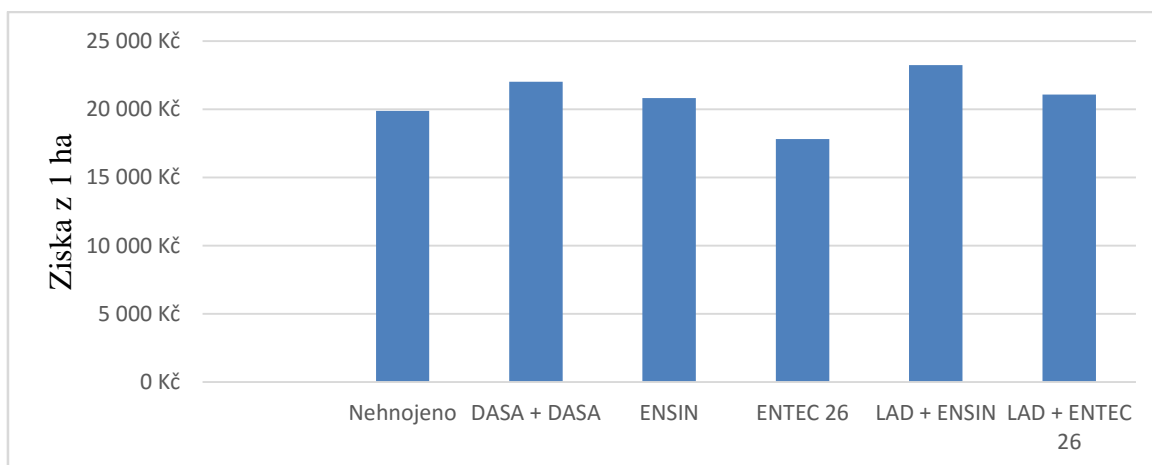
Koeficient ekonomické efektivnosti udává, kolik korun čistých výnosů nám přinese jedna koruna nákladů. Jedná se tedy o poměr velikosti výnosu daného hnojiva k celkovým nákladům na hnojení. Čím vyšší hodnota koeficientu, tím výhodnější je investice.

### 5.5.1 Lokalita Vatín

Tabulka 22: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv pro lokalitu Vatín

Varianta	Cena aplikovanéh o hnojiva (Kč/ha)	Cena aplikace (Kč/ha)	Celkem náklady na hnojení	Průměrný výnos (t)	Tržby z 1 ha*	Zisk z 1 ha
Nehnojeno	0	0	0	5,10	19890	19890
DASA + DASA	3584	600	4184	6,72	26208	22024
ENSIN	4662	400	5062	6,64	25896	20834
ENTEC 26	6587	400	6987	6,36	24804	17817
LAD + ENSIN	4976	600	5576	7,39	28821	23245
LAD + ENTEC 26	6901	600	7501	7,33	28 587	21086

Z grafu č. 15 lze vidět, že na lokalitě Vatín dosáhla nevyššího zisku z 1 ha varianta LAD + ENSIN. Tato varianta dosáhla nejvyššího výnosu (7,39 t/ha). Nejnižší zisk dosáhla varianta s inhibitorem ENTEC 26. Z hnojených variant dosáhla nejnižšího výnosu a zároveň patří mezi nejdražší varianty. Tato varianta byla ekonomicky méně efektivní než nehnojená varianta. Varianta bez inhibitoru DASA + DASA byla více ekonomicky efektivní, než varianty, kde bylo použito samostatně hnojivo s inhibitorem. Pšenice ve Vatíně nedosahovala parametrů potravinářské pšenice, jelikož obsah N – látek v znu byl nižší než 12,0 %, což je minimální hodnota pro potravinářskou pšenici dle ČSN 46 1100-2. Proto bylo počítáno s cenou za krmnou pšenici.



