

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav agrosystémů a bioklimatologie



**DUSÍKATO-SIRNÁ HNOJIVA S INHIBITORY
NITRIFIKACE VE VÝŽIVĚ ŘEPKY OZIMÉ**

Bakalářská práce

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

Vypracoval:
Jiří Tuza

Brno 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci na téma: Dusíkato-sírná hnojiva s inhibitory nitrifikace ve výživě 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 *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

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

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

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D., a Ing. Haně Syrové za odborné vedení a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl touto cestou poděkovat rodičům za psychickou podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

Dusíkato-sírná hnojiva s inhibitory nitrifikace ve výživě řepky ozimé

Cílem této bakalářské práce je zjištění vlivu dusíkato-sírných hnojiv s inhibitory nitrifikace na výživu řepky ozimé, respektive na její výnos a olejnatost. V souvislosti s tím bylo provedeno také zjištění obsahu minerálního dusíku a vodorozpustné síry prostřednictvím půdních rozborů a rozbor rostlin ve fázi butonizace pro všechny varianty.

Problematika byla řešena formou maloparcelkového pokusu na výzkumné pícninářské stanici Mendelovy univerzity ve Vatině u Žďáru nad Sázavou v hospodářském roce 2013/2014.

V rámci pokusů byly hodnoceny tyto varianty hnojení: 1. NEHNOJENO, 2. ENSIN 100 % dávka, 3. ENSIN 80 % dávka, 4. ENTEC 26 100 % dávka, 5. ENTEC 26 80 % dávka, 6. DASA+DASA. Na variantu 2, 3, 4, 5 byla hnojiva aplikována jednorázově jako regenerační hnojení ve 100 % dávce 194 kg dusíku na hektar a 80 % dávce 155 kg dusíku na hektar. Dávka 6 byla rozložena do I. a II. produkčního hnojení.

Hodnotícími kritérii byl výnos a olejnatost sklizeného semene, dále obsah minerálního dusíku a vodorozpustné síry v půdě a obsah dusíku a síry v rostlinách.

Nejvyšší obsah minerálního dusíku před i po sklizni měla varianta 4, ENTEC 26 100 %. Nejvyšší obsah vodorozpustné síry před sklizní měla varianta 2, ENSIN 100 %. Po sklizni měla nejvyšší obsah vodorozpustné síry varianta 3, ENSIN 80 %.

Výsledky rozborů rostlin ukazovaly na nedostatečný obsah dusíku a síry.

Hnojiva s inhibitory měla statisticky průkazný vliv na výnos semene. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty, 2 tj. ENSIN 100% a to 4,0t/ha.

U olejnatosti nebyl statistický vliv hnojení prokázán, ale i přes to nejvyšších hodnot dosahovala varianta DASA+DASA.

Klíčová slova: řepka ozimá, inhibitory nitrifikace, dusík, síra, dusíkato-sírná hnojiva, výnos, olejnatost

ABSTRACT

Nitrogen-sulfur fertilisers with nitrification inhibitors in winter rape nutrition

The target of this bachelor thesis is finding of effect of nitrogen-sulfur fertilizers with nitrification inhibitors on winter rape nutrition, its yield and the oil content. In connection with it also finding of the content of mineral nitrogen and sulfur through soil analyze and plant analyze in butonization phase for all variants.

The task was performed by small-plot experiment form in the test field station of the Mendel University Votín in Žďár nad Sázavou in the agricultural year 2013/2014.

The experiment included this fertilization variants: 1. Unfertilized (control) 2. ENSIN 100 %, 3. ENSIN 80 %, 4. ENTEC 26 100 %, 5. ENTEC 26 80 %, 6. DASA+DASA. In variant 2, 3, 4, 5, fertilizers applied once as regenerative fertilization in 100 % dose of 195 kg nitrogen per hectare and 80 % of 155 kg nitrogen per hectare. The 6 dose was divided into I. and II. Production fertilization.

Evaluation criterions were yield and the oil content of the harvested seed, further the content of mineral of mineral nitrogen and sulfur in soil and content of nitrogen and sulfur in plant body.

The highest N-mineral before and after harvest had variant 4, ENTEC 26 100 % and the S soluble before harvest had variant 2, ENSIN 100 % and after harvest variant 3, ENSIN 80 %.

The results of plant analyze showed insufficient content of nitrogen and sulfur.

The fertilizers with nitrification inhibitors had statistically effect on seed yield. The highest seed yield was for variant 2, ENSIN 100%.

The effect of fertilization with nitrification inhibitors was not statistically documented for oil content but the highest content got the variant DASA+DASA.

Keywords: winter rape, nitrification inhibitor, nitrogen, sulfur, nitrogen-sulfur fertilizer, yield, oiliness

OBSAH

1 ÚVOD	9
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1 Dusík.....	10
2.1.1 Dusík v půdě	10
2.1.1.1 Zdroj dusíku v půdě.....	10
2.1.1.2 Ztráta dusíku z půdy.....	11
2.1.1.3 Přeměna dusíku v půdě	11
2.1.2 Dusík v rostlinách.....	13
2.1.2.1 Příjem dusíku.....	13
2.1.2.2 Projevy nedostatku.....	14
2.1.2.3 Projevy nadbytku	15
2.1.3 Hnojení dusíkem.....	15
2.2 Síra	16
2.2.1 Síra v půdě	16
2.2.1.1 Zdroj síry.....	16
2.2.1.2 Ztráta síry.....	17
2.2.1.3 Forma a přeměna síry.....	18
2.2.2 Síra v rostlinách.....	18
2.2.2.1 Příjem síry.....	19
2.2.2.2 Projevy nedostatku.....	20
2.2.2.3 Projevy nadbytku	20
2.2.3 Hnojení sírou	21
2.3 Účinek dusíkato-sírných hnojiv na výnos a olejnatost semene	21
2.4 Pomalu působící dusíkatá hnojiva.....	22
2.4.1 Obalovaná hnojiva.....	22
2.4.2 Kondenzáty močoviny	22
2.4.3 Hnojiva s inhibitory	23
2.4.3.1 Hnojiva s inhibitory ureázy.....	23
2.4.3.2 Hnojiva s inhibitory nitrifikace	24
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	26

