



**Vliv stabilizovaného dusíkatého hnojiva se sírou na obsah
minerálního dusíku v půdě a na výnos a kvalitu semen
řepky ozimé**
Diplomová práce

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

Vypracoval:
Bc. Radim Pliska

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv stabilizovaného dusíkatého hnojiva se sírou na obsah minerálního dusíku v půdě a na výnos a kvalitu semen řepky ozimé 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

Děkuji doc. Ing. Pavlu Ryantovi Ph.D. za pomoc při vedení diplomové práce. Mé poděkování patří též Ing. Jirímu Antošovskému za spolupráci při získávání údajů pro výzkumnou část práce. Velké díky patří společnosti AGROFERT, a. s. za významný podíl na financování polních pokusů.

ABSTRAKT

Vliv stabilizovaného dusíkatého hnojiva se sírou na obsah minerálního dusíku v půdě a na výnos a kvalitu semen řepky ozimé

Práce se zabývá vlivem aplikace stabilizovaného dusíkatého hnojiva se sírou a dalších dusíkatých hnojiv na obsah minerálního dusíku v půdě. Dále je porovnáván výnos těchto hnojiv a olejnatost semen řepky ozimé.

Problematika byla řešena v hospodářském roce 2015/2016 jako maloparcelkový polní pokus na pokusné stanici v Žabčicích u Brna (179 m. n. m.) a na výzkumné pícninářské stanici Vatín u Žďáru nad Sázavou (560 m. n. m.).

Do pokusu bylo zařazeno následujících 5 variant hnojiv: Varianta LAD regeneračně (104 kg N/ha), Varianta DASA regeneračně (104 kg N/ha), Varianta ENSIN regeneračně (136 kg N/ha). Ve variantě LAD+DASA a LAD+ENSIN byl použito jako regenerační hnojivo LAD (51 kg N/ha resp. 64 kg N/ha) a hnojiva DASA (104 kg N/ha) respektive ENSIN (130 kg N/ha) byly aplikovány až v I. produkčním hnojení. Kromě varianty ENSIN bylo použito na dohnojení v I. produkčním hnojení a II. produkčním hnojení na celkovou dávku dusíku 194 kg N/ha hnojivo DAM 390. U varianty ENSIN nebylo provedeno I. produkční hnojení hnojivem DAM 390.

U hodnocení minerálního dusíku se projevil efekt hnojiva s inhibítorem ENSIN, kdy poměr amonné formy dusíku převažoval nad formou nitrátovou. Očekávan byl rozdílný účinek hnojiv na výnos, ale statisticky průkazné zvýšení výnosů se projevilo jen ve variantě DASA, stejně tak se očekávalo rozdílné působení na olejnatost, avšak zde nebyla žádná varianta statisticky průkazná, ovšem projevil se vliv hnojiv se sírou, kde u všech variant byla zvýšená olejnatost oproti variantě LAD.

Klíčová slova: dusík, síra, minerální dusík, inhibitory, řepka ozimá,

ABSTRACT

Effect of stabilized nitrogen fertilizer with sulphur on mineral nitrogen content in soil and on the yield and quality of winter rape seeds

The thesis deals with the influence of application of stabilized nitrogen fertilizer with sulphur and other nitrogenous fertilizers, on the content of mineral nitrogen in the soil. The yield and oiliness of winter rape seeds is also evaluated.

The problem was solved in the agricultural year 2015/2016 as a small-plot field experiment at the experimental station in Žabčice u Brna (179 m.) and at the research fodder station Vatín near Žďár nad Sázavou (560 m.).

The following 5 variants of the fertilizer were included in the experiment: LAD regenerative variant (104 kg N/ha), DASA regenerative variant (104 kg N/ha), ENSIN regenerative variant (136 kg N/ha). In the LAD + DASA and LAD + ENSIN variants, was used for the regenerative fertilizin the LAD fertilizer (51 kg N/ha respectively 64 kg N/ha), DASA (104 kg N/ha) and ENSIN (130 kg N/ha) were applied in the first production fertilizing. Beside the ENSIN variant, it was used for fertilization in I. production fertilizing and II. production fertilizing at a total nitrogen dose of 194 kg N/ha DAM 390 fertilizer. In the ENSIN

Different effects of fertilizers on yield were expected, but a statistically significant increase in yields was shown only in the DASA variant, as well as a different effect on oiliness was expected, but there was no statistically significant variant, though the effect of fertilizer with sulfur, appeared where by all sulfur variant werw increased oilyness compared to the LAD variant. The mineral nitrogen evaluation showed the fertilizer effect with the ENSIN inhibitor, where the ammonium nitrogen ratio exceeded over the nitrate form.

Key words: nitrogen, sulphur, mineral nitrogen, inhibitors, winter rape

OBSAH

1 Úvod	9
2 Literární přehled	10
2.1 Dusík v půdě.....	10
2.1.1 Dusík organický a minerální.....	13
2.1.2 Přeměny dusíku v půdě.....	13
2.2 Síra v půdě.....	18
2.2.1 Síra organická	18
2.2.2 Síra anorganická	19
2.2.3 Přeměny síry v půdě	19
2.3 Dusík v rostlině	21
2.3.1 Nedostatek a nadbytek dusíku	21
2.4 Síra v rostlině	22
2.4.1 Nedostatek a nadbytek síry	23
2.5 Pomalu působící dusíkatá hnojiva.....	24
2.5.1 Obalovaná hnojiva	25
2.5.2 Hnojiva s dusíkem ve sloučenině s těžkorozpustnou látkou.....	25
2.5.3 Hnojiva s inhibitory	25
2.5.3.1 Inhibitory nitrifikace.....	26
2.5.3.2 Inhibitory ureázy.....	29
2.6 Hnojení řepky ozimé	31
2.6.1 Hnojení dusíkem	31
2.6.2 Hnojení sírou.....	32
3 Cíl práce.....	34
4 Materiál a metodika	35
4.1 Charakteristika polní pokusné stanice v Žabčicích.....	35

4.2 Charakteristika pokusného stanoviště ve Vatíně.....	38
4.3 Metodika pokusu	41
4.3.1 Agrotechnika.....	41
4.3.2 Varianty a uspořádání pokusu.....	42
4.3.3 Použitý materiál	43
4.3.4 Použité analytické metody	44
4.3.5 Použité statistické metody	45
5 Výsledky a diskuze	46
5.1 Obsah dusíku a síry v půdě na lokalitě Žabčice	46
5.2 Obsah dusíku a síry v půdě na lokalitě Vatín.....	50
5.3 Výnos semen řepky ozimé	54
5.4 Olejnatost semen řepky ozimé	56
6 Závěr.....	60
7 Seznam použité literatury	62
8 Seznam obrázků.....	66
9 Seznam tabulek a grafů.....	66

1 ÚVOD

V posledních letech je u nás velkým trendem pěstování ozimé řepky. Význam pěstování řepky umocňuje i její široké využití v celém spektru průmyslu. V chemickém průmyslu slouží její olej jako surovina pro výrobu paliv, v potravinářském průmyslu je využíváno řepkové semeno jako surovina na výrobu jedlých rafinovaných olejů a tuků. V krmivářství se používají řepkové extrahované šroty a výlisky nebo drcená semena jako významná bílkovinná součást krmných směsí pro hospodářská zvířata.

Řepka je asi třikrát náročnější na živiny v porovnání s obilninami, a proto je vhodné zabývat se její výživou a hnojením z pohledu dosažení co nejlepší kvality a nejvyššího výnosu za přijatelné finanční vstupy.

Jedna z živin, na kterou je řepka velmi náročná, je dusík. S rostoucími dávkami dusíku rostou i jeho ztráty jak vyplavením ve formě nitrátů, tak únikem do ovzduší jako čpavek. Předpokládá se, že plodiny využijí jen polovinu dusíku jim dodaného. To představuje nezanedbatelný problém jak z pohledu finančního, protože dusíkatá výživa představuje velkou část nákladů na pěstování, tak z pohledu péče o životní prostředí, jelikož únik nitrátů do podzemních vod může vody kontaminovat a poté mohou být pro člověka závadné. Jedna z cest k zamezení ztrát dusíku je použití dusíkatých hnojiv s inhibitory. U těchto hnojiv dochází k postupnému uvolňování dusíku, a proto se mohou aplikovat ve velkých dávkách, díky čemuž šetří čas, přejezdy po poli, životní prostředí a v neposlední řadě jsou ekonomicky výhodné.

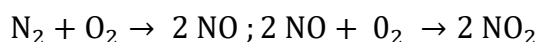
Další živinou, na kterou je řepka ozimá náročná je síra. Poté co se začaly před bezmála třiceti lety odsířovat továrenské komíny, snížil se atmosférický spad síry na dnešní úroveň, což způsobilo nově zavedení výživy sírou v takovém měřítku, jak ho známe dnes. I když má řepka velmi silnou osvojovací schopnost síru uvolnit z méně mobilních forem, je hnojení řepky sírou téměř samozřejmou součástí pěstební technologie.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

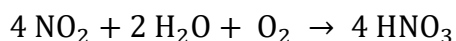
2.1 Dusík v půdě

Hlavním zdrojem dusíku je atmosféra, kde se nachází v plynné formě jako elementární dusík (N_2) anebo v menší míře jako oxidy dusíku (NO_x), včetně dusíku čpavkového. Pro přijmutí rostlinami musí být dusík ionizovaný. Ionizační reakce může nastat například za bouřky, kdy proběhne oxidace N_2 dusíku elektrickým výbojem na NO_x , popřípadě až na kyselinu dusičnou, a se srážkami je mokrou depozicí dopraven do půdy. Z atmosféry se takto může dostat do půdy ročně 10 až 40 kg N/ha (MIKANOVA A ŠIMON, 2013). Níže uvedené rovnice popisují oxidaci N_2 na NO_x a následnou oxidaci na kyselinu dusičnou.

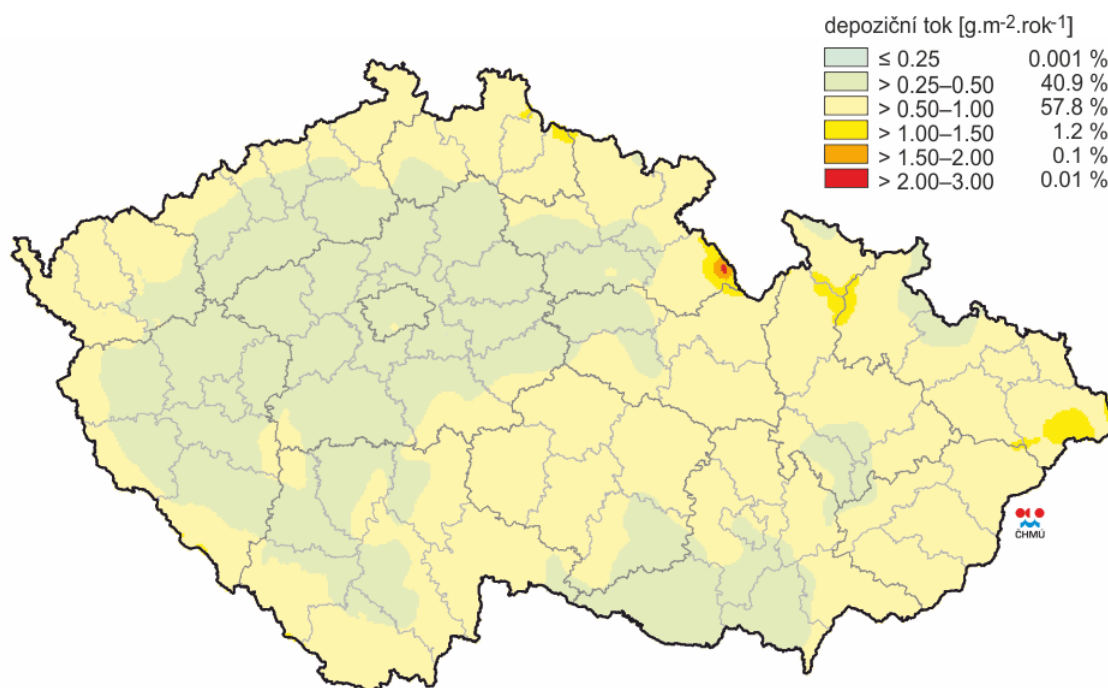
Reakční rovnice N_2 oxidace na NO_x



Reakční rovnice oxidace NO_x na kyselinu dusičnou



Podle nadmořské výšky a výskytu srážek se mění i atmosférické depozice. V suchých oblastech s malým úhrnem srážek jsou nízké (2,5 – 5,0 kg/ha N), vyšší jsou v oblastech, kde je úhrn srážek vyšší a podnebí chladnější (20 až 30 kg/ha N). Výskyt depozic dusíku na našem území vidíme níže obrázku č. 1.



Obr. 1: Pole celkové roční depozice dusíku (ČHMÚ, 2015)

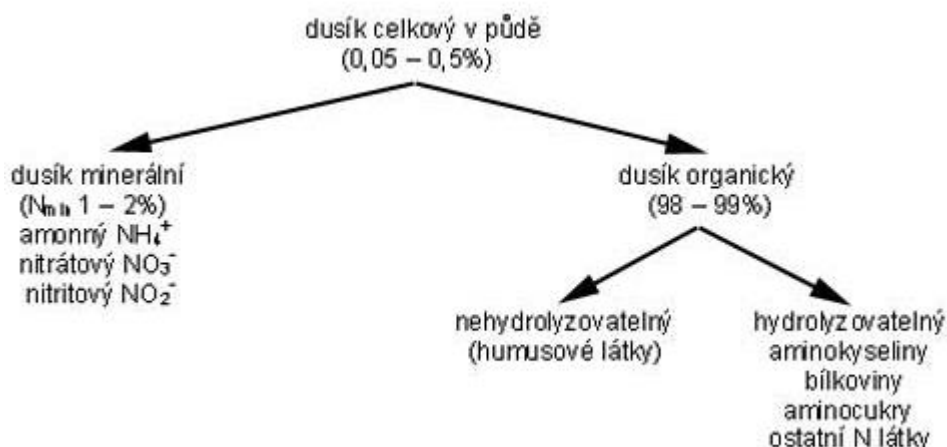
Pozn.: Pro získání hodnot depozice dusíku v kg/ha stačí vynásobit hodnotu depozičního toku 0,1.

Další možností, jak se dusík dostává do půdy, je nesymbiotická fixace elementárního dusíku bakteriemi rodu *Azotobacter*. Tato bakterie dokáže obohatit půdu o 5 až 15 kg/ha N. Při vyšším zásobení půdy organickou hmotou, vyšší teplotě a vlhkosti půdy, a při dosažení neutrálního pH, může fixace dosáhnout až 30 kg/ha N. Vysoké dávky minerálních hnojiv potlačují fixační aktivitu *Azotobacteria*, organická hnojiva jeho aktivitu a výskyt naopak podporují (MIKANOVA A ŠIMON, 2013).

V neposlední řadě se dusík do půdy dostává i symbiotickou fixací vzdušného dusíku bakterií rodu *Rhizobium* (hlízkové bakterie) s kořeny bobovitých rostlin. Bakterie přijímají organické látky, jako je kyselina jablečná, sukcinát, ionty železa, molybdenu a síry, bohaté na energii a rostlinám na oplátku dodávají amonný kation NH_4^+ . Hlízkové bakterie mají vysokou specifitu vůči hostiteli, pokud izolujeme rhizobia z hlízek na kořenech hrachu, nebudou schopna vytvářet hlízky na kořenech fazolu.

Obsah celkového dusíku v orniční vrstvě půdy se celosvětově velmi liší a pohybuje se v širokém rozmezí od 0,05 – 0,5 %. Celkový obsah v půdách České republiky se pohybuje mezi 0,1 – 0,2 % (RICHTER, 2004).

Dusík v půdě dělíme na dvě formy. Těmi jsou forma organická a forma minerální. Organická forma představuje 98 až 99 % dusíku v orniční vrstvě, minerální představuje zbylou část, tj. 1 až 2 % celkového dusíku v orniční vrstvě (RICHTER, 2004).



Obr. 2: Formy dusíku v půdě (IVANIČ A KOL., 1984)

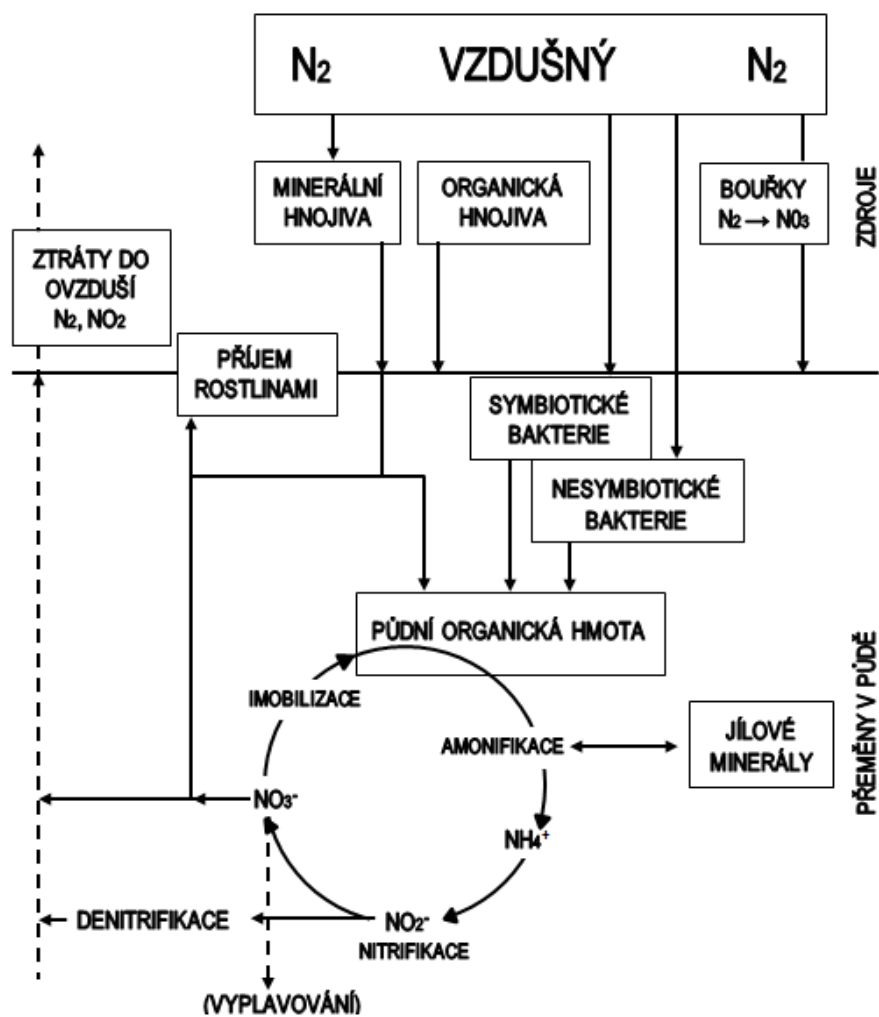
Celkový dusík v orniční vrstvě má poměrně stálou hodnotu, protože je tvořen těžce rozložitelnými strukturami jak chemicky, tak mikrobiologicky. Dusík se váže na aromatická jádra fulvokyselin, huminů a huminových kyselin. Proto je třeba dávat obsah celkového dusíku do vztahu s C_{OX} a vyjádřit ho poměrem C:N. Pro naše půdy je průměrná hodnota C:N 10 – 12:1, přičemž za dostatečné zásobení rostlin dusíkem někteří autoři považují i poměr 15 – 18:1 (FECENKO A LOŽEK, 2000).