Graf 15: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv

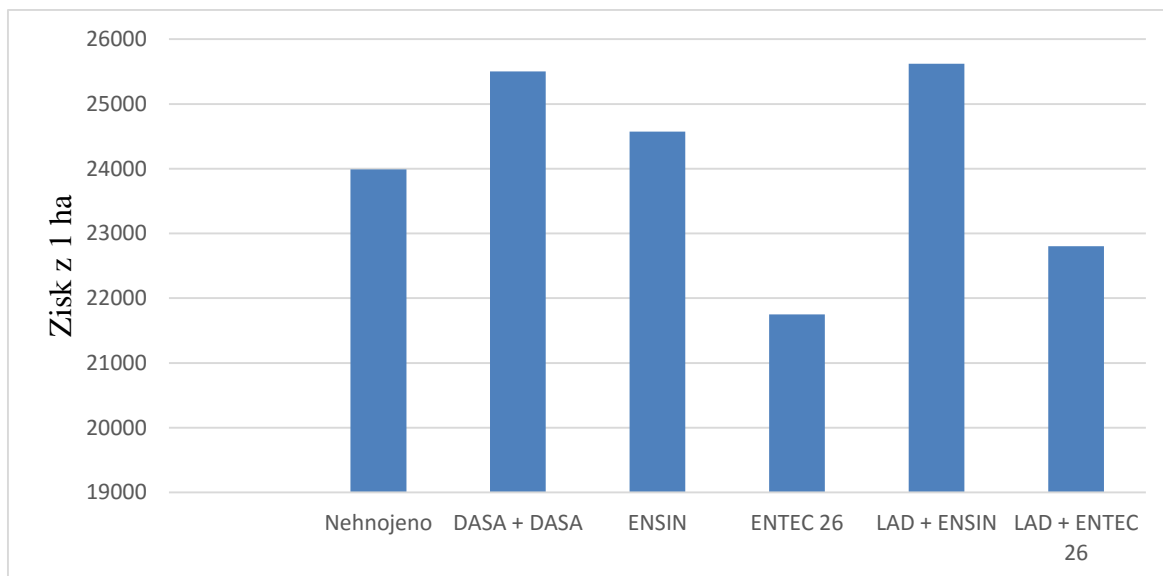
Pozn.: Průměrná výkupní cena pšenice ozimé činila k 1. 4. 2016 3900 Kč/t. Ceny hnojiv jsou k datu 1. 4. 2016. Cena nafty, opotřebení techniky, aplikace hnojiva a plat zaměstnance odpovídá 200 Kč/ha.

### 5.5.2 Lokalita Žabčice

Tabulka 23: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv pro lokalitu Vatín

Varianta	Cena aplikovaného hnojiva (Kč/ha)	Cena aplikace (Kč/ha)	Celkem náklady na hnojení	Průměrný výnos (t)	Tržby z 1 ha*	Zisk z 1 ha
Nehnojeno	0	0	0	5,85	23988	23988
DASA + DASA	3584	600	4184	7,24	29687	25503
ENSIN	4662	400	5062	7,23	29635	24573
ENTEC 26	6587	400	6987	7,01	28737	21750
LAD + ENSIN	4976	600	5576	7,61	31196	25620
LAD + ENTEC 26	6901	600	7501	7,39	30305	22804

Nejvyššího zisku z 1 ha na lokalitě v Žabčicích dosáhla varianta LAD + ENSIN, stejně jako na lokalitě ve Vatíně. Tato varianta dosáhla nejvyššího výnosu (7,61 t/ha). Nejnižší zisk z 1 ha dosáhla varianta s inhibitorem ENTEC 26, která byla méně ekonomicky výhodná než nehnojená varianta. Tato varianta byla také nejméně ekonomicky efektivní na lokalitě Vatín.



Graf 16: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv

*Pozn.: Průměrná výkupní cena pšenice ozimé činila k 1. 4. 2016 4100 Kč/t. Ceny hnojiv jsou k datu 1. 4. 2016. Cena nafty, opotřebení techniky, aplikace hnojiva a plat zaměstnance odpovídá 200 Kč/ha.*

## 6 DISKUZE

Pomocí tříletého maloparcelkového pokusu z roku 2013, 2014 a 2015 byl sledován vliv jednotlivých variant hnojení na výnos a kvalitu pšenice ozimé.

1. Průměrné výnosy zrna pšenice ozimé byly v roce 2013 6,25 t/ha ve Vatíně a 8,83 t/ha v Žabčicích. Tyto hodnoty jsou velmi nadprůměrné ve srovnání s průměrným výnosem v ČR, který v roce 2013 byl 4,32 t/ha (podle ČSÚ). V roce 2013 nebyl limitujícím faktorem počasí. I když se ke konci měsíce dubna projevil mírný nedostatek vláhy, začátkem měsíce května přišly vydatné srážky, a to napomohlo rostlinám k tomu, aby se v dostatečné míře formovaly výnosové prvky. Z tohoto důvodu byl vyšší průměrný výnos na lokalitě Žabčice, kde jsou výborné půdní podmínky. Rozdílný však byl rok 2014 a 2015, kdy průměrný výnos byl vyšší na lokalitě Vatín, jelikož porosty v Žabčicích mohly trpět nedostatkem srážek.

Co se týče jednotlivých variant hnojení, nejvyššího průměrného výnosu za tři roky dosahovala varianta LAD + ENSIN a to na lokalitě Vatín i Žabčice. Ve Vatíně došlo průměrně ke zvýšení výnosu vzhledem k nehnojené variantě o 2,29 t/ha, v Žabčicích to bylo 1,76 t/ha. Výhodou této varianty je rychle dostupný dusík z hnojiva LAD v regeneračním hnojení a poté pozvolné působení hnojiva s inhibítorem v produkčním hnojení. Tato varianta dosáhla nejvyššího výnosu ve všech sledovaných ročnících. Druhá nejvýnosnější varianta byla LAD + ENTEC 26, což opět potvrzuje výhodu použití kombinaci hnojiva LAD s hnojivem s inhibítorem. Ve srovnání hnojiv s inhibitory bez použití hnojiva LAD a variantou DASA + DASA dosahovala varianta DASA + DASA vyšších výnosů než použití samostatného hnojiva s inhibítorem.