3.1 Cíl práce.....	26
3.2 Materiál a metodika pokusu.....	26
3.2.1 Charakteristika pokusného stanoviště Vatín	26
3.2.2 Metodika pokusu	28
3.2.3 Varianty hnojení	30
3.2.4 Použitý materiál.....	31
3.2.4.1 <i>Osivo</i>	31
3.2.4.2 <i>Pesticidy</i>	31
3.2.4.3 <i>Hnojivo</i>	31
3.2.5 Analytické metody.....	33
3.2.5.1 <i>Analýza půdy</i>	33
4 VÝSLEDKY	34
4.1 Obsah dusíku a síry v půdě.....	34
4.2 Obsah N a S v rostlinách	36
4.3 Výnos semene	37
4.4 Olejnatost semene	38
5 ZÁVĚR.....	40
6 POUŽITÁ LITERATURA.....	41
7 SEZNAM TABULEK.....	45
8 SEZNAM OBRÁZKŮ	46
9 SEZNAM GRAFŮ.....	47

1 ÚVOD

V posledních letech se u nás stává velkým trendem pěstování řepky ozimé. To dokazují neustále se zvyšující plochy oseté touto plodinou. V roce 2014 se pěstovala řepka na 419 000 hektarech, kde se sklídilo 1,44 milionu tun semene. Zhruba v posledních třech letech svou pěstitelskou plochou překonává ječmen, a stává se druhou nejvýznamnější pěstovanou plodinou na orné půdě u nás. Význam řepky udává i objem tržeb, který byl v roce 2012 odhadnut na 13,15 miliardy Kč a v roce 2013 na 14,4 miliardy korun. Řepka ozimá je plodinou s širokým využitím jak v průmyslu chemie a paliv (paliva pro vznětové motory), tak ve výrobě krmiv (extrahované šroty, surový olej) a potravin (rafinované jedlé oleje a tuky).

Co se týče živin je řepka ozimá třikrát náročnější než obilniny. Pro dosažení co možná nejvyšších výnosů v co možná nejvyšší kvalitě, je nutné se zabývat vhodnou výživou a hnojením.

Mezi hnojiva, která nejvíce ovlivňují výnos, se řadí hnojiva na bázi dusíku. Nejdůležitějšími faktory pro výživu rostlin jsou správná doba hnojení, výběr konkrétního minerálního hnojiva a dávky, kterou budeme aplikovat. Při nedodržení těchto faktorů dochází v půdě k přirozeným dějům, které zapříčiní ztrátu, nebo zneprístupnění dusíku rostlinám. Ztráty dusíku z půdy volatizací či vyplavováním po použití konvenčních hnojiv lze jen těžko omezovat, a proto používáme hnojiva s inhibitory dusíku. Tato hnojiva pracující na principu postupného uvolňování dusíku se dají aplikovat ve větších dávkách a tím šetří čas, přejezdy a v neposlední řadě jsou i ekonomicky výhodnější.

Z pěstovaných plodin u nás má řepka ozimá jednu z největších spotřeb síry. Před pětadvaceti lety byl atmosférický spad síry na takové úrovni, že se o jejím doplnění do půdy nemuselo uvažovat na takové úrovni jako dnes. Zpřísněním emisních norem se přirozený spad snížil téměř o 90% a s rozšiřujícím se trendem pěstování brukvovitých olejnin zjišťujeme deficit obsahu síry v půdě. Sírou hnojíme především v období časného jara, když je využití síry z hnojiva nejvyšší a deficit v půdě nejzřetelnější. (Baranyk et al., 2010).

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Dusík

Dusík spolu s uhlíkem, kyslíkem a vodíkem jsou základními stavebními prvky tvořícími podstatnou část živé hmoty. Dusík je významnou živinou pro rostliny i pro půdní mikroorganismy, kde představuje nezastupitelnou složku nukleových kyselin, bílkovin, enzymů, chlorofylu a dalších sloučenin v živé hmotě (Fecenko et Ložek 2000).

2.1.1 Dusík v půdě

Celkový obsah veškerého dusíku v orniční vrstvě půd dosahuje průměrných hodnot v rozmezí od 0,1 do 0,2 %, může však kolísat od 0,03 až do 0,5 %. Podle výpočtů lze zjistit, že je v orniční vrstvě 3000 až 6000 kg N/ha ze kterého je dostupné 1 až 2 % ve formách NH_4^+ , NO_3^- , nebo NO_2^- . Celkem může být v této vrstvě 5 až 10 % minerálního dusíku. Nejvyšší podíl dusíku je zastoupen v organických sloučeninách (95 %), který je až na výjimky rostlinám nepřístupný (Ivanič et al., 1984).

2.1.1.1 Zdroj dusíku v půdě

Potenciálně nejvyšším zdrojem dusíku pro půdu je atmosférický vzduch, ve kterém je obsaženo 78,08 % objemového dusíku, který je v elementární plynné formě N_2 . V této formě je ovšem pro rostliny bez předchozí ionizace nepřijatelný. Pro příjem elementárního dusíku rostlinami se musí nejprve zoxidovat na NO_3^- , nebo zredukovat na NH_4^+ . V bouřce při působení elektrického výboje se vzdušný dusík přirozeně ionizuje, kdy molekuly N_2 oxidují na oxidy dusíku, nebo až na kyselinu dusičnou. Pomocí těchto reakcí se ročně do půdy dostane 10–40 kg dusíku na hektar (Richter, 2007a).

