

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



Agronomická
fakulta

Mendelova
univerzita
v Brně



**Ovlivnění výnosu a kvality zrna pšenice ozimé
použitím stabilizovaných močovín se sírou**

Diplomová práce

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

Vypracoval:
Bc. Marek Tržil

Brno 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Marek Tržil**
Studijní program: Fytotechnika
Obor: Fytotechnika
Název tématu: **Ovlivnění výnosu a kvality zrna pšenice ozimé použitím stabilizovaných močovín se sírou**
Rozsah práce: cca 50 – 60 stran

Zásady pro vypracování:

1. Téma navazuje na bakalářskou práci "Stabilizovaná dusíkatá hnojiva se sírou 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 močovín s inhibitorem nitrifikace a síry.
5. Posouzení vlivu sledovaných hnojiv na výnosové a kvalitativní parametry sklizeného zrna.
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.
6. RYANT, P. a kol. Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2003. URL: 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. Marek Tržil
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 zrna pšenice ozimé použitím stabilizovaných močovín 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 *Směrnici 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

Velice rád bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a věcné připomínky při psaní této diplomové práce.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vlivem stabilizovaných močovín se sírou na výnos a kvalitu zrna pšenice ozimé. Z kvalitativních prvků byl sledován vliv hnojiv na obsah dusíkatých látek, lepku a sedimentační hodnotu. Experiment byl proveden formou maloparcelového polního pokusu v hospodářských letech 2012/2013, 2013/2014 a 2014/2015 na dvou rozdílných lokalitách. První lokalita se nachází na jižní Moravě na pozemcích pokusné stanice Školního zemědělského podniku v Žabčicích. Druhá lokalita je na pozemcích ve Vatíně na Vysočině. Do pokusu bylo zařazeno šest různých variant: 1. nehnojená, 2. ALZON 46 + síran amonný granulovaný 100% dávka (hnojiva v poměru 1:1), 3. ALZON 46 + SA granulovaný 80% dávka (1:1), 4. ALZON 25 – 6S 100% dávka, 5. ALZON 25 – 6S 80% dávka, 6. močovina + SA granulovaný (1:1). V pokusu se porovnávalo působení hnojiva bez inhibitoru (močovina) s hnojivem s inhibitorem nitrifikace (ALZON 46 a ALZON 25 – 6S) na obou lokalitách, a také byl posuzován vliv aplikované dávky.

Výnos zrna i kvalitativní parametry byly ovlivněny lokalitou. Na pokusné stanici v Žabčicích byl dosažen vyšší výnos s lepší kvalitou zrna. Na jižní Moravě nejlepších výsledků ve všech sledovaných parametrech dosáhly hnojiva „ALZON 46 + SA 100 %“ a „močovina + SA“. Na pokusné stanici ve Vatíně nejvyššího výnosů i kvality dosáhla varianta hnojená „ALZONEM 46 + SA 100 %“. Na obou lokalitách nejnižší naměřené parametry byly u hnojiva ALZON 25 – 6S 80 %.

Klíčová slova: pšenice ozimá, inhibitor nitrifikace, dusík, síra

ABSTRACT

This thesis evaluated the influence of stabilized urea with sulphur on the yield and quality of winter wheat crop. Qualitative elements were used as a method how to observe influence of fertilizers on content of nitrogenous substances, gluten and sedimentation value. Experiment was conducted through small plot field trial in agricultural years 2012/2013, 2013/2014 a 2014/2015 in two different localities. First area is located in south Moravia on property of agricultural experiment station School Farm Žabčice. Second area is located in Vatín in Vysočina region. There were six different variants enrolled in the experiment: 1. unfertilized soil, 2. ALZON 46 + Ammonium sulfate granulated 100% dosage (fertilizers ratio 1:1), 3. ALZON 46 + SA granulated 80% dosage (1:1), 4. ALZON 25 – 6S 100% dosage, 5. ALZON 25 – 6S 80% dosage, 6. Urea + SA granulated (1:1). In the experiment results were compared between fertilizers without nitrification inhibitors (urea) and fertilizers with nitrification inhibitors (ALZON 46 and ALZON 25 – 6S) in both localities. The influence based on applicated dosage on parameters listed above was observed too.

Crop yield and qualitative parameters were influenced by the locality. In agricultural experiment station in Žabčice was achieved better yield with better quality of the crop. In south Moravia the best and comparable results in all observed parameters achieved ALZON 46 + SA 100 % and urea + SA. In agricultural experiment station in Vatín the best results achieved ALZON 46 + SA 100 %. In both localities the worst results were observed in ALZON 25 - 6S 80% dosage.

Keywords: winter wheat, nitrification inhibitor, nitrogen, sulphur

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	11
2.1	Dusík	11
2.1.1	Dusík v rostlině.....	11
2.1.1.1	Příjem dusíku rostlinami	11
2.1.1.2	Nedostatek dusíku v rostlinách	12
2.1.2	Dusík v půdě.....	13
2.1.2.1	Organický dusík v půdě	13
2.1.2.2	Minerální dusík v půdě.....	13
2.1.3	Zdroje dusíku.....	15
2.1.3.1	Organická hnojiva	16
2.1.3.2	Minerální dusíkatá hnojiva.....	16
2.1.3.3	Pomalou působící dusíkatá hnojiva.....	18
2.1.3.4	Hnojiva s inhibítorem.....	20
2.2	Síra	23
2.2.1	Síra v rostlině.....	23
2.2.1.1	Nedostatek síry.....	24
2.2.2	Síra v půdě.....	24
2.2.2.1	Organická síra	24
2.2.2.2	Anorganická síra	25
2.2.2.3	Vyplavování síry	25
2.2.2.4	Přeměny síry.....	25
2.2.3	Zdroje síry	26
2.3	Pšenice ozimá.....	28
2.3.1	Pěstování pšenice ozimé.....	28
2.3.2	Hnojení pšenice ozimé	29
2.3.2.1	Hnojení dusíkem	30
2.3.2.2	Hnojení sírou.....	32
2.3.2.3	Hnojení ostatními živinami	32
3	CÍL PRÁCE	33
4	MATERIÁL A METODIKA	34

4.1	Charakteristika pokusných lokalit.....	34
4.1.1	Lokalita Vatín.....	34
4.1.2	Lokalita Žabčice.....	36
4.2	Metodika pokusu.....	39
4.2.1	Vedení pokusu.....	39
4.2.2	Varianty hnojení.....	43
4.2.3	Použitá odrůda.....	43
4.2.4	Použitá hnojiva v pokusu.....	44
4.3	Použité statistické metody.....	45
4.4	Použité analytické metody.....	45
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	46
5.1	Výnos zrna.....	46
5.2	Obsah N-látek v zrně.....	49
5.3	Obsah lepku v zrně.....	52
5.4	Sedimentační hodnota.....	55
5.5	Ekonomická efektivnost použitých hnojiv.....	58
5.5.1	Lokalita Vatín.....	58
5.5.2	Lokalita Žabčice.....	58
6	ZÁVĚR.....	60
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68
9	SEZNAM GRAFŮ.....	69
10	SEZNAM TABULEK.....	70

1 ÚVOD

Pšenice ozimá patří mezi nejpěstovanější plodiny nejen u nás v ČR, ale i ve světě. Nezastupitelnou roli má ve výživě lidstva a hospodářských zvířat. Při jejím pěstování se snažíme docílit vysokých výnosů s dobrou kvalitou zrna při co nejnižších nákladech na produkci. Výnos a kvalitu zrna ovlivňuje celá řada ovlivnitelných nebo neovlivnitelných faktorů. Mezi ovlivnitelné faktory patří mimo jiné vyrovnaná a ve správný okamžik provedená výživa porostu. Hnojení dusíkem patří mezi nejvýznamnější zásah, který ovlivňuje výnosotvorné faktory. Při nízkém stavu hospodářských zvířat je nízké množství vyprodukovaných statkových hnojiv. Nejen proto se více aplikují minerální hnojiva. S rostoucími dávkami dusíku se zvyšují jeho ztráty vyplavením do podzemních vod nebo únikem do atmosféry. Volbou správného dusíkatého hnojiva můžeme výrazně ovlivnit ekonomiku pěstování dané plodiny. Mezi možné varianty jak omezit ztráty dusíku a ovlivnit ekonomiku pěstování, je použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv s inhibítorem. Při použití hnojiva s inhibítorem se aplikovaný dusík pozvolna uvolňuje do půdy a rostliny jej mohou přijímat v průběhu vegetace. Chrání se životní prostředí, jelikož se omezuje průsak nitrátového dusíku do spodních vod nebo jeho únik do ovzduší. Díky přítomnosti inhibítora, který snižuje mikrobiální aktivitu určitých druhů bakterií přeměňujících formy dusíku v půdě, se může aplikovat vyšší jednorázová dávka dusíku. Sloučením dvou oddělených aplikací hnojiv do jedné se sníží počet přejezdů po pozemku, a tím i možnost jeho utužení. Sníží se riziko poškození rostlin a klesnou náklady spojené s aplikací hnojiv. Pšenice ozimá je stejně jako většina obilnin náročná na živiny, proto je vhodné k jejímu hnojení použít stabilizovaná hnojiva. Pozvolné uvolňování a neustálý přístup především dusíku v průběhu vegetace umožňuje dosáhnout lépe potravinářské jakosti zrna. Významný vliv na kvalitu zrna a vyšší využití dusíku má síra. Hnojení tímto prvkem v minulosti nebylo nijak významné, ale po odsíření průmyslu nabývá hnojení tímto prvkem na významu. Síru můžeme aplikovat na pozemek samostatně, ale většinou se aplikuje ve spojení s dusíkatými hnojivy nebo v kombinaci s jiným prvkem. Z výše zmíněných důvodů se tato práce zabývá použitím stabilizovaných dusíkatých hnojiv se sírou.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Dusík

Dusík společně s uhlíkem jsou nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Dusík je nepostradatelný prvek ve výživě rostlin, ale i půdních mikroorganismů (Fecenko a Ložek, 2000). V rostlinách je součástí mnoha sloučenin např. bílkovin, nukleových kyselin, enzymů, chlorofylu a dalších. V rostlinách plní dusík řadu funkcí např. stavební, metabolickou, transportní (Mikanová a Šimon, 2013). Hlavním zdrojem dusíku je atmosféra, kde se vyskytuje především jako elementární molekula – N_2 .

2.1.1 Dusík v rostlině

Obsah dusíku v sušině rostliny závisí na stáří a orgánu rostliny, proto má široké rozpětí 0,5 – 7,1 %. Rostliny mají nejvyšší obsah na začátku vegetace a s postupným stárnutím rostliny se jeho koncentrace snižuje. V období dozrávání je dusík transportován z vegetativních orgánů do generativních (Fecenko a Ložek, 2000).

2.1.1.1 Příjem dusíku rostlinami

Rostliny přijímají N v několika formách – amonný kationt – NH_4^+ , nitrátový aniont – NO_3^- nebo omezeně močovinu ve formě celých molekul, kde je v kořenech i v ostatních nadzemních pletivech ureázou přeměňována na amoniak (Richter a kol., 2003a). O tom, který iont bude přijat, nerozhoduje sama rostlina. Vliv na příjem dané formy iontu má i vnější prostředí, a to především pH. Při neutrální až alkalické půdní reakci je příjem iontů vyrovnaný nebo převládá příjem amonné formy. NH_4^+ může být hned využit k syntéze aminokyselin. Při zabudovávání amonné formy se uvolňuje H^+ do prostředí a tím se okyseluje půda.

V kyseljším prostředí převažuje příjem NO_3^- . S klesající teplotou klesá příjem a využití nitrátového iontu, protože je snížena redukce nitrátů v rostlinách (Vaněk a kol., 2007). Nitrátová forma je kořeny přijímána aktivně ve směru elektrochemického gradientu, následně je transportována do nadzemních orgánů (hlavně listů), kde probíhá redukce iontů za pomoci enzymů (nitrátoreduktáza, nitridoreduktáza). Redukce probíhá ve dvou krocích: $NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O$; $NO_2^- \rightarrow NH_3 + H_2O + OH^-$. Významnou roli při redukci mají mikroprvky Mo, Cu, Fe, Mn, Mg. Uvolněné OH^- ionty mohou zůstat v rostlinách nebo být uvolněny do půdy a tím zvyšovat pH. Při teplotě kořenů kolem 30 °C klesá aktivita nitrátoreduktázy, ale dochází k aktivnímu příjmu NO_3^- kořeny. Tím

dochází k akumulování nitrátů v rostlinách. K hromadění nitrátů může také docházet při nedostatku světla, kdy je omezena činnost nitrátoreduktázy (Richter a kol., 2003a).

Vznikající amoniak je vázán na organické kyseliny za vzniku aminokyselin. Aminokyseliny jsou základní stavební jednotkou peptidů a RNA. Bílkoviny jsou součástí všech živých buněk a jsou obsaženy v enzymech, nukleoproteinech nebo v dělivých pletivech. Proto jsou potřebné při tvorbě biomasy. Dusík je také součástí chlorofylu nebo nukleotidů (Vaněk a kol., 2007).

2.1.1.2 Nedostatek dusíku v rostlinách

Dusík patří mezi snadno pohyblivé prvky, proto se symptomy nedostatku projeví nejdříve na starších částech rostliny (Šetlík a kol., 2004). Nedostatek dusíku má za následek snížení tvorby bílkovin. Je omezena tvorba chlorofylu, a tím omezena fotosyntéza a tvorby biomasy. Proto jsou rostliny slabší, menší, porost je nevyrovnaný a světlejší, jak je vidět na obrázku 1. Je omezena tvorba kořenů, a tím klesá příjem živin. Porosty s nedostatkem dusíku rychleji dozrávají, klesá výnos a kvalita zrna (Vaněk a kol., 2007). Podle období, kdy nedostatek nastal, se deficit projeví na počtu odnoží, velikosti a barvě listové plochy, počtu produktivních stébel, délce klasu, počtu zrn v klasu nebo množství dusíku v zrna (Zimolka a kol., 2005).



Obrázek 1: Deficit dusíku v porostu pšenice ozimé (Vaněk a kol., 2007)



Obrázek 2: Světle zelený a řídký porost pšenice ozimé (Vaněk a kol., 2007)

2.1.2 Dusík v půdě

Dusík je pohyblivý prvek, proto jeho obsah v půdách nejčastěji kolísá v rozmezí 0,05 - 0,5 %. Z největší části se dusík v půdách v ČR nachází v orniční vrstvě, kde je zastoupen 0,1 – 0,2 %. Až 99 % veškerého dusíku v ornici je v organické formě, zbytek je ve formě minerální, a tím pro rostliny nepřijatelný. Celkový obsah N v půdě je poměrně stálý, protože dusík je vázán na aromatická jádra humínových kyselin, fulvokyselin a huminů. Tyto sloučeniny jsou těžce rozložitelné (Richter a kol., 2003b). Celkový obsah N v orné půdě je ovlivněn skladbou pěstovaných plodin, způsobem obdělávání půdy, intenzitou hnojení organickými a průmyslovými hnojivy (Černý a kol., 1997).

2.1.2.1 Organický dusík v půdě

Organickou formu tvoří hydrolyzovatelná a nehydrolyzovatelná část. Hydrolyzovatelný dusík je tvořen bílkovinami, aminokyselinami, amidy a ostatními organickými dusíkatými látkami v půdě. Zdrojem dusíku jsou rostlinné a živočišné zbytky, organická hnojiva, mikroorganismy a jejich metabolity (Fecenko a Ložek, 2000). Dodaná organická hmota je postupně rozkládána vlivem mikrobiálních proteolytických enzymů – deamináz na jednodušší látky. Bílkoviny jsou rozloženy až na aminokyseliny, a ty jsou rozloženy až na amoniak – NH_3 (Tlustoš a kol., 2007a).

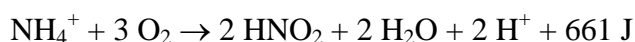
Nehydrolyzovatelný dusík je zastoupen humusovými látkami. Tento díl dusíku v půdě je stabilní, protože mezi humusovými látkami jsou těžko rozložitelné vazby. Společně s minerálním podílem půdy mají vliv na půdní strukturu, udržují půdní reakci v určitém rozmezí, ovlivňují chemické, fyzikální a biologické vlastnosti prostředí růstu rostlin. Humusové látky ve vazbě s jílovými minerály vytváří humusojílový sorpční komplex, který tvoří zásobu živin pro rostliny. Z tohoto komplexu jsou postupně uvolňovány minerální prvky ve formě iontů, které jsou přijímány kořeny rostlin (Vrba a Huleš, 2006).

2.1.2.2 Minerální dusík v půdě

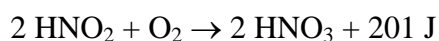
Minerální dusík tvoří z celkového dusíku jen 1 – 2 %. Dusík organických sloučenin je pro rostliny nedostupný, proto musí v procesech mineralizace přejít do minerální formy – NH_4^+ , NO_3^- , které využijí jak mikroorganismy, tak i rostliny (Vaněk a kol., 2007). Rychlost mineralizace organického dusíku na minerální je ovlivněn celou řadou půdních a povětrnostních podmínek – teplota, vlhkost, obsah organických látek, půdní

reakce. Mineralizací organického dusíku vzniká NH_3 . Část amoniaku v lehkých a alkalických zemích může volatizovat (vytěkat). Část je rozpuštěna v půdním roztoku ve formě amonných solí, odkud je rostliny mohou využít. Amonný kationt může být vázán také do krystalových mřížek některých minerálů – illit, montmorillonit, kaolinit. Amoniakální dusík může být také imobilizován biologickou sorpcí, jenž je dána mikrobiální činností půdy.

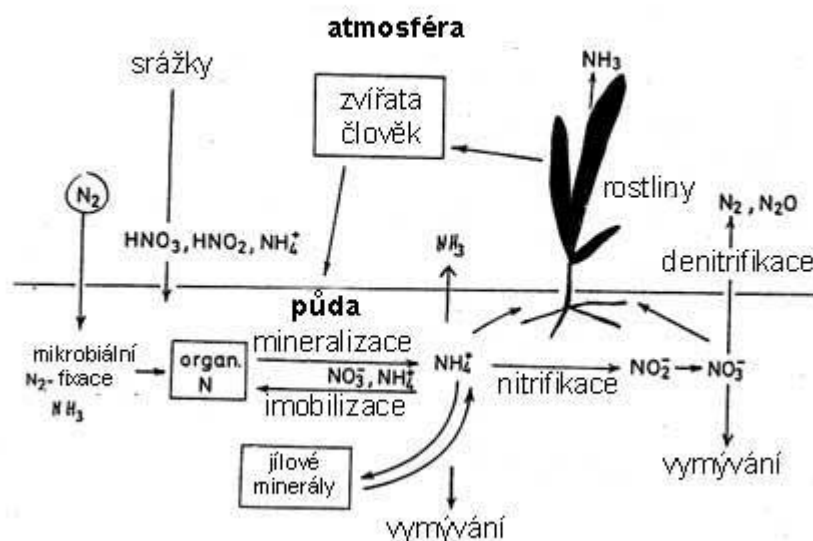
Bakterie mohou získávat energii a dusík z přeměny amonných solí, které využijí (energii a dusík) při syntéze organických látek. Procesu říkáme nitrifikace. Ta probíhá rychleji a intenzivněji s větší biologickou aktivitou v půdě. Nitrifikace probíhá ve dvou stupních. Prvního stupně – nitritace se zúčastňují aerobní bakterie – *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira* a další. Dochází k oxidaci amonného iontu za vzniku kyseliny dusičné, vody, energie a vodíkových iontů, které okyselují půdu.



Ve druhém stupni – nitrataci se oxiduje kyselina dusitá na kyselinu dusičitou, která se následně dělí na vodíkový kationt (okyseluje půdu) a nitrátový aniont. Opět dochází k uvolnění energie.



Průběh nitrifikace je ovlivňován řadou podmínek. Maximální intenzita reakce probíhá v daných podmínkách: optimální teplota 15 – 30 °C, dostatečně provzdušněná půda, pH 6,2 – 9,2, vlhkost půdy 40 – 60 %. Nitrifikace se téměř zastavuje při teplotách pod 5 °C. Největší intenzity dosahuje v dubnu až květnu, poté rostliny redukují proces nitrifikace, ale na podzim dosahuje druhého maxima (Richter a kol., 2007b). Vzniklé nitráty jsou čerpány kořeny rostlin, při vysoké intenzitě nitrifikace mohou být nitráty vyplavovány do spodních vrstev půdy a vod. Nebo může docházet k denitrifikaci, což je redukční proces, kdy z nitrátové formy dusíku vznikají oxidy dusíku až elementární dusík (Fecenko a Ložek, 2000). K vyplavování nitrátu do spodních vod a kumulaci nitrátu v rostlinách můžeme omezit usměrněním nitrifikace použitím hnojiv s inhibítorem nitrifikace. Přeměny dusíku v přírodě jsou znázorněny na obrázku 3.