Výnosové výsledky s hnojivem ENSIN mají také Ložek a Slamka (2014), v jejich pokusu dosahovala varianta ENSIN o 2,2 % vyšších výnosů než hnojivo DASA. Víceletý pokus prováděla společnost DUSLO na lokalitě Bučany a Brezňička. Jejich výsledky jsou obdobné a na lokalitě Bučany došlo k průměrnému zvýšení výnosu o 0,14 t/ha při použití hnojiva ENSIN ve srovnání s hnojivem DASA. Na lokalitě Brezňičky byla varianta ENSIN o 0,77 t/ha výnosnější než varianta DASA.

2. Na objemovou hmotnost zrna nemá hnojení u jednotlivých variant statisticky průkazný význam. Z hnojených variant dosáhla nejnižší průměrnou objemovou hmotnost za

tři roky varianta ENSIN. Nejvyšší byla zaznamenána u varianty LAD + ENTEC 26. Rozdíly mezi hnojenými variantami byly malé a nebyl zde průkazný vliv.

Minimální objemová hmotnost pro potravinářskou pšenici je podle ČSN 760 g/l. Tato hodnota byla dosažena u všech variant hnojení. Ve Vatíně byla nejvyšší průměrná hodnota objemové hmotnosti dosažena v roce 2014 (808,58 g/l). V Žabčicích byla nevyšší hodnota v roce 2015 (798,22 g/l). Dobré hodnoty objemové hmotnosti byly ovlivněny odrůdou, která byla v pokusu použita (Midas). Tato odrůda dle Seznamu doporučených odrůd dosahuje pekařské jakosti E a má vysokou objemovou hmotnost.

3. V obsahu N – látek v zrně je statisticky průkazný rozdíl. Z hnojených variant dosáhla nejnižšího průměrného obsahu N - látek za tři roky varianta ENTEC 26. Nejvyšší obsah N – látek dosáhla varianta LAD + ENSIN a to jak na lokalitě Vatín tak i v Žabčicích (11,55 % ve Vatíně a 12,97 % v Žabčicích). Varianta LAD + ENTEC 26 měla druhý nejvyšší obsah N – látek, což opět potvrzuje výhodu použití kombinaci hnojiva LAD s hnojivem s inhibítorem. V porovnání s hnojivy pouze s inhibitory byla účinnější varianta DASA + DASA, která dosáhla vyššího obsahu N – látek než použití samostatného hnojiva s inhibítorem.

Vliv inhibitorů nitrifikace na obsah dusíku v zrně sledovali také Ložek a Slamka (2014). Zjistili minimální a statisticky neprůkazný vliv hnojiva ENSIN v porovnání s hnojivy LAD a DASA. Výsledky pokusu nemusejí znamenat nefunkčnost inhibitorů, ale značí to, že rostliny na této lokalitě nemohly na zachovaný dusík v půdě plně reagovat.

4. Sedimentační hodnota byla stejně jako obsah N – látek nejvyšší u LAD + ENSIN. Projevovaly se zde velké rozdíly v ročnících, které byly dány rozdílným úhrnem srážek na jednotlivých lokalitách. Zatímco v roce 2013 byla průměrná sedimentační hodnota ve Vatíně 18,58 ml, v Žabčicích to bylo 56,71 ml. Opačný byl rok 2015, kdy byla vyšší průměrná hodnota ve Vatíně. Nejvyšších průměrných sedimentačních hodnot dosahovala varianta LAD + ENSIN.

Sedimentační hodnota určuje kvalitativní viskoelastické vlastnosti lepkové bílkoviny. Využívá se jako jeden z parametrů pekařské jakosti pšenice. Podíl sirných sloučenin (sirné aminokyseliny a glutathion) zejména v lepkové frakci hrají důležitou roli při výrobě pečiva. Kuktaité (2004) popisuje podstatný vliv sedimentační hodnoty na vlastnosti pšeničné mouky jako je tažnost a pružnost.

5. Z hlediska ekonomické efektivity byla nejvíce výnosná varianta LAD + ENSIN a to na lokalitě Vatín i Žabčice. Tato varianta dosahovala na lokalitě Vatín i Žabčice nejvyšších výnosů, v kombinaci s dobrou cenou aplikovaného hnojiva byla ekonomicky výhodnější než ostatní varianty. Nejméně výnosné byly varianty s použitím hnojiva ENTEC 26. Bylo to dáno nejen nízkým výnosem z hnojených variant, ale především vysokou cenou tohoto hnojiva. Varianta bez inhibitorů DASA + DASA byla více ekonomicky efektivní než hnojiva s inhibitory ENSIN a ENTEC 26 použitých samostatně. Bylo to dáno dobrým výnosem varianty DASA + DASA a zároveň nižší pořizovací cenou hnojiva.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním úkolem této diplomové práce bylo pomocí maloparcelkového pokusu posoudit, jaký je účinek stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou na výnos a kvalitativní parametry zrna pšenice ozimé. Na základě výsledků z tříletého pokusu lze formulovat následující závěry:

Stabilizovaná dusíkatá hnojiva se sírou jsou ve většině sledovaných parametrů statisticky srovnatelná s hnojivem bez inhibitoru. Na všech hnojených variantách došlo k signifikantnímu zvýšení výnosu oproti nehnojené kontrole (v průměru o 22,4 – 37,3 %). Nejvyššího průměrného výnosu za tři roky dosahovala varianta LAD + ENSIN a to na lokalitě Vatín i Žabčice, tato varianta dosáhla i nejvyššího obsahu N – látek i sedimentační hodnoty. Pouze u objemové hmotnosti byla lepší varianta LAD + ENTEC 26, nejednalo se však o průkazný rozdíl.

Obecně lze říct, že na parametry zrna v závislosti na lokalitě mělo rozhodující vliv počasí. V Žabčicích bylo dosaženo nadprůměrných hodnot v roce 2013, kdy byl příznivý úhrn srážek. Jedná se o výbornou lokalitu z hlediska půdních podmínek, výsledky jsou však značně ovlivňovány počasím. Lokalita Vatín dosáhla stabilnějších výsledků.

Z výsledků vyplývá, že nejlepší variantou byla varianta LAD + ENSIN, která dosahovala nejlepších parametrů ve všech třech letech. Tato varianta byla nejefektivnější i z hlediska ekonomické rentability.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Adamson, A., Järvan, M. (2006): *The effect of sulphur on yield structure elements and yield of winter wheat*. Transactions of ERIA 71, Saku, 61–66.

Agra Group (2015): *Urea Stabil*. [online], [poslední aktualizace 2015], [citováno dne 11. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

Agrostis (2016): *ENTEC 26*. [online], [citováno dne 12. 1. 2016]. Dostupné z: <http://www.agrostis.cz/nabidka/hnojiva-a-pudni-kondicionery/hnojiva-compo/travni-hnojivo-entec-26>

Balík J. (1993): *Základy výživy rostlin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 36 s.

Bergmann W. (1992): *Síra a její potřeba pro výživu rostlin*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 42 s.

Bičík I. (2009): *Půda v České republice*, Consult, Praha, 255 s.

Bloem E., Haneklaus S., Schnug E. (2005): *Significance of sulfur compounds in the protection of plants against pests and diseases*. Journal of Plant Nutrition, 28: 763 – 784 pp.

Brotan J. (2013): *Klimatické a agroklimatické podmínky Žabčic v období 1961-2010*: monografie. Vyd. 1. Mendelova univerzita v Brně, Brno: 52 s.

Černý J. (2010): *Principy hnojení dusíkem v závislosti na podmínkách prostředí*. ČZU v Praze, Praha, Databáze [on-line] [cit. 15. 9. 2015]. Dostupné na: [http://www.odbornevzdelavani.cz/Principy\\_hnojeni\\_dusikem\\_v\\_zavislosti\\_na\\_podminkach\\_prostredi.pdf/](http://www.odbornevzdelavani.cz/Principy_hnojeni_dusikem_v_zavislosti_na_podminkach_prostredi.pdf/)

Černý J. (2012): Nově o změnách obsahu síry v půdě. Zemědělec, 17: 14-16.

Di H. J., Cameron K. C. (2004): *Effects of temperature and application rate of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), on nitrification rate and microbial biomass in a grazed pasture soil*. Aus. J. Soil Res. (42), 927 – 932 s.



Duslo (2014): *Granulované dusíkaté hnojiva*. [online], [poslední aktualizace 2013], [citováno dne 14. 3. 2016]. Dostupné z: <http://www.duslo.sk/sk/produkty/hnojiva/dusikate-hnojiva>

Edmeades D. C. (2004): *Nitrification and Urease Inhibitors*. Enviroment Waikato Technical Report (22), 32 s.

Fecenko J., Ložek O. (2000): *Výživa a hnojení polných plodín*, SPU v Nitre, 452 s.

Fowler, D.B. (2002): Winter wheat production manual. Online [20. 2. 2016]. Dostupné na: [http://www.usask.ca/agriculture/cropsci/winter\\_cereals/](http://www.usask.ca/agriculture/cropsci/winter_cereals/)

Frye W. (2005): *Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection*. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt, Germany, 28-30 June 2005, 8 s.

Goh K. M., Pamidi J. (2003): *Plant uptake of sulphur as related to changes in the HI-reducible and total sulphur fractions in soil*. Plant and Soil, 250: 1–13.

Györi, Z. (2005): *Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36, 1/3, 373–382.

Haderlein, L., Jensen T. L., Dowbenko R. E., Blaylock A.D. (2001): *Optimizing nitrogen management in food and energy production and environmental protection: Proceedings of the 2nd international nitrogen conference on science and policy*. TheScientificWorld 1.