Dalším nezanedbatelným zdrojem půdního dusíku je fixace vzdušného dusíku bakteriemi. Fixaci vzdušného dusíku dělíme na volnou a symbiotickou. Volnou fixací se ročně do půdy dostane 3–12 kg dusíku. Symbiotickou fixací v kořenech bobovitých se na hektar naváže 50–120 kg dusíku, ve víceletém porostu jetele a vojtěšky se naváže až 300 kg dusíku na hektar. Na symbiotické fixaci se podílí hlízkové bakterie rodu *Rhizobium* (Richter, 2004a).

2.1.1.2 Ztráta dusíku z půdy

Dusík je velmi pohyblivý prvek, který cirkuluje mezi půdou, atmosférou a živými organismy. Dusík se z půdy ztrácí v plynné i v kapalně fázi. Ztráty dusíku v kapalně fázi jsou ovlivněné rozpustností dusíkatých hnojiv, poměrně rychlou oxidací NH_4^+ iontu na dusičnany a dobrou pohyblivostí NO_3^- aniontu v půdě v souladu s pohyblivostí půdní vody. Podle Lehotského, (1984) se dusičnany nejintenzivněji vyplavují koncem zimního období, dále v jarním období, když je půda bez vegetačního pokryvu. V tomto období se prosákne do spodních vod 70 až 90 % dusičnanového dusíku.

Ztráty dusíku v plynné fázi jsou průměrně vyšší než v kapalně. Je to způsobeno vyšší reaktivností dusíkatých sloučenin a lehkou biologickou oxidací nebo redukcí. Z dodaných dusíkatých hnojiv se může v plynné formě ztratit až 30 %. Ztráty dusíku v plynné formě vznikají v důsledku denitrifikace a volatizace amoniaku. Při denitrifikaci se dusík z půdy uvolňuje do ovzduší ve formě oxidů dusíku (NO_2 , NO , N_2O), nebo vzdušného elementárního dusíku (N_2). Mechanismus denitrifikace je možné znázornit touto rovnicí: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$.

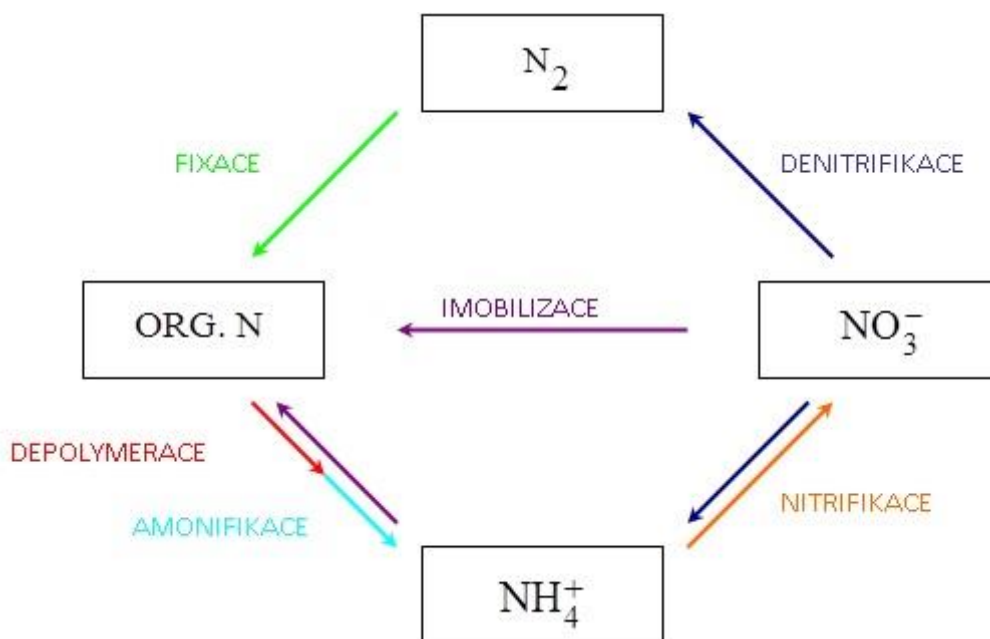
Denitrifikace může probíhat dvěma způsoby. Přímá biologická denitrifikace se uskutečňuje za pomoci enzymatických mechanismů mikroorganismu rodu *Pseudomonas Micrococcus*, které mohou dusičnany redukovat buď na oxid dusný (N_2O), na elementární dusík (N_2) nebo nepřímou chemickou denitrifikaci, která se uskutečňuje na základě chemických reakcí, kde se dusitany přímo rozkládají na elementární dusík N_2 a vodu.

Volatizace je únik amoniaku z půdního prostředí do atmosféry. Dochází k ní při aplikaci vyšších dávek dusíkatých hnojiv s amidovou, amoniakální a amonnou formou dusíku. V této formě může volatizací uniknout do ovzduší 5 až 25 % dusíku. Ztráty amoniaku se dají snížit okamžitým zapracováním hnojiva s NH_4^+ formou dusíku do půdy (Fecenko et Ložek, 2000).

2.1.1.3 Přeměna dusíku v půdě

Dusík v půdě podléhá četným přeměnám. V mineralizačních procesech je z rozložitelných hydrolyzovatelných organických látek uvolňován v procesu amonizace NH_3 , který je zdrojem dusíku pro mikroflóru a může být využíván i rostlinami.

V půdách však probíhají i procesy opačné, kdy jsou minerální formy dusíku spotřebovány mikroorganismy na tvorbu své biomasy – tento proces se nazývá imobilizace (Vaněk et al., 2007).