Obrázek 3: Koloběh dusíku v přírodě (Richter a kol., 2003b)

2.1.3 Zdroje dusíku

Nejvýznamnějším zdrojem dusíku je atmosféra, kde dusík zaujímá 78,1 % objemných. Při bouřkách vznikají elektrické výboje, které dusík oxidují. Oxidy se spolu se srážkami dostávají do půdy a obohacují zem o 13 – 21 kg N za rok na hektar. Z atmosféry vstupuje dusík do půdy biologickou fixací. Volně žijící mikroorganismy rodu *Azotobacter* při nesymbiotické fixaci obohatí půdu za rok o 5 – 10 kg N na ha. Vyšší fixace nastane v půdách dobře zásobených organickou hmotou při vyšší vlhkosti a teplotě půdy (Mikanová a Šimon, 2013).

Významnější je symbiotická fixace, kterou provádí mikroorganismy z rodu *Rhizobium*. Tyto bakterie žijí v symbióze s bobovitými rostlinami, od kterých využívají energii získanou z fotosyntézy k redukci. Přijímají molekulární dusík a ten pomocí nitrogenázy redukují na amoniak. NH_3 je z půdy následně přijímán rostlinami (Růžek a Pišánová, 2006). Jednoleté luskoviny (hrách, sója) mohou fixovat 40 – 60 kg N za rok na hektar. Kvalitní porosty pícnin (vojtěška, jetel) mohou vázat do půdy ročně až 250 kg N na hektar (Vaněk a kol., 2007).

Dalšími možnostmi jak obohatit půdu o dusík je použití organických nebo minerálních hnojiv.

2.1.3.1 Organická hnojiva

Organická hnojiva obohacují půdu o důležitou organickou hmotu, ze které humifikací může vzniknout důležitý humus. Mineralizací se také mohou uvolnit z organické hmoty do půdy prvky – N, P, K, Mg, Ca a další živiny. Organická hnojiva mohou být rostlinného nebo živočišného původu. Mezi statková hnojiva živočišného původu patří hnůj, kejda nebo močůvka. Mezi organická hnojiva rostlinného původu můžeme zařadit slámu zanechanou na pozemku, zelené hnojení, řepný chrást nebo kompost.

Organická hmota je mimo jiné zdrojem uhlíku a energie pro mikroorganismy v půdě. Působí příznivě na fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, zlepšuje hospodaření s vodou v půdě (vyšší vododržnost půdy, lepší však půdy), omezuje vodní a větrnou erozi. V půdách v ČR se ročně rozloží 4 – 4,5 t/ha organické hmoty. Pro zachování udržitelnosti do budoucna je potřeba toto množství organické hmoty každoročně dodávat do půdy (Richter a kol., 2004).

2.1.3.2 Minerální dusíkatá hnojiva

Minerální hnojiva jsou většinou výrobky chemického průmyslu. Vyznačují se vyšším obsahem jedné nebo více živin (Vaněk a kol., 2007). Mezi dusíkatá hnojiva řadíme všechny dusíkaté sloučeniny, které poskytují dusík rostlinám. Hnojiva mohou být v pevném nebo kapalném stavu (Richter a kol., 2003c).

Rozdělení N – hnojiv dle formy dusíku:

- s dusíkem amonným a amoniakálním – NH_4^+ , NH_3 ,
- s dusíkem nitrátovým – NO_3^- ,
- s dusíkem amidovým – NH_2 ,
- s dusíkem ve dvou a více formách,
- hnojiva s pozvolně se uvolňujícím dusíkem.

Hnojiva s dusíkem amonným a amoniakálním

Jednoduché dobře rozpustné sloučeniny, které s půdní vláhou reagují za vzniku hydroxidu amonného, který se štěpí v půdě na NH_4^+ a OH^- . Z této skupiny je u nás nejpoužívanější hnojivo síran amonný (obsahuje 21 % dusíku a 23 % síry), ve světě se používá také bezvodý čpavek.

Hnojiva s dusíkem nitrátovým

Mezi hnojiva, která mají nitrátovou skupinou dusíku, patří ledek vápenatý (obsahuje 15 % dusíku a 20 % vápníku). Ledek je fyziologicky zásadité hnojivo, neboť vápník z hnojiva zmírňuje účinek půdní kyselosti. Proto je vhodný k aplikaci na kyselějších půdách.

Hnojiva s dusíkem amidovým

Nejpoužívanějším hnojivem s amidovou skupinou je močovina. Diamid kyseliny uhličitě obsahuje 46 % dusíku. Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitěho. Vzniklé granulky se snadno rozpouští ve vodě a roztok je vhodný k aplikaci na list během vegetace. Močovina se v půdě rychle hydrolyticky štěpí vlivem enzymů ureázy z mikroorganismů na uhličitán amonný, ten je nestálý a snadno se rozkládá na amoniak a kyselinu uhličitou. Močovina je vhodné hnojivo k základnímu hnojení i hnojení během vegetace. Jelikož je močovina snadno rozložitelná, tak pro omezení ztrát úniku dusíku do atmosféry nebo do podzemních vod byly vyvinuty inhibitory ureasy a nitrifikace, které umožňují pozvolnější rozložení močoviny (Vaněk a kol., 2007).

Hnojiva s dusíkem ve dvou a více formách

Dusík se v této kategorii vyskytuje ve dvou nebo více formách v daném hnojivu. Mezi nejpoužívanější patří DASA, DAM 390, LAV, LAD.

DASA obsahuje celkem 26 % dusíku (18,5 % amonného a 7,5 % dusičnanového) a 13 % síry. Hnojivo je vhodné k základnímu hnojení, ale především k regeneračnímu a produkčnímu hnojení ozimých plodin. Díky obsahu síry je hnojivo vhodné k hnojení řepky, slunečnice, hořčice nebo česneku (Škarpa a Ryant, 2015).

Granulovaným dusíkatým hnojivem s obsahem síry je YaraBela Sulfan. Obsahuje 24 % dusíku (½ v amonné a ½ v dusičnanové formě), 6 % vodorozpustné síry a 7 % CaO. Hnojivo je vhodné použít regeneračnímu hnojení pšenice, řepky nebo jiných plodin s potřebou síry (YARA, 2012).

Hojně používaným kapalným hnojivem, které obsahuje 30 % hmotnostních a 39 % objemových N je DAM 390. DAM je vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny a obsahuje ¼ N ve formě NH_4^+ , ¼ N ve formě NO_3^- a ½ N ve formě NH_2 . Výhodou je, že toto hnojivo může být aplikováno společně s pesticidy. Nejčastěji se používá

k přihnojování během vegetace nebo na slámu k urychlení jejího rozkladu. Nevýhodou je, že působí korozivně na kovy (Vaněk a kol., 2007).

Dalším hnojivem této kategorie je SAM, jenž je vodný roztok síranu amonného a močoviny. Obsahuje 19 % dusíku a 5 % síry. Hnojivo je vhodné použít na slámu pro její rychlé rozložení nebo k přihnojení během vegetace.

Dusičnan amonný (ledek amonný) – NH_4NO_3 obsahuje 35 % dusíku ($\frac{1}{2}$ ve formě amonné a $\frac{1}{2}$ ve formě nitrátové). Ledek se používá jako granulovaný nebo jako bílá krystalická sůl. Je fyziologicky neutrální a dobře rozpustný ve vodě. Dusičnan amonný je používán jako hlavní surovina pro výrobu ledků amonných s přidávkem inertních látek – vápenec, dolomit, síran vápenatý (Richter a kol., 2003c).

LAV – ledek amonný s dolomitem je univerzální hnojivo s obsahem 27 % dusíku a 8 % Ca. Vyrábí se z dusičnanu amonného a jemně mletého vápence ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$). LAV se da použít k předset'ovému hnojení, tak i ke hnojení v průběhu vegetace. Vhodný je na kyselější půdy díky obsahu vápence (Škarpa a Ryant, 2015).

LAD – ledek amonný s dolomitem je univerzální hnojivo, které obsahuje 27 % dusíku, 4 % vápníku a 3 % hořčíku. Vzniká z dusičnanu amonného a dolomitického vápence. Využití je obdobné jako u LAV, vhodnější je použít LAD u půd a plodin, které potřebují více hořčíku (Škarpa a Ryant, 2015).

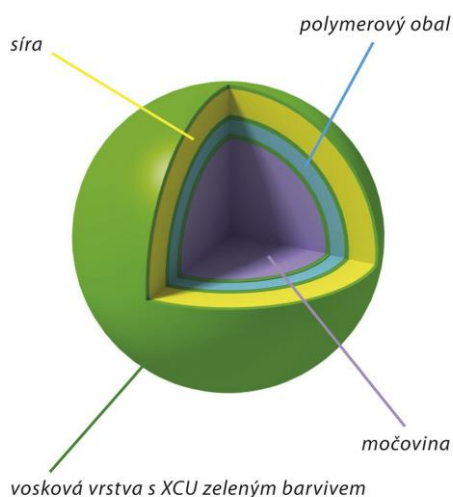
Směsí ledku amonného a síranu amonného vznikne hnojivo s obsahem 24 % dusíku a 6 % síry – ledek amonný se sírou. Dusičnan amonný je také součástí hnojiva označovaného ledek amonný s magnezitem (Vaněk a kol., 2007).

2.1.3.3 Pomalu působící dusíkatá hnojiva

Hnojiva s mechanismem pozvolného uvolňování živin mohou být aplikovány na pozemek jednorázově ve vyšších dávkách s nižším rizikem vyplavení živin do spodních vod. Rozlišujeme dva základní principy jak zpomalit uvolňování živin z hnojiva. První je obalení hnojiva v nerozpustné nebo polopropustné látce. Druhým principem je vytvoření sloučenin dusíku s těžko rozpustnými látkami.

Obalovaná hnojiva

Obalením granulí běžných hnojiv polopropustnou membránou můžeme omezit uvolňování dusíku i jiných živin do okolí. Přes tento nanesený obal vstupuje do granule voda, která rozpouští živiny. Ty se osmotickým tlakem přes membránu uvolňují do okolí granule hnojiva (Růžek a Pišánová, 2007). Mocnost a druh nanesené vrstvy obalu na hnojivo reguluje rychlost uvolňování dusíku. Při vyšší vrstvě se bude živina z hnojiva uvolňovat déle (Tlustoš a kol., 2007b). Rychlost uvolňování živin, které se mohou uvolňovat i několik měsíců závisí také na vlhkosti a teplotě. Jako polopropustné membrány mohou být použity organické (pryskyřice, vosky, dehet, parafín) i anorganické látky (síra, vápence, dolomity).



Obrázek 4: Obalované hnojivo s více vrstvami (AGRO PROFI PARTNER, 2010)

Hnojiva Sulfammo 23 N-PROCESS (obsahuje 23 % N, 31 % SO_3 , 3 % MgO, 7,5 % CaO) a Sulfammo 30 N-PROCESS (obsahuje 30 % N, 15 % SO_3 , 3 % MgO, 7 % CaO). Dusík se vyskytuje v hnojivech v amoniakální a v močovinové formě. Močovina je „uzavřena“ v organo-vápenaté matrix, která znemožňuje vyplavování. Složka N-Process podporuje činnost půdních bakterií a zvyšuje příjem a efektivitu zabudovávání dusíku do rostlinných struktur (TIMAC AGRO CZECH, 2016).

Těžce rozpustné močoviny

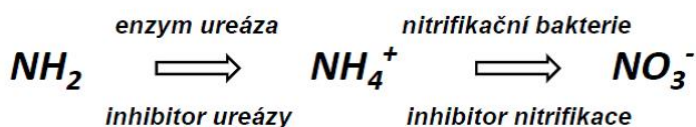
Kondenzací močoviny s aldehydem vzniká těžce rozpustná látka. Rychlost uvolňování živin ovlivňují fyzikálně chemické vlastnosti půdy, jako je složení a aktivita půdní mikroflóry, teplota, vlhkost a pH (Lošáková, 2008). Kondenzací močoviny a formaldehydu vzniká Ureaform, který obsahuje 38 – 42 % dusíku. Podobné hnojivo Ureaformu vyráběné v ČR se nazývá Silvamix. Toto hnojivo se rozpouští i 2 roky a je vhodné ho použít spíše k okrasným dřevinám. Kondenzací močoviny s acetaldehydem vzniká Z močovina (obsahuje 33 – 38 % N).

Zdrojem dusíku mohou být také těžce rozpustné sloučeniny s tímto prvkem. Pod obchodním názvem Oxamid se používá granulovaný diamid kyseliny šťavelové s obsahem 32 % N. Další méně rozpustnou sloučeninou je hydrogen fosforečnan hořečnatoamonný (Richter a kol., 2003c).

2.1.3.4 Hnojiva s inhibítorem

Nejčastěji používané hnojivo ve spojení s inhibitory se používá močovina, protože má vysoký obsah dusíku a nízké výrobní náklady. Při ponechání močoviny na povrchu půdy dochází k její hydrolyze. Při vyšších teplotách a intenzitě slunečního záření probíhá aktivněji a volatizací amoniaku může uniknout až 60 % dodaného dusíku. (Růžek a Pišánová, 2006). Inhibitory snižují aktivitu bakterií, které přeměňují různé formy dusíku. Rozlišujeme hnojiva se dvěma různými inhibitory – inhibítorem ureasy a inhibítorem nitrifikace (Tlustoš a kol., 2007b).

Aplikací hnojiva s inhibítorem můžeme zvýšit množství aplikovaného hnojiva a tím snížit počet přejezdů po pozemku. Dusík je díky inhibitorům uvolňován pozvolněji z hnojiva čímž jsou omezeny ztráty vyplavením do spodních vod nebo uvolněním do ovzduší. Nevýhodou používání těchto druhů hnojiv je jejich vyšší cena.



Obrázek 5: Přeměna forem dusíku v půdě

Inhibitor ureasy

Inhibitor ureasy působí pouze na močovinu a ostatní hnojiva s obsahem močoviny (DAM 390) a uchovává ji v nepřeměněné formě, dokud nepříjdou srážky (Mráz, 2013). Inhibitor snižuje aktivitu enzymu ureasy, a tím eliminuje ztráty dusíku únikem amoniaku a vytvoří lepší předpoklady pro transport nyhydrolyzované močoviny ke kořenům rostlin. V průběhu pohybu půdním profilem dochází k oddělení inhibitoru ureasy od močoviny. Uvolněná močovina je přijmuta kořeny rostlin nebo je rozložena enzymy ureasy na uhličitan amonný, ze kterého se disociuje amonný iont. Za pomoci inhibitoru ureasy se močovina nerozkládá na povrchu pozemku, ale po menším množství srážek (5 mm) může proniknout hlouběji do půdy. Aby inhibitor fungoval, musí napršet do dvou týdnů od aplikace hnojiva (Růžek a Pišánová, 2006).

Hnojiva s inhibitorem ureasy je vhodné aplikovat na lehkých a promyvných půdách, v oblastech s pozdními jarními přísušky, tam kde požadujeme jistý rychlý účinek např. regenerační hnojení pšenice ozimé nebo řepky (Mráz, 2013). Mezi nejúčinnější a nejpoužívanější inhibitory ureasy patří N-(n-butyl)-thiophosporictriamid. NBPT se váže na enzym ureasu ve vazebném místě tam, kde by se měla vázat molekula močoviny. Tím inhibitor zablokuje enzymy a ty nemohou štěpit molekulu močoviny. Inhibitor je stabilní, netoxický. NBPT omezuje enzym i při nižších koncentracích (Musiani a kol., 2001). V České republice se používá také ve spojení s kapalnými hnojivy (DAM 390, SAM) přípravek Stabiluren, který má zlepšit jejich vlastnosti.

UREA^{stabil} – granulované dusíkaté hnojivo s inhibitorem ureasy – NBPT. Granule močoviny je obalena inhibitorem, který oddaluje přeměnu $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ na NH_4^+ . K hydrolyze molekuly dochází až po zasáknutí roztoku hnojiva do půdy, kde došlo k naředění koncentrace inhibitoru. Hnojivo využijeme tam, kde potřebujeme rychlejší průnik dusíku do kořenové oblasti. Použitím hnojiva s inhibitorem se omezí únik amoniaku do ovzduší. UREA^{stabil} je využívána při regeneračním hnojení pšenice ozimé nebo při jejím časném produkčním hnojení (Agra, 2009).

Inhibitor nitrifikace

Inhibitory nitrifikace omezují činnost bakterií rodu *Nitrosomonas* v půdě. Bakterie přeměňují amonnou formu dusíku na nitritovou NO_2^- (Trenkel, 1997). Dojde ke zvýšení koncentrace NH_4^+ a kationt se naváže na půdní částice (Mráz, 2013). Inhibitory mohou být přírodní látky – trísloviny, saponiny nebo flavonoidy, ale ty mají nízkou účinnost.

Dnes jsou používány synteticky vyráběné inhibitory. Omezením nitrifikace se sníží množství nitrátového dusíku v půdě, a tím i riziko jeho vyplavení do spodních vod a denitrifikací (Bouma, 2007). Použití hnojiv s inhibitorem nitrifikace je vhodné na jaře, kdy nitrifikace v půdě dosahuje maxima. Vhodné je používat hnojiva na lehkých promyvných půdách v oblastech s vyšším úhrnem srážek. A také u hnojiv, kde jsou aplikovány jednorázově vyšší dávky dusíku nebo tam kde hrozí riziko vyplavení nitrátů do spodních vod mimo dosah kořenů rostlin (Růžek a Pišánová, 2007). Pokud krátce po aplikaci hnojiva nepříjdou srážky, je účinnost hnojiva s inhibitorem stejná jako u klasické močoviny bez inhibitoru (Mráz, 2013).

Nejpoužívanějším inhibitorem nitrifikace v Evropě je dicyndiamid – DCD, který potlačuje biologickou aktivitu bakterií rodu *Nitrosomonas*. V USA je nejpoužívanějším inhibitorem Nitropyrin. V závislosti na vlhkosti a teplotě půdy, na velikosti aplikované dávky dusíku je amonný N v hnojivech stabilizován několik týdnů 6 – 8 (Brom, 2007).

ALZON 46 je dusíkaté stabilizované hnojivo s inhibitorem nitrifikace. Světle modré granule o velikosti 1,6 – 5 mm močoviny s 46 % N obsahují směs inhibitorů (dikyandiamidu s 1H-1,2,4 triazolem) a biuret do 1,2 %. Inhibitor nitrifikace omezuje přeměnu amonné formy N do nitrátové (SKW Piesteritz, 2012).

ALZON 25 - 6S je zelený roztok dusíkatého hnojiva s inhibitorem nitrifikace se sírou. Hnojivo obsahuje 25 % dusíku (11 % močovinnového, 9 % amonného a 6 % nitrátového) a 6 % ve vodě rozpustné síry. Jako inhibitor nitrifikace je použita směs 1H-1,2,4 triazolu s 3-methylpyrazolem. Vhodné je použití kapalného hnojivu u pšenice ve fázi sloupkování (SKW Piesteritz, 2012).

ENSIN – zelené granulované dusíkaté hnojivo s inhibitorem nitrifikace, které obsahuje 26 % dusíku (18,5 % v amonné a 7,5 % v nitrátové formě) a 13 % vodorozpustné síry. Inhibitor tvoří směs dikyandiamidu a 1,2,4-triazol. Ensin se dá využít při základním hnojení nebo k přihnojení v jedné nedělené dávce k plodinám s vyššími požadavky na síru – olejnin, cibuloviny, obilniny (Škarpa a Ryant, 2015).

ENTEK 26 – granulované dusíkaté hnojivo s inhibitorem nitrifikace. Hnojivo má stejné složení a využití jako ENSIN. Inhibitorem nitrifikace je použita látka DMPP – 3,4-dimethylpyrazolfosfát, který je v půdě biologicky nezávadný a odbourá se za 4 – 10 týdnů (Škarpa a Ryant, 2015).

Nova Tec N-Max je NPK hnojivo s inhibitorem nitrifikace a mikroelementy. Obsahuje 24 % dusíku (13 % v amonné a 11 % v nitrátové formě), 5 % P₂O₅, 5 % K₂O, 2 % MgO, 4 % vodorozpustné síry, mikroelementy – bor, zinek, železo. Inhibitorem nitrifikace je 3,4-dimethylpyrazolfosfát. Hnojivo je vhodné k aplikaci k obilninám, řepce nebo ke kukuřici (Agroefekt, 2013).

2.2 Síra

Síra patří mezi makroprvky, které jsou nepostradatelné ve výživě rostlin. V půdě je obsažena v kilogramech v hektaru v různých formách. V rostlinách je tento prvek obsažen především v aminokyselinách methioninu a cysteinu, které jsou součástí bílkovin. Při nedostatku síry se omezuje tvorba aminokyselin, čímž se omezuje růst rostliny a využití dalších živin (především dusíku).