Hagel, I. (2005). *Sulfur and baking-quality of bread making wheat*. Landbauforschung Völkenrode, Special Issue 283, 23–36.

Hlušek J. (2004): *Minerální hnojiva*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E.: *Multimediální učební texty z výživy rostlin*, Databáze online [cit. 11. 3. 2016]. Dostupné na: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/hnojiva/a\\_index\\_hnojiva.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva.htm)

Hřivna L. (2012): *Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce*. Družstvo vlastníků odrůd: Šlechtitelské listy [citováno dne 22. 3. 2016]. Dostupné z: [http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva\\_a\\_hnojeni\\_porostu\\_psenice\\_ozime\\_a\\_kvalita\\_produkce.pdf](http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf)

Hůnová I., Kurfürst P., Stráník V. (2015): *Znečištění ovzduší na území české republiky v roce 2014*. Český hydrometeorologický ústav, [on-line ], [poslední aktualizace 2015], [citováno dne 12. 3. 2016]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/Obsah\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/Obsah_CZ.html)

Chow J. (2010a): *Wheat nutrition and fertilizer requirements: nitrogen, Canada grains council's complete guide to wheat management*, Government of Alberta. Databáze [on-line] [citováno dne 22. 2. 2014]. Dostupné na: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/crop1273#nitrogen](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/crop1273#nitrogen)

Chow J. (2010b): *Wheat nutrition and fertilizer requirements: sulphur, Canada grains council's complete guide to wheat management*, Government of Alberta. Databáze [on-line] [citováno dne 22. 2. 2014]. Dostupné na: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/crop1297](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/crop1297)

Inal A., Gunes A., Alpaaslan M., Adak M. S., Taban S., Eraslan F. (2003): *Diagnosis of sulphur deficiency and effects of sulphur on yield and yield components of wheat grown in central Anatolia, Turkey*. J. Plant Nutr. 26:1483-1498.

Ivanič J., Knop K., Havelka B. (1984): *Výživa a hnojení rostlín. 2.*, preprac a dopl. vyd. Bratislava: Příroda, 482 s.

Järvan M., Adamson A. (2005): *Effect of sulphur applied as top dressing on yield of winter wheat (Triticum aestivum)*. Agronomy 2005, Transactions, Tartu, 66–68.

Järvan M., Edesi L., Adamson A., Lukme L., Akk A. (2008): *The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat.*, Agronomy Research 6(2): 459–469.

Kejř L. (2007): *Ověření účinnosti stupňovaných dávek dusíku při konstantních hladinách fosforu a draslíku. Závěrečná zpráva ze stacionární zkoušky za roky 1996 - 2004*. Ústřední kontrolní ústav zemědělský v Brně, 130 s.

Khan M. A., Shah Z., Rab A. (2013): *Effect of urease and nitrification inhibitors on wheat yield*. Sarhad J. Agriculture, 29(3): 371-378.

Kováčik P. (2007): *Výživa a úroveň hnojenia rastlín: (stručne)*. Nitra: Ústav vedecko-technických informácií pre pôdohospodárstvo, 96 s.

Kovaříková D., Netolická V. (2011): *Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava*. Pardubice, Vzdělávací materiál. Střední průmyslová škola potravinářská Pardubice.

Kozlovský O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Kos M., Prášilová M. (2009): *Influence of nitrogen fertilizer injection (CULTAN) on yield, yield components formation and quality of winter wheat grain*. *Plant, Soil and Environment*, 2009, roč. 55, č. 12, s. 536 - 543. ISSN: 1214-1178.

Křen, J., Benada, J., Flašarová, M., Hubík, K., Krofta, S., Kryštof, Z., Macháň, F. Málek, J., Míša, P., Onderka, M., Pokorný, E., Strálková, R., Špunar, J. a Váňová, M. *Metodika pěstování ozimých obilnin*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o. 1998. 143 s.

Kuktaitė R. (2004): *Protein Quality in Wheat: Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing.*, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 39 s.

Lewis, A. O. M. (1986): *Plants and nitrogen*. London : Edward Arnold Publishers,. ISBN 0- 7131-2899.

Lošáková, J., 2008: *Možnosti používání (dusíkatých) minerálních hnojiv v koncepci udržitelného rozvoje*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Odbor hnojiv a půdy, Brno, 45 s.

Lovochemie (2007a): *Dusíkatá hnojiva* [online], [poslední aktualizace 2007], [citováno dne 16. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.lovochemie.cz/Produkty/Dusikata-hnojiva.html>

Lovochemie (2007b): *Vícesložková hnojiva* [online], [poslední aktualizace 2007], [citováno dne 16. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.lovochemie.cz/Produkty/Viceslozkova-hnojiva.html>

Ložek O., Slamka P. (2014): *Hodnotenie účinku inhibítora nitrifikácie v hnojive ENSIN vo výžive obilnín a olejnín*, SPU v Nitre, 27 s.