2.1.1 Dusík organický a minerální

Organický dusík je pro většinu rostlin nepřístupný a aby mohl být přijatý musí dojít k rozložení organické hmoty a uvolnění do pro rostliny přístupné minerální (anorganické) formy. Rozlišujeme tři formy přístupného dusíku, těmi jsou forma amonná nebo amoniakální (NH_4^+ , NH_3), nitrátová (NO_3^-) a nitritová (NO_2^-). Rychlost mineralizace je ovlivněna teplotou půdy, vlhkostí, pH, obsahem organických látek, aerací (prokypřeností). Amonný dusík je z části rozpuštěný v půdním roztoku, ze kterého je přijatelný pro rostliny. Dále je amonný dusík z části vázán na sorpční komplex půdy a pro jeho přijetí rostlinou musí být vytěsněn. U amonného dusíku může zejména na lehkých půdách probíhat volatilizace (těkání), která může způsobit ztrátu 20 až 30 % z dodaného dusíku. NH_4^+ podléhá v půdách biologicky činných nitrifikaci. Při nitrifikačním procesu získávají nitrifikační bakterie z amonných solí energii pro syntézu organických látek a současně jsou tyto sloučeniny pro ně také zdrojem dusíku. Zároveň také probíhá přeměna amonné formy na nitrátovou. Následně probíhá denitrifikace, kde denitrifikační bakterie spotřebovávají organické látky, a přitom mění formu nitrátovou na oxidy dusíku (NO_x) anebo až na elementární formu dusíku (N_2). Denitrifikace způsobuje až 5 % ztrát z mineralizovatelného dusíku (vyplavením, těkáním), pokud byl dusík dodán formou hnojiv můžou se ztráty blížit až 25 %. Ztráty se liší podle využití půdy (trvalý travní porost, orná půda) a podle půdního druhu (písčité, hlinité, jílovité), dále ve ztrátách dusíku hraje roli i úroveň ročních srážek, čím více, tím vyšší šance na proplavení do nižších vrstev nebo vyplavení z půdy (RICHTER, 2007).

2.1.2 Přeměny dusíku v půdě

Cirkulaci dusíku mezi půdou, atmosférou a živými organismy nazýváme koloběhem dusíku. Fixace probíhá různými procesy, o uvolňování se stará činnost mikrobiologických organismů. V obrázku č. 3 je graficky popsán tento koloběh dusíku (FECENKO A LOŽEK, 2000).



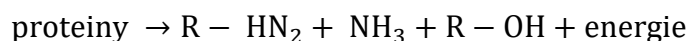
Obr. 3: Koloběh dusíku (BIELEK, 1984)

Mineralizace

Pokud sledujeme koloběh dusíku v půdě, vyzorujeme dva hlavní protichůdné procesy. Prvním je syntéza dusičnanů a amoniaku, ze kterých se dusík zabuduje (imobilizuje) do humusových látek a bílkovin. V druhém, opačném, procesu probíhá rozklad těchto složitých organických látek v následném pořadí od polypeptidů, aminů, aminokyselin na amoniak, který následně oxiduje přes dusitany na dusičnany.

Hlavními faktory, na nichž je mineralizace závislá, jsou pH, vlhkost půdy, teplota a obsah kyslíku. Nejintenzivněji probíhá mineralizace v půdách středně humózních, naopak slabá mineralizace je v půdách, kde je malé množství snadno rozložitelných organických látek. Mineralizace organických látek je v podstatě rozklad pomocí mikroorganismů ve třech stupních.

- 1) **Aminizace** je rozklad bílkovin (proteinů) na aminy a aminokyseliny prostřednictvím proteolytických enzymů a heterotrofních půdních mikroorganismů, při kterém se získává navíc energie, která je využita v dalších metabolických procesech (FECENKO A LOŽEK, 2000).



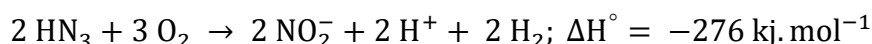
- 2) **Amonizace** je pokračování rozkladu aminů a aminokyselin pomocí deaminačních enzymů a dalších skupin heterotrofních půdních mikroorganismů na amoniak a opět se uvolňuje energie. Níže je uvedena rovnice, která popisuje amonizaci.



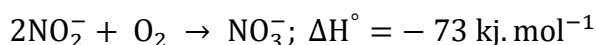
Vzniklý amoniak je první dusíkatá sloučenina, která vznikne při rozkladu organické hmoty (FECENKO A LOŽEK, 2000).

- 3) **Nitrifikace** je dvoufázová oxidace amoniaku na dusičnany. Jako první se oxiduje amoniak na dusitany a následně na dusičnany. Nitrifikaci provádí autotrofní nitrifikační bakterie a při jejím průběhu se uvolňuje energie. Obě fáze jsou popsány chemickými rovnicemi níže.

I. fáze – nitritace



II fáze – nitritace:

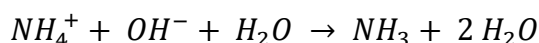


Denitrifikace je opačný děj k nitrifikaci. Dusičnany prochází v anaerobním prostředí přeměnou zpět na elementární dusík (N₂). Denitrifikací je způsobeno až 30 % ztrát z dodaných dusíkatých hnojiv.



Volatilizace amoniaku

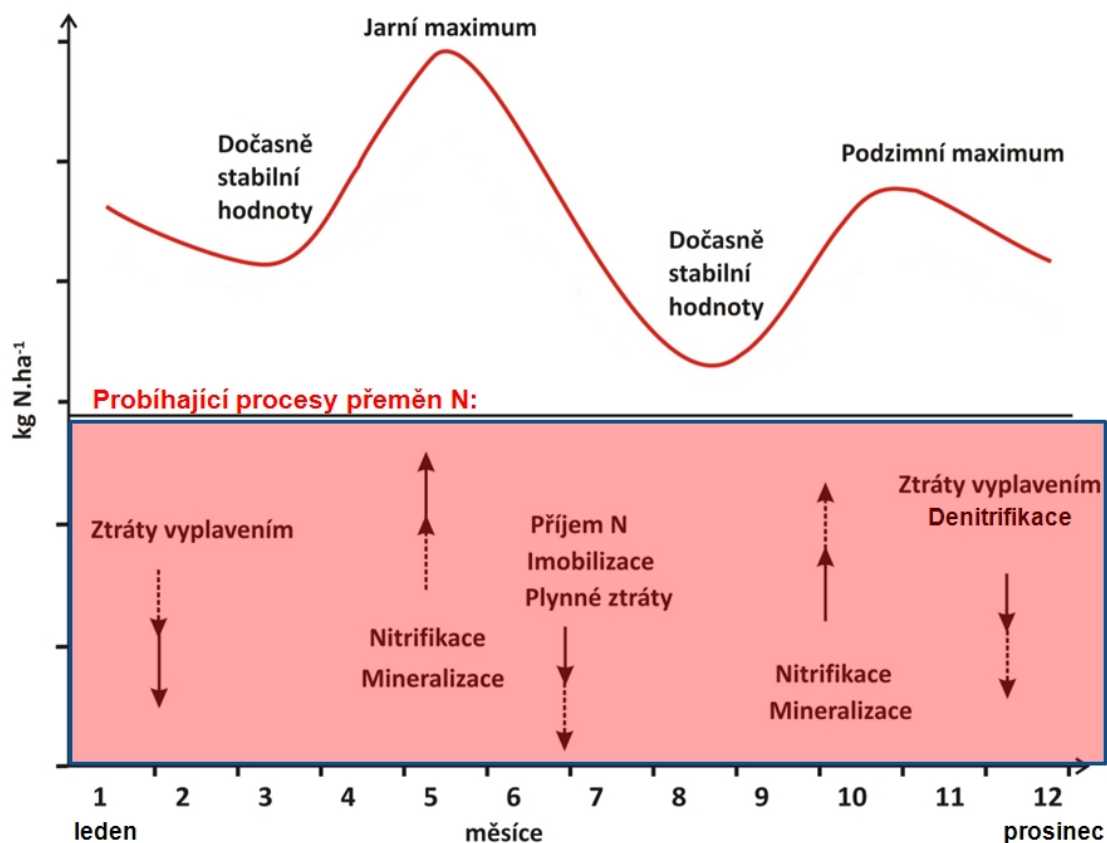
Jako volatilizaci označujeme děj, kdy uniká amoniak z půdního prostředí do atmosféry, tento děj lze pozorovat především na alkalických půdách. Rovnice popisující volatilizační proces.



S volatilizací se lze setkat při aplikaci vysokých dávek dusíkatých hnojiv s dusíkem ve formě amidové, amoniakální nebo amonné. Ztráty dusíku z těchto hnojiv se pohybují kolem 5 až 25 %. Zapravením hnojiv do půdy můžeme ztráty snížit, stejně tak jako pěstováním meziplodin na zelené hnojení a zaoráváním slámy (VACH A KOL., 2007). Minimální volatilizace probíhá, pokud používáme hnojiva s dusičnanovou (ledkovou) formou dusíku (FECENKO A LOŽEK, 2000).

Sezónní změny obsahu minerálního dusíku v půdě

V průběhu roku dochází ke značným změnám minerálního dusíku v půdě. Když připočteme vstupy v minerálních hnojivech, odběr dusíku rostlinami po dobu vegetace, a nakonec koncentrační změny anorganického dusíku v půdě, můžeme vyjádřit jejich charakteristiku dvouvrcholovou křivkou, jak je patrné z obrázku č. 4.



Obr. 4: Sezónní změny obsahu anorganického dusíku v půdě (BALÍK A KOL., 2012)

V jarním období od dubna do května se zvyšuje díky oteplení půdy činnost nitrifikačních bakterií, následně se obsah dusíku dostává na maximální hodnotu, kterou nazýváme jarní maximum. Odběrem dusíku rostlinami se obsah minerálního dusíku začne snižovat až dosáhne stabilní hodnoty, tj. letního minima, které nastává většinou při sklizni v červnu až srpnu. Následně se na podzim za vhodných teplotních vlhkostních podmínek začíná obsah anorganického dusíku zvyšovat a když dosáhne podzimního maxima, tak v důsledku snížení teplot ustane nitrifikační aktivita mikroorganismů a obsah minerálního dusíku začne klesat (FECENKO A LOŽEK, 2000).

Turnover dusíku

Turnover dusíku určuje, který z protichůdných procesů probíhajících při koloběhu dusíku v půdě bude převažovat nebo zda budou procesy v rovnováze. Pokud je turnover nulový, je půda v dynamické rovnováze a dusík má svůj vnitřní cyklus. Mineralizace i imobilizace probíhá, avšak navenek vypadá, že je nulová. Při převládání mineralizace nad imobilizací se zvyšuje obsah minerálního dusíku v půdě. V opačném případě se dusík

spotřebovává a v konečné fázi může nastat dusíková deprese. K dusíkové depresi dochází hlavně při zaorávání organické hmoty s širokým poměrem C:N (RICHTER, 2004).

2.2 Síra v půdě

Celkový obsah síry v půdě závisí na velkém množství činitelů, jako jsou půdní typ a druh, obsah humusu, antropogenní činnost a mnohé další faktory. V půdě představují anorganické a organické sloučeniny síry 0,01 – 0,5 % půdní hmoty, tj. 100 – 5 000 mg/kg. V půdách bohatých na humus se nachází podstatně větší množství celkové, ale i organicky vázané, síry v porovnání s půdami chudými na humus. Půdy, které mají obsah síry nižší jak 1 000 mg/kg, reagují pozitivně na hnojení hnojivy s obsahem síry.

Největší obsah síry se nachází v humusovém horizontu, protože síra se nachází ve všech základních částech humusu. V humínových kyselinách se pohybuje její obsah od 0,58 do 0,67 % a ve fulvokyselinách od 0,35 do 0,40 %. Je zjištěno, že v nezasolených půdách se 70 až 90 % z celkového obsahu síry nachází v organických sloučeninách (FECENKO A LOŽEK, 2000).

2.2.1 Síra organická

Organické sloučeniny síry se můžou podílet 40 až 90 % na celkovém obsahu síry v půdě. Vlastnosti organických sloučenin síry v půdě jsou ještě málo známé. Organická síra se nachází v rostlinných, živočišných a mikrobiálních zbytcích ve formě bílkovin, polypeptidů, a aminokyselin. Obsah organické síry se těžko určuje i proto, že rozsah mineralizace organických sloučenin a přechodu anorganických sloučenin do organických je větší v porovnání s dusíkem a v důsledku toho se podíl organické síry na celkovém obsahu síry v půdě v průběhu roku značně mění (FECENKO A LOŽEK, 2000).

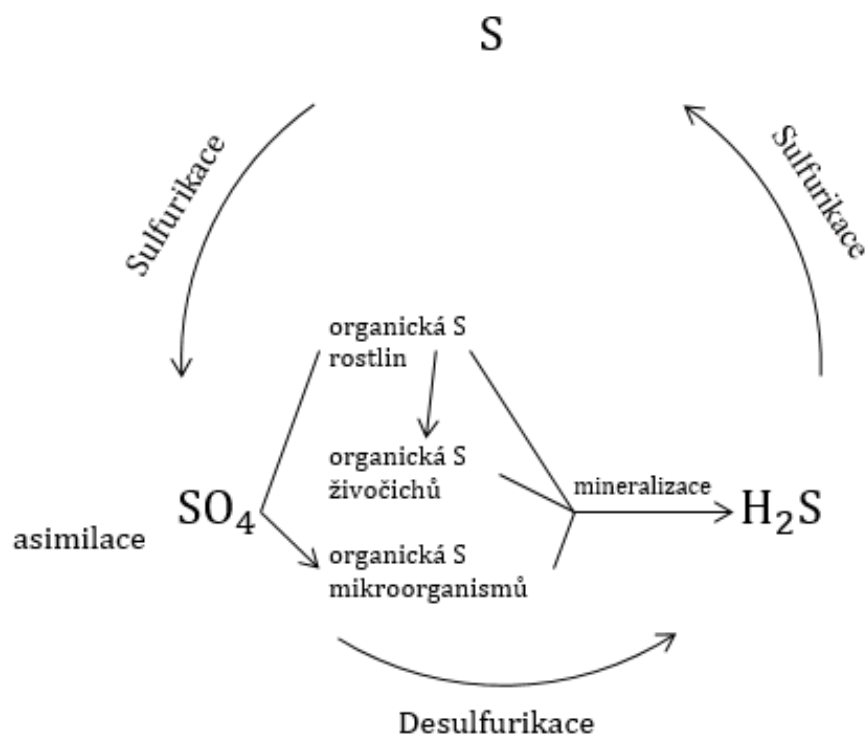
2.2.2 Síra anorganická

Podíl anorganických sloučenin síry je v půdě 10 až 60 %, přičemž převažuje forma síranů sulfidů a sulfanů. Sulfidy vznikají při zvětrávání mateřských hornin, ale i při mineralizaci a organických látek a redukci síranů. Sulfany a sulfidy, které se tvoří při mineralizaci organických látek, poměrně rychle oxidují na elementární síru a potom na síranovou síru. Všeobecně se sulfidy v půdě nehromadí. Obsah síranů v půdě v průběhu vegetace značně kolísá a do značné míry koresponduje s dynamikou dusičnanů. Rostliny přijímají síru v síranové formě, která se podílí 10 až 15 % na celkovém obsahu síry v orniční vrstvě, v podorničí se nachází její převážná část (FECENKO A LOŽEK, 2000).

2.2.3 Přeměny síry v půdě

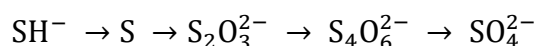
U přeměn síry v půdě rozlišujeme čtyři základní fáze, jimž jsou oxidace, redukce, zabudovávání síry do organických sloučenin a mineralizace organických sloučenin. O průběhu těchto procesů rozhodují podmínky prostředí a především dostatek, či nedostatek kyslíku, pH a obsah energetických substrátů podmiňujících přeměny síry v půdě.

Rostlinné a živočišné bílkoviny jsou v půdě rozkládány aerobními a anaerobními bakteriemi, aktinomycety a houbami na aminokyseliny. Při rozkladu sirných aminokyselin se uvolňuje sirovodík, který se může v anaerobních podmínkách zamokřených půd hromadit a následně být toxický pro rostliny i půdní organismy. V Aerobních podmínkách se H_2S postupně oxiduje na sírany, přeměny síry v půdě se uskutečňují sulfurikací, desulfurikací a imobilizací síry. Graficky vyjádřený koloběh síry je na obrázku č. 5.



Obr. 5: Koloběh síry (FECENKO A LOŽEK, 2000)

Sulfurikace je mikrobiální proces, při kterém se redukované formy síry působením sířích bakterií postupně oxidují na sírany, přičemž se uvolní energie. Níže je uvedena sulfurikační rovnice.



Desulfurikace je proces postupné redukce síranů, siřičitanů a sirnanů na H_2S za působení desulfurikačních bakterií.

Při imobilizaci síry využívají mikroorganismy na syntézu protoplazmy organické i anorganické sloučeniny síry. Organické sloučeniny zastupují sírné aminokyseliny a anorganické sírany, hydrogensířičitany, peroxisířany, elementární síra a sulfidy. V mikroorganismech proběhne dočasná imobilizace síry a po jejich odumření, může být vrácena zpět do koloběhu síry (FECENKO A LOŽEK, 2000).