2.2.1 Síra v rostlině

Rostliny přijímají síru aktivně kořeny ve formě síranového aniontu SO₄⁻² nebo ve formě aminokyselin (cystein, methionin), ale jejich obsah v půdě je nepatrný. Transport síranu vzhůru xylémem je rychlý, ale opačným směrem dolů je velmi pomalý. Proto je využití síry ze starších listů v mladších omezené (Matula, 2007). Z ovzduší přes list jsou rostliny schopny přijímat oxid siřičitý, ale jen určité množství z celkové potřeby síry. V mladých listech je síranový aniont redukován na H₂S a následně je zabudováván do organických sloučenin (Vaněk a kol., 2007). Sulfát se do buněk dostane za pomoci aktivního přenašeče. Poté je síran redukován (po aktivaci s reakcí s ATP) v chloroplastech nebo už v proplastidech kořenových buněk. Neredukovaný, nadbytečný síran se odvede aniontovými kanálky do vakuoly (Šetlík a kol., 2004).

Síra v rostlině je součástí aminokyselin – cysteinu a methioninu, které jsou součástí bílkovin. Dále je prvek obsažen ve vitamínech, ferodoxinu, koenzymu A, v silicích cibule, česneku nebo v glykosinolátech u brukvovitých (Matula, 2007). Obsah síry v sušině pletiv rostlin je 0,2 – 0,5 %. U řepky se nedostatek tohoto prvku v rostlině projeví při jeho poklesu v sušině pod 0,4 %. U ostatních plodin při poklesu pod 0,2 % síry v sušině rostlin (Vaněk a kol., 2007). Síra má vliv na využití dusíku a jeho příjem z půdy. Metabolické procesy síry a dusíku jsou propojeny. Síra ovlivňuje kvalitu zrna, vlastnosti lepkové bílkoviny.

2.2.1.1 Nedostatek síry

Projev nedostatku síry je obdobný jako u deficitu dusíku, ale projevuje se ve vrcholových částech rostliny na nejmladších listech chlorózou od okrajů listů k žilnatině. Listy mají omezený růst do šířky, proto jsou dlouhé, úzké. Rostliny mají nízký vzrůst, jsou slabé, náchylnější k napadení houbovými chorobami a škůdci. Při nedostatku tohoto prvku je omezena syntéza aminokyselin a enzymů – především nitrátreduktázy. Nitrát není přeměňován na amoniak a hromadí se v rostlinných pletivech. Sníží se aktivita fotosyntézy, čímž klesne produkce cukrů. Nižší produkce energetických látek a bílkovin vede ke snížení výnosu a kvality produkce (Vaněk a kol., 2007).



Obrázek 6: Deficit síry (AMALGEROL CZ, 2012)

2.2.2 Síra v půdě

Celkový obsah síry v půdě kolísá v rozmezí 0,01 – 0,1 % (50 – 500 mg S v kg zeminy). Větší výskyt tohoto prvku je v půdách s vyšším obsahem humusových látek. Hlavní podíl síry je jako u dusíku vázán v organické hmotě. Organický podíl síry z celkového obsahu síry v půdě je 90 – 95 % (Křepelka, 2012). Organickou síru lze rozdělit do dvou skupin podle toho, zda je vázána na sloučeniny v oxidované nebo redukované formě.

2.2.2.1 Organická síra

Větší část organické síry v půdě tvoří síra vázaná na organické sloučeniny v oxidované formě – jako estery s lipidy, glukosinoláty a polysacharidy. Mineralizací je síra z těchto sloučenin snadno uvolněna do půdy, proto je považována za hlavní zdroj živiny pro rostliny. Na uvolnění síranového aniontu z esterů působí enzymy – sulfatasy. Enzymy jsou specifické podle organického zbytku molekuly.

Síra vázaná v redukované formě na sloučeniny je součástí především aminokyselin methioninu a cysteinu a dalších sloučenin. Mineralizace těchto látek je složitější a probíhá ve více krocích, protože je zde síra vázaná přes uhlík. Složitější látky se nejprve rozloží až na aminokyseliny, následně se odštěpí sulfan. Ten se následně oxiduje na síran. Mineralizace síry je obdobná jako u dusíku při uvolňování amoniaku a jeho oxidace na nitráty (Vaněk a kol., 2007).

V biomase mikrobu je vázáno 1 – 3 % síry. Po mineralizaci se uvolněný dusík může podílet ve výživě rostlin. Podíl organické síry v půdě se v průběhu roku mění.

2.2.2.2 Anorganická síra

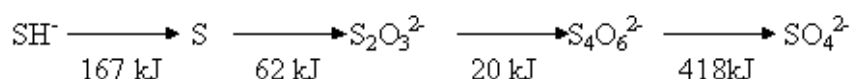
Podíl anorganické síry je rozhodující pro příjem tohoto prvku rostlinami. Nachází se v půdě v podobě síranů, sulfidů a sulfátů. Sulfidy se uvolňují při zvětrávání mateřské horniny, redukcí síranů a mineralizací organických látek. Sulfidy a sulfan se rychle oxidují přes elementární síru až na síranový iont. Síraný jsou obsaženy v půdním roztoku nebo mohou být vázány na pevný podíl půd. Částečně může být S vázána v síranech vápenatých a hořečnatých (Křepelka, 2012). Množství síranů v půdě v průběhu vegetace značně kolísá.

2.2.2.3 Vyplavování síry

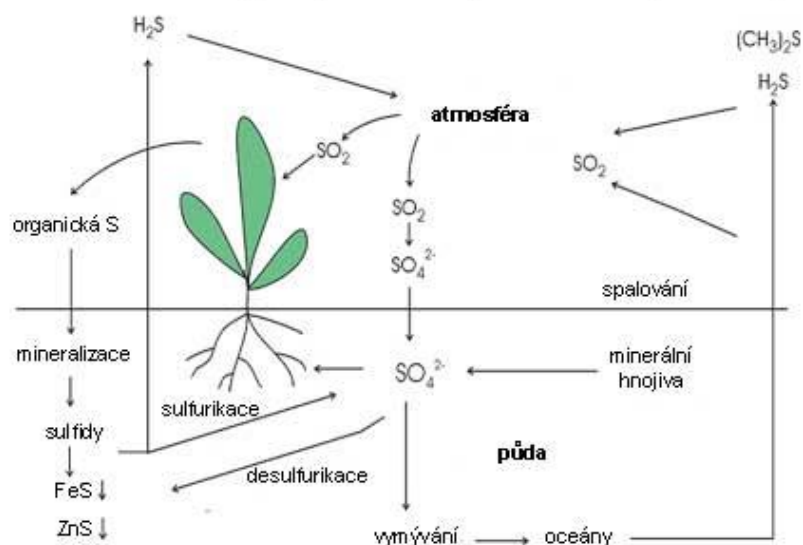
K vyplavováním síry, především síranových iontů, dochází z důvodu slabé vazby na půdní částice a vysoké imobility v půdním roztoku. Intenzita vyplavení je ovlivněna intenzitou mineralizace, množstvím srážek, formou a dávkou síry v hnojivech. Nižší ztráty síry vyplavením jsou u půd s vyšším obsahem jílových částic. Běžné ztráty vyplavením jsou 5 – 50 kg/ha za rok (Křepelka, 2012).

2.2.2.4 Přeměny síry

Síra v půdě podléhá řadě procesům – redukce, oxidace, mineralizace a zabudování do organických kyselin v závislosti na podmínkách půdního prostředí. Základními přeměnami síry v půdě jsou sulfurikace, desulfurikace a imobilizace síry. Sulfurikace je mikrobiální proces oxidace redukované formy síry na síran, přičemž se uvolňuje energie, kterou využijí bakterie.



Desulfurikace je opačný mikrobiální proces, kde dochází k redukci SO_4^{-2} na H_2S (Richter a kol., 2003d). V půdě dochází také k imobilizaci tohoto prvku půdními mikroorganismy, které síru dočasně vážou a po jejich odumření se vrací prvek zpět do půdy. K imobilizaci může také docházet při tvorbě humusových látek. Přeměny síry v přírodě jsou znázorněny na obrázku 7.



Obrázek 7: Koloběh síry (Richter a kol., 2003d)

2.2.3 Zdroje síry

Přírodními zdroji síry jsou pyrit, chalkopyrit, sádrovec a baryt. Ve zdravých půdách je nejvíce síry ve formě sádry. Hlavním zdrojem organické síry jsou posklizňové zbytky, kořeny rostlin a statková hnojiva. Síra se dostává do půdy také z ovzduší ve formě oxidu siřičitého. Zdrojem SO_2 v ovzduší je především průmyslová činnost a doprava (Vaněk a kol., 2007). Důsledkem odsiřování elektráren a továren došlo k poklesu spadu síry do půdy podle lokality na 5 – 10 kg S na hektar za rok. Proto je potřeba dodávat tento prvek do půdy ve statkových nebo v minerálních hnojivech.

Obsah síry v organických hnojivech kolísá podle typu hnojiva, obsahu síry v podestýlce (na stanovištích s deficitem S je nižší i obsah ve slámě i v krmivu, tím i nižší obsah v organických hnojivech).

Dobře přijatelná je síra dodaná v minerálních hnojivech. Síra může být aplikována v tuhých nebo kapalných minerálních hnojivech samostatně nebo v kombinaci s dusíkem nebo jinými prvky – K, Mg, P, Ca.

Elementární síra je koncentrované minerální hnojivo doporučené k hnojení na alkalických půdách, protože po aplikaci hnojiva dochází k okyselení půdy, a tím k uvolnění vápníku vázaného ve fosforečnanech. Elementární síra postupně oxiduje na sírany, čímž se snižuje riziko vyplavení síranů do hlubších vrstev půdy, kde nebude přístupný pro kořeny rostlin. Rychlost oxidace závisí na pH, kontaktu hnojiva s půdou, na mikrobiální aktivitě sírných bakterií (Kulhánek a kol., 2013). Elementární síra je ve vodě nerozpustná a nemůže být vstřebána kořeny ani listy. Aby síry byla přijatelná pro rostliny, musí být nejprve mikrobiálně oxidována v půdě do síranové formy (Škarpa a Ryant, 2015).

Nejvyšší podíl síry v dusíkatých minerálních hnojivech obsahuje síran amonný – 24 % S. DASA obsahuje 13 % síry. Stejně zastoupení tohoto prvku je i v hnojivech s inhibitorem nitrifikace ENSIN a ENTEC 26. Pro rychlé odstranění nedostatku síry je vhodné použít kapalné hnojivo SAM, které obsahuje 5 % síry.

Magnisul je granulované dusíkaté hnojivo s obsahem vodorozpustné síry a hořčíku. Obsahuje 21 % dusíku, 11 % síry a 5 % MgO. Je vhodné použít Magnisul k základnímu hnojení obilnin, řepce, slunečnice nebo okopanin.

SK – sol je čirá nažloutlá kapalina s obsahem 26 % K_2O a 17 % S. Je vhodný k odstranění nedostatku draslíku a síry v průběhu vegetace.

Síran draselný – obsahuje 47 % K_2O a 17 % síry. Je vhodné použít toto hnojivo k plodinám citlivým na chlór. V granulované nebo krystalické formě je vhodné k základnímu hnojení. Nevýhodou síranu je vysoká cena a hydroskopičnost (Škarpa a Ryant, 2015).

Kieserit – je v granulované nebo v krystalické formě síran hořečnatý. Obsahuje 21 % síry a 15 % hořčíku. Hnojivo používáme především k základnímu hnojení na půdách s nízkou zásobou hořčíku a dobrou zásobou draslíku (Škarpa a Ryant, 2015).

Hořká sůl – dobře rozpustné hnojivo s obsahem 10 % hořčíku a 12 % síry. Je možné ho aplikovat na list. Vlastnosti jsou podobné jako u Kieseritu (Matula, 2007).

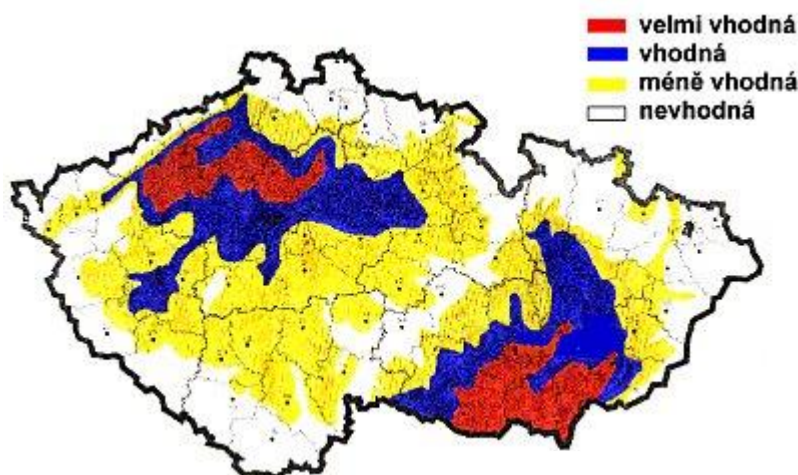
Síran vápenatý (sádra) obsahuje 17 % síry, která je špatně dostupná pro rostliny, díky pozvolnému uvolňování síry do přijatelné formy hnojivo dlouhodobě působí (Kulhánek a kol., 2013).

2.3 Pšenice ozimá

Pšenice ozimá patří mezi nejpěstovanější plodiny v České republice i v Evropě. V roce 2015 byla pěstována v ČR na 755 096 ha (ve srovnání s rokem 2014 o 30 000 ha méně) s průměrným výnosem 6 t/ha. Plocha pšenice představuje 31 % z celkově oseté plochy v ČR. Nejvíce byly pěstovány potravinářské pšenice (ČSU, 2015).

2.3.1 Pěstování pšenice ozimé

Výnos a kvalitu zrna pšenice výrazně ovlivňuje vliv stanoviště a průběh počasí v jednotlivých letech. Slabě vyvinutý kořenový systém řadí tuto obilninu mezi náročnější plodiny na půdní prostředí. Vyžaduje půdy hlubší, strukturní, dobře zásobené živinami, hlinité až jílovitohlinité se slabě kyselým pH (6,2 – 7,0) s dobrou vodní kapacitou. V ČR se pšenice ozimá pěstuje ve všech výrobních oblastech. Nejvhodnější půdy pro pěstování této plodiny jsou v kukuřičné a teplé řepařské výrobní oblasti, ale výnos je zde výrazně ovlivněn množstvím srážek za vegetaci. Průměrné a stabilní výnosy jsou dosahovány v obilnářských a části řepařských výrobních oblastech, kde jsou hnědozemě, nivní půdy a černozemě s optimálním množstvím a rozložením srážek v průběhu vegetace. V bramborářských výrobních oblastech se potravinářské kvality u zrna dosahuje obtížněji z důvodu nižších teplot, vyššího úhrnu srážek a horší kvality půd (Zimolka a kol., 2005).



Obrázek 8: Oblasti vhodné pro pěstování pšenice ozimé (Zimolka a kol., 2005)

Pšenice ozimá je ze všech obilnin nejnáročnější na předplodinu. Nejvhodnějšími předplodinami jsou luskoviny, jeteloviny, včas sklizené okopaniny a olejnin (řepka, mák). Méně vhodné je pěstování po obilnině z důvodu zhoršených půdních vlastností, zaplevelení, vyššího rizika napadení houbovými chorobami a škůdci (Zimolka a kol., 2008).

Zpracování půdy před setím pšenice ozimé závisí na předplodině a na výrobní oblasti. Nejčastěji je provedena podmítka hned po sklizni předplodiny, střední orba a následná příprava půdy před setím. V sušších oblastech se rozšiřuje minimalizační zpracování půdy bez orby. Samotné setí pšenice můžeme začít v BVO už v první dekádě září až do začátku listopadu (v KVO) do řádků vzdálených od sebe nejčastěji 12,5 cm a do houbky 3 – 4 cm. Výsevek je variabilní na termínu setí (čím dříve sejeme, tím je výsevek nižší), odrůdě (klasová nebo odnoživá), účelu produkce, kvalitě připravené půdy a kvalitě osiva. Optimální je setí na přelomu září/října s výsevkiem 3,5 – 4,5 milionů klíčivých semen na hektar (Zimolka a kol., 2005).

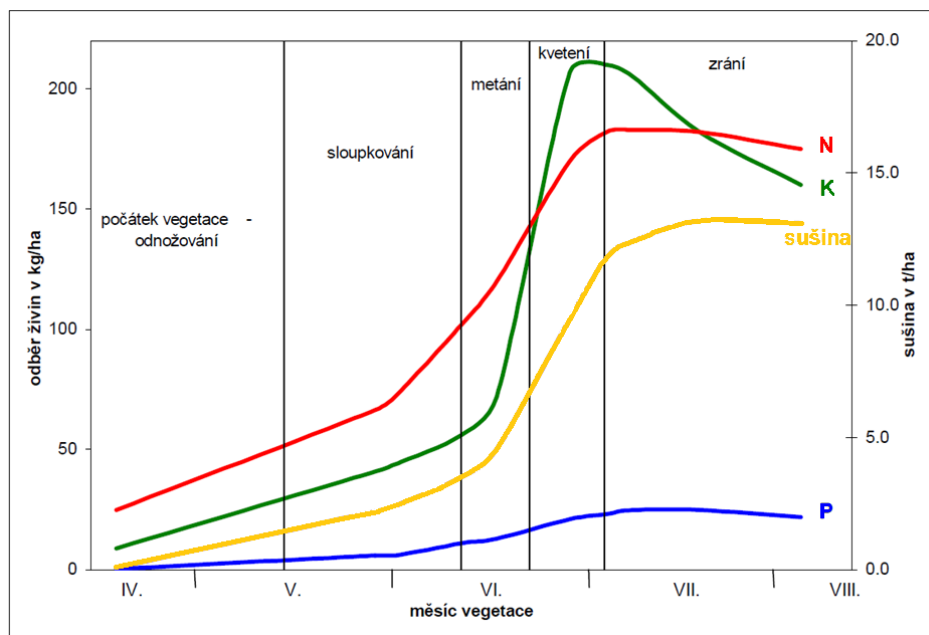
2.3.2 Hnojení pšenice ozimé

Výnos pšenice je tvořen počtem klasů na jednotce plochy, počtem zrna v klasu a hmotností tisíce semen. Jednotlivé výnosové prvky se vzájemně ovlivňují a jsou na sobě závislé. Do značné míry je můžeme ovlivnit správným hnojením a výživou porostu (Černý a kol., 2014).

Kořenový systém pšenice ozimé naroste do zimy do hloubky 100 cm. Většina kořenů je však jen do hloubky 40 cm. Proto musí být dostatek přístupných živin v ornici. Při nedostatku živin v půdě jsou omezovány metabolické procesy v rostlinách, což se projeví slabými rostlinami s málo odnožemi, které při silných zimách mohou vymrznout.

Pšenici ozimou řadíme mezi plodiny se středním odběrem živin na vyprodukování jedné tuny zrna a k ní odpovídajícího množství posklizňových zbytků a kořenů. Na vyprodukování této jedné tuny zrna pšenice odčerpá z půdy 25 kg dusíku, 20 kg draslíku, 5 kg fosforu, 4 kg síry, 4 kg vápníku a 2,4 kg hořčíku. V zrnu je obsažen především N a P, ve slámě pak K a Ca. Distribuce S a Mg je závislá na jejich obsahu v půdě (Vaněk a kol., 2007; Zimolka kol., 2005).

Dynamika odběru živin je na podzim malá. Přes zimu pšenice příjem úplně zastavuje. Na jaře příjem stoupá. Nejvyšší intenzita příjmu živin je ve fázi kvetení, kdy je i nejvyšší nárůst sušiny. Po odkvětu se příjem živin snižuje. Dusík se přemísťuje do zrna z ostatních částí rostliny. U draslíku dochází ke snižování jeho obsahu v biomase. Z obrázku 9 je patrné, že rostlin přijmou většinu živin v krátkém období, proto musíme zajistit jejich dostatek v půdě.



Obrázek 9: Dynamika odběru živin pšenicí ozimou (Vaněk a kol., 2007)

2.3.2.1 Hnojení dusíkem

Výživa dusíkem ovlivňuje kvalitu zrna a vytváření výnosotvorných prvků. Pohyblivost N v půdě a z toho vyplývající možnosti ztrát dusíku neumožňují jednorázovou aplikaci dusíkatých hnojiv. Proto je nutné dávku rozdělit.

Základní hnojení dusíkem

Porost pšenice ozimé přijme na podzim malé množství dusíku, většinou do 20 kg/ha. Při základním hnojení bychom měli zohlednit předplodinu, nároky odrůd na výživu a zásobu dusíku v půdě. Zjištěním obsahu minerálního dusíku v půdě před setím pšenice můžeme rozhodnout, zda budeme dusíkem hnojit nebo ne. Hnojení se neprovádí, pokud obsah N_{\min} bude vyšší než 10 mg/kg zeminy nebo pokud bylo hnojeno statkovými hnojivy k předplodině nebo předplodinou byla bobovitá plodina (Černý a kol., 2014). Dusíkem hnojíme při suchém podzimu, nebo pokud je opožděn vývoj rostliny, a to dávkou dusíku 20 – 30 kg/ha (Richter a Hřivna, 2004a).