Obr.1 Přeměny jednotlivých forem dusíku v půdě (http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4007)

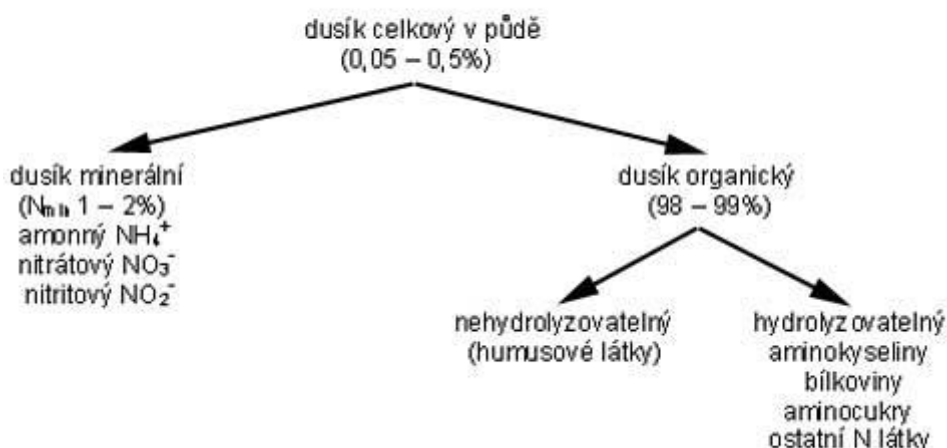
Nitrifikací se rozumí dvojestupňový biochemický proces okysličování amoniaku a jeho solí na dusitany a dále na dusičnany s řadou meziproduktů. Z amoniaku a jeho solí, dále z dusitanů získávají nitrifikační bakterie potřebnou energii pro svůj růst a zároveň jsou tyto látky pro ně i zdrojem dusíku. Výsledkem jsou tyto reakce:

1. etapa - nitritace: $2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HNO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$
2. etapa - nitratice: $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HNO}_3$

Na první etapě, kterou označujeme jako nitritace se podílí nitritační bakterie rodu *Nitrosomonas*. Na druhé etapě s označením nitratice se podílejí bakterie rodu *Nitrobacter*. Podle Mišustina (1960) průběh nitrifikace s dostatečnou intenzitou probíhá při pH 5,0 až 8,5 a při optimální teplotě 20 až 35 °C (Ivanič et al., 1984).

Opakem je denitrifikace, která je redukční proces, kdy jsou nitráty redukovány na oxidy dusíku, nebo až na elementární N_2 . U nás převažuje denitrifikace působená fakultativně anaerobními mikroorganismy, které využívají kyslík nitrátů (Vaněk et al., 2007).

Formy dusíku v půdě



Obr. 2 Formy dusíku v půdě (Ivanič et al., 1984)

2.1.2 Dusík v rostlinách

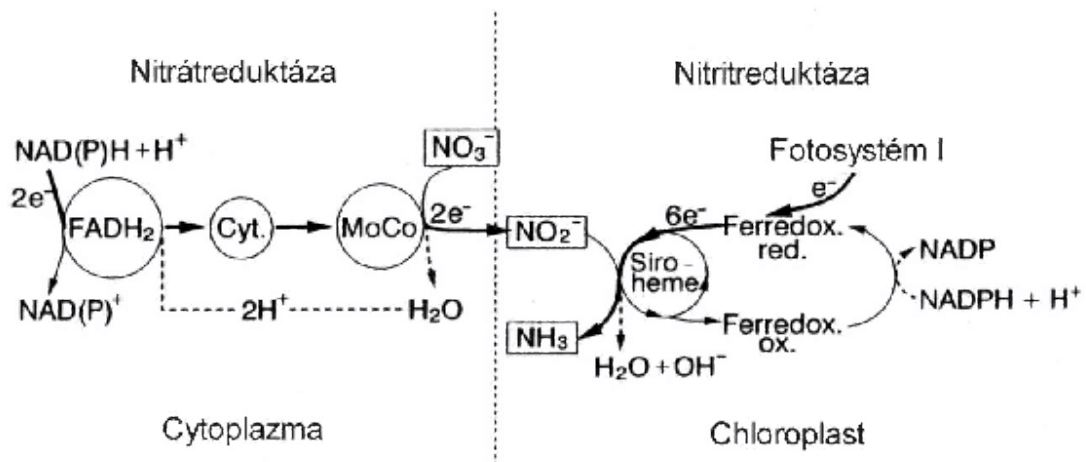
Dusík je součástí aminokyselin, amidů, bílkovin, chlorofylu a dalších biologicky aktivních látek. V rostlinách se obsah dusíku pohybuje ve značném rozmezí a závisí na druhu orgánu a stáří rostliny. V počátečních fázích vývoje je obsah vysoký a s tvorbou biomasy se snižuje (Richter, 2004a).

V období dozrávání jeho značná část přechází z vegetačních orgánů tj. listy do orgánů generačních tj. obilky, semena, plody (Fecenko et Ložek, 2000).

2.1.2.1 Příjem dusíku

Vyšší rostliny mají schopnost přijímat z půdy tj. živého prostředí především amonné (NH_4^+) kationty a dusičnanové (NO_3^-) anionty. Mohou přijímat také organické látky jako aminokyseliny, močovinu a další. Efektivita využití různých forem dusíku je ovlivněna řadou faktorů vnitřních i vnějších jako jsou půdní reakce, voda v půdě, samotná rostlina. V kyselém prostředí převládá příjem NO_3^- iontů a v neutrálním zase příjem NH_4^+ (Ivanič et al., 1984).

Největší význam pro výživu rostlin má za normálních podmínek nitrátová forma dusíku. Ta je přijímána aktivně kořeny ve směru elektrochemického gradientu. Před tím, než může být nitrátový dusík NO_3^- metabolizován, je potřeba ho redukovat na NH_3 . Tento proces se nazývá redukce nitrátu a je složen ze dvou etap, a to z redukce NO_3^- za pomoci enzymu nitrátreduktáza (NR) redukován na NO_2^- , který je následně redukován nitrid reduktázou (NiR) na NH_3 (Richter, 2004a).