- Luo J. (2000): *Nitrogen loss through denitrification in a soil under pasture in New Zealand*. Soil Bio. Biochem., 32, s. 497-509.
- Marschner H. (2011): *Mineral nutrition of higher plants*. 3rd Edition. Academic Press, London. 672 s.
- Matula J. (1977): *Výživa rostlin*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR. 186 s.
- Matula J. (2001): *Stanovení zásobenosti půdy sírou*. Sb. ze 7. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv, ČZU v Praze, ISBN 80-213-0839-7: 35-42.
- Matula J., (2007): *Výživa a hnojení sírou: metodika pro praxi*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha
- McKenzie R. H., Bremer E., Middleton A. B., Piffner P. G., Dowbenko R. E. (2007): *Controlled-release urea for winter wheat in southern Alberta*. Can. J. Soil Sci. 87: 85–91.
- Mengel, K., Kirkby E. A. (2001): *Principles of plant nutrition*. Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 849 s.
- Miller A. J., Cramer M. D. *Root Nitrogen Acquisition and Assimilation*. Plant and Soil [online]. 2005, no. 274 [cit. 1. 3. 2016], s. 1-36. ISSN 1573-5036.
- Mills H. A., Baker A. V., Maynard D. N. (1976): *Nitrate Accumulation in Radish as Affected by Nitrophenol*. Agronomy Journal, 68, 13 - 17.
- Motavalli P. P., Goyne K. W., Udawatta R. P. (2008): *Environmental impacts of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers*. Crop Management [online]. [cit. 2. 4. 2016] Dostupné na: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/symposium/enhanced/impacts/>.
- Nastri A., Toderi G., Bernati E.; Govi G. (2000): *Ammonia volatilisation and yield response from urea applied to wheat with urease (NBPT) and nitrification (DCD) inhibitors*. Agrochimica. 44: 231-239.
- Oenema O., Postma R. (2003): *Managing Sulphur in Agroecosystems*. In ABROL P., AHMAD A. (Eds.): Sulphur in plants. Kluwer Academic Publishers, 45 – 70 s.
- Petr J. Hůska J. (1997): *Speciální produkce rostlinná - I.: (Obecná část a obilniny)*. 1. vyd. Praha: ČZU, 193 s.

Prasad R. (2009): *Efficient fertilizer use: The key to food security and better environment*. J Tropical Agriculture 47 (1 - 17).

Rawluk C. D. L. (2001): *Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT*. Canadian Journal of Soil Science, 34: 239 – 246.

Richter R. (2004a) : *Asimilace dusíku*. In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin, [on-line ], [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [citováno dne 11. 12. 2015]. Dostupné z:[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/biogeni\\_prvky/a\\_index\\_biogen.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogeni_prvky/a_index_biogen.htm)

Richter R. (2004b): *Symptomy nadbytku a nedostatku dusíku*, In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin. [on-line ], [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [citováno dne 11. 1. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/biogeni\\_prvky/a\\_index\\_biogen.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogeni_prvky/a_index_biogen.htm)

Richter R. (2004c): *Symptomy nadbytku a nedostatku síry*, In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin. [on-line ], [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [citováno dne 2. 2. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/biogeni\\_prvky/a\\_index\\_biogen.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogeni_prvky/a_index_biogen.htm)

Richter R. (2007a): *Dusík v půdě*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E. Multimediální učební texty z výživy rostlin. [on-line ], [poslední aktualizace 16. 01. 2007], [citováno dne 11. 12. 2015]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/a\\_index\\_agrochem.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm)

Richter R. (2007b): *Síra v půdě*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E.: Multimediální učební texty z výživy rostlin. [on-line ], [poslední aktualizace 16. 01. 2007], [citováno dne 12. 2. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/a\\_index\\_agrochem.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm)

Růžek P., Pišánová J. (2007): *Možnosti usměrnění přeměn dusíku v půdě s využitím inhibitorů ureázy a nitrifikace*, In: Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem. Sborník ze XIII. mezinárodní konference konané na ČZU v Praze dne 29. 11. 2007, Praha, 34-38.

Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R. (2009): *Jarní hnojení dusíkatými hnojivy*. Zemědělec, 11., s. 24 - 25

Ryant P. (2004a): *Význam dusíku pro pšenici* [online], [poslední aktualizace 27. 01. 2004], [citováno dne 3. 2. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/pdf/biogenni\\_prvky/dusik\\_psenice.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/pdf/biogenni_prvky/dusik_psenice.pdf)

Ryant P. (2004b): *Minerální hnojiva*. In: Richter, R., Hlušek, J., Fryščáková, E.: *Multimediální učební texty z výživy rostlin* [on-line], [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [citováno dne 10. 2. 2016]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/hnojiva/a\\_index\\_hnojiva](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva).

Sahota, T. S. (2006): *Importance of Sulphur in Crop Production*. Northwest Link, September, 10 – 12 s.