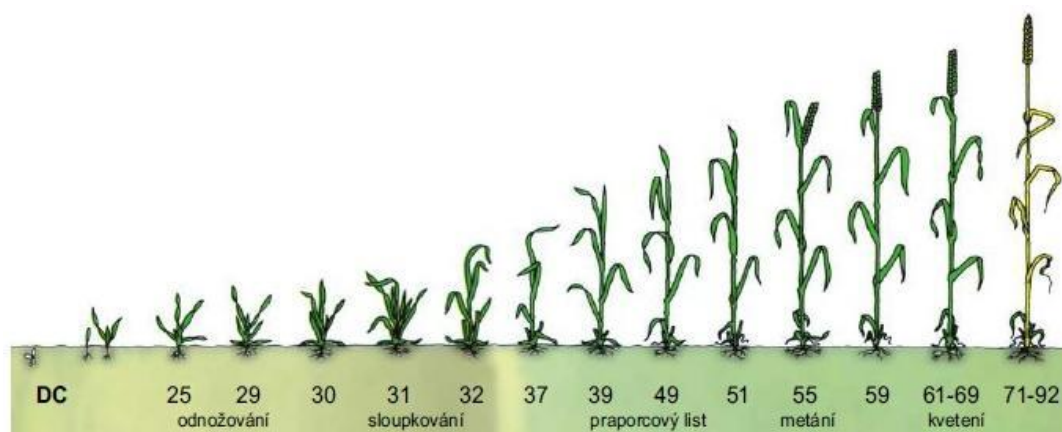
Hnojení dusíkem v průběhu vegetace

Hnojiva aplikujeme v období, kdy můžeme nejvíce ovlivnit utváření výnosotvorných prvků. Podle období, kdy dávku aplikujeme, rozlišujeme přihnojení regenerační, produkční a kvalitativní. Velikost dávky hnojiva v daném období závisí na vlastnostech odrůdy, jejich využití a na stavu porostu.

Regenerační hojení se provádí brzy na jaře, jakmile nám to půdní a povětrnostní podmínky dovolí a rostliny začnou vegetovat. Aplikace hnojiva je důležitá pro rozvoj kořenového systému a obnovu nadzemní biomasy, nastartování rychlého růstu po zimě. Regeneračním hnojením podpoříme také odnožování. Vhodné je využít při aplikaci ranních mrazíků, které nám zpevní pozemek v době aplikace. Hnojíme dávkou 20 – 60 kg N na ha podle stavu porostu. Nejpoužívanějšími hnojivy jsou LAD nebo LAV. Nevhodné je používání kapalných hnojiv (Vaněk a kol., 2007).

Produkční hnojení pšenice ozimé je vhodné provést ve fázi konce odnožování až na počátku sloupkování, kdy dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu (utváření počtu zrn v klasu). Následný rychlý nárůst biomasy je spojen s vysokým odběrem živin. Dochází k rychlému růstu a vývoji odnoží a nárůstu listové plochy. Dávku dusíku volíme podle stavu porostu do 60 kg/ha. Pokud by aplikovaná dávka měla být vyšší, tak je vhodné hnojení rozdělit do dvou aplikací vzdálených od sebe 2 – 3 týdny. K produkčnímu hnojení je vhodné použít ledková hnojiva, DASU, močovinu nebo kapalnou DAM 390, který můžeme mísit při aplikaci s pesticidy (Zimolka a kol., 2005).

Kvalitativní hnojení se provádí na konci sloupkování porostu až na počátku metání. Hnojením se snažíme prodloužit aktivitu asimilačního aparátu rostlin, a tím zvýšit kvalitu zrna a hmotnost tisíce zrn (Růžek a kol., 2013). Aplikujeme dávku ve výši 20 – 30 kg N na ha, ale účinnost hnojení je závislá na průběhu počasí po aplikaci hnojiva. Za suchého počasí nebude aplikovaný dusík přijat. Za vlhkého průběhu počasí se může objevit vyšší výskyt houbových chorob a škůdců. Nejpoužívanějšími hnojivy pro kvalitativní přihnojení jsou LAV, LAD nebo močovina (Vaněk a kol., 2007). Při použití kapalných hnojiv může dojít k popálení praporcového listu a klasu (Richter a Hřivna, 2004b).



Obrázek 10: Fenofáze pšenice ozimé

2.3.2.2 Hnojení sírou

Tato živina je důležitá od počátku růstu pšenice ozimé. Spotřeba síry touto obilninou se pohybuje v rozmezí 15 – 30 kg S na ha za vegetaci. Hnojení danou živinou je dnes už nezbytné s ohledem na pokles spadů síry z ovzduší. Při hnojení na podzim bychom měli vycházet z rozborů půdy na obsah vodorozpustných forem síry. Vhodné je hnojit při poklesu pod 10 ppm v půdě. Podzimní aplikací není ale možné zajistit výživu po cele vegetační období pšenice. Z důvodu pohyblivosti přístupných forem síry v půdě. Proto je výhodné dávku rozdělit a větší část aplikovat na jaře.

Při základním hnojení sírou lze použít hořečnatá nebo draselná hnojiva se sírou. Na jaře pak síru aplikovat v kombinaci s dusíkatými hnojivy (Černý a kol., 2014). Síru můžeme aplikovat i na list pšenice odkud je rychle vstřebávána a zachytávána ve vakuolách. K hnojení na list je vhodné použít hořkou sůl nebo elementární síru. Elementární síra pozvolna oxiduje na sírany, které se pozvolna dostávají do listů a nehromadí se ve vakuolách (Kulhánek a kol., 2013).

Síra nám podporuje příjem a utilizaci dusíku a tím zefektivňuje jeho využívání. Dále tento prvek ovlivňuje kvalitu a pekařskou jakost zrna. Po aplikaci hnojiv se sírou vzroste bobtnavost pšeničných bílkovin (těsto bude mít větší objem), zvýší se kvalita lepkové bílkoviny, zvýší se obsah N-látek v zrna a sedimentační hodnota zrna. Sníží se naopak enzymatická aktivita zrna (Zimolka a kol., 2005).

2.3.2.3 Hnojení ostatními živinami

Množství hnojení P, K, Mg, Ca závisí na jejich obsahu v půdě. Výnos zrna by měl být zajištěn živinami v půdě a hnojením by se měly doplňovat odebrané živiny. Hnojiva by měla být aplikována při předseťové přípravě půdy před setím. Přihnojování během vegetace není účelné (Vaněk a kol., 2007).

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo posoudit vliv stabilizovaných močovín se sírou na výnos a kvalitativní parametry zrna pšenice ozimé. Z kvalitativních parametrů se posuzoval obsah N-látek, sedimentační hodnota a obsah lepku v zrně. V rámci práce byly stanoveny tyto hypotézy:

1. Pokusná lokalita ovlivní výnos a kvalitu zrna.
2. Použití hnojiv s inhibítorem nitrifikace ovlivní výnos a kvalitativní parametry ve srovnání s hnojivem bez inhibítora nitrifikace.
3. Aplikovaná dávka dusíku u variant ALZON 46 + síran amonný a ALZON 25 - 6S bude mít vliv na výnos zrna a kvalitu zrna pšenice ozimé.
4. Aplikovaná dávky síry bude mít vliv na jednotlivé sledované parametry.

4 MATERIÁL A METODIKA

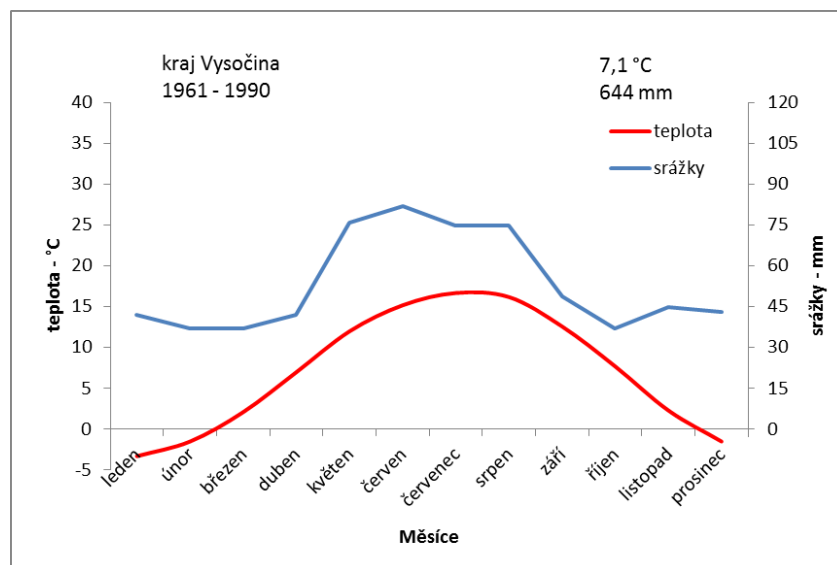
4.1 Charakteristika pokusných lokalit

Maloparcelkový polní pokus byl realizován v letech 2013 až 2015 na dvou rozdílných lokalitách. První lokalita se nachází na Vysočině na Výzkumné pícninářské stanici ve Vatíně, druhá lokalita je na jižní Moravě na pozemcích Školního zemědělského podniku v Žabčicích.

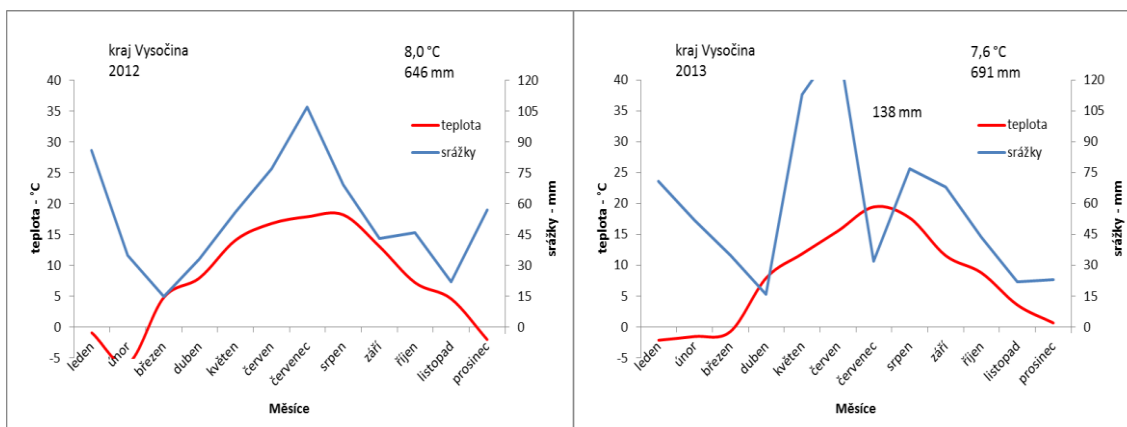
4.1.1 Lokalita Vatín

Pícninářská stanice Vatín se nachází 4 kilometry jižně od Žďáru nad Sázavou na Českomoravské vrchovině 560 metrů nad mořem u řeky Oslavy. Průměrná roční teplota pro danou oblast je 6,9 °C. Průměrný roční úhrn srážek ve Vatíně dosahuje 617 mm. Pozemky náleží do bramborářské výrobní oblasti. Ve Vatíně jsou půdy střední, půdním typem je zde kambizem, písčitohlinitá.

V letech provedení maloparcelového polního pokusu bylo nadprůměrně teplé počasí ve srovnání s dlouhodobým normálem zobrazeným v obrázku 11. Úhrn srážek v letech 2013 a 2014 byl také nadprůměrný. Velice podprůměrný na množství srážek byl rok 2015 ve srovnání s dlouhodobým normálem. V jednotlivých letech byl úhrn srážek nerovnoměrný. Každý rok (výjimkou je rok 2015) během jednoho měsíce napršelo 100 mm i více.



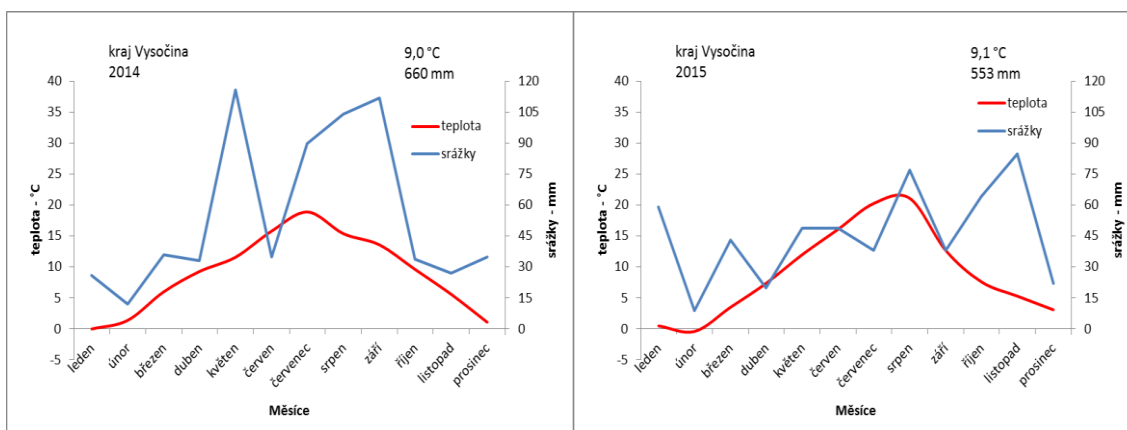
Obrázek 11: Klimadiagram dlouhodobého normálu pro kraj Vysočina 1961-1990



Obrázek 12: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2012 (vlevo)

Obrázek 13: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2013 (vpravo)

Podzim roku 2012 byl teplotně průměrný s dostatkem srážek. Rok 2013 byl o 0,6 °C teplejší, napršelo o 51 mm více než za dlouhodobý normál, ale rozložení srážek bylo nerovnoměrné. Duben a červenec byly srážkově podprůměrné. V dubnu napršelo jen 16 mm. Naopak květen a červen byly srážkově nadprůměrné. Úhrn srážek za oba měsíce byl 251 mm. Teplotně byl především červenec nadprůměrný. S průměrnou teplotou 19,5 °C byl o 2,8 °C teplejší než průměrný červenec z dlouhodobého normálu.



Obrázek 14: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2014 (vlevo)

Obrázek 15: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2015 (vpravo)

Roky 2014 a 2015 byly o 2 °C teplejší ve srovnání s dlouhodobým průměrem. V roce 2014 byly nadprůměrně teplé především první a poslední čtyři měsíce v roce. V březnu byla průměrná teplota o 3,9 °C vyšší. Srážkově byl rok nadprůměrný, ale zimní měsíce a červen byly srážkově podprůměrné. Velice nadprůměrný úhrn srážek byl v květnu, srpnu a září. Za zmíněné tři měsíce napršela polovina všech srážek v daném roce. V následujícím roce byl výrazně nadprůměrně teplý leden, a to o 3,8 °C, červenec – o 3,6 °C a srpen – o 4,9 °C ve srovnání s dlouhodobým normálem. Rok 2015

byl srážkově podprůměrný, především první polovina roku, kdy byl úhrn srážek o 90 mm nižší než u normálu.

Z pozemku ve Vatíně byly před založením pokusu odebrány půdní vzorky. Následně byl v laboratoři proveden jejich rozbor.

Tabulka 1: Agrochemický rozbor půdy Vatín před založením pokusu

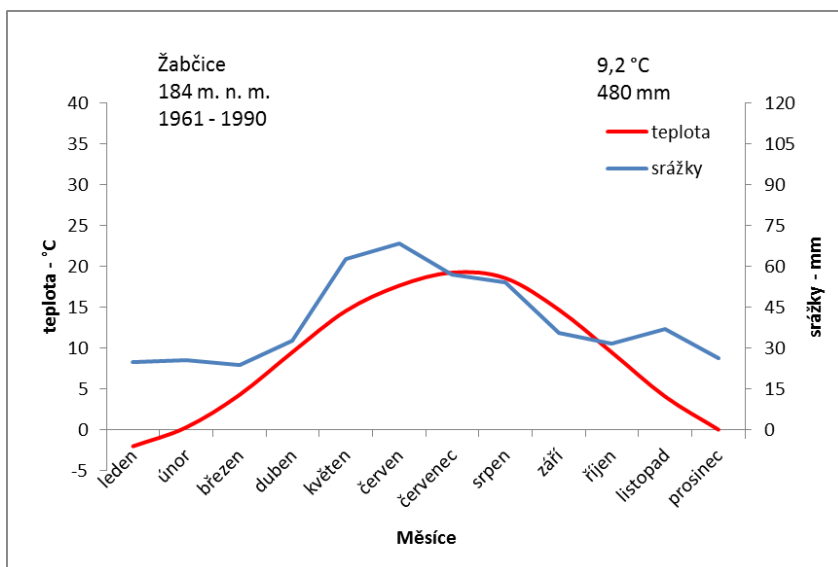
Živina	2013/2014	2014/2015	Jednotka
P	74	74	mg/kg
K	236	308	mg/kg
Ca	1195	896	mg/kg
Mg	120	113	mg/kg
S_{vod}	10,2	10,2	mg/kg
pH/CaCl₂	5,21	4,73	

Půdní reakce na pozemku v roce 2013 byla kyselá, o rok později byla na pozemku na pokusné stanici ve Vatíně už silně kyselá. Zásobenost draslíkem v půdě je dobrá. Zastoupení fosforu a hořčíku je vyhovující. Obsah vápníku na pozemku byl v roce 2013 vyhovující a v roce 2014 už nízký.

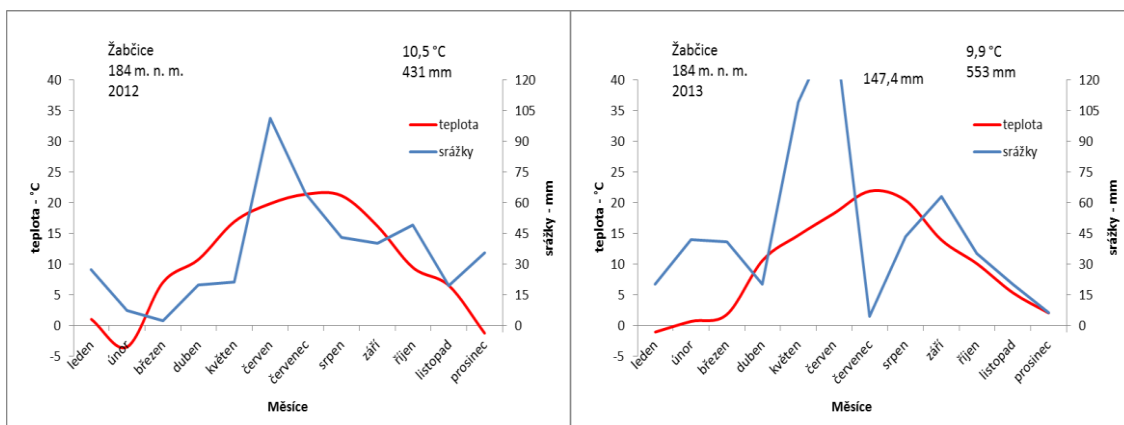
4.1.2 Lokalita Žabčice

Školní zemědělský podnik Žabčice se nachází 25 kilometrů jižně od Brna v Dyjsko-svrateckém úvalu nedaleko řeky Svatky. Pozemek je v nadmořské výšce 184 metrů nad mořem v kukuřičné výrobní oblasti. Krajina má rovinný charakter. Dlouhodobá průměrná roční teplota vyplývají z dlouhodobého normálu mezi roky 1961 – 1990 je 9,2 °C a průměrný úhrn srážek pro danou oblast je 480 mm. Půdy jsou středně těžké, jílové s půdním typem fluvizem glejová. Půdní profil je neustále pod vlivem spodní vody.

Ve všech letech provádění pokusu panovalo nadprůměrně teplé počasí ve srovnání s dlouhodobým normálem zobrazeným v obrázku 16. Nadprůměrný byl i úhrn srážek v roce 2013 a 2014 (výjimkou je rok 2015, kdy úhrn srážek byl výrazně podprůměrný), ale déšť nepřicházel kontinuálně, ale nárazově, kdy během pár dní napršely desítky milimetrů.