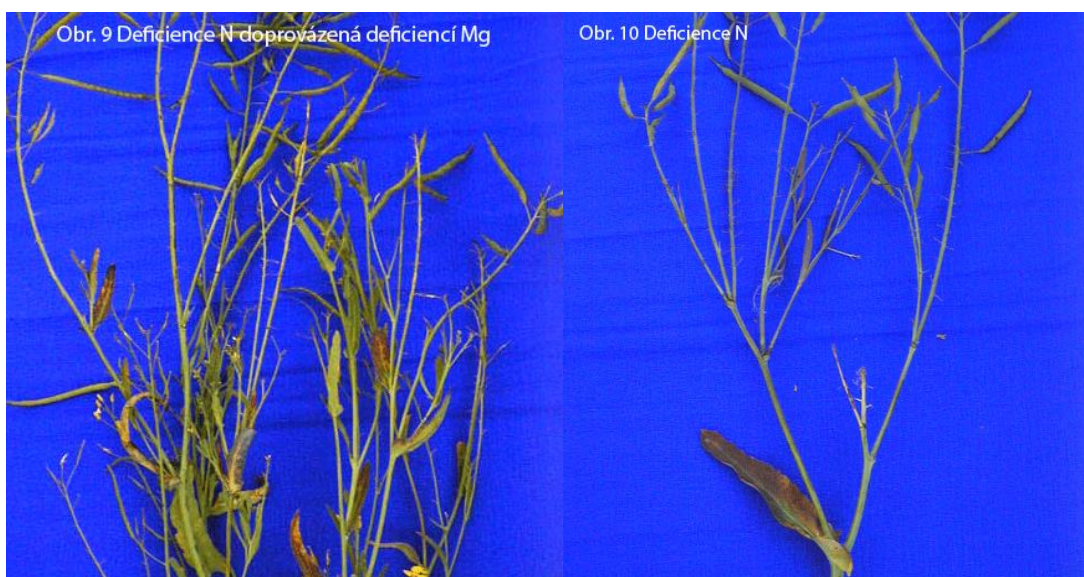
Obr. 3 Schéma asimilace nitrátů v buňkách listu (Beevers, Hageman a Warner, Kleinhofs cit. Marschner, 1995)

V kořenech jsou nitráty lehce mobilní, zde mohou být uchovány ve vakuolách. Mohou být ale také uchovávány ve vakuolách nadzemních částí rostliny. Amonné ionty jsou na rozdíl od nitrátových zabudovávány do organických sloučenin už v kořenech (Richter, 2004a).

2.1.2.2 Projevy nedostatku

Nedostatečné množství dusíku na počátku vegetace způsobuje snížení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje jako omezení růstu a tvorby všech podstatných částí rostlin (Vaněk et al., 2007). Jedním z nejdůležitějších procesů v ontogenezi rostlin je přemísťování dusíku ve formě aminokyselin a dusičnanů v jejich cévním systému. Pro vývoj mladých listů musí být zabezpečeno dostatečné množství aminokyselin až do stavu úplné zralosti. Pokud rostliny nemají dostatečné množství dusíku, nastává ve starších listech proces hydrolýzy proteinů a dusík je z nich transportován do mladších listů a na tvorbu semena. Při nedostatku dusíku starší listy žloutnou, někdy mohou i opadat. Důsledek nedostatku se projevuje pomalým růstem, rostliny jsou slabě vyvinuté, zpomaluje se růst kořenů a celkově je porost nevyrovnaný (Fecenko et Ložek, 2000).

Nedostatek dusíku u řepky je spojený zvláště s nedostatkem některých makroprvků (P, K, Mg, Ca), což způsobuje omezený růst větví a následně vede k opadu květních pupenů i květů a redukuje se počet šesulí na větví (Richter et al., 2001).



Obr. 4 Projevy nedostatku dusíku (Richter et al., 2001)

2.1.2.3 Projevy nadbytku

Dusík v nadbytku způsobuje sytě zeleně zbarvené, dobře vyvinuté a robusní rostliny, které zpožděně přecházejí do generativní fáze růstu, a prodlužuje se jim období dozrávání. Reakce rostlin na dostatek až nadbytek dusíku je velmi zřetelná. Rostliny hůře přezimují, jsou vyšší, bohatě se větví, nevyrovnaně kvetou, dozrávají a snižuje se jim obsah oleje v semeni. Hustě zapojený porost také způsobuje mikroklima pro napadení rostlin houbovými chorobami (Baranyk et al., 2007).

2.1.3 Hnojení dusíkem

Řepka ozimá patří mezi nejnáročnější plodiny s průměrnou spotřebou 50 kg dusíku na 1 t semene a příslušné množství slámy. Vzhledem k dynamickému odběru dusíku a relativně dlouhé vegetační době se u řepky využívá dělená dusíkatá výživa 3 až 4–krát za vegetaci (Fecenko et Ložek, 2000).

Při hnojení dusíkem před setím musíme zohlednit obsah dusíku v orniční vrstvě. Pokud převyšuje hodnotu 40 kg/ha, pak hnojení dusíkem neprovádíme. Na podzim v průběhu vegetace přihnojujeme řepku na začátku října, pokud jsou porosty slabé, nebo pokud nebylo při předset'ové přípravě hnojeno dusíkem. Z hnojiv použijeme LAV, DAM 390, SAM 240 (Richter et al., 2001).

První jarní dávka regeneruje kořenový systém. Chceme-li zabezpečit vysoké výnosy, je třeba, aby měla řepka v počátečních jarních fázích vysoký obsah dusíku v biomase. V našich podmínkách činí velikost první dávky zpravidla asi 60–90 kg dusíku na hektar. Toto hnojení je rizikové, protože hrozí nebezpečí návratu zimy. Začínáme hnojit po ozimém ječmeni, ale nejdříve po 20. únoru. Doporučená hnojiva jsou LAV, DA.

Druhou dávku dusíku aplikujeme ve fázi tvorby nadzemní biomasy až počátek prodlužování. Termín je dán na 1.–10. dubna, to je přibližně 3 týdny po jarním hnojení. Doporučují se hnojiva DAM 390, LAV, DA, LV. Výhodné je použít DAM, který je možné použít současně s insekticidem, doporučená dávka 27 až 39 kg dusíku na hektar.