Síra se může v půdě sorbovat třemi cestami, a to sorpcí fyzikálně-chemickou, chemickou a biologickou. Fyzikálně-chemická sorpce probíhá nejčastěji v půdách

neutrálních, chemická v půdách kyselých. Čím více klesá pH, tím více se chemická sorpce zvyšuje. Na chemické sorpci se podílí hlavně železo a hliník

U síry ve formě síranové může dojít k jejímu vyplavování. Bylo zjištěno, že hnojením minerálními hnojivy se její vyplavování zvyšuje. Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že ročně se z půdy vyplaví 40 až 630 kg/ha síry, Richter (2004) zase uvádí, že roční ztráty jsou 200 až 300 kg/ha, velmi zde záleží na úhrnu srážek, půdním druhu a na dalších faktorech.

2.3 Dusík v rostlině

Jako makrobiogenní prvek má dusík specifický význam, kvantitativně podle zastoupení v rostlině je řazen na čtvrté místo za uhlík, kyslík a vodík (ZEHNÁLEK 1999). Obsah dusíku má široké rozpětí v rozmezí 0,5 % do 7,1 %. Nejvyšší obsah dusíku v rostlinách je na začátku vegetace (4,0 – 6,5 % u obilnin) a postupně se v průběhu vegetace snižuje. Při dozrávání probíhá přesun dusíku z vegetativních orgánů (stébel a listů) do generativních (obilky, semena, plody). Dusík je v rostlinách součástí aminokyselin, amidů, bílkovin, purinových a pyrimidinových bází, chlorofylu, enzymů apod.

Základními formami přijatelné rostlinami je forma dusičnanová (ledková) a amonná. Faktory, které rozhodují o efektivnosti jejich příjmu, jsou půdní reakce, teplota půdy, vlhkost, aerace (provzdušněnost) a vlastní preference rostlin.

Dusík je jako i ostatní živiny přijímán jak kořeny, tak i nadzemními orgány (stonek, listy, listeny). Foliární (mimokořenová anebo listová) výživa nenahrazuje výživu kořenovou, využití je spíše doplňkové, ale má mnohé přednosti jako je vysoká účinnost (až 85 % při použití smáčedla), tankmix (spojení aplikace hnojiv s ošetřením rostlin pesticidy nebo morforegulátory), omezení vlivu stresových podmínek, malé dávky nezatěžující životní prostředí, možné kompenzace symptomů deficitu porostu v průběhu vegetace (FECENKO A LOŽEK, 2000).

2.3.1 Nedostatek a nadbytek dusíku

Dusík je živinou, která je nepostradatelná jak pro rostliny, tak pro všechny živé organismy. Při nedostatku dusíku se přestávají tvořit stavební a funkční bílkoviny, to se projevuje omezením tvorby všech podstatných orgánů (listy, větve, opad pupenů a květů,

u řepky ozimé např.: redukce počtu šesulí na větvi) a růstu. Rostliny s nedostatečným zásobením dusíkem jsou často světlejší, nevyrovnané, nižší a slabší (BALÍK, 2007). Listy nižších pater trpí nedostatkem dusíku dříve, protože se dusík transportuje, aby se udržel vývoj mladších listů, semen a plodů. Může tím být způsoben dojem rychlého dozrávání. Výrazné změny nastávají i v morfologii kořenů, kořen se nevětví, roste do délky a jeho poměr k nadzemní biomase se zvyšuje. U obilovin se redukuje počet, délka i počet zrn v klasu (RICHTER, 2004).

Při nadbytku dusíku rostliny bujně rostou, mají větší asimilační plochu a zbarvení je sytě zelené. U hustších porostů nastávají při přebytku dusíku horší světelné podmínky ve spodních patrech a kvůli tomu mohou listy spodních pater žloutnout a odumírat. Navíc v hustších porostech je díky vyšší vlhkosti vhodnější mikroklima pro napadení rostlin chorobami, zejména houbovými (BALÍK, 2007).



Obr. 6: Symptomy deficitu N (RICHTER, 2004).

Pozn.: Vlevo jsou rostliny řepky ozimé s deficitem dusíku, vpravo rostliny s normálním výživným režimem

2.4 Síra v rostlině

S ohledem na její obsah v rostlinách je síra řazena mezi makroprvky. Obsah síry v rostlinách se pohybuje od 0,07 do 0,54 %, přičemž v různých orgánech je její obsah rozdílný. V rostlině se síra nachází v organických sloučeninách, ale může se nacházet

i ve formě anorganické, což může nastat v případě, že množství přijatelné síry je převyšuje potřebu rostlin.

Zdrojem síry ve výživě rostlin jsou především sírany (SO_4^{2-}). Listy rostlin mohou částečně pohlcovat ze vzduchu SO_2 . Sírany vstupují do metabolismu už v kořenech anebo se po transportu do listů společně s dusíkem zúčastňují syntézy bílkovin. Obsahy síry a síranové síry v rostlinách jsou vypsány v tabulce 1.

Nejdůležitější funkcí síry v bílkovinách a polypeptidech je tvorba disulfidického můstku při syntéze cystinu ze dvou molekul cysteinu. Dále je podstatnou funkcí skupin SH v metabolismu jejich účast na enzymatických reakcích, i když nejsou všechny SH skupiny aktivní. Síra je součástí koenzymu A a vitamínů biotinu a thiaminu. U některých druhů rostlin zvýšená koncentrace skupin SH v rostlinném pletivě zvyšuje mrazuvzdornost. Rostliny potřebují stejné nebo větší množství síry jako fosforu. Brukvovité, jeteloviny a bobovité se vyznačují vyššími nároky na síru. Množství odčerpané síry je asi o třetinu menší v porovnání s odčerpaným fosforem.

Tab. 1 Obsah síry vybraných polních plodin (FECENKO, 1987)

Plodina	Celkový obsah síry (% sušiny)	Obsah síranové síry
Lupina	0,36	0,17
Řepka	0,42	0,05
Brambory	0,42	0,23
Kapusta	0,82	0,20

2.4.1 Nedostatek a nadbytek síry

Síra je v rostlinách potřebná pro tvorbu bílkovin a esenciálních aminokyselin (cystein, cystin, metionin). Při jejím nedostatku se hromadí volné aminokyseliny a může dojít k inhibici všech metabolických procesů, ve kterých je síra zúčastněna jako sulfhydrylová nebo disulfidická. V rostlině se hromadí ve formě síranu, který slouží jako zásobní látka. Příznakem nedostatku je žloutnutí, ale oproti nedostatku dusíku se projevuje na nejmladších listech a při trvalém nedostatku přejde i na listy spodní. U vikvovitých rostlin může dojít k omezení nebo úplnému zastavení poutání vzdušného dusíku (RICHTER, 2004),

u řepky zas dochází k redukcí počtu a délky větví, velikosti květu a opadu květů, šesule jsou nevyvinuté a bez semen nebo s nevyvinutými semeny (BALÍK, 2007).

Přebytek síry ve formě SO_4^{2-} nebyl v našich podmínkách pozorován, známé jsou ale otravy oxidem siřičitým. Dochází k nim díky jeho zvýšené koncentraci. Projevem jsou lehké skvrny na špičkách listů až celé vybledlé listy. Rostliny, které špatně snášejí zvýšenou koncentraci SO_2 se nedoporučuje pěstovat v oblastech, kde je koncentrace zvýšena. Mezi tyto rostliny patří jetel, vojtěška, řepa, brambory a jádroviny. Naopak rostliny odolné jsou kukuřice, cibule, česnek, řepka ozimá, krmná kapusta, košťáloviny. Obilniny jsou ke zvýšené koncentraci tolerantní (RICHTER, 2004).



Obr. 7: *Symptomy deficitu S (RICHTER, 2004)*

Pozn.: Vlevo rostlina řepky ozimé s deficiencí síry, vpravo dobře zásobená rostlina.

2.5 Pomalu působící dusíkatá hnojiva

Výhoda pomalu působících hnojiv spočívá v možnosti jednorázově aplikovat větší dávku dusíku, a přitom nehrozí poškození rostlin. Pozvolné uvolňování dusíku zajišťuje stálý přísun dusíku v optimálním množství a zároveň nedochází k vyplavování nitrátů do spodních vod. Nevýhoda pomalu působících hnojiv je jejich vyšší cena. Hlušek (2004) rozlišuje tři typy těchto hnojiv, hnojiva obalovaná, hnojiva s dusíkem ve sloučenině s těžkorozpustnou látkou a hnojiva s inhibitory.

2.5.1 Obalovaná hnojiva

Jedná se o běžná hnojiva, která mají navíc pouze polopropustný obal (membránu), přes kterou se dusík pozvolna postupně uvolňuje. Obaly jsou tvořeny různými látkami, patří mezi ně například pryskyřice, dehet, vosk, parafín a síra (HLUŠEK, 2004),

2.5.2 Hnojiva s dusíkem ve sloučenině s těžkorozpustnou látkou

Dusík je ve sloučenině s těžkorozpustnou látkou, rychlost uvolňování závisí na půdních vlastnostech (teplota, vlhkost, pH, mikrobiální činnost). Mezi těžkorozpustná hnojiva patří hnojivo Ureaform, které vznikne kondenzací močoviny s formaldehydem, obsah dusíku je 38 – 42 %. Hnojivo Z-močovina vzniká kondenzací močoviny a acetaldehydu, obsah dusíku je 33 – 38 %. Hnojivo CD-močovina vzniká kondenzací močoviny s krotonaldehydem, obsah dusíku je 30 – 32 %, granulací se získává granulované dusíkaté pomalu působící hnojivo Floramid N 32 %. Močovinoizobutyraldehydové hnojivo je produkt kondenzace močoviny a izobutyraldehydu, obsah dusíku je 32 – 33 % (HLUŠEK, 2004).

2.5.3 Hnojiva s inhibitory

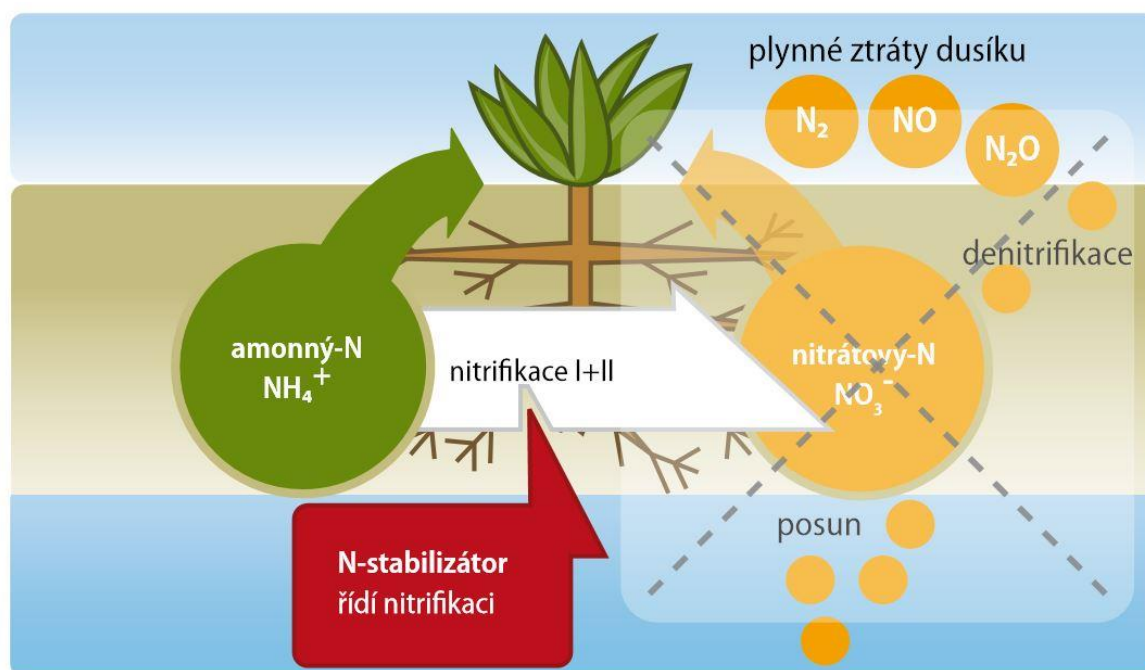
Ztráty dusíku snižují efektivitu hnojení a pro zemědělce je to finanční ztráta. Existuje mnoho postupů, jak ztrátám zamezit a řeší je i nové technologie, jednou z nich je použití inhibitorů nitrifikace či ureázy. Inhibitory prodlužují dobu, po kterou má rostlina k dispozici méně mobilní amonnou formu dusíku.

Význam a přínos inhibitorů

Aspekty přínosu jsou především ekonomické a enviromentální. Mezi ekonomické aspekty řadíme vyšší využití dusíku, navýšení výnosu a kvality sklizně, Nižší náklady na aplikaci díky možnosti slučování dávek do jedné aplikace a vyšší časovou flexibilitu, protože termín aplikace není závislý na růstové fázi plodiny. Do enviromentálních aspektů řadíme snížení emisí oxidů dusíku do ovzduší, snížení ztrát dusíku do podzemních vod vyplavením nitrátů, snížení dávek dusíku při zachování výnosů, snížení obsahu nitrátů v půdě po sklizni, snížení degradace půdního fondu a možnost použití ve zranitelných oblastech (ZOD).

2.5.3.1 Inhibitory nitrifikace

Inhibitory nitrifikace zpomalují bakteriální oxidaci amonného iontu (NH_4^+). Inhibitor může pozdržet činnost bakterií *Nitrosomonas* na čtyři až deset týdnů a po tuto dobu zabráňovat přeměně na nitrity (dusičnany, NO_2^-), které by byly dále transformovány na nitráty (NO_3^-) za pomoci bakterií *Nitrobacter* a *Nitrosolobus*. Cílem užití inhibitorů nitrifikace je snížení ztrát nitrátů vyplavením anebo snížení produkce oxidu dusného (N_2O), který z orníční vrstvy uniká jako konečný produkt denitrifikace (EDMEADES, 2004). Amonný dusík se váže do sorpčního komplexu a uvolňování se tak posune do pozdější vývojové fáze, a tím se zlepšuje jeho větší využití rostlinami. V obrázku č. 8 je popsána stabilizace dusíku za pomoci inhibitoru nitrifikace.



Obr. 8: Princip stabilizace dusíku inhibitorem nitrifikace (SKW PIESTERITZ, 2012)

Tab. 2 Vybrané patentované inhibitory nitrifikace (FRYE, 2005 IN TRENKEL, 2010)

Chemický název	Běžný název	Výrobce	Inhibice po 14 dnech
2-chloro-6-(trichloromethyl-pyridine)	Nitrapyrin	Dow Chemicals	82 %
4-amino-1,2,4-6-triazole-HCl	ATC	Ishida Industries	78 %
2,4-diamino-6-trichloro-methyltriazine	CI-1580	American Cyanamid	65 %
Dicyandiamide	DCD	Showa Denko	53 %
Thiourea	TU	Nitto Ryuso	41 %
1-mercapto-1,2,4-triazole	MZ	Nippon	32 %
2-amino-4-chloro-6-methyl-pyrimidine	AM	Mitsui Toatsu	31 %

Prvním a stále jedním z nejpoužívanějších inhibitorů nitrifikace je Nitrapyrin obsažený v přípravku N-Serve. Tato kapalina se zapravuje do půdy společně s hnojivem (nejčastěji bezvodý čpavek). Jeho nevýhoda spočívá v problému, že část bakterií rodu *Nitrosomonas* je přímo usmrcována, z čehož plyne vysoká intenzita inhibice viz tabulka 2 (ZERULLA A KOL., 2001).

Nejpoužívanějším evropským inhibitorem nitrifikace je DCD (Dicyandiamid). Působením na enzym bakterií rodu *Nitrosomonas* potlačuje jejich aktivitu. DCD je použit v hnojivu ALZON 46 a v přípravku pro stabilizaci statkových hnojiv Piadin (SKW PIESTERITZ, 2012).

Novinkou na poli inhibitorů nitrifikace je 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). Dovážen je z Německa v hnojivu ENTEC 26.

Příklady hnojiv s inhibitory nitrifikace

ALZON 46

Jedná se o močovinu s inhibitorem nitrifikace DCD (dikyanamid) a TZ (triazol). K dostání je ve formě světlemodrých lesklých granulí, obsahuje 46 % N. Působí déle a efektivněji. Inhibitor nitrifikace zpomaluje přeměnu dusíku amonného na velmi pohyblivou formu dusíku dusičnanového a tím snižuje ztráty způsobené posunem dusičnanů do hlubších vrstev orničního profilu a volatilizací. ALZON 46 je vhodné hnojivo pro základní hnojení i hnojení během vegetace, není nutné dělit dávky (SKW PIESTERITZ, 2012).

ALZON kapalný

Jedná se o stabilizované kapalné hnojivo, v podstatě jde roztok dusičnanu amonného a močoviny s inhibítorem nitrifikace (směs triazolu a metylpyrazolu), obsahuje 28 % N (14 % močovinného, 7 % nitrátového, 7 % amonného). ALZON kapalný je vhodný pro základní hnojení i hnojení během vegetace, není nutné dělit dávky (SKW PIESTERITZ, 2012).

ALZON kapalný-S 25/6

Stabilizované dusíkaté hnojivo s obsahem síry, obsahuje 25 % N (z toho 11 % močovinného, 5 % nitrátového a 9 % amonného) a 6 % vodorozpustné síry. Jako inhibitor byl použit triazol a metylpyrazol. Hnojivo je vhodné k základnímu hnojení i k přihnojování během vegetace. Díky obsažené síře se jej můžeme aplikovat zejména k brukvovitým, zeleninám a potravinářské pšenici (SKW PIESTERITZ, 2012).

ENSIN

Jedná se o granulované dusíkaté hnojivo s obsahem síry a inhibitory nitrifikace DCD (dikyandiamid) a TZ (triazol) v poměru 10:1, granule jsou povrchově upravené a mají zelenou barvu. Inhibitory nitrifikace inhibují biologickou oxidaci čpavkového dusíku na dusík dusičnanový v půdě. Jedná se v podstatě o hnojivo DASA obohacené o inhibitory nitrifikace. Stejně jako DASA obsahuje 26 % dusíku, z toho třetina je ve formě dusičnanové a dvě třetiny ve formě amonné. Celkový obsah vodorozpustné síry je 13 %. Výhodou oproti klasickému hnojivu DASA je, že není nutné dělit dávky na regenerační a produkční hnojení, což ušetří náklady za jednu aplikaci, navíc se snižuje vyplavení dusičnanového dusíku do spodních vod a ztráty dusíku do ovzduší volatilizací. Hnojivo užíváme ke stejným plodinám jako hnojivo DASA (DUSLO, 2013).