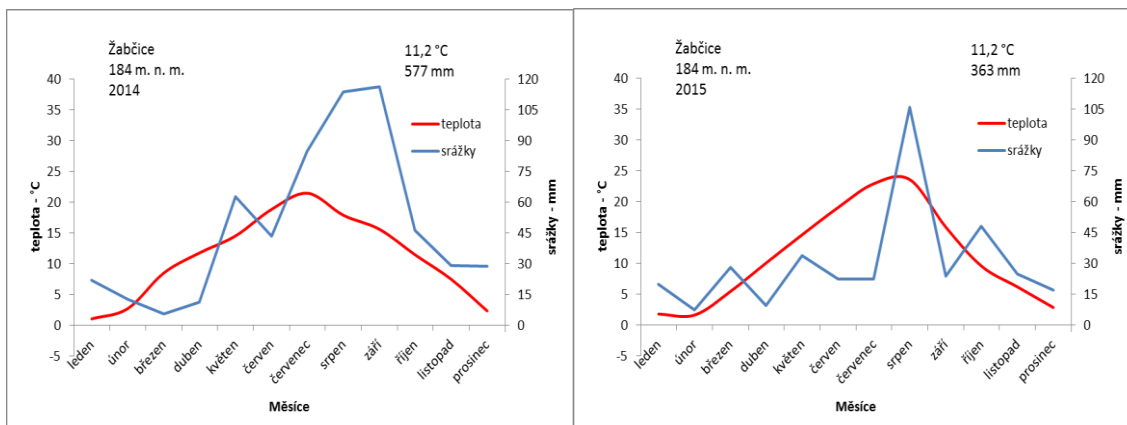
Obrázek 16: Klimadiagram dlouhodobého normálu 1961-1990 v Žabčicích



Obrázek 17: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2012 (vlevo)

Obrázek 18: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2013 (vpravo)

Podzim roku 2012 byl teplotně průměrný, srážkově mírně nadprůměrný s pravidelným úhrnem srážek v jednotlivých podzimních měsících. V roce 2013 byla průměrná teplota o 0,7 °C vyšší a úhrn srážek byl také o 73 mm vyšší ve srovnání s dlouhodobým normálem. Téměř polovina všech srážek napršela v květnu (109 mm) a v červnu (147,4 mm), kdy v průběhu dvou dní napršelo 77,4 mm. Naopak duben a červenec byly srážkově výrazně podprůměrné, v červenci napršelo jen 4,7 mm.



Obrázek 19: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2014 (vlevo)

Obrázek 20: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2015 (vpravo)

V následujícím roce 2014 bylo ještě teplejší počasí s průměrnou teplotou 11,2 °C o 2 °C teplejší než dlouhodobý normál. První čtyři měsíce byly srážkově velice podprůměrné, kdy v březnu napršelo jen 5,6 mm. Naopak druhá polovina července, srpen a září byly srážkově nadprůměrné. Úhrn srážek byl celkem 315 mm z celkových 577 mm. Zbylé měsíce byly srážkově průměrné. Rok 2015 byl opět teplotně nadprůměrný. Průměrná teplota byla stejně jako v předcházejícím roce 11,2 °C. Nadprůměrné teploty byly po celý rok. Především červenec byl o 3,7 °C a srpen o 5 °C teplejší než dlouhodobý normál. V daném roce napršelo o 117 mm méně ve srovnání s normálem. Celý rok byl srážkově podprůměrný, pouze v srpnu napršelo 106 mm a to v jeden den napršelo 83 mm. Za první polovinu roku napršelo jen 121 mm.

Z pozemku v Žabčicích byly před založením pokusu odebrány půdní vzorky. Následně byl v laboratoři proveden jejich rozpor.

Tabulka 2: Agrochemický rozbor půdy Žabčice před založením pokusu

Živina	2012/2013	2013/2014	2014/2015	Jednotka
P	134	134	131	mg/kg
K	298	298	235	mg/kg
Ca	4007	4007	4080	mg/kg
Mg	458	458	465	mg/kg
S_{vod}	14,0	13,8	11,4	mg/kg
pH/CaCl₂	6,63	6,63	6,51	

Půdní reakce na lokalitě Obora na pozemcích Školního zemědělského podniku Žabčice je na rozmezí slabě kyselá/neutrální. Zásobenost půdy fosforem, vápníkem a hořčíkem je vysoká. Obsah draslíku je dobrý. Zásoba síry v půdě pro pšenici ozimou je dostatečná.

4.2 Metodika pokusu

4.2.1 Vedení pokusu

Polní pokus byl prováděn na parcelách o velikosti 15 m² a rozměrech 1,5 m x 10 m. Každá varianta hnojení měla čtyři opakování. Předplodinou v Žabčicích byla pšenice ozimá, ve Vatíně předplodinou byla řepka ozimá. Po sklizni předplodiny na pozemcích následovala podmítka, orba a příprava půdy kompaktozem. Na pozemku v Žabčicích probíhalo před orbou základní hnojení superfosfátem (v roce 2013 200 kg, v roce 2014 450 kg) a draselnou solí (v roce 2013 200 kg, v roce 2014 200 kg). Setí bylo provedeno maloparcelovým secím strojem. Před prvním produkčním hnojením byly odebírány rostliny z jednotlivých variant hnojení a byl z nich proveden anorganický rozbor rostlin. Sklizeň byla prováděna maloparcelovou mlátičkou.

Tabulka 3: Operace na pokusu v roce 2014 ve Vatíně

Datum	Operace	Materiál	Dávka
30. 9. 2013	setí	Midas	
12. 11. 2013	rodenticid	STUTOX	
11. 12. 2013	rodenticid	STUTOX	
10. 1. 2014	rodenticid	STUTOX	
20. 3. 2014	regenerační hnojení		
8. 4. 2014	herbicid	HURICANE	200 g/ha
28. 4. 2014	I. produkční hnojení		
22. 5. 2014	fungicid	AMISTAR	0,8 l/ha
28. 5. 2014	II. produkční hnojení		
8. 8. 2014	sklizeň		

Tabulka 4: Operace na pokusu v roce 2015 ve Vatíně

Datum	Operace	Materiál	Dávka
6. 10. 2014	setí	Midas	
15. 1. 2015	rodenticid	NORAT D	
8. 4. 2015	regenerační hnojení		
20. 4. 2015	I. produkční hnojení		
11. 5. 2015	herbicid	HURRICANE	0,1 l/ha
11. 5. 2015	fungicid	AMISTAR	0,8 l/ha
11. 5. 2015	II. produkční hnojení		
5. 8. 2015	sklizeň		

Tabulka 5: Operace na pokusu v roce 2013 v Žabčicích

Datum	Operace	Materiál	Dávka
4. 10. 2012	setí	Midas	
6. 3. 2013	regenerační hnojení		
18. 4. 2013	herbicide	SEKATOR OD	0,15 l/ha
23. 4. 2013	I. produkční hnojení		
10. 5. 2013	regulátor	MODDUS	0,20 l/ha
10. 5. 2013	fungicide	AMISTAR XTRA	1,0 l/ha
21. 5. 2013	II. produkční hnojení		
17. 6. 2013	insekticide	DECIS MEGA	0,15 l/ha
26. 7. 2013	sklizeň		

Tabulka 6: Operace na pokusu v roce 2014 v Žabčicích

Datum	Operace	Materiál	Dávka
7. 10. 2013	setí	Midas	
11. 3. 2014	regenerační hnojení		
1. 4. 2014	herbicide	HUSAR ACTIVE	1,0 l/ha
4. 4. 2014	I. produkční hnojení		
27. 4. 2014	fungicide	PROSARO	0,75 l/ha
27. 4. 2014	insekticide	PROTEUS	0,5 l/ha
29. 4. 2014	fungicide	DELARO	1,0 l/ha
6. 5. 2014	II. produkční hnojení		
19. 7. 2014	sklizeň		

Tabulka 7: Operace na pokusu v roce 2015 v Žabčicích

Datum	Operace	Materiál	Dávka
13. 10. 2014	setí	Midas	
14. 10. 2014	válení		
20. 3. 2015	regenerační hnojení		
9. 4. 2015	herbicide	HUSAR ACTIVE	1,0 l/ha
9. 4. 2015	regulátor	RETECEL	1,0 l/ha
14. 4. 2015	I. produkční hnojení		
7. 5. 2015	fungicide	AMISTAR XTRA	1,0 l/ha
7. 5. 2015	regulátor	CERONE	0,5 l/ha
11. 5. 2015	II. produkční hnojení		
1. 6. 2015	insekticide	PROTEUS OD	0,5 l/ha
1. 6. 2015	fungicide	ARTEA PLUS	0,5 l/ha
16. 7. 2015	sklizeň		



Obrázek 21: Porost pšenice ozimé 6. 3. 2013 v Žabčicích



Obrázek 22: Pšenice ozimá 23. 4. 2013 Žabčice



Obrázek 23: Pšenice ozimá 20. 3. 2014 Vatín



Obrázek 24: Pšenice ozimá před sklizní Vatín 8. 8. 2014



Obrázek 25: Pšenice ozimá před regeneračním hnojením 20. 3. 2015 v Žabčicích



Obrázek 26: Pšenice ozimá 14. 4. 2015 po I. produkčním hnojení v Žabčicích

4.2.2 Varianty hnojení

Do pokusu bylo zařazeno pět různých variant hnojení močovinou se sírou. Byla použita varianta močoviny bez inhibitoru nitrifikace v kombinaci s granulovaným síranem amonným (v poměru 1:1) v dělené dávce a dvě varianty močoviny s inhibitorem nitrifikace se sírou v granulované (ALZON 46 se síranem amonným v poměru 1:1) a v kapalné formě (ALZON 25 – 6 S). Hnojiva s inhibitorem byla aplikována v jedné dávce při regeneračním hnojení ve dvou různých množstvích a to v dávce dusíku 100 % a 80 %. Při druhém produkčním hnojení byly všechny varianty přihnojeny kapalným hnojivem DAM 390 ve stejné dávce.

Tabulka 8: Varianty hnojení v pokusu

V. č.	Varianta hnojení	Regenerační hnojení		I produkční hnojení		II produkční hnojení		Celkem N [kg/ha]	Celkem S [kg/ha]
		N [kg/ha]	hnojivo	N [kg/ha]	hnojivo	N [kg/ha]	hnojivo		
1	ALZON 46 + SA 100 %	100	ALZON 46 + SA	0		40	DAM 390	140	57,1
2	ALZON 46 + SA 80 %	80	ALZON 46 + SA	0		40	DAM 390	120	45,7
3	ALZON 25 – 6S 100 %	100	ALZON 25 – 6S	0		40	DAM 390	140	24,0
4	ALZON 25 – 6S 80 %	80	ALZON 25 – 6S	0		40	DAM 390	120	19,2
5	Močovina + SA	60	Mo + SA	40	Mo + SA	40	DAM 390	140	57,1

4.2.3 Použitá odrůda

Ve všech letech pokusu byly parcely osety poloranou osinatou pšenicí odrůdy Midas. Pro danou odrůdu je vhodné zvolit termín setí v druhé polovině agrotechnického termínu. Středně vysoké rostliny se hodí k pěstování ve všech výrobních oblastech. Odrůda je odolná k vyzimování a středně odolná proti poléhání, vyznačuje se dobrým zdravotním stavem. Zrno dosahuje pekařské jakosti E (Oseva, 2013).

4.2.4 Použitá hnojiva v pokusu

V maloparcelovém pokusu byla použita granulovaná hnojiva – ALZON 46, močovina, síran amonný a kapalná hnojiva - ALZON 25 – 6S, DAM 390.

Hnojivo ALZON 46 obsahuje 46 % močovinnového dusíku s inhibítorem nitrifikace. Inhibitor tvoří směs dikyanodiamidu s 1H-1,2,4-triazolem. Alzon se prodává ve formě světlemodrých granulí. Je vhodné ho použít k základnímu nebo k regeneračnímu hnojení, kdy se dá aplikovat vyšší dávka dusíku na pozemek ve srovnání s běžnými dusíkatými hnojivy díky inhibítoru nitrifikace (SKW Piesteritz, 2012).

Močovina neboli diamid kyseliny uhličitě obsahuje 46 % dusíku v amidické formě. Prodává se ve formě bílých granulí. Vzniklé granulky se snadno rozpouští ve vodě a roztok je vhodný k aplikaci na list během vegetace. Močovina se v půdě rychle hydrolyticky štěpí vlivem enzymu ureázy z mikroorganismů na uhličitán amonný, ten je nestálý a snadno se rozkládá na amoniak a kyselinu uhličitou. Močovina je vhodné hnojivo k základnímu hnojení i hnojení během vegetace. Patří mezi nejpoužívanější hnojiva na světě (Vaněk a kol., 2007).

Síran amonný obsahuje 24 % síry a 21 % amonného dusíku. Síran řadíme mezi fyziologicky kyselá hnojiva, je vhodné s ním hnojit na půdách s neutrální půdní reakcí nebo k plodinám, které snášejí kyselější pH. Hnojivo se prodává v granulované nebo v krystalické formě. Zastoupení síry v hnojivu zvyšuje jeho vhodnost použití u brukvovitých plodin nebo cibulovin (Škarpa a Ryant, 2015).

Kapalné hnojivo zelené barvy Alzon 25 – 6S obsahuje 25 % N (11 % amidový, 9 % amonný a 5 % nitrátový) a 6 % S. Jedná se o hnojivo se směsí inhibitorů nitrifikace (1H-1,2,4-triazolu s 3-methylpyrazolem). U pšenice je vhodné hnojivo aplikovat ve fázi sloupkování. Kapalný Alzon je vhodné aplikovat v roztoku s vodou v poměru 1:3-4 (SKW Piesteritz, 2012).

DAM 390 je čirý vodný roztok močoviny a dusičnanu amonného. Využívá se k přihnojení porostů během vegetace, může se aplikovat v kombinaci s některými pesticidy. Hnojivo má silné korozivní účinky (Škarpa a Ryant, 2015).

4.3 Použité statistické metody

Jednotlivé parametry byly vyhodnoceny pomocí softwaru STATISTICA 12. Následné testování bylo provedeno testem významnosti rozdílů podle Duncana.

4.4 Použité analytické metody

Stanovení přístupných živin v půdě

Množství přístupných živin v půdě zjistíme vyluhováním zeminy v extrakčním roztoku Melich III. Extrakční roztok nám nahradí přirozenou činnost kořenového systému. Touto metodou zjistíme obsah P, K, Ca a Mg v daném vzorku půdy. Obsah fosforu zjistíme spektrometrickou metodou při vlnové délce 690 nm. Množství draslíku ve vzorku stanovíme metodou plamenné fotometrie. Koncentraci vápníku a hořčíku v daném výluhu vzorku půdy stanovíme metodou atomové absorpční spektrofotometrie v plameni acetylen-vzduch (Škarpa, 2013).

Stanovení vodorozpustné síry v půdě

Koncentraci vodorozpustné síry stanovíme z výluhu zeminy a vody (v poměru 1:5). Množství síry stanovíme metodou ICP-OES pomocí spektrometru (Zbíral, 2002).

Stanovení výměnné půdní reakce

Hodnota výměnné půdní reakce byla stanovena potenciometricky pomocí přístroje pH metru. Přístroj měří aktivitu vodíkových iontů ve výluhu vzorku zeminy v roztoku 0,01 mol/l chloridu vápenatého (Zbíral, 2002).

Stanovení N-látek v zrně pšenice

Obsah N-látek v zrně byl určen metodou podle Kjeldahla, kterou jsme stanovili množství dusíku v zrně. Vynásobením získané hodnoty koeficientem 5,7 získáme množství bílkovin (ČSN EN ISO 1871 (560020), 2010).

Stanovení sedimentační hodnoty zrna pšenice

Sedimentační hodnota se stanovuje Zelenyho testem. Metoda je založena na bobtnavosti pšeničných bílkovin v organických kyselinách. Rozhodující pro jakost je objem sedimentu šrotu zrna v ml v roztoku kyseliny mléčné (ČSN EN ISO 5529 (461022), 2010).

Stanovení obsahu lepku

Obsah lepku byl stanoven na přístroji Perten Inframatic 9200.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Práce hodnotí vliv jednotlivých variant hnojení na výnos, obsah N-látek, lepku a sedimentační hodnotu.

5.1 Výnos zrna

Analýza variace výnosu zrna pšenice ozimé je v tabulce 9, průměrné výnosy uvádí tabulka 10. Výnosy v jednotlivých letech pokusu uvádí tabulka 11. Graf 2 uvádí výnosy jednotlivých variant v jednotlivých letech pokusu.

Tabulka 9: Analýza variace výnosu zrna pšenice ozimé

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Rok	2	64,369	32,185	50,137	***
Lokalita	1	11,012	11,012	17,155	***
Varianta hnojení	5	37,359	7,472	11,639	***
Rok*Lokalita	2	84,862	42,431	66,099	***
Rok*Varianta hnojení	10	14,544	1,454	2,266	*
Lokalita*Varianta hnojení	5	1,075	0,215	0,335	NP
Rok*Lokalita*Varianta hnojení	10	25,068	2,507	3,905	***
Chyba	108	69,329	0,642		
Celkem	143	307,619			

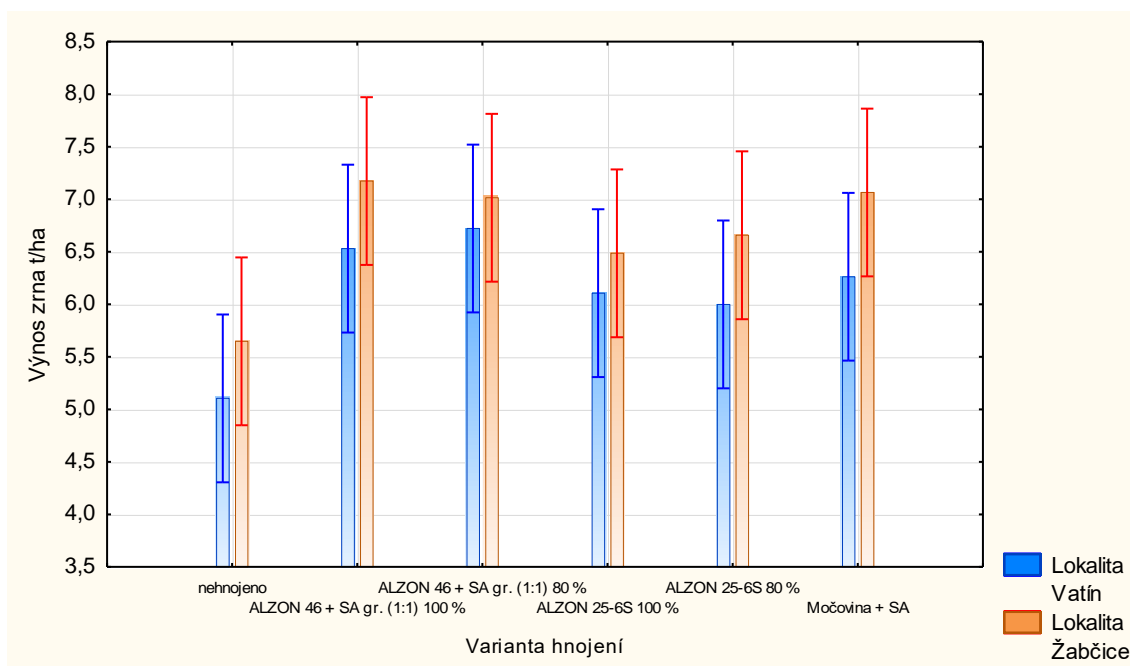
Vliv faktorů: NP – statisticky neprůkazné, * - významný, *** - velmi vysoce významný

Analýza variace výnosu ukázala, že vliv roku, lokality, varianty hnojení, rok*varianta hnojení a rok*lokalita*varianta hnojení je velmi vysoce průkazný. Vliv rok*varianta hnojení je významný.

Tabulka 10: Průměrné výnosy zrna v t/ha a průkaznost rozdílů podle Duncana

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	72	6,12 ± 1,12	a	100
	Žabčice	72	6,67 ± 1,71	b	109
Rok	2013	48	7,28 ± 1,71	a	100
	2014	48	6,26 ± 0,87	b	86
	2015	48	5,65 ± 1,23	c	78
Varianta hnojení	Nehnojeno	24	5,38 ± 1,98	a	100
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 100 %	24	6,85 ± 1,09	b	127
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 80 %	24	6,87 ± 1,04	b	128
	ALZON 25 – 6S 100 %	24	6,30 ± 1,56	b	117
	ALZON 25 – 6S 80 %	24	6,33 ± 1,37	b	118
	Močovina + SA gr.	24	6,66 ± 1,11	b	124

Mezi lokalitami byl statisticky průkazný rozdíl. Na lokalitě v Žabčicích, kde jsou kvalitnější půdy a klimatické podmínky pro pěstování pšenice, byl dosažený výnos za období pokusu o 0,55 t/ha vyšší ve srovnání s lokalitou ve Vatíně. Mezi jednotlivými roky pokusu byl také statisticky průkazný rozdíl. Projevil se vliv rozdílného počasí v jednotlivých letech, kdy v roce 2013 byl optimální průběh počasí s nadprůměrným množstvím srážek. V následujících letech bylo rozložení srážek nerovnoměrné a teploty byly nadprůměrné, což se projevilo nižšími výnosy především v Žabčicích. Vliv je patrný v grafu 2. Mezi variantami hnojení byl statisticky průkazný rozdíl mezi nehnojenou variantou a hnojenými variantami. Nejvyšších výnosů dosáhla varianta hnojená hnojivem ALZON 46 + SA. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou hnojiva byl minimální. Projevila se výhoda jednorázové aplikace dusíku a jeho pozvolné uvolňování do půdy. Jelikož po druhé aplikaci močoviny + SA nastávalo období sucha s minimem srážek a dusík nebyl dostatečně uvolněn do půdy a rostliny jej nemohly optimálně využít. Z hnojených variant nejnižších výnosů, o 0,5 t/ha nižšího, dosáhla varianta hnojená kapalným ALZONEM 25 – 6S. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou hnojiva byl nepatrný. Z výsledků není zřetelně patrný vliv hnojením sírou na výnos. Malý vliv síry na výnos zrna pšenice uvádí i Ruiter a de Martin (2001) a Feyh a Lamond (1992).