Třetí dávka dusíku ve fázi žlutých pupat má význam pouze na lehkých a chudých půdách v sušších oblastech, kde není zabezpečen odběr dusíku rostlinami v době květu a ve fázi zelených šesulí. Velikost dávky činí 20 až 30 kg dusíku na hektar za použití stejných dusíkatých hnojiv jako v druhé fázi (Vaněk et al., 2007).

2.2 Síra

Síra je pro všechny žijící organizmy esenciálním prvkem. Je součástí aminokyselin cysteinu a methioninu, mnoha bílkovin, prostetických skupin, několika koenzymů a vitamínů. Sirné sloučeniny hrají důležitou roli v rostlinných obranných mechanismech proti biotickým a abiotickým stresům (Zelený et Zelená, 1996).

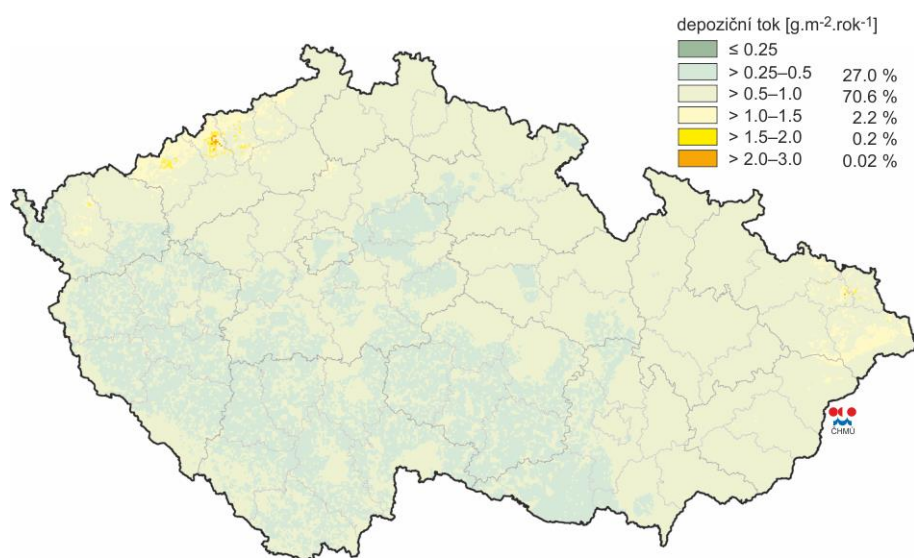
2.2.1 Síra v půdě

Celkový obsah síry v půdě kolísá od 0,01 do 2 %. Její obsah je závislý na půdním typu, druhu, obsahu humusu a mnoha dalších faktorech, které půdu ovlivňují. Poměr dusíku a síry se obvykle pohybuje v rozmezí od 10:1 do 7:1. Půdy chladné, vlhké a s nízkým obsahem organické hmoty jsou náchylné k nedostatku síry (Chow, 2010).

2.2.1.1 Zdroj síry

Síra se v půdě nachází v organických i minerálních sloučeninách. Jako přirozený zdroj se považují sirníky (pyrit, chalkopyrit, sádrovec, anhydrit, baryt). U zdravých půd je nejvíce síry ve formě sádry, která je i přes malou rozpustnost schopna zajistit rostlinám potřebné množství síry.

Atmosférické spady byly důležitým zdrojem síry pro rostliny. Síra se z atmosféry dostávala zpět na zemský povrch suchou depozicí SO_2 , nebo mokrou depozicí jako SO_4^{2-} aniont rozpuštěný ve srážkové vodě. Rostliny tyto formy přijímají přímou adsorpcí povrchem listů a kořeny z půdy. S provedenými změnami v průmyslové výrobě a s ekologickými investicemi klesly v České republice imise oxidu uhličitého. Z obrázku 5 vyplývá, že u 97,6 % našeho území je spad síry z atmosféry do 10 kg/ha. Toto množství je menší, než potřebuje většina plodin k optimálnímu růstu, aniž by se přihlíželo ke každoročnímu vyplavení síry. Richter (2007b) uvádí, že pokud se má kvalita plodin udržet na nynější úrovni, musí být redukce atmosférické síry alespoň z části nahrazena hnojením.



Obr. 5 Pole celkové roční depozice síry 2013 (zdroj:<http://chmi.cz>)

2.2.1.2 Ztráta síry

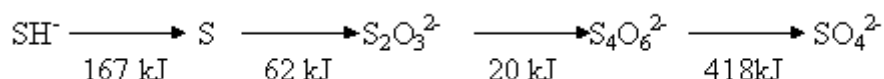
Hlavní příčinou ztráty síry z ornice je vymývání síranů. Vymývat se mohou i různé ve vodě rozpustné organické sloučeniny, které obsahují síru. Na intenzitu vymývání mají vliv různé faktory jako druh půdy, vododržnost, klimatické a povětrnostní podmínky (Zelený et Zelená, 1996). Richter (2007b) uvádí, že podle odhadů se ročně vyplavuje 1-60 kg/ha v síranové formě.

Zvyšující se intenzita pěstování plodin, rostoucí výnosy a rozšiřování osevních ploch odčerpává z půd velké množství síry. Odběr síry zemědělskými plodinami se pohybuje od 20 do 50 kg/ha (Zelený et Zelená, 1996).

2.2.1.3 Forma a přeměna síry

V půdě se síra vyskytuje v organických a anorganických sloučeninách. Organické sloučeniny síry mohou představovat 40–90 % půdní síry. Nacházejí se v rostlinných živočišných i mikrobiálních zbytcích ve formě bílkovin, polypeptidů a aminokyselin. Anorganické sloučeniny síry se vyskytují v půdě 10–60 % ve formě síranů, sulfidů a sulfátů. Sulfidy vznikají zvětráváním mateřských hornin i mineralizací organických látek i redukcí síranů. Sulfan a sulfidy tvořené mineralizací organických látek poměrně rychle oxidují na elementární síru a následně na síru síranovou.