ENTEC 26

Jde o hnojivo obsahující inhibitor nitrifikace 3,4-dimethylpyrazole-phosphate (DMPP). Obsah dusíku je 26 %, z toho 18,5 % ve formě amonné a 7,5 % v nitrátové. Vodorozpustné síry je v hnojivu 13 %. Hnojivo je vhodné díky obsahu síry především k brukvovitým a siličnatým plodinám (FORAGRO, 2012).

2.5.3.2 Inhibitory ureázy

Inhibitor ureázy zabraňuje nebo potlačuje působení enzymu ureázy. Tento enzym působí pouze na močovinu a způsobuje její hydrolyzu na oxid uhličitý a amoniak. Zpomalením rychlosti, s jakou močovina hydrolyzuje, se sníží ztráty volatilizací amoniaku do vzduchu (stejně jako následně možné vyplavení nitrátů). To znamená, že účinnost močoviny a jiných dusíkatých hnojiv obsahujících močovinu (např.: roztok močoviny a dusičnanu amonného) se zvyšuje a jakýkoli nepříznivý vliv na životní prostředí z jejich použití se sníží (TRENKEL, 2010). Pokud je močovina aplikovaná povrchově, má díky zpomalenému procesu hydrolyzy čas proniknout po srážkách hlouběji do půdy, a tím se sníží koncentrace NH_4^+ na povrchu půdy. Dalším kladným efektem, je že nedochází k akumulaci NO_2^- , jehož vysoká koncentrace může škodit při klíčení semen a růstu mladých rostlin. Inhibitory ureázy mají kratší dobu působení, která se pohybuje kolem dvou týdnů. Hnojení močovinou s inhibitorem ureázy může být využíváno při aplikaci vyšších dávek hnojiva v ranějších fázích růstu, což má největší přínos v oblastech s častými jarními přísušky (PIŠANOVÁ A RŮŽEK, 2006).

Nejúčinnějším a zároveň nepoužívanějším inhibitorem ureázy je N-(n-butyl)-thiophosporic triamide (NBPT). Díky podobné struktuře se dokáže navázat na aktivní místo enzymu ureázy a takto jej inhibovat (MUSIANI A KOL., 2001). Inhibitor je obsažen v 25 % koncentraci v přípravku Agrotain, (prodáván na americkém trhu) k dostání je jako pevný i jako kapalný a používá se k úpravě hnojiv na bázi močoviny (TRENKEL, 2010). Na českém trhu je nabízen přípravek StabilureN který obsahuje 20 % koncentraci NBPT. Je určen k nástřiku granulí pevných hnojiv nebo ke stabilizaci hnojiv kapalných s obsahem močovinné formy dusíku (DAM, SAM, SADAM, AmisanN). Dále je nabízena již stabilizovaná močovina známá jako Urea Stabil (AGRA, 2015).

Dalším inhibitorem ureázy je phenylphosphorodiamidate (PPD/PPDA), který funguje na stejném principu jako NBPT, ale jeho nevýhodou je kratší doba inhibice, a tím pádem rychlá ztráta inhibičních vlastností (TRENKEL, 2010).

Hydroquinone (HQ) je inhibitorem ureázy s rozdílným principem účinnosti než předchozí inhibitory, jelikož reaguje se selfhydrolytovými skupinami ureázy (KISS A SIMIHAIAN, 2002).

Příklady hnojiv s inhibitory ureázy

UREA Stabil

Jde o močovinu s přídavkem inhibitoru ureázy NBPT, který stabilizuje močovinu a zpomaluje její rozklad a omezuje ztráty dusíku. Obsah dusíku je 46 %, všechen je v amidové formě. Při základním hnojení se hnojivo doporučuje zapravit do půdy (AGRA, 2015).

2.6 Hnojení řepky ozimé

Řepka je plodina náročná na živiny, její požadavky jsou v porovnání s obilninami asi dvakrát až třikrát větší. Řepku ozimou je vhodné pěstovat na kvalitních půdách řepařského typu. Je vhodná na půdy biologicky činné, s neutrální až alkalickou půdní reakcí. Na 1 t semene a odpovídajícího množství slámy se odčerpá v průměru 50 kg N, 10,9 kg P, 50 kg K, 45 kg Ca a 4,8 kg Mg. Poměrně značné nároky má i na síru a z mikrobiogenních prvků na bór (0,3 kg) a zinek (0,6 kg). Do půdy se ve slámě vrací značné množství organických látek a živin, draslíku 90 %, vápníku 90 % a hořčíku 84 % (HŘIVNA A RICHTER, 2001).

2.6.1 Hnojení dusíkem

Podzimní hnojení

Hnojení před setím provádíme pouze za předpokladu, že obsah dusíku v orniční vrstvě je nižší než 40 kg/ha, pokud byly jako předplodiny dvě obilniny po sobě, pěstujeme-li řepku na chudé a skeletovité půdě, nebo nebyl aplikován dusík na rozklad slámy pro úpravu C:N nebo byla řepka vyseta po agrotechnickém termínu. K předset'ovému hnojení je vhodné použít hnojiva DASA, síran amonný, NPK(S), ledek amonný s vápencem, ledek amonný s dolomitem, dusičnan amonný a močovinu.

V průběhu vegetace řepku přihnojujeme na začátku října, pokud jsou porosty slabé a v případě, že nebyl dusík aplikován předset'ově. Dávka by neměla překročit 30 kg/ha. Vhodná hnojiva jsou ledek amonný s vápencem, dusičnan amonný, DAM 390, popřípadě SAM 240.

Jarní hnojení

Jarní dávky dusíku jsou pro výnos rozhodující. Nejlépe se osvědčuje systém dělených dávek. Celková dávka se pohybuje mezi 120 kg/ha až 200 kg/ha a odvíjí se od předplodiny, organického hnojení, půdně klimatických podmínek a plánovaného výnosu (BALÍK, 2007).

I. dávka dusíku (regenerační) je rostlinami vyžadována pro zregenerování kořenového systému. Dávku volíme podle rozboru odebraných rostlin na podzim, pokud nebyl proveden odběr volíme dávku v rozpětí 60 kg/ha až 100 kg/ha. Pokud je možné že se vrátí zima, je vhodné dávku rozdělit na dvě a aplikovat s čtrnáctidenním odstupem. U druhé dávky je možné už využít kapalných hnojiv DAM 390, SAM 240, AGROSAM. Doporučená hnojiva jsou LAV, DA, DASA, MO, LV.

II. dávka dusíku, přichází na řadu na počátku dlouhivého růstu, při tvorbě větví a mohutného listového aparátu (1. až 10. dubna). Běžná dávka je 50 kg/ha až 80 kg/ha, u silných porostů se dávka může snížit až o 20 kg/ha. Doporučená hnojiva jsou DAM 390, SAM 240, LAV, DA, LV, DASA. Pokud aplikujeme kapalná hnojiva můžeme využít, možnosti aplikace insekticidu spolu s hnojivem (tankmix).

III. dávka dusíku, aplikuje se ve fázi žlutých pupat pro podporu funkčnosti a trvanlivosti listového aparátu. Má vliv na násadu a udržení velkého počtu šešulí. Při dobrém zdravotním stavu může prodloužit i vegetační dobu. Aplikuje se hlavně v chudších a sušších oblastech, k intenzivním hybridům a k rostlinám, které nebyly hnojeny na podzim organicky. Dávka se volí dle stavu porostu v rozmezí 30 kg/ha až 50 kg/ha. Příliš vysoká zvolená dávka zvyšuje procento zelených semen. V tomto období je vhodné uplatnit i výživu mikroelementy, nejlépe prostřednictvím tankmixu s kapalným hnojivem. Doporučená hnojiva jsou stejná jako u II. dávky dusíku (BALÍK, 2007).

2.6.2 Hnojení sírou

Síra je pro řepku velmi nezbytným prvkem výživy. Řepka je schopná si síru osvojovat z méně mobilních forem, avšak hnojení řepky sírou by mělo být téměř samozřejmou součástí pěstební technologie.

Při základním hnojení se dávka síry pohybuje okolo 20 kg/ha, doporučená hnojiva jsou síran amonný, DASA, Kieserit, jednoduchý superfosfát a síran draselný.

Podzimní hnojení se provádí v termínu od konce září do začátku října a pouze za předpokladu že se projevuje nedostatek síry. Je možné použít kieserit, hořkou sůl, nebo listová hnojiva se sírou.

Pro orientační stanovení potřeby hnojení řepky sírou na jaře, lze použít údaje o obsahu minerální síry v ornici. Doba odebrání vzorků je začátek března. Pokud je obsah nižší, než uvedené hodnoty tak je možno doporučit hnojení 20 – 40 kg/ha S. Aplikace síry je vhodné provést zároveň s aplikací dusíku. Vhodná N-S hnojiva jsou DASA, Sulfan, Agrosam, SAM 240. Na půdách chudých na hořčík se vyplatí aplikovat kieserit nebo hořkou sůl brzy na jaře. Použit lze i speciální listová hnojiva, zde je ale cena za jeden kg síry vysoká. Poškozená listová plocha brzy na jaře má snížené možnosti přijímání živin. Přehnojení sírou zvyšuje syntézu glukosinulátů a zároveň snižuje obsah oleje v semeni.

Tab. 3 Minimální obsahy minerální síry v ornici (BALÍK, 2007).

Půdní druh	Lehká	Střední	Těžká
S_{min} (mg/kg)	16	13	10

Tab. 4 Vybraná minerální hnojiva s obsahem síry (BALÍK, 2007).

Název hnojiva	Obsah S (hmot. %)	Název hnojiva	Obsah S (hmot. %)
Superfosfát jednoduchý	10	LAS	4
Síran draselný	18	Lovosan	12
Kamex	4	Síran amonný	24
Magnesia-kainit	8 – 10	Agrosma-J-240	6
Kieserit	21	SAM 240 S	6
Hořká sůl	13	DASA	13
Hydrosulfan	5,6	Elementární síra	80 – 90

3 CÍL PRÁCE

Hlavním úkolem této diplomové práce bylo posoudit pomocí maloparcelkového polního pokusu vliv stabilizovaného dusíkatého hnojiva se sírou na obsah minerálního dusíku a obsah vodorozpustné síry v půdě a na výnos a kvalitu semen řepky ozimé. Posuzoval se i termín aplikace sledovaných variant a předpokládalo se, že u dříve aplikované varianty hnojiva s inhibítorem bude obsah dusíku po sklizni nejnižší díky pozvolnému uvolňování během vegetace a postupnému odběru rostlinami. Očekáváno bylo rozdílné působení jednotlivých variant hnojení a lepší výsledky byly přisuzovány variantám hnojiv s inhibítorem nitrifikace.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika polní pokusné stanice v Žabčicích

Žabčice se nacházejí v okrese Brno–venkov asi 25 km jižně od města Brna. Katastrální území Žabčic se je v kukuřičné výrobní oblasti, podoblast K₂. Žabčice leží v nadmořské výšce 179 m, v suché oblasti jižní Moravy, která má typické vnitrozemské klima. Jedná se o jednu z nejteplejších oblastí ČR, sucho zde umocňují navíc i větry, které způsobují velký půdní výpar.

Půdní podmínky

Taxonomický klasifikační systém České republiky řadí pozemky polní pokusné stanice k půdnímu typu fluvizem glejová - FM_G. Fluvizem glejová se vytvořila z nivních sedimentů řeky Svratky. Půdním druhem je půda jílovitohlinitá až jílovitá. Hladina podzemní vody je závislá na průběhu počasí v daném roce, a tak má široké rozpětí 80 až 250 cm pod povrchem. Půdotvorný substrát s glejovým procesem je bez struktury a převládají v něm redukční procesy, nachází se v hloubce 100 cm. Zásoba půdní vláhy bývá zadržována těžkou spodinou a pak se kapilárním zdvihem dostává až do povrchových vrstev.

Klimatické podmínky

Klimatický region je dle BPEJ velmi suchý a teplý. Průměr ročních teplot je 9,2 °C, nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou 19,3 °C, naopak nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -2 °C. 30letý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm. Podle tohoto ukazatele spadá oblast do kategorie suchých lokalit. Ve vegetačním období jsou srážky rozloženy velmi nerovnoměrně, přičemž do lokality zasahuje i srážkový stín. Nejvíce srážek se dostává v měsíci červnu 68,6 mm a nejméně v březnu 23,9 mm (BROTAN A KOL., 2013)

Pro hodnocení jednotlivých měsíců na polní pokusné stanici v Žabčicích ve smyslu srovnání s normálovými hodnotami byla použita metodika World Meteorological Organization (WMO). Normál z let 1961 až 1990 byl porovnáván s naměřenými hodnotami z agroklimatické stanice umístěné v Žabčicích.

Tab. 5: Průměrná teplota vzduchu Žabčice (2015/2016).

Průměrná teplota (°C)					
rok	měsíc	průměr	normál	rozdíl	hodnocení WMO
2015	červen	18,0	17,7	0,3	normální
	červenec	21,9	19,3	2,6	mimořádně nadnormální
	srpen	22,6	18,6	4,0	mimořádně nadnormální
	září	14,8	14,7	0,1	normální
	říjen	8,8	9,5	-0,7	normální
	listopad	6,1	4,1	2,0	silně nadnormální
	prosinec	2,7	0,0	2,7	silně nadnormální
2016	leden	-1,2	-2,0	0,8	normální
	únor	5,1	0,2	4,9	mimořádně nadnormální
	březen	5,5	4,3	1,2	normální
	duben	9,8	9,6	0,2	normální
	květen	15,7	14,6	1,1	normální
	červen	19,8	17,7	2,1	nadnormální
	červenec	21,3	19,3	2,0	silně nadnormální
	srpen	19,5	18,6	0,9	normální
	září	17,9	14,7	3,2	silně nadnormální

Pouze 3 měsíce v hospodářském roce 2015/2016 byly srážkově podnormální, a to červen 2015, červen 2016 a září 2016. Měsíce srpen a říjen 2015 a únor a červenec 2016 byly srážkově nad normálem. Důležité bylo, že v srpnu 2015 napršelo a řepka neměla problémy se vzejitím kvůli suchu.

Tab. 6: Měsíční srážkové úhrny Žabčice (2015/2016).

Srážkový úhrn (mm)					
rok	měsíc	průměr	normál	% normálu	hodnocení WMO
2015	červen	32,0	68,6	46,6	silně podnormální
	červenec	34,0	57,1	59,5	normální
	srpen	91,0	54,3	167,6	nadnormální
	září	31,0	35,5	87,3	normální
	říjen	49	31,8	154,1	nadnormální
	listopad	36	36,8	97,8	normální
	prosinec	16	26,3	60,8	normální
2016	leden	25,6	24,8	103,2	normální
	únor	64,7	24,9	259,8	mimořádně nadnormální
	březen	30,4	23,9	127,2	normální
	duben	41,6	33,2	125,3	normální
	květen	42,0	62,8	66,9	normální
	červen	34,8	68,6	50,7	podnormální
	červenec	149,2	57,1	261,3	mimořádně nadnormální
	srpen	65,0	54,3	119,7	normální
	září	10,0	35,5	28,2	silně podnormální

Obsahy živin v půdě

Při rozborech půdy se stanovovaly obsahy fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku, vodorozpustné síry a výměnné pH (pH/CaCl₂). Rozbor byl proveden v listopadu 2015. Výsledky pro Žabčice uvádí tabulka č. 9 a pro Vatín tabulka číslo 10.

Tab. 7: Obsah přístupných živin (Žabčice, 2015)

<i>pH/CaCl₂</i>	<i>mg/kg</i>				
	P	K	Ca	Mg	Svod.
6,2	198,4	332,3	2709	191,9	9,5

Obsah fosforu byl velmi vysoký, obsah draslíku vysoký, obsah vápníku a hořčíku byl dobrý, obsah vodorozpustné síry byl považován za nízký a půdní reakce byla na úrovni slabě kyselé.

4.2 Charakteristika pokusného stanoviště ve Vatíně

Výzkumná pícninářská stanice Vatín se nachází na Českomoravské vrchovině, asi 8 km od města Žďár nad Sázavou. Lokalita se nachází v nadmořské výšce 560 m. Průměrná roční teplota je zde 6,9 °C a průměr ročních srážek dosahuje 617 mm. Katastrální území Vatína se nachází v bramborářské výrobní oblasti, podoblast B₂.

Půdní podmínky

Dle taxonomického systému České republiky patří pozemky pícninářské stanice ve Vatíně k půdnímu typu kambizem typická. Půdním druhem je zde půda písčitohlinitá, řadíme ji do půd středních.

Klimatické podmínky

Klimatický region je dle BPEJ mírný teplý a vlhký. Průměr ročních teplot je 7,1 °C, nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou 16,7 °C, naopak nejchladnějším je leden s průměrnou teplotou -3,3 °C. 30letý průměr ročních úhrnů srážek činí 640 mm. Během vegetačního období jsou srážky rovnoměrně rozložené. Nejvíce srážek se dostává během června, a to 82 mm, nejméně srážek spolu shodně v únoru, březnu a říjnu 37 mm.

Loňský hospodářský rok byl celkově po stránce teploty vzduchu nadnormální, Pouze měsíce červen, září a říjen roku 2015 a leden, červenec a srpen 2016 se držely normálu.