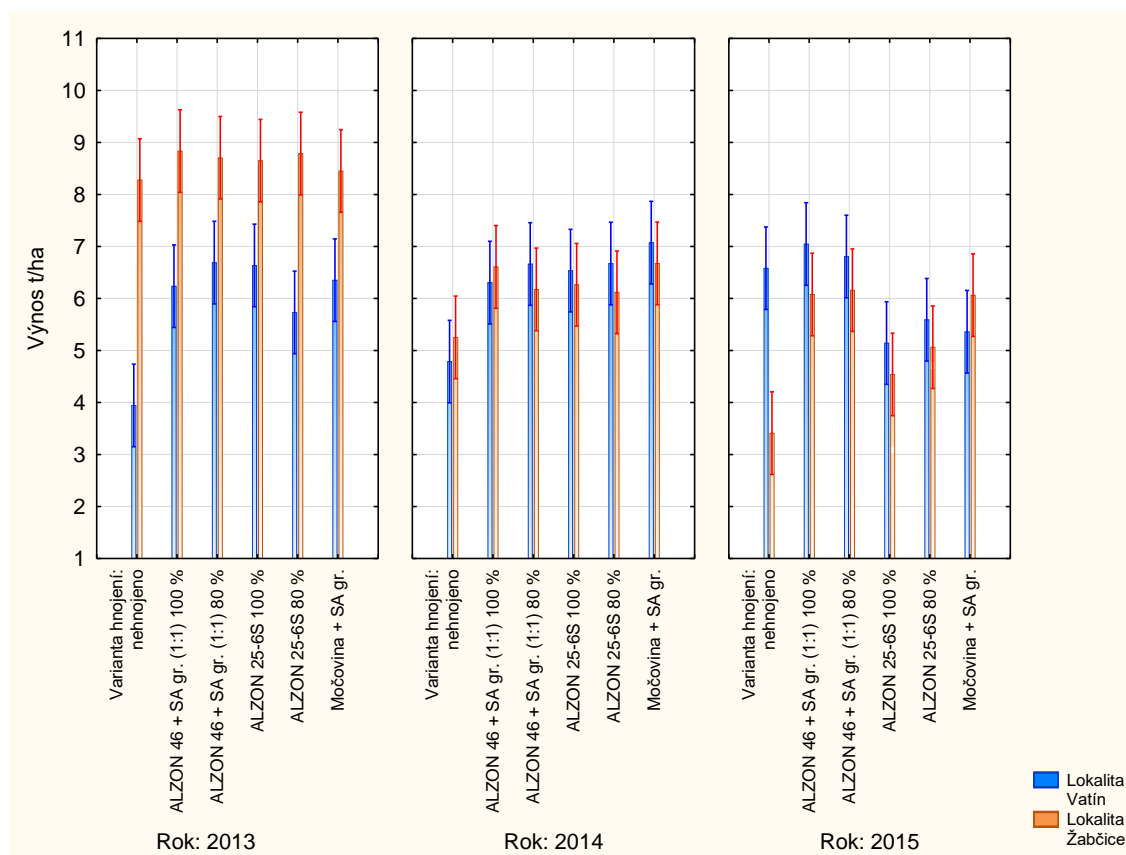


Graf 1: Výnos zrna pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 11: Průměrný výnos zrna v t/ha dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana

Rok	Lokalita	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
2013	Vatín	24	5,93 ± 1,17	a	114
2014	Vatín	24	6,34 ± 1,09	a	121
2015	Vatín	24	6,09 ± 1,12	a	117
2013	Žabčice	24	8,61 ± 0,91	b	165
2014	Žabčice	24	6,18 ± 0,59	a	118
2015	Žabčice	24	5,22 ± 1,20	c	100

Z Grafu 2 je patrný vliv počasí na výnos zrna v Žabčicích. V roce 2013 byl nadprůměrný úhrn srážek, optimální podmínky a průměrný výnos zde dosahoval 8,61 t/ha, rozdíly mezi hnojenými variantami byly malé. V následujících teplých a suchých letech se rozdíl mezi jednotlivými hnojivými variantami zvětšoval. Nejvyšších výnosů dosahovala varianta hnojená ALZONEM 46 + SA a nejnižších hnojivo ALZON 25 – 6S. V Žabčicích byl výnos zrna v suchých letech nižší než ve Vatíně. Na Vysočině neměly výnosy v jednotlivých letech větší výkyvy, protože tam byl dostatečný úhrn srážek. Nejvyšší výnosy zde také mělo hnojivo s inhibitorem nitrifikace ALZON 46 + SA. Především v nejsušším roce 2015 se projevil pozitivní vliv inhibitoru na pozvolné uvolňování dusíku do půdy.



Graf 2: Výnos zrna pšenice ozimé jednotlivých variant v jednotlivých letech

5.2 Obsah N-látek v zrně

Analýza variace obsahu N-látek je v tabulce 12, průměrný obsah N-látek uvádí tabulka 13. Průměrné zastoupení dusíkatých látek v jednotlivých letech pokusu uvádí tabulka 14. Graf 4 uvádí obsah dusíkatých látek v zrně jednotlivých variant v jednotlivých letech pokusu.

Tabulka 12: Analýza variace obsahu N-látek v zrně pšenice ozimé

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Rok	2	6,52	3,26	8,47	***
Lokalita	1	55,01	55,01	142,96	***
Varianta hnojení	5	31,09	6,22	16,16	***
Rok*Lokalita	2	109,38	54,69	142,13	***
Rok*Varianta hnojení	10	7,41	0,74	1,93	*
Lokalita*Varianta hnojení	5	8,00	1,60	4,16	**
Rok*Lokalita*Varianta hnojení	10	1,07	0,11	0,28	NP
Chyba	108	41,55	0,38		
Celkem	143	260,03			

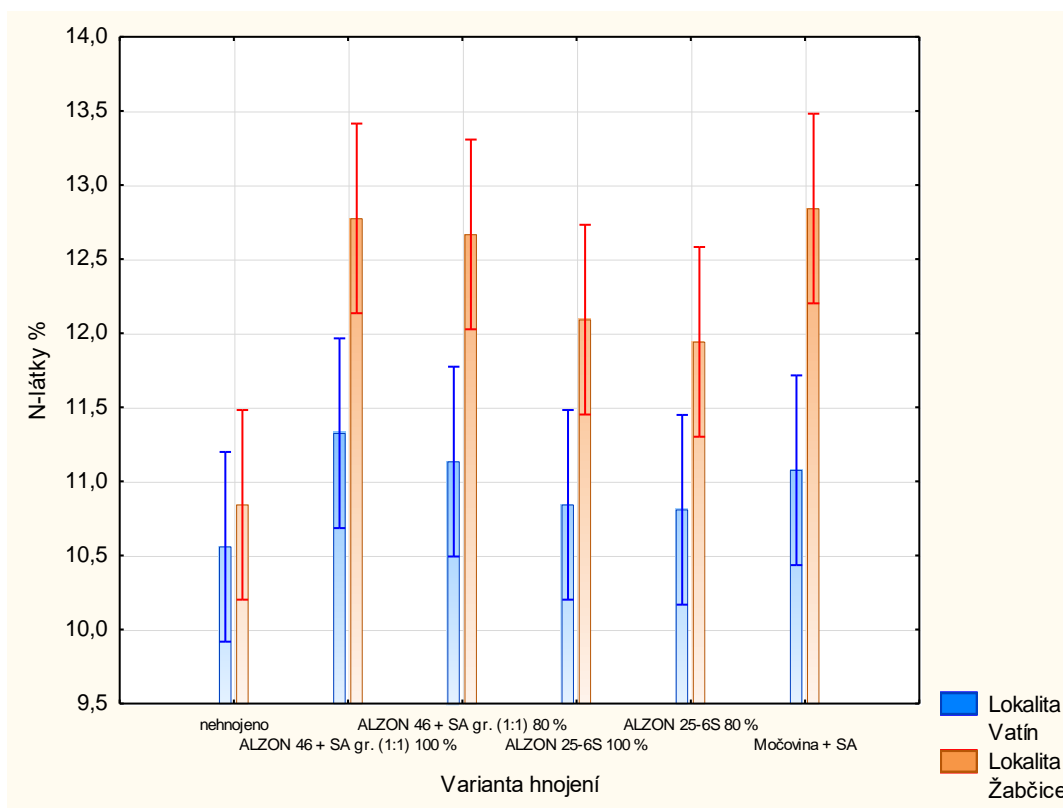
Vliv faktorů: NP – statisticky neprůkazné, * - významný, ** - vysoce významný, *** - velmi vysoce významný

Analýza variace N-látek ukázala, že vliv roku, lokality, varianty hnojení, rok*lokalita je velmi vysoce průkazný. Lokalita*varianta hnojení je vysoce průkazný. Vliv rok*varianta hnojení je významný. Vliv rok*lokalita*varianta hnojení je statisticky neprůkazný.

Tabulka 13: Průměrný obsah N-látek v zrně a průkaznost rozdílů podle Duncan

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	72	10,96 ± 0,90	a	100
	Žabčice	72	12,19 ± 1,44	b	111
Rok	2013	48	11,76 ± 1,68	a	100
	2014	48	11,69 ± 1,33	a	99
	2015	48	11,28 ± 0,90	a	96
Varianta hnojení	Nehnojeno	24	10,70 ± 1,32	a	100
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 100 %	24	12,05 ± 1,38	b	113
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 80 %	24	11,90 ± 1,29	b	111
	ALZON 25 – 6S 100 %	24	11,47 ± 1,22	ab	107
	ALZON 25 – 6S 80 %	24	11,38 ± 1,16	ab	106
	Močovina + SA gr.	24	11,96 ± 1,34	b	112

Obsah dusíkatých látek v zrně je statisticky průkazný mezi jednotlivými lokalitami. Zrno na lokalitě v Žabčicích obsahuje o 1,23 % více N-látek než zrno ve Vatíně. Půda v Žabčicích obsahuje více vodorozpustné síry, proto je zde dusík lépe využit a zrno obsahuje více N-látek. Mezi jednotlivými roky pokusu není statisticky průkazný rozdíl. Statisticky průkazný rozdíl je také mezi nehnojenou variantou a variantami hnojenými ALZONEM 46 + SA a močovinou + SA. Mezi jednotlivými hnojenými variantami statisticky průkazný rozdíl není. Nejvyššího obsahu N-látek 12,05 % bylo dosaženo u hnojiva s inhibítorem nitrifikace ALZON 46 + SA 100 %. Varianta hnojená 80% dávkou tohoto hnojiva měla obsah dusíkatých látek o 0,15 % nižší. Varianta hnojená močovinou bez inhibítora nitrifikace obsahovala 11,96 % N-látek v zrně. Nejnižší obsah N-látek 11,38 % byl naměřen u varianty hnojené ALZONEM 25 – 6S 80 %. Při této variantě byla aplikována nejnižší dávka síry – 19,2 kg/ha. Naopak nejvyšší dávka síry 57,1 kg/ha byla aplikována při variantách, které v pokusu obsahují nejvíce dusíkatých látek v zrně. Zvýšený obsah N-látek po hnojení hnojivy s obsahem síry popisují Hřivna a Kotková (2012). Potravinářská pšenice by měla obsahovat nejméně 11,5 % dusíkatých látek. Z uvedených výsledků vyplývá, že pšenice z Vatína na potravinářskou kvalitu nedosahuje.

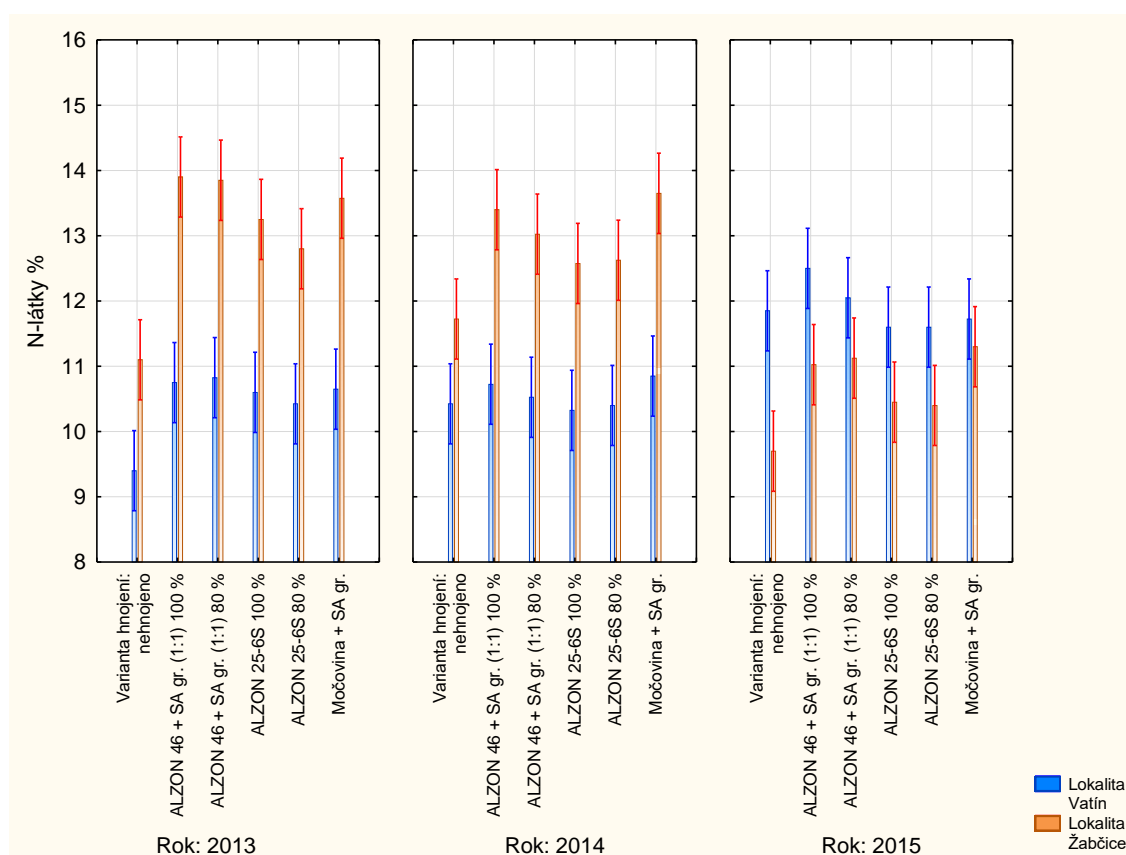


Graf 3: Obsah N-látek v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 14: Průměrný obsah N-látek dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncan

Rok	Lokalita	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
2013	Vatín	24	10,44 ± 0,59	a	100
2014	Vatín	24	10,54 ± 0,52	a	101
2015	Vatín	24	11,89 ± 0,72	b	114
2013	Žabčice	24	13,08 ± 1,35	c	125
2014	Žabčice	24	12,83 ± 0,76	c	123
2015	Žabčice	24	10,67 ± 0,61	a	102

Nejvyšší obsah dusíkatých látek byl v Žabčicích v roce 2013 a 2014. V roce 2015 bylo v první polovině roku minimum srážek a dusík se z aplikovaného hnojiva těžce uvolňoval do půdy a nemohl být v dostatečné míře využit rostlinami, proto je jeho obsah v zru nižší. Největší obsah N-látek v zru v Žabčicích v sušších letech 2014 a 2015 měla varianta hnojená močovinou bez inhibitoru nitrifikace + síran amonný. Nejnižší obsah dusíkatých látek na obou lokalitách ve všech letech měla varianta hnojená ALZONEM 25 – 6S, kde bylo aplikována nejnižší dávka síry. Rozdíly mezi hnojenými variantami ve Vatíně byly malé. V roce 2015 nejvyšší obsah N-látek měla varianta hnojená ALZONEM + SA 100 % dávkou.



Graf 4: Obsah N-látek v zru pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech

5.3 Obsah lepku v zrn

Analýza variace obsahu lepku je v tabulce 16. Průměrné zastoupení lepku v zrn v jednotlivých letech pokusu uvádí tabulka 17. Graf 6 uvádí obsah lepkových bílkovin v zrn jednotlivých variant v jednotlivých letech pokusu.

Tabulka 15: Analýza variace obsahu lepku v zrn pšenice ozimé

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Rok	2	31,12	15,56	5,02	**
Lokalita	1	289,85	289,85	93,48	***
Varianta hnojení	5	222,65	44,53	14,36	***
Rok*Lokalita	2	662,53	331,26	106,83	***
Rok*Varianta hnojení	10	53,44	5,34	1,72	NP
Lokalita*Varianta hnojení	5	55,53	11,11	3,58	**
Rok*Lokalita*Varianta hnojení	10	7,42	0,74	0,24	NP
Chyba	108	334,88	3,10		
Celkem	143	1657,41			

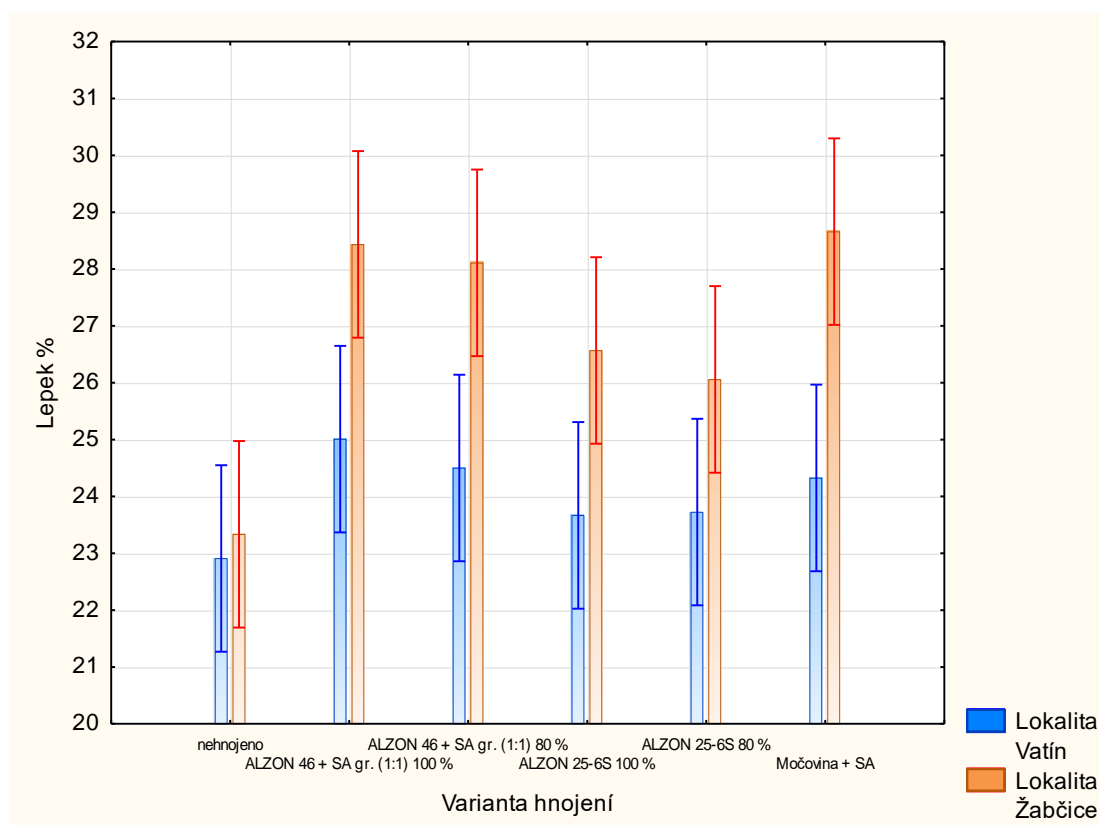
Vliv faktoru: NP – statisticky neprůkazný, ** - vysoce významný, *** - velmi vysoce významný

Analýza variace obsahu lepku v zrn pšenice ukázala, že vliv lokality, varianty hnojení, rok*lokalita je velmi vysoce průkazný. Vliv roku a lokalita*varianta hnojení je vysoce průkazný. Vliv rok*varianta hnojení a rok*lokalita*varianta hnojení je statisticky neprůkazný.