Přeměnu síry v půdě můžeme rozdělit na čtyři základní fáze: oxidace, redukce, zabudování síry do organických sloučenin a mineralizace organických sloučenin síry. Samotná přeměna síry v půdě se uskutečňuje sulfurikací, desulfurikací a imobilizací síry. Sulfurikace je mikrobiální proces, u něhož jsou za pomoci sírných bakterií redukované formy síry oxidovány na sírany. Při tomto procesu se uvolňuje energie:



Obr. 6 Proces sulfurikace

Naopak desulfurikace je proces postupné redukce síranů, siřičitanů a síratanů na sirovodík (H_2S) za působení desulfurikačních bakterií. V mikroorganismech se může síra dočasně imobilizovat a po jejich odumření se vrací zpět do koloběhu. K imobilizaci síry dochází za tvorby humusových kyselin a humusu (Fecenko et Ložek, 2000).

2.2.2 Síra v rostlinách

Obsah síry v rostlinách je v rozmezí od 0,07 do 0,54 %. Obsah v jednotlivých orgánech je rozdílný. Síra se v rostlinách nachází v organických sloučeninách, ale můžeme ji najít i v anorganické formě pokud množství síry převyšuje její potřebu. Zdroj síry pro rostliny jsou soli kyseliny sírové (SO_4^{2-}). Nejdůležitější funkce síry v bílkovinách nebo polypeptidech je tvorba disulfidického můstku při syntéze cystinu z dvou molekul cysteinu. Síra se dále účastní enzymatických reakcí, je součástí koenzymu A a vitamínu biotinu a thiaminu (Fecenko et Ložek, 2000).

2.2.2.1 Příjem síry

Rostliny přijímají síru kořeny nejčastěji ve formě SO_4^{2-} iontů, pouze nepatrné množství jsou schopny přijímat ve formě nízkomolekulárních organických látek, např. cysteinu a methioninu. K úhradě potřeby síry mohou rostliny využívat i atmosférický oxid siřičitý, který je při nízkých koncentracích schopen nahrazovat síranové ionty (Zelený et Zelená, 1996).

Síra je v rostlinách transportována akropetálně. Kořeny a petioly je síra předávána mladším listům, nikdy ne naopak (Richter, 2004c).

Příjem síry je aktivní proces závisející na energii, který je řízen elektrochemickým gradientem protonů. Přes symport proton/sulfát ($3\text{H}^+ : 1 \text{SO}_4^{2-}$) je tento gradient generován. Permeáza lokalizovaná v, nebo na povrchu cytoplazmatické membrány působí jako bílkovinný přenašeč. Zpětná vazba je důležitým regulačním mechanismem příjmu sulfátů mezi koncentrací v protoplastu kořenových buněk a intenzitou příjmu. Rostliny jsou také mimo kořenové výživy schopné přijímat síru v plynné formě jako oxid siřičitý, kterou pokrývají do 30 % své celkové potřeby. Síru mohou přijímat také nadzemní části rostlin, a to ve formě foliárních kapalných hnojiv. Průchod elementární síry kutikulou je vzhledem k její cyklické struktuře a nerozpustnosti ve vodě možný až po oxidaci na sírany (Ryant, 2008).

Tab. 1 Vliv atmosférické koncentrace SO_2 na růst rostlin pěstovaných v živném roztoku bez S (Richter, 2004c)

Plodina	Koncentrace SO_2 v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$					Doba pěstování
	0,0	0,2	0,5	1,0	1,5	
	Výnos sušiny (g/rostlina)					
Slunečnice	70	103	103	113	100	15
Kukuřice	100	110	118	111	107	13
Tabák	31	41	43	54	46	9

Tab. 2 Vliv obsahu SO_4^{2-} v živném prostředí na hmotnost rostlin, obsah nitrátů, proteinu a S-sloučenin v listech (Richter, 2004c).

SO_4^{2-} v živném roztoku	čerstvá hmotnost (g)	[%]			
		síra SO_4^{2-}	organická S	nitráty N	proteinový N
0,1	13	0,003	0,11	1,39	0,96
1,0	50	0,003	0,12	1,37	1,28
10,0	237	0,009	0,17	0,06	2,56
50,0	350	0,100	0,26	0,00	3,25
100,0	345	0,360	0,25	0,10	3,20

V tabulce 2 a 3 je zobrazen vliv SO_2 a SO_4^{2-} na růst rostlin. Porovnááme-li vliv SO_2 a SO_4^{2-} , tak zjistíme výrazný vliv síranu na tvorbu rostlinné hmoty. (Richter, 2004c).

2.2.2.2 Projevy nedostatku

Prvním příznakem nedostatku síry je omezení syntézy bílkovin včetně enzymů, které vedou k omezení tvorby prvotních zdrojů organických dusíkatých látek, jako jsou aminokyseliny, bílkoviny a minerální dusíkaté látky v nitrátové formě nevyužité v pletivech. Snížením fotosyntetické asimilace se omezuje produkce cukrů a následně i obsah hlavních energetických složek rostlin, škrobů, cukrů apod. (Vaněk et al., 2007).

Na obrázku 6 vidíme typický příznak nedostatku síry, kterým je na rozdíl od dusíku žloutnutí nejmladších listů a při trvalém nedostatku přechází i na ostatních částí rostliny (Richter, 2004c). Rostliny dále špatně rostou, sice vzpřímeně velmi slabě, nízko a připomínají strádající rostliny (Vaněk et al., 2007).