Tab. 8: Průměrná teplota vzduchu Vatín (2015/2016)

Průměrná teplota (°C)					
rok	měsíc	průměr	normál	rozdíl	hodnocení WMO
2015	červen	16,0	15,2	0,8	normální
	červenec	20,2	16,7	3,5	mimořádně nadnormální
	srpen	21,1	16,2	4,9	mimořádně nadnormální
	září	12,7	12,6	0,1	normální
	říjen	7,6	7,7	-0,1	normální
	listopad	5,3	2,3	3,0	silně nadnormální
	prosinec	3,1	-1,5	4,6	silně nadnormální
2016	leden	-1,9	-3,3	1,4	normální
	únor	2,9	-1,5	4,4	mimořádně nadnormální
	březen	7,4	2,1	5,3	mimořádně nadnormální
	duben	13,0	7,0	6,0	mimořádně nadnormální
	květen	16,9	12,0	4,9	mimořádně nadnormální
	červen	18,4	15,2	3,2	mimořádně nadnormální
	červenec	16,8	16,7	0,1	normální
	srpen	15,8	16,2	-0,4	normální
	září	6,9	12,6	-5,7	mimořádně podnormální

V hospodářském roce 2015/2016 bylo srážkově podnormálních pět měsíců, z toho dva silně podnormální. Byly jimi srpen a září 2016. Podnormální byly také červen, červenec a prosinec 2015. Důležité je, že v měsíci srpnu 2015 řepka netrpěla suchem, jelikož srážky byly normální. Nadnormální byly pouze 3 měsíce, a to říjen 2015, červenec 2016 a listopad 2015 byl dokonce silně nadnormální.

Tab. 9: Měsíční srážkové úhrny Vatín (2015/2016)

Srážkový úhrn (mm)					
rok	měsíc	průměr	normál	%normálu	hodnocení WMO
2015	červen	47,0	82	57,3	podnormální
	červenec	37,0	75	49,3	podnormální
	srpen	77,0	75	102,7	normální
	září	38,0	49	75,5	normální
	říjen	64	37	173,0	nadnormální
	listopad	85	45	188,9	silně nadnormální
	prosinec	22	43	51,2	podnormální
2016	leden	32,0	42	76,2	normální
	únor	49,0	37	132,4	normální
	březen	32,0	37	86,5	normální
	duben	35,0	42	83,3	normální
	květen	57,0	76	75,0	normální
	červen	65,0	82	79,3	normální
	červenec	112,0	75	149,3	nadnormální
	srpen	25,0	75	33,3	silně podnormální
	září	14,0	49	28,6	silně podnormální

Obsah živin v půdě

Při rozborech půdy se stanovovaly obsahy fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku, vodorozpustné síry a výměnné pH (pH/CaCl₂). Rozbor byl proveden v listopadu 2015. Výsledky pro Žabčice uvádí tabulka č. 9 a pro Vatín tabulka číslo 10.

Tab. 10: Obsah přístupných živin (Vatín, 2015)

<i>pH/CaCl₂</i>	<i>mg/kg</i>				
	P	K	Ca	Mg	Svod.
4,98	91	220	1230	90	10,1

Obsah vápníku byl vyhovující, obsah fosforu a draslíku byl dobrý, obsah hořčíku a vodorozpustné síry byl nízký, půdní reakce byla na úrovni silně kyselé.

4.3 Metodika pokusu

4.3.1 Agrotechnika

Problematika byla řešena formou maloparcelkového polního pokusu. Parcelky v Žabčicích měly plochu 15 m² a rozměry 1,5 m na 10 m, ve Vatíně byly parcelky o rozměrech 1,5 m na 9 m, tj. 13,5 m². Předplodina byla ve Vatíně pšenice ozimá, v Žabčicích byl před řepkou ozimý ječmen.

Po sklizni předplodiny byla na pozemku provedena podmínka (pouze Žabčice) a následně provedena orba (ve Vatíně 13. 8. 2015 a v Žabčicích o týden později 20. 8. 2015). V Žabčicích proběhla příprava půdy 24. 8. 2015, den poté bylo zaseto. 26. 8. 2015 byl pozemek uválen. 27. 8. 2015 byly aplikovány herbicidy Terridox 500 EC v tankmixu společně s přípravkem Command. Regenerační hnojení proběhlo 25. 2. 2016. Jarní aplikace herbicidů byla provedena 29. 3. 2016 a použity byly herbicidy Galera a Fusilade společně v tankmixu. Následujícího dne bylo provedeno ošetření insekticidem Nurelle D a fungicidem Toprex opět ve společném tankmixu. 11. 4. 2016 bylo provedeno první produkční hnojení ručně dle rozpisu na každou parcelku. 12. 4. 2016 byla provedena aplikace dusíkatého hnojiva DAM 390. Druhé produkční přihnojení bylo provedeno 18. 4. 2016 podle rozpisu každé parcelky a den na to opět přihnojení dusíkatým hnojivem DAM 390 společně s aplikací insekticidu Proteus a Fungicidu Propulse. 8. 7. 2016 byla provedena sklizeň sklízecí mlátičkou Sampo Rosenlew 2010.

Ve Vatíně bylo připraveno na setí 23. 8. 2015 a následující den byla řepka zasetá. Pozemky ve Vatíně nebyly zaváleny. Dne 9. 9. 2015 byla provedena aplikace herbicidu

Butisan star, následně 17. 9. 2015 byl použit graminicid Agil 100 EC. Ošetření fungicidem s morforegulačním účinkem proběhlo 3. 11. 2015 za použití přípravku Lynx. Regenerační hnojení proběhlo 15. 3. 2016. Aplikace insekticidu Nurelle D v tankmixu společně s fungicidem Bumper super proběhla 11. 4. 2016. První produkční hnojení bylo provedeno dle rozpisu parcelek 14. 4. 2016, druhé bylo provedeno 29. 4. 2016. Desikace totálním herbicidem Roundup byla provedena 25. 7. 2016, pak již proběhla 16. 8. 2016 sklizeň.

Před setím byly odebrány vzorky půdy, ze kterých se zjišťoval obsah přístupných živin v půdě a pH půdy.

4.3.2 Varianty a uspořádání pokusu

Maloparcelkový polní pokus byl založen ve třech opakováních. Varianty a termíny hnojení jsou uvedeny v tabulce 11.

Tab. 11: Schéma pokusu

Varianta	Regenerační	I. produkční	II. produkční	Dávka N (kg/ha)
1	LAD 104 kg N/ha	DAM 390 45 kg N/ha	DAM 390 45 kg N/ha	194
2	DASA 104 kg N/ha	DAM 390 45 kg N/ha	DAM 390 45 kg N/ha	194
3	ENSIN 136 kg N/ha		DAM 390 58 kg N/ha	194
4	LAD 51 kg N/ha	DASA 104 kg N/ha	DAM 390 45 kg N/ha	194
5	LAD 64 kg N/ha	ENSIN 130 kg N/ha		194

4.3.3 Použitý materiál

Osivo

Použité osivo byl pylově fertilní hybrid DK Excelium, Odrůda je to středně raná, rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Je vybaven genovou rezistencí vůči *phoma lingam*. Hmotnost tisíce semen je nízká až středně vysoká. Předností této odrůdy je velmi vysoký obsah oleje v semeni. Doporučený výsevek je jedna výsevní jednotka tj, pět set tisíc semen na hektar. Rok registrace odrůdy 2014.

Pesticidy

Herbicidní přípravky - Command 36, Terridox 500 EC, Butisan Star, Galera, Fusilade Forte 150, Agil 100 EC, Roundup Klasik,
Insekticidní přípravky - Nurelle D, Proteus 110 OD,
Fungicidní přípravky - Torex, Propulse, Bumper Super, Lynx.

Hnojiva

DAM 390 je čirý, netěkavý, vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny. Obsah dusíku je 30 %, polovina je v amidové formě, čtvrtina v nitrátové a čtvrtina v amonné. Používá se koncentrovaně k základnímu hnojení, přihnojování i k podpoře rozkladu slámy na podzim. Možné je popálení listů, které nesníží ani ředění roztoku, proto je nevhodné jej aplikovat k citlivějším plodinám jako je cukrovka, vojtěška a jetel, naopak vhodné je použití na obilniny, brambory, řepku a kukuřici. Lze jej použít jako tankmix s pesticidy (HLUŠEK, 2004).

LAD (Ledek amonný s dolomitem) hnojivo obsahující 27,5 % dusíku, z toho polovina je ve formě nitrátové a polovina v amonné. Dodáván je ve formě skořicově hnědých granulí. Fyziologicky je hnojivo alkalické. Je vhodné k základnímu hnojení i k přihnojování během vegetace. Doporučuje se ho používat na půdách s nedostatkem hořčíku a pH pod 6 (DUSLO, 2013).

DASA 26–13 je hnojivo obsahující 26 % dusíku a 13 % síry, v podstatě se jedná o ledek amonný se síranem amonným. Třetina dusíku je ve formě dusičnanové a dvě třetiny

ve formě amonné. DASA je vhodná k základnímu hnojení i k přihnojení během vegetace. Obsah síry ji předurčuje především k aplikaci k brukvovitým a siličnatým plodinám a potravinářské pšenici (DUSLO, 2013).

ENSIN je granulované dusíkaté hnojivo s obsahem síry a inhibitory nitrifikace DCD (dikyandiamid) a TZ (triazol) v poměru 10:1, granule jsou povrchově upravené a mají zelenou barvu. Jedná se v podstatě o hnojivo DASA obohacené o inhibitory nitrifikace. Výhodou oproti klasickému hnojivu DASA je, že není nutné dělit dávky na regenerační a produkční hnojení, což ušetří náklady za jednu aplikaci, navíc se snižuje vyplavení dusičnanového dusíku do spodních vod a ztráty dusíku do ovzduší volatilizací. Hnojivo užíváme ke stejným plodinám jako hnojivo DASA (DUSLO, 2013).

4.3.4 Použité analytické metody

Stanovení amonného dusíku

Amonný dusík se stanovoval spektrofotometricky, zemina se vyluhovala 1 % roztokem K_2SO_4 . Vytěsněné ionty NH_4^+ tvoří v alkalickém prostředí s Nesslerovým činidlem žluté zabarvení, intenzita se měří kolorimetricky při vlnové délce 410 nm.

Stanovení nitrátového dusíku

Nitrátový dusík se stanovoval metodou ISE (iontově selektivní elektrodou). Principem stanovení je změna potenciálu NO_3^- iontově selektivní elektrody nitráty obsaženými v půdním extraktu.

Stanovení minerálního dusíku

Hodnota minerálního dusíku se stanovuje sečtením hodnot dusíku amonného a dusíku nitrátového (ŠKARPA, 2010)

Stanovení vodorozpustné síry

Vodorozpustná síra se stanovuje z vodného extraktu půdy metodou opticky emisní spektrometrie s indukčně vázaným plasmatem (ICP-OES). U extraktu (výluhu) musí být dodržen poměr zeminy a vody 1:5 (ZBÍRAL, 2002).

Stanovení přístupných živin v půdě

Přístupné živiny stanovujeme ve výluhu zeminy a extrakčního roztoku Mehlich III. Vápník a hořčík se stanovují atomovou absorpční spektrofotometrií, draslík metodou plamenné fotometrie a fosfor se stanovuje kolorimetricky za pomoci spektrofotometru (ŠKARPA, 2010).

Stanovení výměnné půdní reakce

Stanovení hodnoty výměnné půdní reakce proběhlo potenciometricky pomocí pH metru. Přístroj měří ve výluhu zeminy a roztoku 0,01 mol/l CaCl₂ aktivitu iontů H⁺ (ŠKARPA, 2010).

Stanovení olejnatosti semen

Stanovení celkového obsahu tuku (oleje) v semenech řepky ozimé byl zjišťován pomocí gravimetrie po trojnásobné extrakci n-hexanem (NOVOTNÝ, 2006).

4.3.5 Použité statistické metody

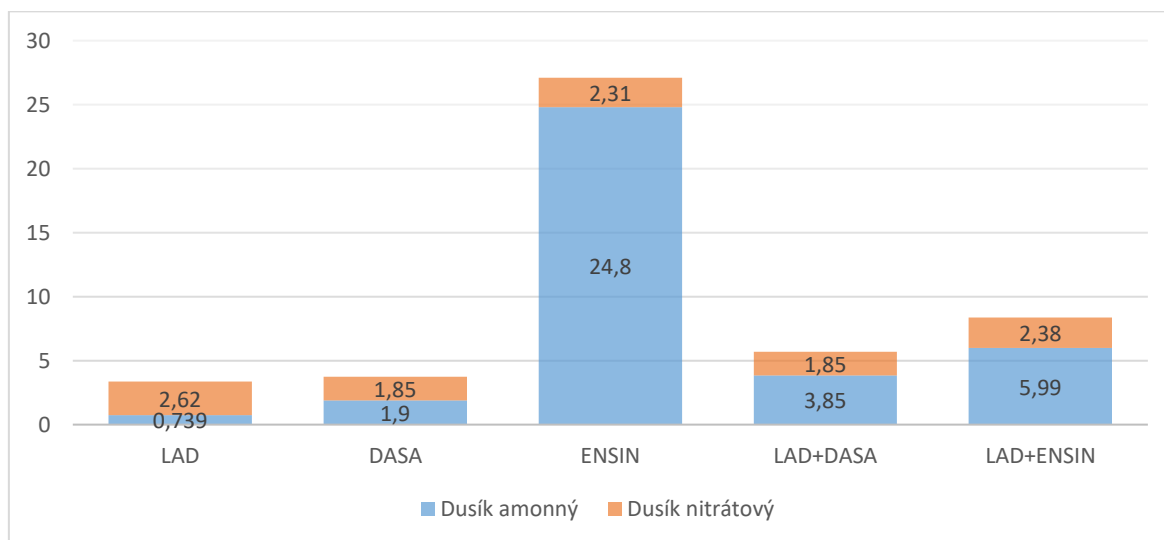
Vyhodnocení sledovaných faktorů, výnos a olejnatost řepky ozimé bylo zhodnoceno vícefaktorovou analýzou rozptylu pomocí softwaru STATISTICA 12. Následně bylo provedeno testování pomocí Tukeyova HSD testu významnosti rozdílů mezi sledovanými variantami hnojení.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Obsah dusíku a síry v půdě na lokalitě Žabčice

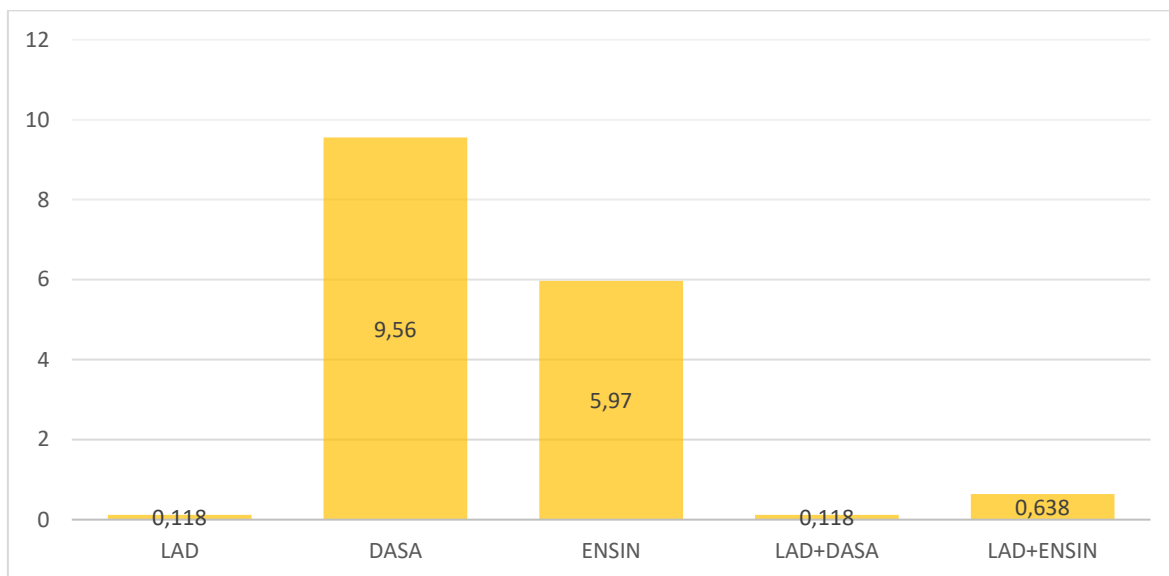
Odezva regeneračního hnojení je vidět v grafu 1. Ve variantách LAD+DASA a LAD+ENSIN byl v tuto dobu aplikovaný pouze LAD. DASA, respektive ENSIN měly být aplikovány až v prvním produkčním hnojení. Největší obsah minerálního dusíku měla varianta ENSIN, a to 27,1 mg/kg. Nejnižší obsah byl na variantě LAD, a to 3,36 mg/kg. V této době odběru, byla jediná varianta s inhibitorem varianta ENSIN, na ní můžeme pozorovat působení inhibitoru nitrifikace, neboť je to varianta, kde je největší podíl z celkového dusíku ve formě amonné (24,8 mg/kg). Inhibitor nitrifikace zabránil nitrifikačním bakteriím v přeměně formy amonné na nitrátovou (Frye, 2005).

Graf 1: Stav minerální dusíku po regeneračním hnojení (Žabčice, 11.4.2016).



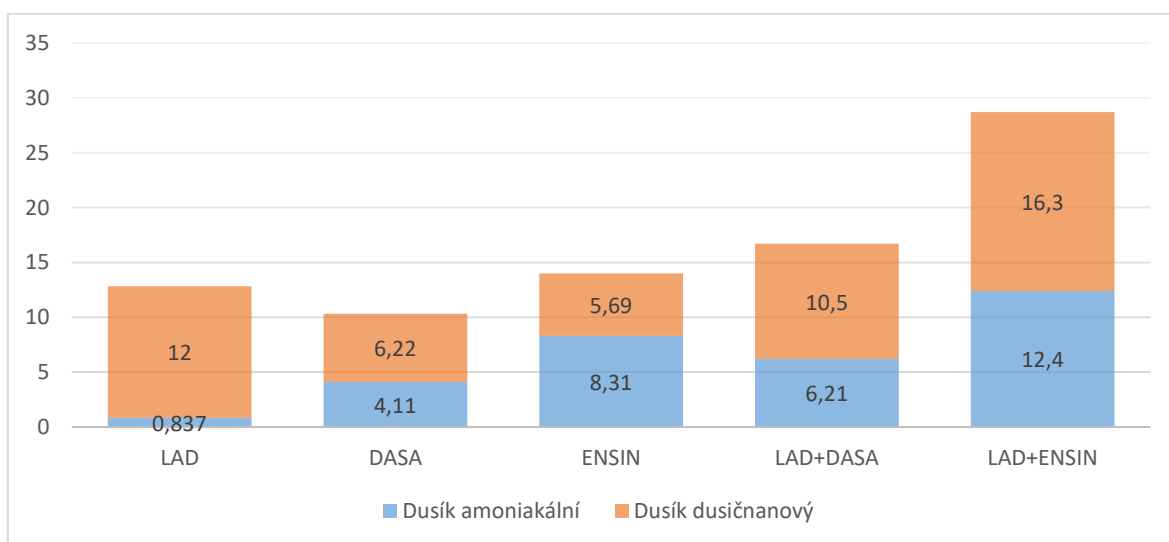
V grafu 2 vidíme, že po regeneračním hnojení se síra defacto nevyskytuje u variant hnojiv, které ji neobsahují. Nejvyšší obsah vodorozpustné síry byl naměřen u varianty DASA (9,56 mg/kg). Je třeba připomenout, že v této době bylo hnojeno hnojivem se sírou pouze na variantě DASA a na variantě ENSIN.