Tabulka 16: Průměrný obsah lepku v zrn a průkaznost rozdílů podle Duncana

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	72	24,02 ± 2,41	a	100
	Žabčice	72	26,86 ± 3,67	b	112
Rok	2013	48	25,36 ± 3,98	a	100
	2014	48	26,05 ± 3,60	a	103
	2015	48	24,92 ± 2,40	a	98
Varianta hnojení	Nehnojeno	24	23,12 ± 3,71	a	100
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 100 %	24	26,72 ± 3,36	b	116
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 80 %	24	26,30 ± 3,06	b	114
	ALZON 25 – 6S 100 %	24	25,12 ± 2,91	b	109
	ALZON 25 – 6S 80 %	24	24,89 ± 2,85	ab	108
	Močovina + SA gr.	24	26,49 ± 3,38	b	115

Mezi lokalitou Žabčice a Vatín je statisticky průkazný rozdíl v obsahu lepku v zrně. Půda v Žabčicích obsahuje více vodorozpustné síry, proto je zde dusík lépe využit, a zrna z této lokality obsahují o 2,84 % více lepkových bílkovin než lokalita na Vysočině. Mezi jednotlivými roky pokusu není statisticky průkazný rozdíl. Mezi variantami hnojení je statisticky průkazný rozdíl mezi nehnojenou variantou a variantami hnojenými ALZONEM 46, ALZONEM 25 – 6S 100 % a močovinou + síran amonný. Nejvyšší obsah lepku v zrně byl 26,72 % u varianty hnojené ALZONEM 46 + SA 100 %. Nepatrně nižší byl obsah lepkových bílkovin u varianty bez inhibitoru nitrifikace – močovina + síran amonný. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou hnojiva ALZON 46 + SA byl pouze 0,42 %. Nejnižší obsah lepku byl opět u hnojiva ALZON 25 – 6S 80 %, kde zrna hnojená tímto hnojivem obsahovala 24,89 % lepku. U této varianty hnojení byla aplikována nejnižší dávka síry. U variant hnojených močovinou s inhibitorem nitrifikace a bez inhibitoru nitrifikace byla aplikována stejná dávka síry, zastoupení lepku bylo vyrovnané. Podle Hřivny a Kotkové (2012) má hnojení sírou vliv na kvalitu lepkové bílkoviny. Kvalita se projeví na pečivu větším objemem a lepšími texturními vlastnostmi. Vliv síry na kvalitu lepku a objem pečiva popisují také Shahsavani a Gholami (2008).

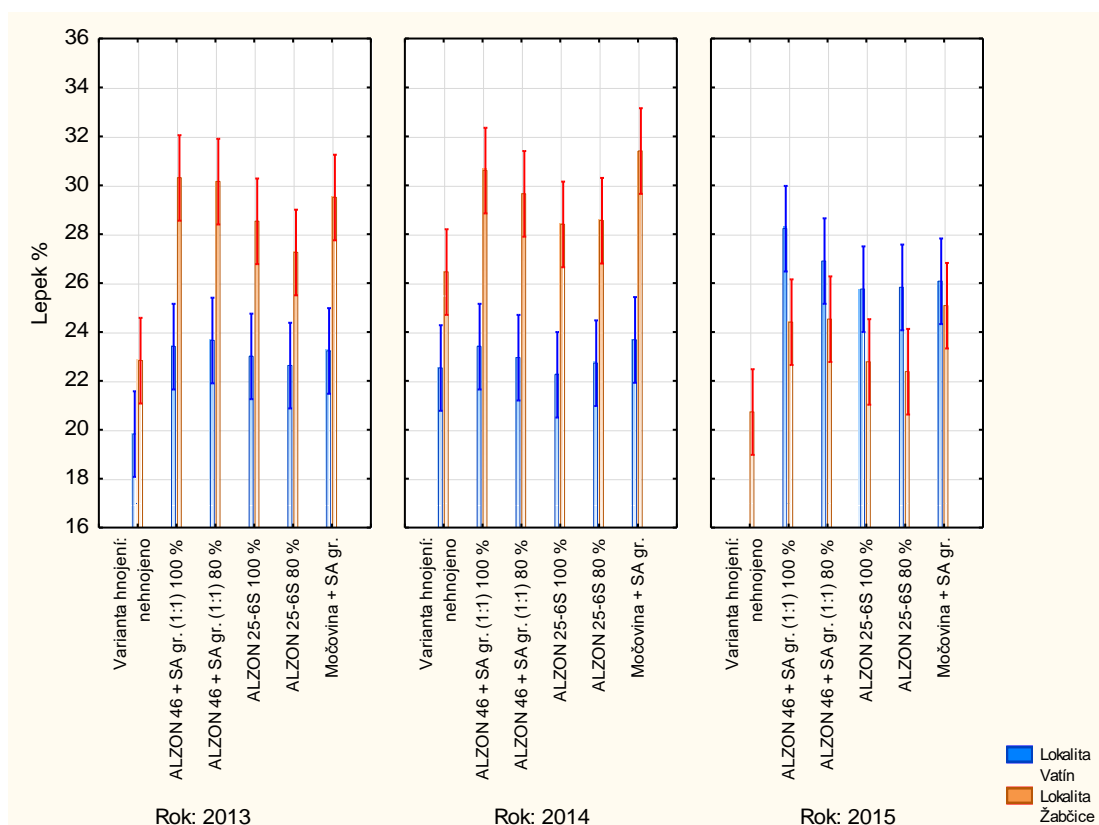


Graf 5: Obsah lepku v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení

Tabulka 17: Průměrný obsah lepku dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana

Rok	Lokalita	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
2013	Vatín	24	22,62 ± 1,58	a	100
2014	Vatín	24	22,92 ± 1,40	a	101
2015	Vatín	24	26,53 ± 1,90	b	117
2013	Žabčice	24	28,09 ± 3,78	c	124
2014	Žabčice	24	29,18 ± 2,04	c	129
2015	Žabčice	24	23,31 ± 1,68	a	103

Obsah lepku v zrně během jednotlivých odpovídá zastoupení N-látek v zrně v daném roce. Obsah lepku v zrně se měnil v průběhu let na obou lokalitách. Půda v Žabčicích obsahuje více vodorozpustné síry, proto je zde dusík lépe využit. Nejvyšší obsah lepkových bílkovin byl v Žabčicích v roce 2013 a 2014. Hodnoty lepku ve Vatíně dosahují nižších a vyrovnanějších hodnot. Nejvyššího obsahu lepku na Vysočině dosahovala varianta hnojená ALZONEM 46 + SA. Nejvyšší obsah lepku na jižní Moravě měla varianta hnojená močovinou bez inhibitoru intrifikace, varianty hnojené močovinou s inhibitorem dosáhly nepatrně nižších hodnot.



Graf 6: Obsah lepku v zrně v zrně pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech

5.4 Sedimentační hodnota

Analýza variace sedimentační hodnoty je v tabulce 18, průměrnou sedimentační hodnotu uvádí tabulka 19. Průměrnou sedimentační hodnotu v jednotlivých letech pokusu uvádí tabulka 20. Graf 8 uvádí sedimentační hodnotu jednotlivých variant v jednotlivých letech pokusu.

Tabulka 18: Analýza variace sedimentační hodnoty

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Rok	2	8359,0	4179,5	116,511	***
Lokalita	1	8453,3	8453,3	235,651	***
Varianta hnojení	5	2161,8	432,4	12,053	***
Rok*Lokalita	2	12574,3	6287,2	175,267	***
Rok*Varianta hnojení	10	513,9	51,4	1,433	NP
Lokalita*Varianta hnojení	5	599,5	119,9	3,342	**
Rok*Lokalita*Varianta hnojení	10	218,1	21,8	0,608	NP
Chyba	108	3874,2	35,9		
Celkem	143	36754,0			

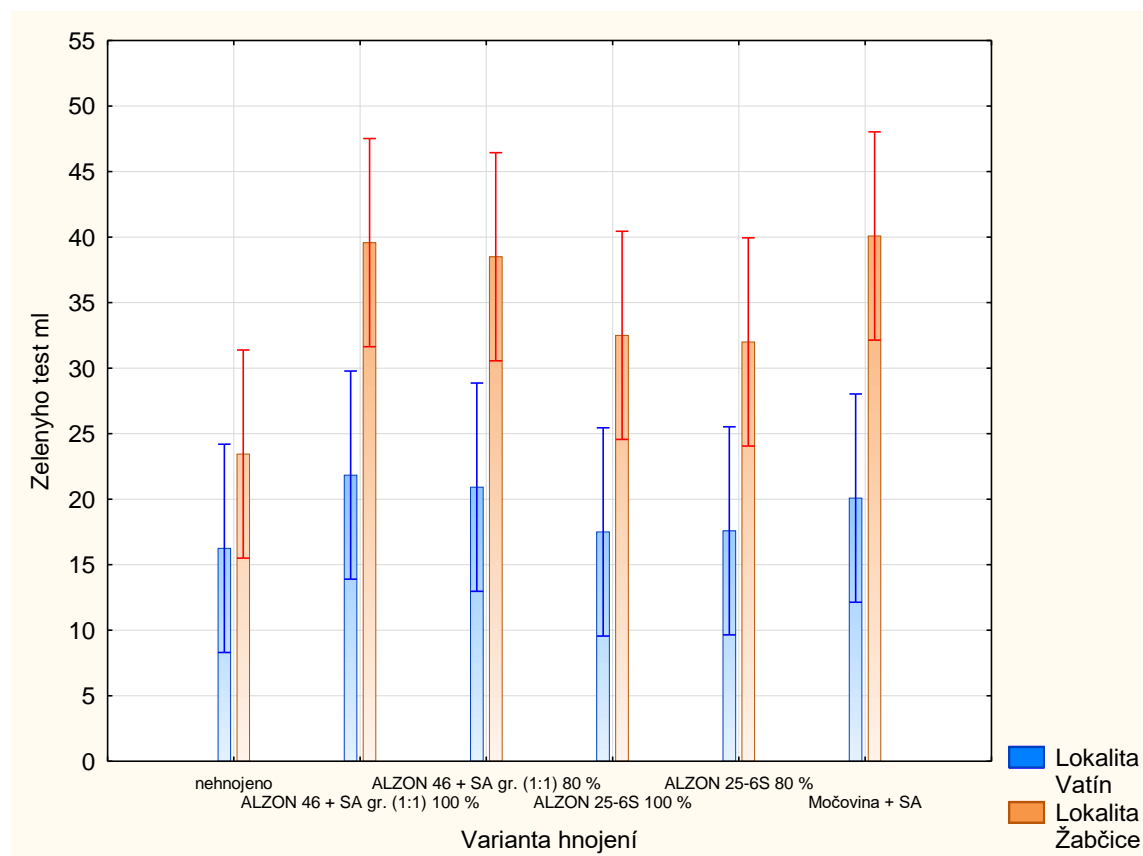
Vliv faktorů: NP – statisticky neprůkazný, ** - vysoce významný, *** - velmi vysoce významný

Analýza variace obsahu lepku v zrnu pšenice ukázala, že vliv roku, lokality, varianty hnojení, rok*lokalita je velmi vysoce průkazný. Vliv lokalita*varianta hnojení je vysoce průkazný. Vliv rok*varianta hnojení a rok*lokalita*varianta hnojení je statisticky neprůkazný.

Tabulka 19: Průměrná sedimentační hodnota a průkaznost rozdílů podle Duncana

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	72	19,03 ± 7,03	a	100
	Žabčice	72	34,35 ± 18,69	b	181
Rok	2013	48	37,10 ± 20,63	a	100
	2014	48	23,88 ± 10,59	b	64
	2015	48	19,09 ± 8,14	b	51
Varianta hnojení	Nehnojeno	24	19,85 ± 14,77	a	100
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 100 %	24	30,71 ± 16,86	b	155
	ALZON 46 + SA gr. (1:1) 80 %	24	29,71 ± 16,69	b	150
	ALZON 25 – 6S 100 %	24	25,00 ± 15,49	ab	126
	ALZON 25 – 6S 80 %	24	24,79 ± 15,09	ab	125
	Močovina + SA gr.	24	30,08 ± 15,99	b	152

Mezi lokalitami je statisticky průkazný rozdíl. Sedimentační hodnota zrna z pozemků v Žabčicích dosahuje o 15,32 ml vyšších hodnot než sedimentační hodnota ve Vatíně. Rozdíl je dán půdními a klimatickými podmínkami. Především v roce 2013, kdy panovaly optimální podmínky pro pěstování pšenice, v Žabčicích sedimentační hodnota dosahovala vysokých hodnot. Právě optimální rok 2013 se statisticky liší od následujících let 2014 a 2015, které byly nadprůměrně teplé s nedostatkem srážek. Statisticky průkazný rozdíl je také mezi nehnojenou variantou a variantami hnojenými ALZONEM 46 + SA 100 % a 80 % a močovinou + síran amonný. Mezi hnojenými variantami statisticky průkazný rozdíl není. Nejvyšší sedimentační hodnotu 30,71 ml měla varianta hnojená ALZONEM 46 + SA 100 %. Varianta hnojená hnojivem bez inhibitoru nitrifikace – močovinou + síran amonný měla sedimentační hodnotu pouze o 0,6 ml nižší ve srovnání s nejlepší hodnotou. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou hnojiva ALZON 46 + SA byl pouze 1 ml. Nejnižší sedimentační hodnota 24,8 ml byla u kapalného hnojiva ALZON 25 – 6S 80 %. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou hnojiva ALZON 25 - 6S byl nepatrný. S hnojivem ALZON 25 – 6S se projevila aplikována nižší dávka síry. To že síra má vliv na sedimentační hodnotu a objem pečiva uvádí Zhao a kol. (1997) a Gálová a Hřivna (1999).

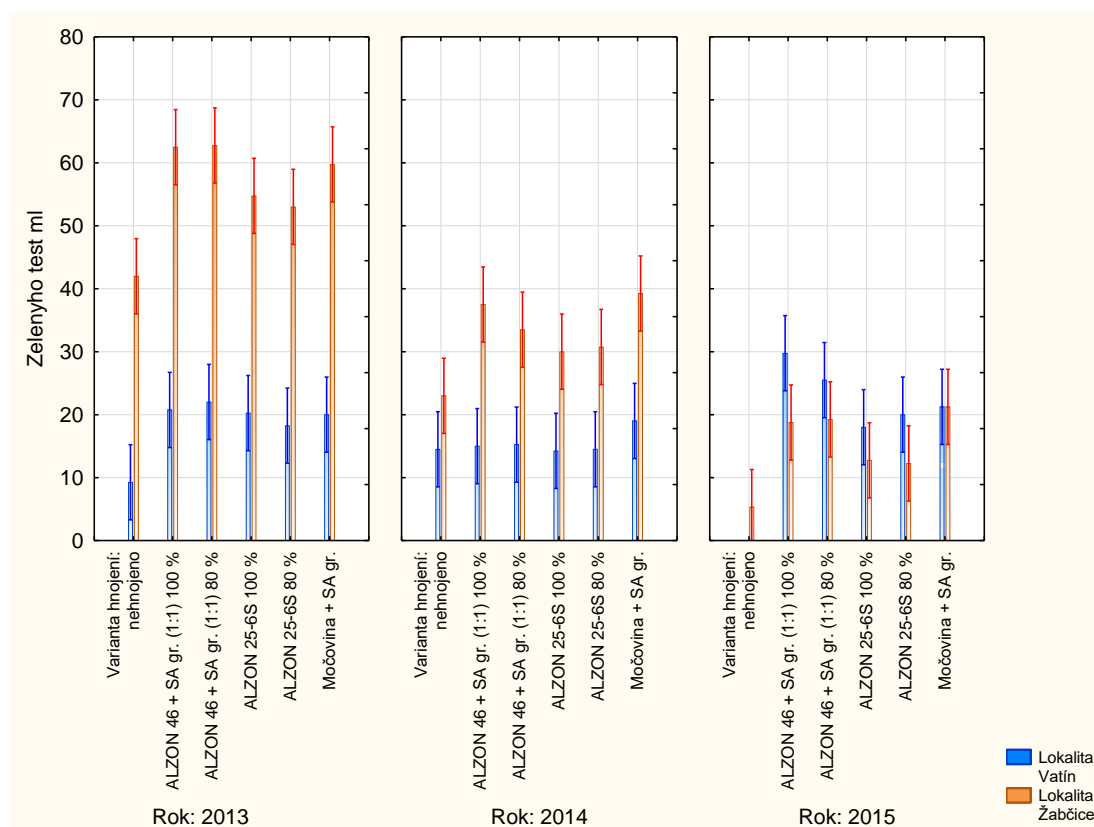


Graf 7: Sedimentační hodnota dle variant hnojení

Tabulka 20: Průměrná sedimentační hodnota dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana

Rok	Lokalita	N	Průměr ± směrodatná odchylka	Statistická průkaznost	Procentický rozdíl
2013	Vatín	24	18,42 ± 5,15	a	123
2014	Vatín	24	15,42 ± 5,74	a	103
2015	Vatín	24	23,25 ± 7,79	b	156
2013	Žabčice	24	55,79 ± 10,70	c	374
2014	Žabčice	24	32,33 ± 6,86	d	217
2015	Žabčice	24	14,93 ± 6,22	a	100

Sedimentační hodnota ve Vatíně se během jednotlivých let moc neměnila a dosahovala nízkých a vyrovnaných hodnot, v průměru jen 19 ml. Rozdíly mezi hnojenými variantami byly patrné v roce 2015, kdy nejvyšší sedimentační hodnotu měla varianta hnojená ALZONEM 46 + SA 100 %. V Žabčicích za optimálních podmínek pro růst pšenice ozimé v roce 2013 byla sedimentační hodnota vysoká. V suchém roce 2015 dosáhla nízké hodnoty jen 15 ml. Na jižní Moravě nebyl patrný rozdíl mezi močovinou s inhibítorem nebo bez inhibítoru nitrifikace. Rozdíl mezi 100% a 80% dávkou ALZONU 46 + SA byl patrný jen v roce 2014, kdy 100% dávka měla vyšší hodnoty. Nejnižších hodnot na obou lokalitách dosahovala varianta hnojená kapalným hnojivem ALZONEM 25 – 6S, se kterou bylo aplikováno na pozemek nejmenší množství síry.



Graf 8: Sedimentační hodnota v zrna pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech

5.5 Ekonomická efektivnost použitých hnojiv

Pro posouzení ekonomické efektivnosti hnojiv byl použit koeficient ekonomické efektivnosti, který nám popisuje, kolik korun vyděláme z jedné koruny nákladů.

5.5.1 Lokalita Vatín

Tabulka 21: Výpočet ekonomické efektivnosti pro lokalitu Vatín

Varianta hnojení	Cena hnojiva na 1 ha	Cena aplikace	Celkem náklady	Ø výnos	Tržby z 1 ha při ceně 3880 Kč/t	Zisk z 1 ha
Nehnojeno	0	0	0	5,10	19788	19788
ALZON 46 + SA 100 %	2923	400	3323	6,53	25336	22013
ALZON 46 + SA 80 %	2463	400	2863	6,72	26074	23211
ALZON 25 – 6S 100%	2895	400	4295	6,11	23707	19412
ALZON 25 – 6S 80 %	3255	400	3655	6,00	23280	19625
Močovina + SA	2891	600	3491	6,26	24289	20798

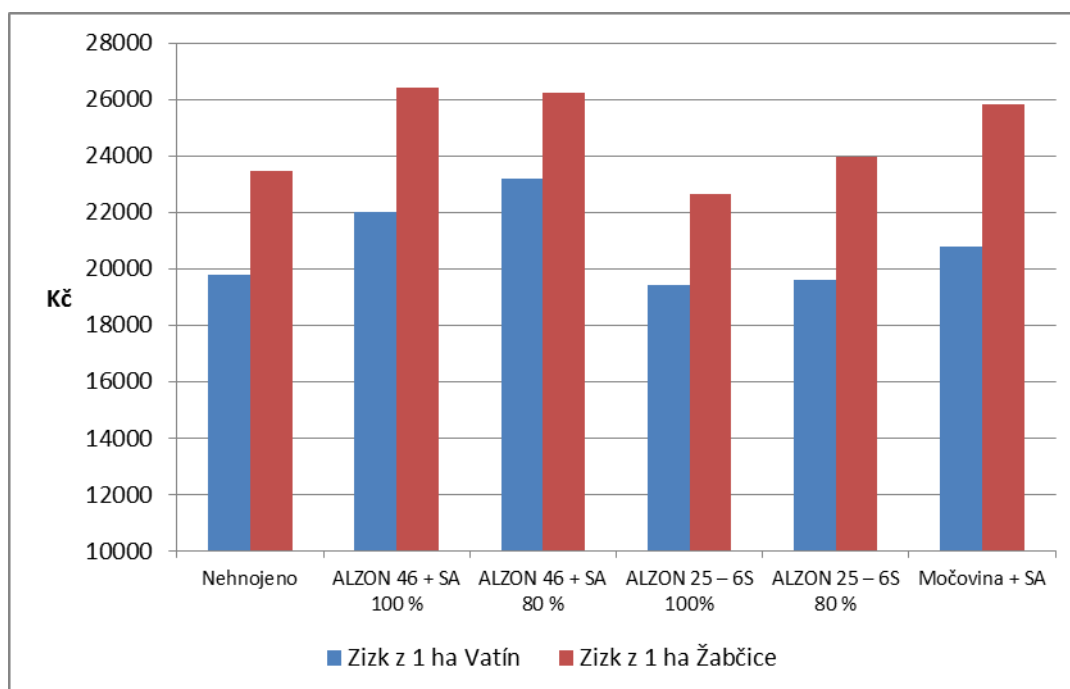
Nejvyššího zisku z 1 ha na lokalitě ve Vatíně měla varianta hnojená ALZONEM 46 + SA v 80% dávce. Daná varianta měla nepatrně nejvyšší výnos, ale především nejnižší náklady na hnojivo. Nejnižší zisk měla varianta hnojená ALZONEM 25 – 6S. Malé rozdíly mezi variantami jsou dány podobnými výnosy, nízkou výkupní cenou krmné pšenice, jejíž parametry pšenice z Vatína má a malými rozdíly v ceně hnojiv.