Sawyer, J. (2004): *Nutrient deficiencies and application injuries in field crops*. Iowa State University. [on-line], [citováno dne 10. 2. 2016]. Dostupné z <http://extension.agron.iastate.edu/>.

Scheffer, B. (1994): *Zum Einsatz von Stickstoffdüngern mit Nitrificationshemmern in Wassereinzugsgebieten*, Wasser/Abwasser 135, Mnichov, s. 15 – 19.

Scherer H. W. (2001): *Sulphur in crop production – invited paper*. European Journal of Agronomy, 14,2001: 81-111.

Scherer H. W. (2009): *Sulfur in soils*. *journal of plant nutrition and soil science*, 172: 326–335.

Schnug E. (1993): *Ökosystemare Auswirkungen des Einsatzes von Nährstoffen in der Landwirtschaft*. Berichte über Landwirtschaft. In: BML, Bonn (Germany) (Ed.): *Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Agrarökosystemen*. Münster-Hiltrup, Germany: Landwirtschaftsverlag, 25-48.

Schuster C., Wozniak H., Niclas H. J. (2007): *Increase of N uptake and nitrogen use efficiency of urea fertilizer with a urease inhibitor*. *Pflanzenbauwissenschaften* 11: 22 – 31.

SKW Stickstoffwerke Piesteritz (2014): *ALZON® 46 – použití*. [online], [poslední aktualizace 2012], [citováno dne 6. 3. 2016]. Dostupné na: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

Šimek, M. (2003): *Základy nauky o půdě 3. Biologické procesy a cykly prvků*. Skriptum Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 80-7040-630-5.

Šimka J., Bečka D., Vlažný P., Vašák J. (2011): *Hnojení řepky ozimé s využitím stabilizovaných močovin*. Sborník z konference „Prosperující olejnin“, 8. - 9. 12. 2011.

Škarpa, P., Ryant P. (2015): *The atlas of mineral fertilizers: Atlas minerálních hnojiv*. 1st edition. Brno: Mendel university in Brno, ISBN 978-80-7509-368-4.

Štípek, K., Černý, J., Kulhánek, M. (2007): *Výživa a hnojení ozimé pšenice určené (nejen) k potravinářskému využití 2.část*. Agromanuál, 2, 8, s. 48-49, ISSN: 1801-7673

Tea, I., Genter, T., Naulet, N., Lummerzhim, M., Kleiber, D. (2007): *Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture 87, 2853–2859.

Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D., Havlin U., 1993: *Soil Fertility and Fertilizers*. Prentice Hall, New Persey.

Tlustoš, P., Pavlíková D., Balík J., Száková J. (2001): *Koloběh síry v půdě a v prostředí*. In Sborník ze 7. mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku síry v rostlinné výrobě. Česká zemědělská univerzita v Praze, , 20-19 s.

Tlustoš, P., Pavlíková, D., Cabelková, L., Svoboda, L., Najmanová, J. (2007): *Vývoj nových dusíkatých hnojiv a jejich uplatnění*, Sborník z konference: Racionální používání hnojiv, ČZU Praha, 56 s.

Togay Y., Togay N., Cig F., Erman M., Celen A. E. (2008): *The effect of sulphur applications on nutrient composition, yield and some yield components of barley (Hordeum vulgare L.)*. African Journal of Biotechnology, 7: 3255–3260.

Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. (2007): *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, Praha, 176 s.

Wang C., Van den Ende W., Tillberg J.-E. (2000): *Fructan accumulation induced by nitrogen deficiency in barley leaves correlates with the level of sucrose:fructan 6-fructosyltransferase mRNA*. *Planta* 211, 701.

Watson C. J. (2000): *Urease activity and inhibition - principles and practice*. The International Fertiliser Society. Proceeding 454 s.

Watson C. J. Laughlin R. J., McGeough K. L. (2009): *Modification of nitrogen fertilisers using inhibitors: Opportunities and potentials for improving nitrogen use efficiency*, International Fertilisers Society, Cambridge, 40 s.

Yadav D., Shukla R., Kumar B., (2005): *Effect of zero tillage and nitrogen level on wheat (Triticum aestivum) after rice (Oryza sativa)*, *Indian J Agron* 50 (1): 52-53.

Yan, G., Yao, Z., Zheng, X., Liu, C. (2015): *Characteristics of annual nitrous and nitric oxide emissions from major cereal crops in the North China Plain under alternative fertilizer management*, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 207, 67–78,

Zbiral J. (2002): *Analýza půdy I – jednotné pracovní postupy*, ÚKZÚZ Brno, 197 s.

Zelený F., Zelená E. (1996): *Síra a její potřeba pro výživu rostlin*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 42 s.

Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P. (1999): *Sulphur Assimilation and Effects on Yield and Quality of Wheat*. *Journal of Cereal Science* 30, Issue 1, 1–17.

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*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 179 s.



## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Formy dusíku v půdě (Ivanič et al. 1984).....	12
Obrázek 2: Schéma mineralizace organických dusíkatých látek.....	12
Obrázek 3: Řídký a světle zelený porost pšenice ozimé deficitní dusíkem (Sawyer, 2004).....	16
Obrázek 4: Proces sulfurikace (Richter, 2007b).....	19
Obrázek 5: Pole celkové roční depozice síry 2014 (Hůnová et al., 2015).....	20
Obrázek 6: Projev nedostatku síry na porostu pšenice ozimé (Sawyer, 2004).....	22
Obrázek 7: Schéma nitrifikace při použití inhibitoru nitrifikace (Watson et al., 2009).....	28
Obrázek 8: Schéma hydrolýzy močoviny při použití inhibitoru ureázy (Watson et al., 2009).....	30
Obrázek 9: Pokusná stanice ŠZP v Žabčicích.....	32
Obrázek 10: Porost pšenice ozimé při regeneračním hnojení v Žabčicích.....	39
Obrázek 11: Porost a vliv sucha v květnu 2014 v Žabčicích.....	40
Obrázek 12: Sklizeň porostu pšenice ozimé a vzhled pšenice v době sklizně v Žabčicích.....	40
Obrázek 13: Vzhled hnojiva ENSIN (zdroj: www.bvv.cz).....	42
Obrázek 14: Vzhled hnojiva ENTEC 26 (zdroj: www.triferto.eu).....	42

## 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání dusíkatých hnojiv obsahujících inhibitory.....	30
Tabulka 2: Agrochemické vlastnosti půdy v Žabčicích před založením pokusu.....	36
Tabulka 3: Agrochemické vlastnosti půdy v Žabčicích před založením pokusu.....	37
Tabulka 3: Termíny jednotlivých operací v roce 2012/13 na lokalitě Žabčice.....	38
Tabulka 4: Termíny jednotlivých operací v roce 2013/14 na lokalitě Žabčice.....	38
Tabulka 5: Termíny jednotlivých operací v roce 2014/15 na lokalitě Žabčice.....	38
Tabulka 6: Termíny jednotlivých operací v roce 2013/14 na lokalitě Vatín.....	39
Tabulka 7: Termíny jednotlivých operací v roce 2014/15 na lokalitě Vatín.....	39
Tabulka 9: Varianty, použitá hnojiva a jednotlivé dávky dusíku a síry.....	41
Tabulka 10: Analýza variance výnosu zrna pšenice ozimé.....	44
Tabulka 11: Průměrné výnosy pšenice ozimé (t/ha) a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye.....	45
Tabulka 12: Průměrné výnosy pšenice ozimé (t/ha) dle roků a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye.....	46
Tabulka 13: Analýza variance objemové hmotnosti (g/l) zrna pšenice ozimé.....	47
Tabulka 14: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti pšenice ozimé (g/l) a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye.....	48
Tabulka 15: Průměrné objemové hmotnosti pšenice ozimé (t/ha) dle roků a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye.....	49
Tabulka 16: Analýza variance obsahu N – látek v zrnu pšenice ozimé.....	51

Tabulka 17: Průměrné hodnoty obsahu N – látek (%) v zrně pšenice ozimé a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye .....	51
Tabulka 18: Průměrný obsah N – látek (%) v zrně pšenice ozimé dle roků a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye .....	53
Tabulka 19: Analýza variance sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé .....	54
Tabulka 20: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye .....	54
Tabulka 21: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) dle roků a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye.....	56
Tabulka 22: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv pro lokalitu Vatín .....	57
Tabulka 23: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv pro lokalitu Vatín .....	58

## 11 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Klimadiagram normálu 1961- 1990 Žabčice .....	33
Graf 2: Klimadiagram Žabčice pro roky 2012 a 2013.....	33
Graf 3: Klimadiagram Žabčice pro roky 2014 a 2015.....	34
Graf 4: Klimadiagram normálu 1961- 1990 kraj Vysočina.....	35
Graf 5: Klimadiagram kraje Vysočina pro roky 2012 a 2013 .....	35
Graf 6: Klimadiagram kraje Vysočina pro roky 2014 a 2015 .....	36
Graf 7: Průměrné výnosy zrna pšenice ozimé dle variant hnojení .....	46
Graf 8: Průměrné výnosy zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech ...	47
Graf 9: Průměrné objemové hmotnosti zrna pšenice ozimé dle variant hnojení.....	49
Graf 10: Průměrné objemové hmotnosti zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech.....	50
Graf 11: Průměrný obsah N – látek (%) v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení .....	52
Graf 12: Průměrný obsah N – látek v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech.....	53
Graf 13: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé (ml) dle variant hnojení ....	55
Graf 14: Průměrné sedimentační hodnoty zrna pšenice ozimé dle variant hnojení v jednotlivých letech.....	55
Graf 15: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv .....	58
Graf 16: Ekonomická efektivnost použitých hnojiv .....	58