Graf 2: Stav vodorozpustné síry po regeneračním hnojení (Žabčice, 11.4.2016).



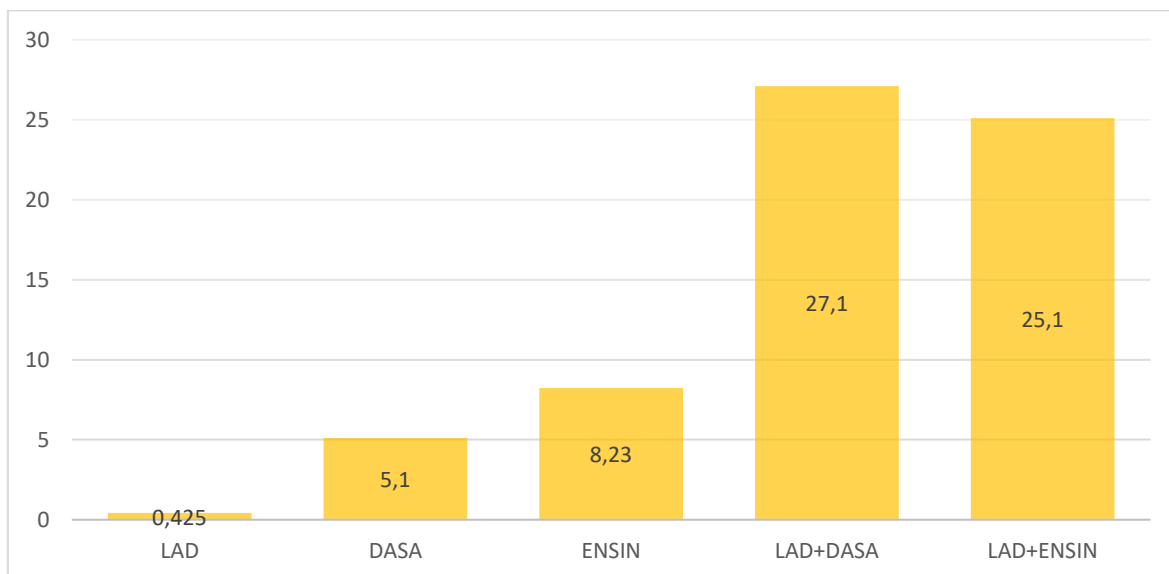
V grafu 3 vidíme stav po prvním produkčním hnojení, u variant hnojiv s inhibitory je opět vidět jejich působení, které způsobuje, že velká část minerálního dusíku zůstává ve formě amonné. Nejvyšší obsah dusíku měla varianta LAD+ENSIN a to 28,7 mg/kg. Nejnižší obsah dusíku 10,3 mg/kg náleží variantě DASA.

Graf 3: Stav minerálního dusíku po I. produkčním hnojení (Žabčice, 18.4.2016).



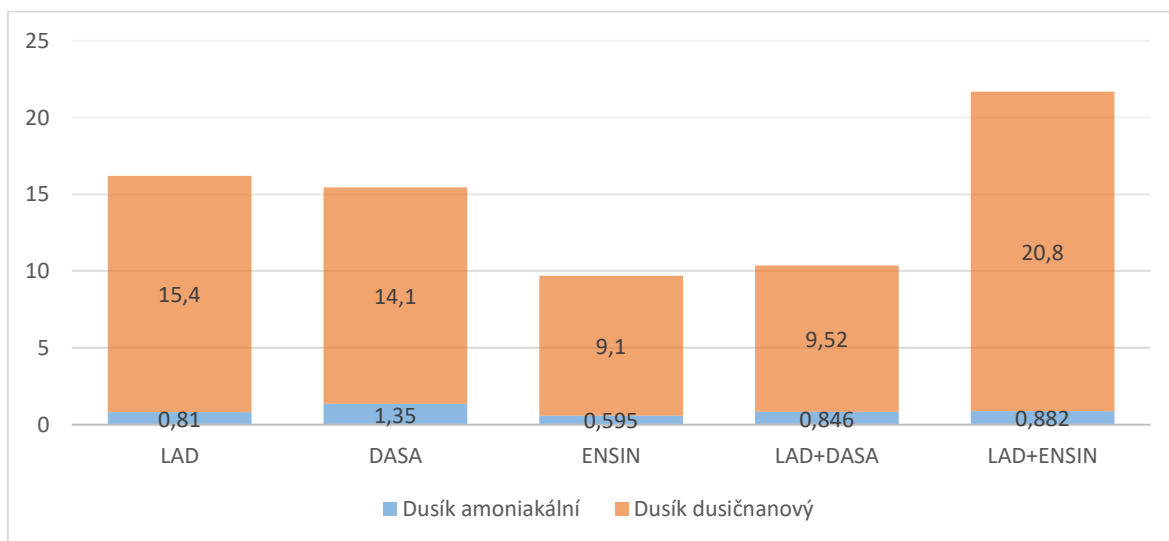
V grafu 4 vidíme stav vodorozpustné síry po prvním produkčním hnojení, nevyšší obsahy jsou, u hnojiv se sírou, která byla na parcelku aplikována později tj. LAD+DASA (27,1 mg/kg) a LAD+ENSIN (25,1 mg/kg). Nejnižší obsah byl na variantě LAD (0,42 mg/kg).

Graf 4: Stav vodorozpustné síry po I. Produkčním hnojení (Žabčice, 18.4.2016).



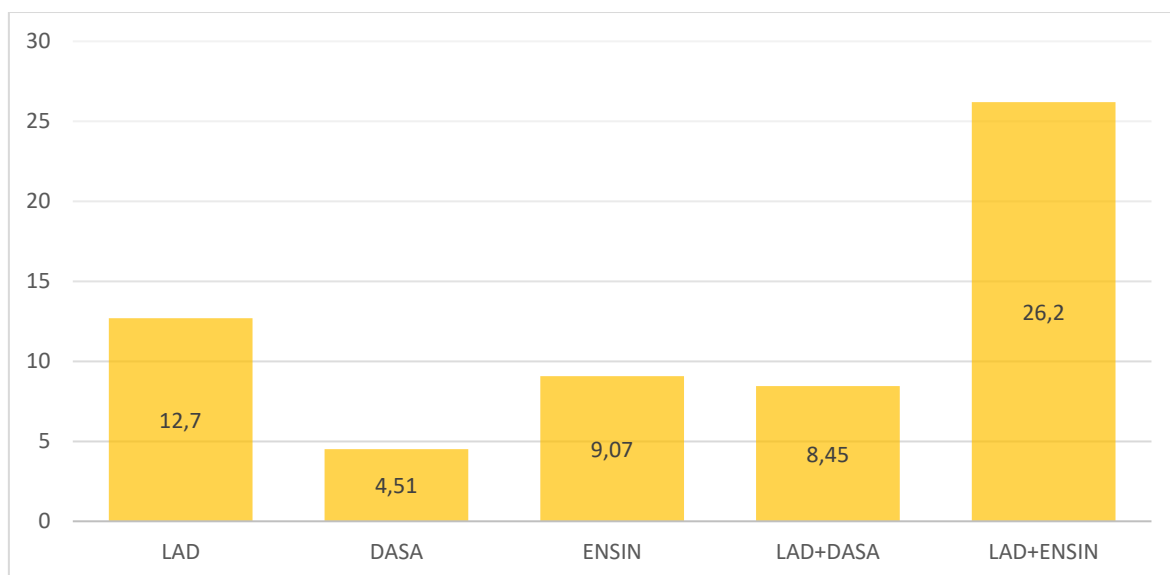
Graf 5 zobrazuje obsahy dusíku po sklizni, nevyšší obsah minerálního dusíku byl dosažen u varianty LAD+ENSIN (21,7 mg/kg) a nejnižší u varianty ENSIN (9,7 mg/kg).

Graf 5: Stav minerálního dusíku po sklizni (Žabčice, 8.7.2016).



Graf 6 ukazuje stav vodorozpustné síry po sklizni. Nevyššího obsahu bylo dosaženo u varianty LAD+ENSIN (26,2 mg/kg) a nejnižšího u varianty DASA (4,51 mg/kg).

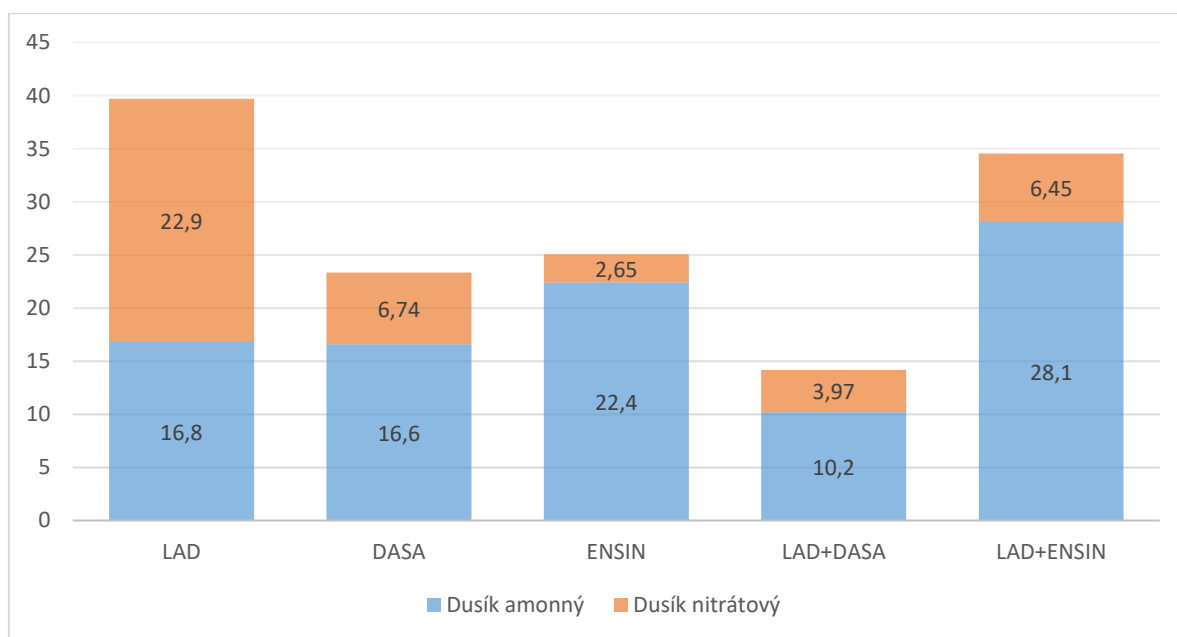
Graf 6: Stav vodorozpustné síry po sklizni (Žabčice, 8.7.2016).



5.2 Obsah dusíku a síry v půdě na lokalitě Vatín

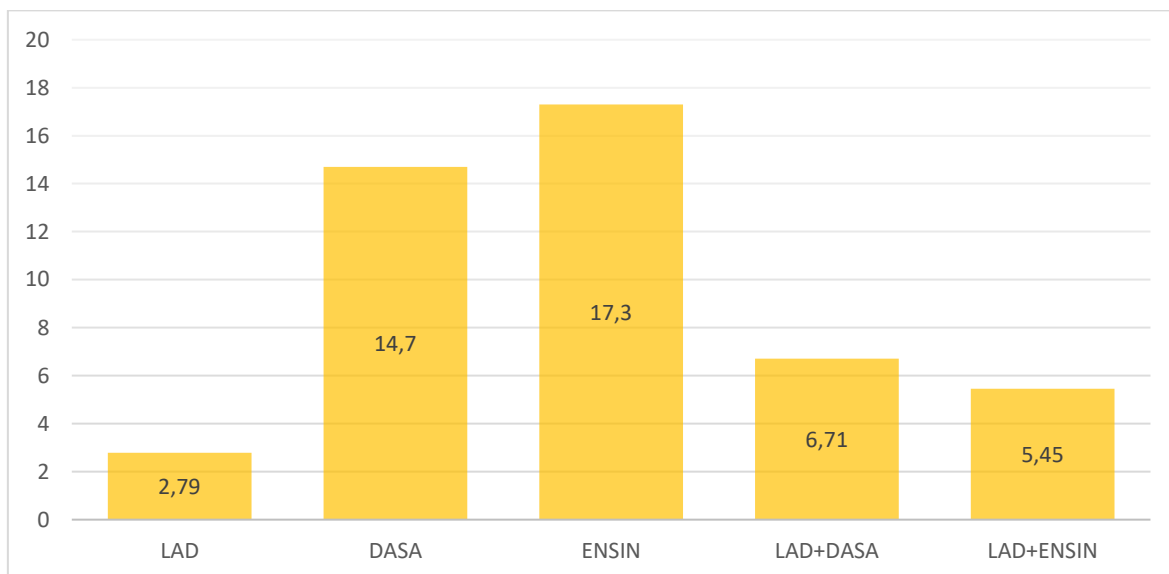
Odezva minerálního dusíku v půdě na regenerační hnojení ve Vatíně je vidět v grafu 7. Ve variantách LAD+DASA a LAD+ENSIN byl v tuto dobu aplikovaný pouze LAD. DASA, respektive ENSIN měly být aplikovány až v prvním produkčním hnojení. Největší obsah minerálního dusíku měla varianta LAD, a to 39,7 mg/kg. Nejnižší obsah byl na variantě LAD+DASA, a to 14,2 mg/kg. V této době odběru, byla jediná varianta s inhibítorem ENSIN. Můžeme pozorovat, že dobře zapůsobil inhibitor nitrifikace, neboť vidíme, že velký podíl z celkového dusíku je ve formě amonné (22,4 mg/kg z celkových 25,05 mg/kg). Inhibitor nitrifikace zabránil nitrifikačním bakteriím v přeměně formy amonné na nitrátovou (Frye, 2005).

Graf 7: Stav minerálního dusíku po regeneračním hnojení (Vatín, 13.4.2016).



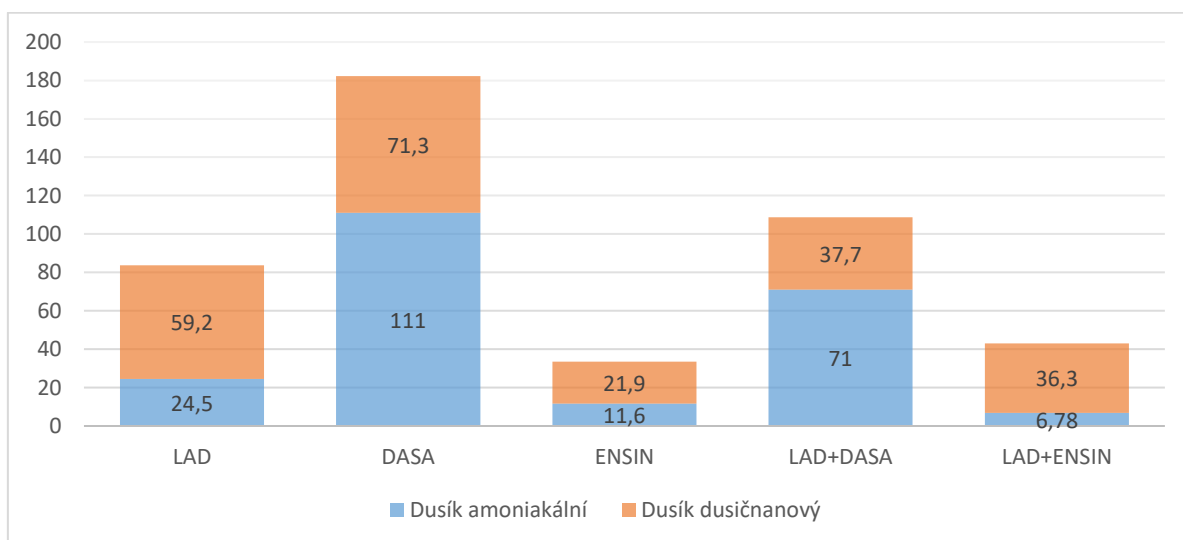
V grafu 8 lze pozorovat vyšší obsahy vodorozpustné síry u variant hnojiv se sírou. Nejvyšší hodnota byla u hnojiva ENSIN 17,3 mg/kg, o moc pozadu nebyla ani varianta DASA se 14,7 mg/kg vodorozpustné síry. Nejnižší hodnota byla u varianty LAD (2,79 mg/kg). Ve variantách LAD+DASA a LAD+ENSIN byl v tuto dobu aplikován zatím jen LAD, tím by se daly vysvětlit podobně nízké hodnoty jako u klasické varianty LAD.

Graf 8: Stav vodorozpustné síry po regeneračním hnojení (Vatín, 13.4.2016).