5.5.2 Lokalita Žabčice

Tabulka 22: Výpočet ekonomické efektivnosti pro lokalitu Žabčice

Varianta hnojení	Cena hnojiva na 1 ha	Cena aplikace	Celkem náklady	Ø výnos	Tržby z 1 ha při ceně 4150 Kč/t	Zisk z 1 ha
Nehnojeno	0	0	0	5,65	23448	23448
ALZON 46 + SA 100 %	2923	400	3323	7,17	29756	26433
ALZON 46 + SA 80 %	2463	400	2863	7,01	29092	26229
ALZON 25 – 6S 100%	2895	400	4295	6,49	26934	22639
ALZON 25 – 6S 80 %	3255	400	3655	6,66	27639	23985
Močovina + SA	2891	600	3491	7,06	29299	25808

Nejvyššího zisku z 1 ha v Žabčicích jsme získali z varianty hnojené ALZONEM 46 + SA 100 %. U varianty hnojené 80% dávkou byl zisk o 204 Kč/ha nižší. Nejnižší zisk byl u varianty hnojené kapalným hnojivem ALZON 25 – 6S 100 %, protože ALZON 25 – 6S je nejdražší hnojivo v pokusu a dosahovalo se u něj nejnižších výnosů z hnojených variant. Při vyšších výkupních cenách pšenice ozimé by rozdíly mezi jednotlivými variantami byly vyšší.



Graf 9: Zisk z 1 ha ve Vatíně a v Žabčicích

6 ZÁVĚR

Ze získaných hodnot z maloparcelového polního pokusu na pšenici ozimé z lokalit v Žabčicích a ve Vatíně za období realizace pokusu v letech 2012/2013 – 2014/2015 bylo možné vyvodit následující závěry:

Za období pokusu bylo na lokalitě v Žabčicích dosaženo vyššího výnosu zrna, který byl statisticky průkazný. Během jednotlivých let se jeho výše měnila v závislosti na počasí. V roce 2013 za dostatku srážek dosahoval výnos na jihu Moravy 8,61 t/ha a v suchém roce 2015 byl výnos 5,22 t/ha. Ve Vatíně byl výnos zrna konstantní a pohyboval se kolem 6 t/ha. Na Vysočině a na jižní Moravě nejvyšší výnos měla varianta hnojená hnojivem s inhibítorem nitrifikace ALZONEM 46 + SA. Rozdíl mezi ALZONEM 46 a močovinou bez inhibítora v Žabčicích byl minimální, ve Vatíně byl rozdíl 0,9 t/ha. Na obou lokalitách nebyl prokazatelný rozdíl mezi 100% a 80% dávkou aplikovaného hnojiva. Hnojení sírou nemělo prokazatelný vliv na výnos zrna. Celkově byl statisticky průkazný rozdíl ve výnosu zrna mezi nehnojenou variantou a hnojenými variantami.

U obsahu N-látek a lepku byl statisticky průkazný rozdíl mezi lokalitami. Mezi jednotlivými roky průběhu pokusu nebyl statistický průkazný rozdíl. Na polní pokusné stanici ve Vatíně hodnoty N-látek a lepku v zrna pšenice dosahovaly nižších hodnot než v Žabčicích. Na obou lokalitách nebyl průkazný rozdíl mezi hnojivy s inhibítorem nitrifikace a bez inhibítora nitrifikace. Varianty hnojené 100% dávkou měly vyšší obsah dusíkatých látek a lepku než varianty hnojené 80% dávkou na obou lokalitách. Ve Vatíně nejvyšší obsah N-látek a lepku obsahuje varianta hnojená ALZONEM 46 + SA 100 %. V Žabčicích nejvyšší obsah měla varianta hnojená močovinou bez inhibítora v kombinaci se síranem amonným. Nejnižší zastoupení dusíkatých látek na obou lokalitách bylo u hnojiva ALZON 25 – 6S 80 %, kde se mohl projevit vliv množství aplikované síry. Statisticky průkazný rozdíl u obsahu N-látek byl mezi nehnojenou variantou a variantami hnojenými ALZONEM 46 + SA 100 % a 80 % a močovinou + SA. U obsahu lepku byl statisticky průkazný rozdíl mezi nehnojenou variantou a variantami pokusu hnojených ALZONEM 46 + SA 100 % a 80 %, ALZONEM 25 – 6S 100 % močovinou v kombinaci se síranem amonným.

Hodnoty Zeleného testu na Vysočině v průběhu celého pokusu a v Žabčicích v suchém roce 2015 dosahovaly nízkých hodnot. Celkově byl statisticky průkazný rozdíl mezi Žabčicemi a Vatínem. Na jižní Moravě bylo dosaženo vyšší sedimentační hodnoty. Statisticky průkazný rozdíl byl mezi optimálním rokem 2013 a suchými roky 2014 a 2015. Na obou lokalitách nebyl průkazný rozdíl mezi hnojivem s inhibátorem nitrifikace a bez inhibátoru nitrifikace. U kapalného hnojiva ALZON 25 – 6S nebyl rozdíl mezi 100% a 80% aplikovanou dávkou hnojiva. 100% dávka hnojiva ALZON 46 + SA dosahovala vyšších hodnot Zeleného testu než varianta hnojená 80% dávkou tohoto hnojiva na obou lokalitách. Na jižní Moravě nejvyšší sedimentační hodnota byla u močoviny bez inhibátoru nitrifikace + SA. Ve Vatíně nejvyšší sedimentační hodnota byla u hnojiva ALZON 46 + SA 100 %. Nejnižší sedimentační hodnotu na obou lokalitách měla varianta hnojená ALZONEM 25 - 6S. Varianty hnojené vyšší dávkou síry dosáhly vyšší sedimentační hodnoty. Statisticky průkazný rozdíl u sedimentační hodnoty byl mezi nehnojenou variantou a variantami hnojenými hnojivem ALZON 46 + SA 100 % a 80 % a močovinou + síran amonný.

Výpočet ekonomické efektivity pro lokalitu ve Vatíně ukázal jako nejefektivnější použít na daném pozemku při vyrovnaných výnosech a nízkých cenách za krmnou pšenici hnojivo s nejnižšími náklady ALZON 46 + SA 80 %. V Žabčicích se jako nejefektivnější při vyšších výnosech ukázalo použít hnojivo ALZON 46 + SA 100 %.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AgroEfekt, s. r. o.: *Hnojiva s řízeným uvolňováním živin*. Agronom, 8/2013, Praha, Profi Press s. r. o., 9, 30-31 s., ISSN 1801-6022

AGRO PROFI PARTNER: *hnojiva Garden Boom* [online], 2010, [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <https://www.travnik-realizace.cz/inpage/dlouhodobata-travnikova-hnojiva-garden-boom-a-fenix/#>

AMALGEROL CZ: *SULFOGranulat* [online], 2012, [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://www.amalgerol.cz/sulfogranulat/>

BOUMA, D., Jak uplatnit inhibitory nitrifikace. *Úroda*, 3/2007, LVX, Praha: Profi Press s. r. o., ISSN 0139-6013.

BROM, J.: *INHIBITORY NITRIFIKACE*, 2007,[online], [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: http://www.jbrom.smoothcollie.eu/vyuk/inh_nitr.pdf

ČERNÝ, J., BALÍK J., TLUSTOŠ P. a NĚMEČEK R., *Minerální a organický dusík v půdě* [online]. 1997, 27. 11. 1997 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/118821/mineralni-a-organicky-dusik-v-pude>

ČERNÝ, J., SHEJBALOVÁ Š. a MKULHÁNEK M., Předsetřové a podzimní hnojení pšenice ozimé, *Agromanuál*, České Budějovice: Kurent s.r.o., 8 / 2014, 64-66 s., ISSN 1801-7673.

Český statistický úřad: *zemědělství* [online]. 2015 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=statistiky#katalog=30840>

ČSN EN ISO 5529 (46 1022), (2010): *Pšenice – Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného test*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví

FECENKO, J. a LOŽEK O: *Výživa a hnojení polných plodín*, SPU v Nitre, 2000, 452 s.

FEYH, R. L a LAMOND R. E.: Sulfur and nitrogen fertilization of winter wheat. *Journal of Production Agriculture*. 1992.

GÁLOVÁ, J. a HŘIVNA L.: *Vliv hnojení ozimé pšenice dusíkem a sírou na pekařskou jakost*. In: *Sborník z odborného semináře posluchačů doktorandského studia MendelNet 1999*, AF MZLU v Brně, Brno, 1999, 13-14 s.

HŘIVNA, L. a KOTKOVÁ B.: Výnos a kvalita zrna ozimé pšenice po aplikaci N a S. In: *Sborník konference MendelNet 2012*, 2012, AF MZLU v Brně, Brno, 788 –798 s.

KŘEPELKA, J.: Nově o změnách obsahu síry v půdě. *Zemědělec*. Praha: Profi Press s. r. o, 17/2012, XX, ISSN 1211-3816.

KULHÁNEK, M.: *Využití analýz frakcí minerální síry v půdě k optimalizaci hnojení: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013, 26 s. ISBN 978-80-213-2376-6

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

MATULA, J.: *Výživa a hnojení sírou*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2007, 39 s. ISBN 978-80-87011-15-7.

MIKANOVÁ, O. a ŠIMON T.: *Alternativní výživa rostlin dusíkem: metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2013, 25 s. ISBN 978-80-7427-143-4.

MRÁZ, J.: Močovina a vliv inhibitorů na její uplatnění. *Zemědělec*. Praha: Profi Press s. r. o, 39/2013, XXI, ISSN 1211-3816.

MUSIANI F., ARNOFI E., CASADIO R. a CIURLI S.: *Structure-based computational study of the catalytic and inhibition mechanisms of urease*. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 6, 2001, 300 – 314 s

OSEVA: *Ozimé obilniny 2013* [online]. Oseva, 2013 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.osevabzenec.cz/ozimy/ozimy.html>

RICHTER, R., HLUŠEK J., RYANT P. a FRYŠČÁKOVÁ E., *Multimediální učební texty z výživy rostlin: Asimilace dusíku* [online]. Brno, 2003a, [last update 23. 1. 2004], [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

RICHTER, R., HLUŠEK J., RYANT P. a FRYŠČÁKOVÁ E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin: Dusík v půdě* [online]. Brno, 2003b, [last update 16. 1. 2007], [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_n.htm

RICHTER, R., HLUŠEK J., RYANT P. a FRYŠČÁKOVÁ E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin: Minerální hnojiva - dusíkatá* [online]. Brno, 2003c, [last update 23. 1. 2004], [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva.htm

RICHTER, R., HLUŠEK J., RYANT P. a FRYŠČÁKOVÁ E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin: Síra v půdě* [online]. Brno, 2003d, [last update 16. 1. 2007], [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

RICHTER, R., HLUŠEK J., RYANT P. a LOŠÁK T.: *Organická hnojiva a jejich postavení v zemědělské praxi* [online]. Brno, 2004, [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/pdf/org_hnojiva_uroda02.pdf

RICHTER, R. a HŘIVNA L., *Pšenice ozimá: Základní hnojení. Multimediální učební text z výživy rostlin* [online]. 2004a [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/pšenice_ozima.htm

RICHTER, R. a HŘIVNA L., Pšenice ozimá: Kvalitativní hnojení dusíkem. *Multimediální učební text z výživy rostlin* [online]. 2004b [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/pšenice_ozima.htm

RUITER, J. M a DE MARTIN, R. J. Management of nitrogen and sulphur fertiliser for improved bread wheat (*Triticum aestivum*) quality. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2001.

RŮŽEK, P., KUSÁ H. a VAVERA R.: *Pozdní přihnojení ozimé pšenice dusíkem po letošní zimě a pozdějším začátku jara*, *Agromanuál*, České Budějovice: Kurent s.r.o., 5/2013, 98-100 s. ISSN 1801-7673.

RŮŽEK, P. a PIŠANOVÁ J.: *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv: sborník vědeckých a odborných prací z konference : 25. října 2006 Praha, 26. října 2006 Brno*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006, 47 l. ISBN 80-86555-96-8.

RŮŽEK, P. a PIŠANOVÁ J.: Možnosti usměrnění přeměn dusíku v půdě s využitím inhibitorů ureázy a nitrifikace, 2007, Sborník z konference: Racionální používání hnojiv, ČZU Praha, 56 s.

SKW Piesteritz: Stabilizovaná dusíkatá hnojiva [online]. 2012 [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://www.skwp.de/cz/produkty/agrochemie.html?mobile=1%27A%3D0%20and%20the%20technical%20data>

ŠETLÍK, I., SEIDLOVÁ F. a ŠANTRŮČEK J.: Fyziologie rostlin. [on-line], [citováno dne 28. 12. 2015], 2004, Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/fyzros.html>

SHAHSAVANI, S, a GHOLAMI, A. Effect of sulphur fertilization on breadmaking quality of three winter wheat varieties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Faisalabad, 2008.

ŠKARPA, P. Moderní trendy v laboratorní výuce agrochemie a výživy rostlin: odborný kurz: další vzdělávání pedagogických pracovníků Středních odborných škol, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, ISBN 978-80-7375-734-2.

ŠKARPA, P. a RYANT P.: *The Atlas of Mineral Fertilizers*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-368-4.

TIMAC AGRO CZECH s. r. o.: *Jak zvýšit efektivitu hnojení dusíkem*. Praha: Profi Press s. r. o., 2016, Úroda, LXIV(2/2016). ISSN 0139-6013.

TLUSTOŠ, P., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D., SZÁKOVÁ J. a VANĚK V.: *Koloběh dusíku v přírodě* Sborník z konference: Racionální používání hnojiv, 2007a, ČZU Praha, 56 s.

TLUSTOŠ, P., PAVLÍKOVÁ D., ČABELKOVÁ L., SVOBODA L. a NAJMANOVÁ J.: Vývoj nových dusíkatých hnojiv a jejich uplatnění, 2007b, Sborník z konference: Racionální používání hnojiv, ČZU Praha, 56 s.

TRENKEL, E. M.: Improving fertilizer use efficiency - controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Ed. by IFA, 1997, Paris, 156 s

UREAstabil. *AGRA GROUP* [online]. 2009 [cit. 2016-01-06]. Dostupné z: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

VANĚK, V., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P.: *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007, 167 s. ISBN 978-80-86726-25-0.

VRBA, V. a HULEŠ L.: Humus - půda - rostlina (1) Funkce humusu v ekosystému. *Biom.cz* [online]. 2006-09-04 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-1-funkce-humusu-v-ekosystemu>>. ISSN: 1801-2655.

YARA: Dusíkatá hnojiva. *YaraBela SULFAN* [online]. 2012 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: http://www.yaraagri.cz/fertilizer/products/main_field_fertilizer/nitrogen/yarasulfan.aspx

Zbíral, J.: Analýza půd I., 2002 ÚKZÚZ Brno, 197 s.

ZIMOLKA, J., EDLER S., HŘIVNA L., JÁNSKÝ J., KRAUS P., MAREČEK J., NOVOTNÝ F., RICHTER R., ŘÍHA K. a TICHÝ F.: *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2005, 179 s. ISBN 80-86726-09-6.

ZIMOLKA, J., EHRENBERGEROVÁ J., SVOBODA M., VINCENS J., JŮZL M., KOCOURKOVÁ B., HRABĚ F., HEJDUK S., STRAKA J., ŘEZNÍČEK V., MALÝ I. a CERKAL R.: *Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (polní a zahradní plodiny, základy pícninářství)*. 2., nezměn. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-230-9.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Deficit dusíku v porostu pšenice ozimé (Vaněk a kol., 2007)	12
Obrázek 2: Světle zelený a řídký porost pšenice ozimé (Vaněk a kol., 2007)	12
Obrázek 3: Koloběh dusíku v přírodě (Richter a kol., 2003b)	15
Obrázek 4: Obalované hnojivo s více vrstvami (AGRO PROFI PARTNER, 2010)	19
Obrázek 5: Přeměna forem dusíku v půdě.....	20
Obrázek 6: Deficit síry (AMALGEROL CZ, 2012).....	24
Obrázek 7: Koloběh síry (Richter a kol., 2003d).....	26
Obrázek 8: Oblasti vhodné pro pěstování pšenice ozimé (Zimolka a kol., 2005).....	28
Obrázek 9: Dynamika odběru živin pšenicí ozimou (Vaněk a kol., 2007).....	30
Obrázek 10: Fenofáze pšenice ozimé	31
Obrázek 11: Klimadiagram dlouhodobého normálu pro kraj Vysočina 1961-1990	34
Obrázek 12: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2012 (vlevo).....	35
Obrázek 13: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2013 (vpravo)	35
Obrázek 14: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2014 (vlevo).....	35
Obrázek 15: Klimadiagram pro kraj Vysočina za rok 2015 (vpravo)	35
Obrázek 16: Klimadiagram dlouhodobého normálu 1961-1990 v Žabčicích	37
Obrázek 17: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2012 (vlevo)	37
Obrázek 18: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2013 (vpravo)	37
Obrázek 19: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2014 (vlevo)	38
Obrázek 20: Klimadiagram pro Žabčice za rok 2015 (vpravo)	38
Obrázek 21: Porost pšenice ozimé 6. 3. 2013 v Žabčicích.....	41
Obrázek 22: Pšenice ozimá 23. 4. 2013 Žabčice	41
Obrázek 23: Pšenice ozimá 20. 3. 2014 Vatín	41
Obrázek 24: Pšenice ozimá před sklizní Vatín 8. 8. 2014	42
Obrázek 25: Pšenice ozimá před regeneračním hnojením 20. 3. 2015 v Žabčicích	42
Obrázek 26: Pšenice ozimá 14. 4. 2015 po I. produkčním hnojení v Žabčicích	42

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výnos zrna pšenice ozimé dle variant hnojení	47
Graf 2: Výnos zrna pšenice ozimé jednotlivých variant v jednotlivých letech	48
Graf 3: Obsah N-látek v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení	50
Graf 4: Obsah N-látek v zrně pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech	51
Graf 5: Obsah lepku v zrně pšenice ozimé dle variant hnojení	53
Graf 6: Obsah lepku v zrně pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech	54
Graf 7: Sedimentační hodnota dle variant hnojení	56
Graf 8: Sedimentační hodnota v zrně pšenice ozimé v jednotlivých variantách v jednotlivých letech	57
Graf 9: Zisk z 1 ha ve Vatíně a v Žabčicích.....	59

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Agrochemický rozbor půdy Vatín před založením pokusu	36
Tabulka 2: Agrochemický rozbor půdy Žabčice před založením pokusu	38
Tabulka 3: Operace na pokusu v roce 2014 ve Vatíně	39
Tabulka 4: Operace na pokusu v roce 2015 ve Vatíně	39
Tabulka 5: Operace na pokusu v roce 2013 v Žabčicích	40
Tabulka 6: Operace na pokusu v roce 2014 v Žabčicích	40
Tabulka 7: Operace na pokusu v roce 2015 v Žabčicích	40
Tabulka 8: Varianty hnojení v pokusu	43
Tabulka 9: Analýza variace výnosu zrna pšenice ozimé	46
Tabulka 10: Průměrné výnosy zrna v t/ha a průkaznost rozdílů podle Duncana	46
Tabulka 11: Průměrný výnos zrna v t/ha dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana	48
Tabulka 12: Analýza variace obsahu N-látek v zrně pšenice ozimé	49
Tabulka 13: Průměrný obsah N-látek v zrně a průkaznost rozdílů podle Duncana	49
Tabulka 14: Průměrný obsah N-látek dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana	51
Tabulka 15: Analýza variace obsahu lepku v zrně pšenice ozimé	52
Tabulka 16: Průměrný obsah lepku v zrně a průkaznost rozdílů podle Duncana	52
Tabulka 17: Průměrný obsah lepku dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana	54
Tabulka 18: Analýza variace sedimentační hodnoty	55
Tabulka 19: Průměrná sedimentační hodnota a průkaznost rozdílů podle Duncana	55
Tabulka 20: Průměrná sedimentační hodnota dle roků a průkaznost rozdílů podle Duncana	57
Tabulka 21: Výpočet ekonomické efektivity pro lokalitu Vatín	58
Tabulka 22: Výpočet ekonomické efektivity pro lokalitu Žabčice	58