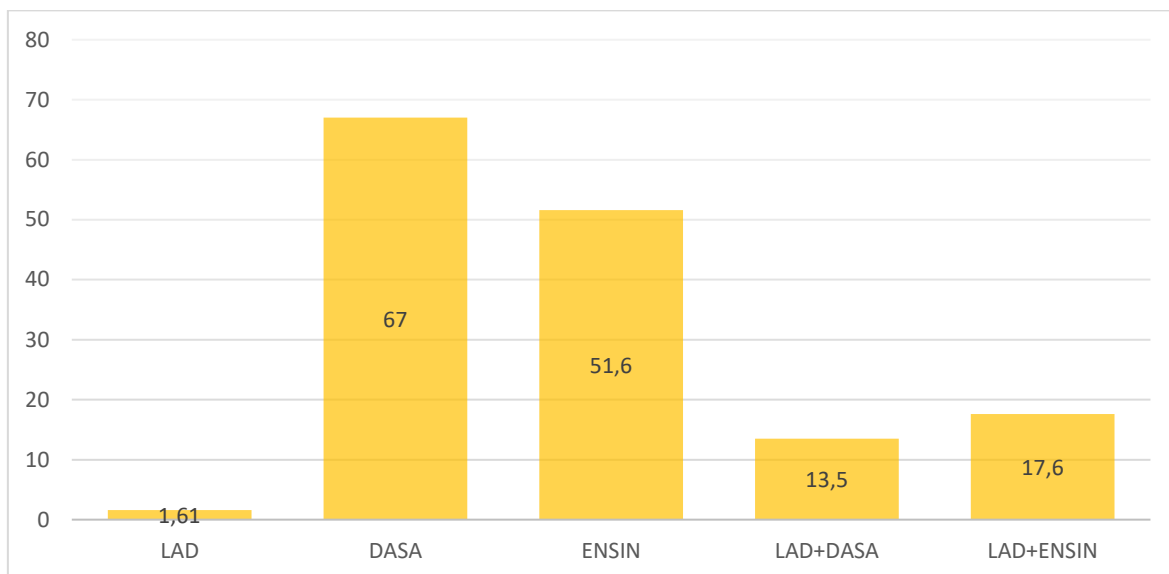
V grafu 9 lze vidět stav dusíku po I. Produkčním hnojení. Nejnižšího obsahu dusíku o dosáhla varianta hnojení ENSIN (33,5 mg/kg), nejvyšší obsah minerálního dusíku je na variantě DASA a to 182,3 mg/kg.

Graf 9: Stav minerálního dusíku po I. Produkčním hnojení (Vatín, 29.4.2016).



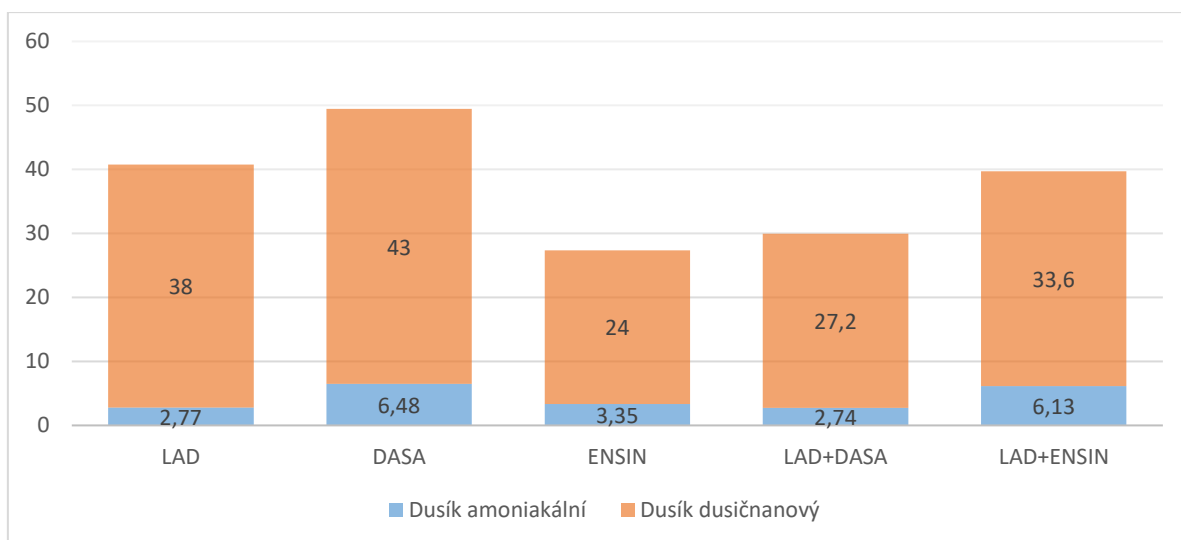
V grafu 10 je vidět vyšší obsah vodorozpustné síry u hnojiv se sírou než varianty LAD, kde byl zjištěno nejnižší obsah síry (1,61 mg/kg). Nejvyšší obsah byl u varianty DASA (67 mg/kg).

Graf 10: Stav vodorozpustné síry po I produkčním hnojení (Vatín, 29.4.2016).



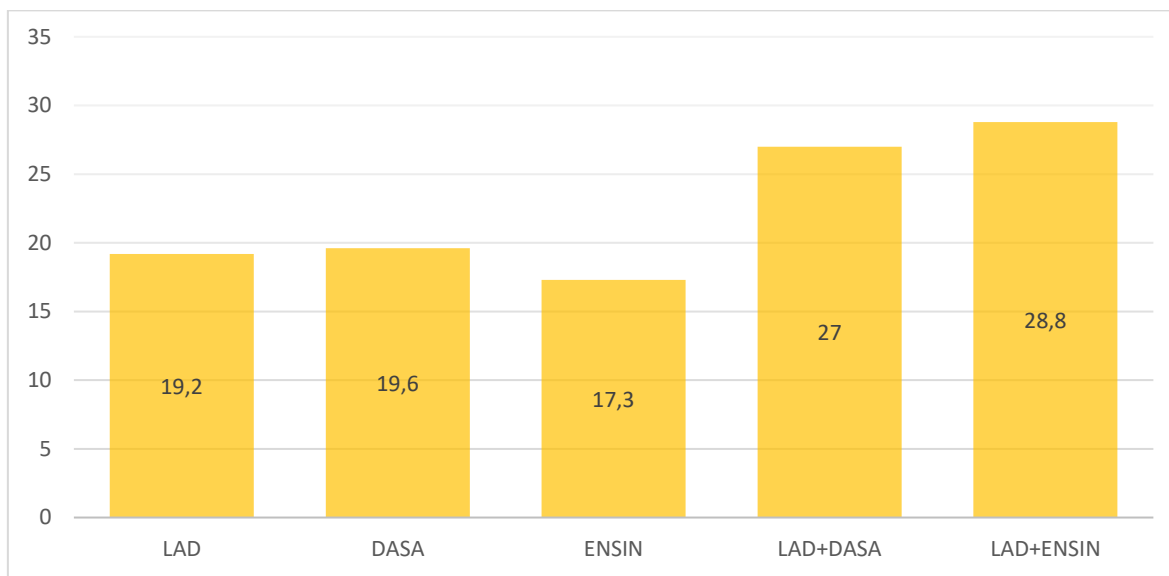
V grafu 11 lze pozorovat obsahy minerálního dusíku v době po sklizni, nejvyššího obsahu dosáhla varianta DASA (49,5 mg/kg), Nejnižší obsah byl naměřen na variantě ENSIN (27,35 mg/kg).

Graf 11: Stav minerálního dusíku po sklizni (Vatín, 16.8.2016).



Po sklizni můžeme pozorovat vyšší obsah vodorozpustné síry u variant kde bylo hnojivo se sírou aplikováno později tj. LAD+DASA a LAD+ENSIN. Nejvyšší obsah byl odebrán na variantě LAD+ENSIN 28,8 mg/kg a nejnižší na variantě ENSIN 17,3 mg/kg.

Graf 12: Stav vodorozpustné síry po sklizni (Vatín, 16.8.2016).



5.3 Výnos semen řepky ozimé

Míru ovlivnění výnosu řepky ozimé lokalitou a variantou hnojení uvádí tabulka 12. Průměrné výnosy dosažené na lokalitách a u jednotlivých variant pokusu včetně variability pokusu vyjádřené směrodatnými odchylkami jsou uvedeny v tabulce 13.

Tab. 12: Analýza variance výnosu semen řepky ozimé

Faktor	SV	SČ	PČ	F	vliv faktoru
Lokalita	1	42,245	42,245	624,315	***
Varianta hnojení	4	0,803	0,201	2,968	*
Lokalita*Varianta hnojiva	4	0,185	0,046	0,682	NP
Chyba	20	1,353	0,068		

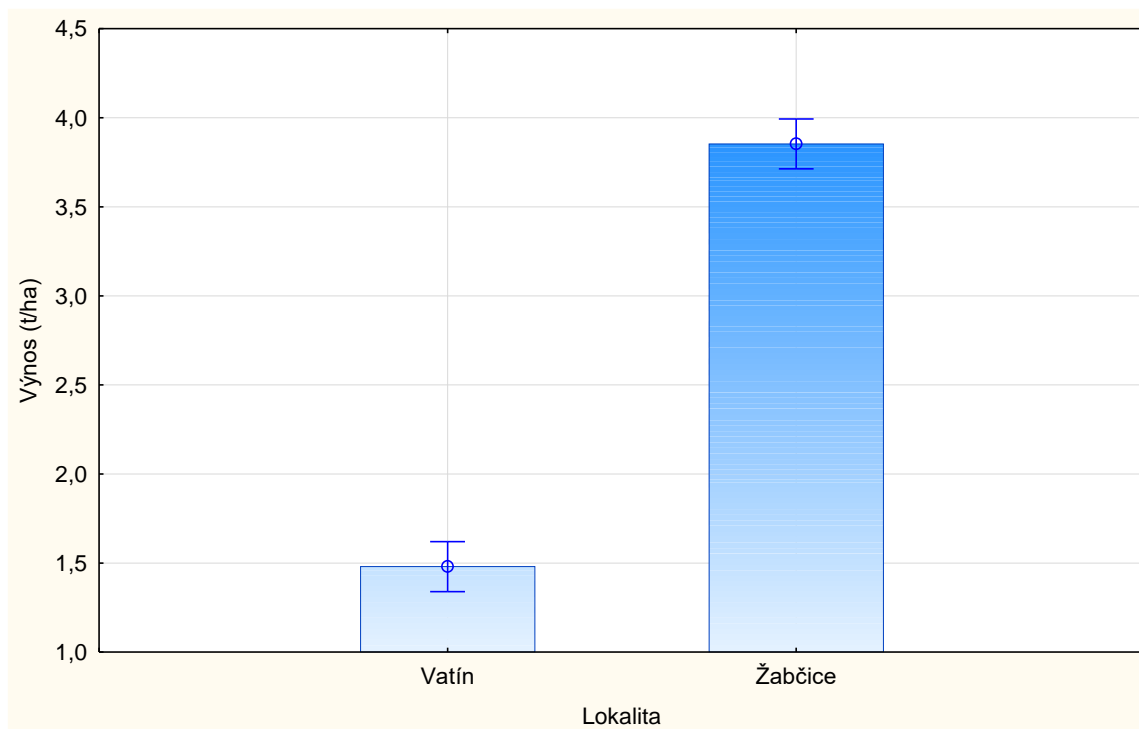
Pozn.: SV – stupně volnosti, SČ – součet čtverců, PČ – průměrný čtverec,
Vliv faktoru: *** - velmi vysoce průkazný, ** - vysoce průkazný, * - průkazný,
NP - neprůkazný

Tab. 13: Průměrné výnosy řepky ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Faktor	Úroveň faktoru	n	Průměr	Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost rozdílu	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	15	1,48	0,20	a	32 %
	Žabčice	15	3,85	0,36	b	100 %
Varianta hnojiva	LAD	6	2,43	1,31	a	100 %
	DASA	6	2,92	1,39	b	120 %
	ENSIN	6	2,77	1,43	ab	114 %
	LAD+DASA	6	2,60	1,26	ab	107 %
	LAD+ENSIN	6	2,62	1,21	ab	108 %

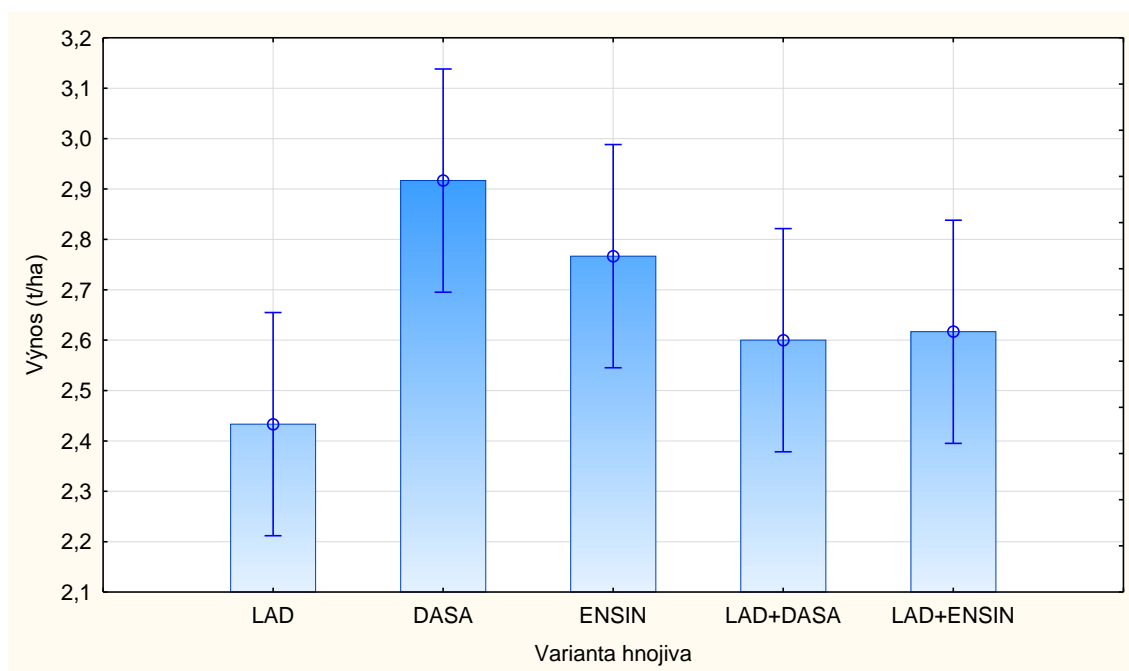
Pozn.: n – počet pozorování, průměry se významně neliší, pokud je uvedeno stejné písmeno

Graf 13: Výnosy na jednotlivých lokalitách



Statisticky vyššího výnosu bylo dosaženo na lokalitě Žabčice. Lokalita měla velmi vysoce průkazný vliv na výnos semen řepky ozimé. Rozdíl mezi lokalitami byl 62 %. Na lokalitě Žabčice byly průměrné výnosy 3,85 t/ha a na lokalitě Vatín 1,48 t/ha.

Graf 14: Průměrné výnosy dle jednotlivých variant hnojení



Průměrné dosažené výnosy semen řepky ozimé mezi variantami se pohybovaly v rozmezí od 2,43 t/ha do 2,92 t/ha. Mezi variantami byly pozorovány statisticky průkazné rozdíly. Nejnižšího výsledku bylo dosaženo u varianty LAD (2,48 t/ha). Nejvyššího výsledku dosáhlo hnojivo DASA, kde byl zaznamenán nárůst výnosu o 20 % oproti variantě LAD.

5.4 Olejnatost semen řepky ozimé

Míru ovlivnění olejnatosti semen řepky ozimé lokalitou a variantou hnojení uvádí tabulka 14. Průměrné hodnoty olejnatosti dosažené na lokalitách a u jednotlivých variant pokusu včetně variability pokusu vyjádřené směrodatnými odchylkami jsou uvedeny v tabulce 15.

Tab. 14: Analýza variance olejnatosti semen řepky ozimé

Faktor	SV	SČ	PČ	F	vliv faktoru
Lokalita	57,507	57,507	1,3599	0,2550168	NP
Varianta hnojiva	194,175	38,835	0,9183	0,4860287	NP
Lokalita*Varianta hnojiva	145,395	29,079	0,6876	0,6374827	NP
Chyba	1014,920	42,288			

Pozn.: SV – stupně volnosti, SČ – součet čtverců, PČ – průměrný čtverec,
 Vliv faktoru: *** - velmi vysoce průkazný, ** - vysoce průkazný, * - průkazný,
 NP - neprůkazný

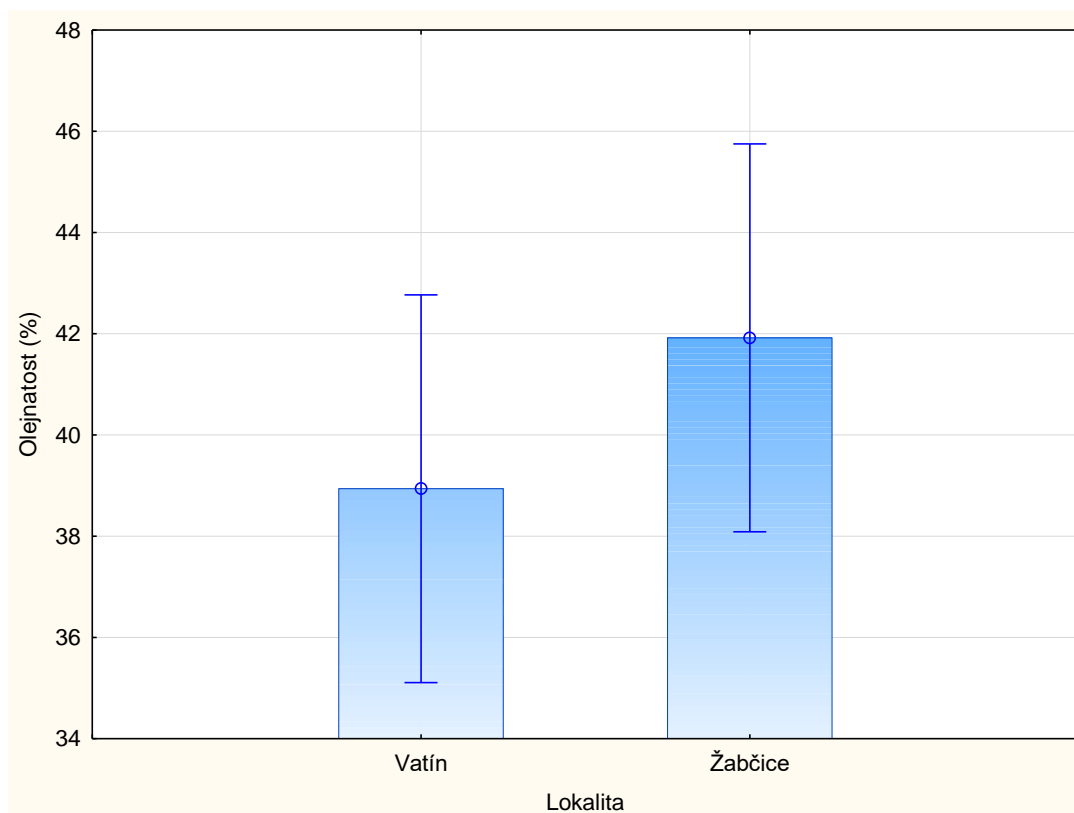
Tab. 15: Průměrné hodnoty olejnatosti řepky ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Faktor	Úroveň faktoru	n	Průměr	Směrodatná odchylka	Statistická průkaznost rozdílu	Procentický rozdíl
Lokalita	Vatín	15	38,94	9,70	a	93 %
	Žabčice	15	41,92	0,93	a	100 %
Varianta hnojiva	LAD	6	35,57	15,47	a	100 %
	DASA	6	41,95	0,67	a	118 %
	ENSIN	6	41,53	1,52	a	117 %
	LAD+DASA	6	41,15	0,81	a	116 %
	LAD+ENSIN	6	41,95	0,55	a	118 %

Pozn.: n – počet pozorování, průměry se významně neliší, pokud je uvedeno stejné písmeno

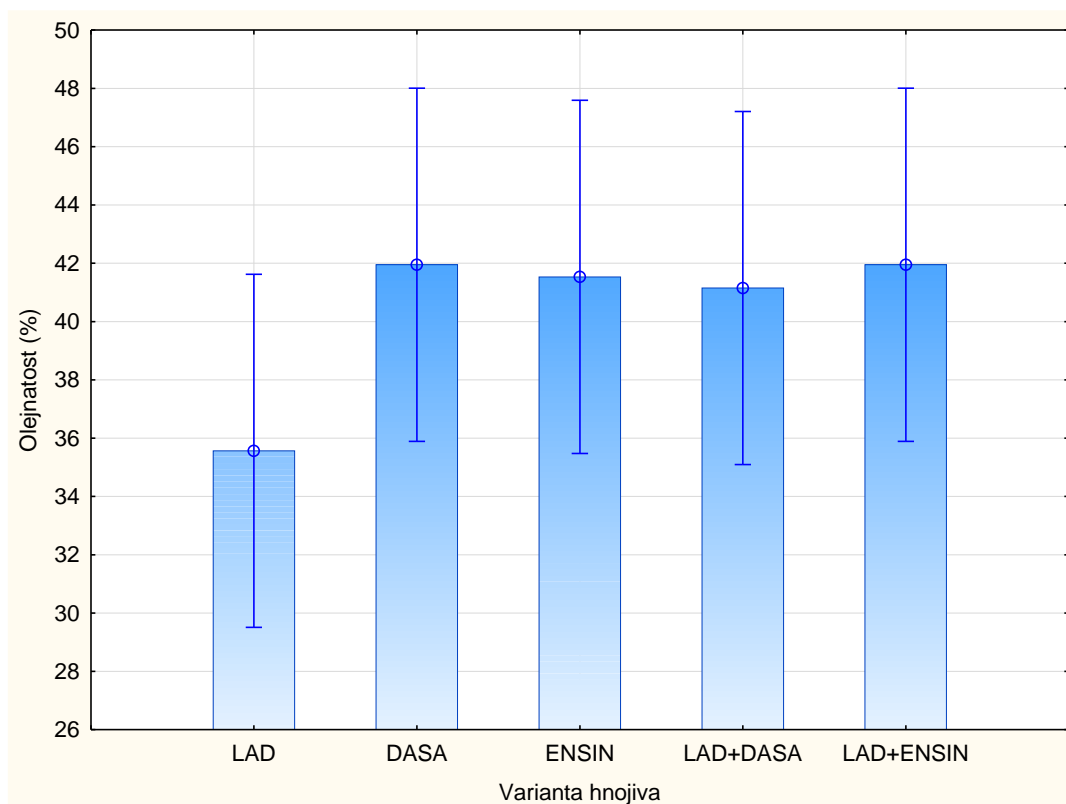
Z tabulky 15 je patrné, že žádná varianta hnojení nemá průkazný vliv na olejnatost, varianty hnojiv se sírou, ale mají olejnatost vyšší. Nejlépe shodně dopadly varianty DASA LAD+DASA s olejnatostí na hodnotě 41,95 %. Nejhůře se na olejnatosti projevila varianta LAD, kde byla olejnatost pouze 35,57 %. Při výkupu řepky olejky jsou přísně sledovány kvalitativní parametry semen, které se řídí ČSN 462300-2. Podle této normy musí mít semeno řepky minimální olejnatost 42 %, maximální vlhkost 8 %, maximální obsah 2 % kyseliny erukové. Požadovanou olejnatost 42 % nesplnila žádná z variant hnojení. Na olejnatost nemá vliv ani lokalita zde se také pohybovaly rozdíly pouze v jednotkách procent (7 %). Lépe dopadla lokalita Žabčice s olejnatostí 41,92 % oproti lokalitě Vatín s 38,94 %.

Graf 15: Olejnatost na jednotlivých lokalitách.



Na olejnatost nemá vliv ani lokalita zde byl procentický rozdíl pouze v jednotkách procent (7 %). Lépe dopadla lokalita Žabčice s olejnatostí 41,92 % oproti lokalitě Vatín s 38,94 %.

Graf 16: Olejnatost podle jednotlivých variant



Nejnižší naměřená olejnatost 35,57 % byla zjištěna u varianty LAD. Nejvyšší olejnatost 41,95 % byla zjištěna shodně u variant DASA a LAD+ENSIN.

6 ZÁVĚR

Na základě výsledků uvedených v předchozí kapitole dosažených v jednoletém maloparcelkovém polním pokusu prováděném ve dvou lokalitách Žabčice a Vatín lze vyvodit následující závěry

- Při regeneračním hnojení byly zjištěny na obou lokalitách dosti rozdílné obsahy minerálního dusíku. Na lokalitě Vatín byl nejnižší naměřený obsah dusíku 14,2 mg/kg, ale na lokalitě Žabčice tuto hodnotu překonala pouze varianta ENSIN s 27,1 mg/kg minerálního dusíku v půdě.
- Obsah síry po regeneračním hnojení byl srovnatelný v obou lokalitách, nejvyšších obsahů dosáhly varianty hnojiv se sírou, které byly v tu dobu už aplikovány tj. DASA a ENSIN.
- Po prvním produkčním hnojení se zjistily na každé lokalitě rozdílné obsahy minerálního dusíku. Na lokalitě Žabčice dopadly nejlépe varianty LAD+ENSIN a ENSIN, když varianta LAD+ENSIN měla nejvyšší obsah minerálního dusíku a spolu s variantou ENSIN se na nich projevil efekt inhibitoru nitrifikace, když měly obě varianty vyšší obsah amonné formy dusíku oproti nitrátové.
- Obsah síry v I. Produkčním hnojení byl na obou lokalitách rozdílný, pouze varianta LAD v obou lokalitách propadla. V Žabčicích byl nejvyšší obsah vodorozpustné síry na variantě LAD+DASA, ve Vatíně dosáhla nevyššího obsahu varianta DASA.
- Odběry minerálního dusíku po sklizni ukázaly, že inhibitory nitrifikace již přestaly působit. V žádné variantě ani žádné lokalitě nebyl zvýšený obsah amonné formy dusíku.
- Obsah síry po sklizni ukázal na lokalitě Vatín zvýšené obsahy síry na variantách, na kterých byla hnojiva se sírou aplikována později (LAD+DASA a LAD+ENSIN), na lokalitě Žabčice se tento efekt projevil pouze u varianty LAD+ ENSIN. K zamyšlení je druhý nejvyšší obsah síry na variantě LAD, kde se žádné síry při hnojení nedostalo.
- Vliv lokality měl statisticky velmi významný vliv na výnos řepky ozimé, na lokalitě Žabčice byl průměrný výnos vyšší o 62 % než na lokalitě Vatín.
- Vliv varianty hnojení měl statisticky významný vliv na výnos, varianta DASA měla nejvyšší výnos 2, 92 t/ha v průměru z obou lokalit. To však nepotvrdilo vliv hnojiv s inhibitory na výnos, protože DASA inhibitor neobsahuje, avšak hnojivo s inhibitorem ENSIN se umístilo hned za ním s průměrným výnosem z obou lokalit

2,77 t/ha. Nejnižší výnos měla varianta LAD 2,43 t/ha, tudíž se potvrdil pozitivní vliv síry na zvýšení výnosu, jak zjistil Ryant (2017) ve dvouletém pokusu v Hodovicích u Znojma, kde byly zařazeny hnojiva LAD, ENSIN a DASA.

- Vliv lokality neměl statisticky významný vliv na olejnatost řepky ozimé, na lokalitě Žabčice bylo dosaženo olejnatosti 41,92 % a na lokalitě Vatín 38,94 %.
- Vliv varianty hnojení neměl statisticky významný vliv na olejnatost řepky ozimé. Nejnižší obsah oleje byl naměřen na variantě LAD (35, 57 %) a nejvyšší na variantách LAD+ENSIN a DASA shodně 41,95 %. Můžeme říci, že se dobře projevíly varianty hnojiv se sírou

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGRA GROUP (2015): Urea Stabil. [online]. [cit. 20-04-2017]. Dostupné z: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

BALÍK, J., Výživa a hnojení ozimé řepky In: BARANYK, Petr a Andrej FÁBRY. Řepka: pěstování, využití, ekonomika. Praha: Profi Press, 2007. ISBN 978-80-86726-26-7.

BALÍK, J., ČERNÝ J., a KULHÁNEK M. *Bilance dusíku v zemědělství: certifikovaná metodika*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-213-2329-2.

BIELEK, P. (1984): Dusík v póde a jeho premeny 1. Příroda, Bratislava, 135 s.

DUSLO A.S.: DASA 26-13: Hnojivo ES. In Hnojivá: Granulované dusíkaté hnojivá[online].2013[cit. 2017-04-22]. Dostupné z: http://www.duslo.sk/sites/default/files/dasa2613_hnojivo_es_sk.pdf

DUSLO A.S.: ENSIN: Hnojivo ES. In Hnojivá: Granulované dusíkaté hnojivá[online].2013[cit. 2017-04-22]. Dostupné z: http://www.duslo.sk/sites/default/files/ensin_hnojivo_es_sk.pdf

DUSLO A.S.: Liadok amónný s dolomitom: Hnojivo ES. In Hnojivá: Granulované dusíkaté hnojivá[online].2013[cit. 2017-04-22]. Dostupné z: http://www.duslo.sk/sites/default/files/liadok_amonny_s_dolomitom_hnojivo_es_sk.pdf

EDMEADES, D. C. (2004): Nitrification and Urease Inhibitors – A Review of the National and International Literature on their Effects on Nitrate Leaching, Greenhouse Gas Emissions and Ammonia Volatilisation from Temperate Legume-Based Pastoral Systems. Environment Waikato Technical Report 2004/22.

FECENKO J., LOŽEK O., 2000: Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 442 s. ISBN 80-7137-7777-5.

FORAGRO: hnojivo s inhibítorem nitrifikácie – ENTEC 26 (26 N; 13S): Univerzálné hnojivo pro trávníky, zahradnictví a zemědělství. In *Foragro*[online]. 2012[cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.foragro.cz/doc/2/03.pdf>

FRYE, W. W. (2005): Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

HLUŠEK, J., Minerální hnojiva - Dusíkatá In: RYANT, P., -- RICHTER, R., -- HLUŠEK, J., -- FRYŠČÁKOVÁ, E., 2007, Multimediální učební text z výživy rostlin [online]. Mendelova univerzita v Brně [vid. 2017_4_25]. Česká verze. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

HLUŠEK, J., Pomalu působící dusíkatá hnojiva In: RYANT, P., -- RICHTER, R., -- HLUŠEK, J., -- FRYŠČÁKOVÁ, E., 2007, Multimediální učební text z výživy rostlin [online]. Mendelova univerzita v Brně [vid. 2017_4_25]. Česká verze. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

KISS, S., AND SIMIHAIAN, M., (2002): Improving Efficiency of Urea Fertilizers by Inhibition of Soil Urease Activity. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Klimatické a agroklimatické podmínky Žabčic v období 1961-2010: Climatic and agroclimatic conditions of Žabčice experimental field in the period 1961-2010 : monografie. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-907-0.

KOLÁŘ, L.: Výživa rostlin a hnojení (zvláštnosti vyšších poloh), Doplnkové skriptum, VŠZ Praha AF v Českých Budějovicích, České Budějovice 1987

M. E. TRENKEL. *Slow - and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture*. 2nd ed. Paris: IFA, International fertilizer industry association, 2010. ISBN 978-295-2313-971.

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

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

NOVOTNÝ, F., 2006: Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd II. (jednotné pracovní postupy). Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 206 s.

RICHTER, J., HŘIVNA, L., Vliv výživy a hnojení na kvalitu olejnin (CD poradenství) In: RYANT, P., -- RICHTER, R., -- POULÍK, Z., -- HŘIVNA, L., 2005, Olejny In: Multimediální texty z výživy a hnojení polních plodin [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2017_4_25]. Česká verze. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejny/a_index_olejny.htm

RICHTER, R., Dusík v půdě In: RYANT, P., -- RICHTER, R., -- HLUŠEK, J., -- FRYŠČÁKOVÁ, E., 2007, Multimediální učební text z výživy rostlin [online]. Mendelova univerzita v Brně [vid. 2017_4_25]. Česká verze. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

RICHTER, R., Síra v půdě In: RYANT, P., -- RICHTER, R., -- HLUŠEK, J., -- FRYŠČÁKOVÁ, E., 2007, Multimediální učební text z výživy rostlin [online]. Mendelova univerzita v Brně [vid. 2017_4_25]. Česká verze. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

RŮŽEK, P. a PIŠANOVÁ J., ed. *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv: sborník vědeckých a odborných prací z konference : 25. října 2006 Praha, 26. října 2006 Brno*. 2nd ed. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006. ISBN 80-865-5596-8.

RYANT, P. 15.2.2017 Hodovice, Znojmo– osobní sdělení

SKW STICKSTOFFWERKE PIESTERITZ GMBH (2012): Inovativní produkty pro úspěšné zemědělství [on-line], [last update 2012], [citováno dne 20. 4. 2017]. Dostupné z: http://www.skwp.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Produktbroschüren/N-STABILISIERUNG_CZ.pdf

ŠKARPA, P. 2010a: Stanovení amonného dusíku Nesslerovým činidlem, Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin [online], [citováno dne 25. 4. 2017]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=11&K=3

ŠKARPA, P. 2010b: Stanovení přístupných živin v půdě, Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin [online], [citováno dne 25. 4. 2017]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=9&K=0

VACH, M., -- JAVŮREK, M., -- ŠIMON, J., -- KLÍR, J., 2007 Hospodaření na půdě bez chovu zvířat, 1. vyd. Praha – Ruzyně, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 28 s., ISBN 978-80-87011-28-7.

ZBÍRAL, J. Analýza půd I. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor, 2002. ISBN 80-86548-15-5.

ZEHNÁLEK, J. Biochemie. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1999. ISBN 80-7157-366-3.

ZERULLA, W., AND HÄHNDEL, R., (2001): Effects of Ammonium-stabilized N- Fertilizers on Yield and Quality of Vegetables. Acta Horticultae 563.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Pole celkové roční depozice dusíku (ČHMÚ, 2015).....	11
Obr. 2: Formy dusíku v půdě (Ivanič a kol., 1984)	12
Obr. 3: Koloběh dusíku (Bielek, 1984)	14
Obr. 4: Sezónní změny obsahu anorganického dusíku v půdě (Balík a kol., 2012).....	17
Obr. 5: Koloběh síry (Fecenko a Ložek, 2000)	20
Obr. 6: Symptomy deficitu N (Richter, 2004).....	22
Obr. 7: Symptomy deficitu S (Richter, 2004)	24
Obr. 8: Princip stabilizace dusíku inhibitorem nitrifikace (SKW Piesteritz, 2012)	26

9 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Seznam tabulek

Tab. 1 Obsah síry vybraných polních plodin (Fecenko, 1987)	23
Tab. 2 Vybrané patentované inhibitory nitrifikace (Frye, 2005 in Trenkel,2010)	27
Tab. 3 Minimální obsahy minerální síry v ornici (Balík, 2007).....	33
Tab. 4 Vybraná minerální hnojiva s obsahem síry (Balík, 2007).....	33
Tab. 5: Průměrná teplota vzduchu Žabčice (2015/2016).	36
Tab. 6: Měsíční srážkové úhrny Žabčice (2015/2016).....	37
Tab. 7: Obsah přístupných živin (Žabčice, 2015)	38
Tab. 8: Průměrná teplota vzduchu Vatín (2015/2016)	39
Tab. 9: Měsíční srážkové úhrny Vatín (2015/2016).....	40
Tab. 10: Obsah přístupných živin (Vatín,2015)	41
Tab. 11: Schéma pokusu.....	42
Tab. 12: Analýza variance výnosu semen řepky ozimé	54
Tab. 13: Průměrné výnosy řepky ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	54
Tab. 14: Analýza variance olejnatosti semen řepky ozimé	56
Tab. 15: Průměrné hodnoty olejnatosti řepky ozimé a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	57

Seznam grafů

Graf 1: Stav minerálního dusíku po regeneračním hnojení (Žabčice, 11.4.2016).....	46
Graf 2: Stav vodorozpustné síry po regeneračním hnojení (Žabčice, 11.4.2016).	47
Graf 3: Stav minerálního dusíku po I. produkčním hnojení (Žabčice, 18.4.2016).....	47
Graf 4: Stav vodorozpustné síry po I. Produkčním hnojení (Žabčice, 18.4.2016).....	48
Graf 5: Stav minerálního dusíku po sklizni (Žabčice, 8.7.2016).....	48
Graf 6: Stav vodorozpustné síry po sklizni (Žabčice, 8.7.2016).	49
Graf 7: Stav minerálního dusíku po regeneračním hnojení (Vatín, 13.4.2016).	50
Graf 8: Stav vodorozpustné síry po regeneračním hnojení (Vatín, 13.4.2016).....	51
Graf 9: Stav minerálního dusíku po I. Produkčním hnojení (Vatín, 29.4.2016).	51
Graf 10: Stav vodorozpustné síry po I produkčním hnojení (Vatín, 29.4.2016).....	52
Graf 11: Stav minerálního dusíku po sklizni (Vatín, 16.8.2016).	52
Graf 12: Stav vodorozpustné síry po sklizni (Vatín, 16.8.2016).....	53
Graf 13: Výnosy na jednotlivých lokalitách.....	55
Graf 14: Průměrné výnosy dle jednotlivých variant hnojení.....	55
Graf 15: Olejnatost na jednotlivých lokalitách.....	58
Graf 16: Olejnatost podle jednotlivých variant	59