Obr. 6 Deficiente síry na listech řepky olejně (Richter, 2004c)

2.2.2.3 Projevy nadbytku

Příznaky poškození rostlin nadbytkem oxidu siřičitého nejsou specifické, ale jsou blízké příznakům způsobených zasolením, suchem a vysokou teplotou. Náhlé poškození vysokými koncentracemi SO_2 se na rostlinách projevuje podobným způsobem jako působení H_2SO_4 . Častou interakcí listy žloutnou, dochází k vybělení tkání mezi nervaturou v důsledku rozpadu chlorofylu a karotenů, následně listy opadají a rostlina odumírá (Zelený et Zelená, 1996).

Při vystavení rostlin krátkodobému působení vysokých koncentrací síry (50 mg SO_2 na m^3) dochází k intervenálním chlorózám a nekrotickým, způsobuje také depresi čisté fotosyntézy (Ryant, 2008).

2.2.3 Hnojení sírou

Řepka je plodina náročná na výživu sírou, ale má také schopnost uvolňovat síru i z méně mobilních forem v půdě. Je schopna pomocí enzymatické aktivity arylsulfatázy mobilizovat síru z organických sloučenin. Samozřejmě součástí pěstební technologie by mělo být hnojení sírou především na půdách lehkých a středních s nízkou hladinou podzemní vody, u kterých je možné se setkat s jejím nedostatkem (Vaněk et al., 2007).

Optimální dusíkato-sírná výživa řepky pozitivně zvyšuje využití dusíku a ta se následně projeví zvýšeným výnosem a stabilizovaným obsahem tuku v semeni (Richter, 2004c).

V běžném pěstování hnojíme sírou ve třech termínech. Základním hnojením dodáme do půdy asi 20 kg síry na hektar doporučenými hnojivy DASA, Kieserit, jednoduchý superfosfát a síran draselný. Pouze při nedostatku síry hnojíme i na podzim, konec září a začátek října pokud nebylo provedeno hnojení před setím. Použijeme Kieserit, Hořkou sůl, nebo listová hnojiva se sírou. Na jaře hnojíme v závislosti na obsahu minerální síry v ornici dávkami 20 až 40 kg síry na hektar. Síru lze aplikovat společně s dusíkem vhodnými hnojivy DASA, YaraBela SULFAN, AGROSAM, SAM atd. Hnojíme na začátku časného jara, kdy je využití síry z hnojiva nejvyšší a deficit síry v půdě je nejzřetelnější (Baranyk et al., 2010).

2.3 Účinek dusíkato-sírných hnojiv na výnos a olejnatost semene

Z tabulky 3 je patrné, že zajištěním optimálního obsahu síry v rostlině řepky ozimé se zvyšuje výtěžnost oleje na rostlinu, výnos semene a využití dusíku. Při poklesu pod kritickou hranici se deficiencie síry neprojeví přímo na rostlině, ale snižuje se rychlost biosyntézy bílkovin, a tím klesá i celková produkce rostliny. Obsah proteinů je závislý na poměru N/S, který by měl být v rozsahu od 30/1 do 40/1, poměr N/S proteinů chloroplastů s nukleovými kyselinami je užší, tj. (15/1 a 18/1) (Richter, 2004c)

Tab. 3 Vliv síry na výnos semene a obsah tuku (Richter, 2004c)

Varianta	Výnos semene g/nádoba	% N	% S	% tuku	Výtěžnost tuku g/nádoba
N ₁ PK	14,16	2,91	0,15	39,8	5,63
N ₂ PK	14,89	3,16	0,19	36,3	5,40
N ₁ PK + S ₁	15,63	3,02	0,21	41,6	6,50
N ₂ PK + S ₂	18,19	3,28	0,19	37,2	6,76

2.4 Pomalu působící dusíkatá hnojiva

Jde o hnojiva, která se pomalu rozpouští a jsou vhodná k aplikaci většího množství, aniž by poškodila počáteční vývoj rostlin a měla negativní dopad na životní prostředí. Zajišťují přísun dusíku během vegetace podle potřeby rostlin. Obsahují dusík v organické, nebo minerální formě ve vodě těžko rozpustné, která se pro rostliny zpřístupní až po mikrobiální aktivitě. Mohou to být i standardní granulovaná hnojiva, která mají na povrchu polorozpustný obal propouštějící dusík postupně (Hlušek, 2004).

2.4.1 Obalovaná hnojiva

Jedním ze způsobů, jak zabránit rychlému uvolnění, nebo znehodnocení, je použití obalovaného hnojiva. Využívají se klasická granulovaná hnojiva, která mají na svém povrchu obalovou vrstvu, nebo blánu zajišťující postupné uvolňování. Mohou být vyrobeny z parafínu, dehtu, síry, pryskyřice aj. (Hlušek, 2004).

2.4.2 Kondenzáty močoviny

Tato hnojiva obsahují v průměru 30–40 % pomalu rozpustných sloučenin dusíku v organické, nebo minerální formě ve sloučeninách ve vodě těžce rozpustných, které ovlivňují negativní vyplavování dusíku. Na rychlost uvolňování mají vliv fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, především teplota, pH půdy, vlhkost a aktivita půdní mikroflóry. Jde o produkty na bázi kondenzace močoviny s některými aldehydy.

Močovinoformaldehydová hnojiva

Jsou to produkty na bázi kondenzace močoviny s formaldehydem. Nejznámějším hnojivem je Ureaform s obsahem 38–42 % dusíku, které je zdrojem pomalu působícího dusíku v tvarovaných hnojivech (Hlušek, 2004).

Močovinoacetaldehydové hnojivo (Z-močovina)

Vzniká kondenzací močoviny s acetaldehydem za obsahu 33–38 % Dusíku. Obsahuje 33–38 % dusíku (Hlušek, 2004).

Močovinkrotonaldehydové hnojivo (CD – močovina)

Hnojivo vyrábíme z močoviny a krotonaldehydu, obsahuje 30–32 % dusíku (Hlušek, 2004).

Močovinoizobutyraldehydové hnojivo

Je produktem kondenzací močoviny s izobutyraldehydem (Hlušek, 2004).

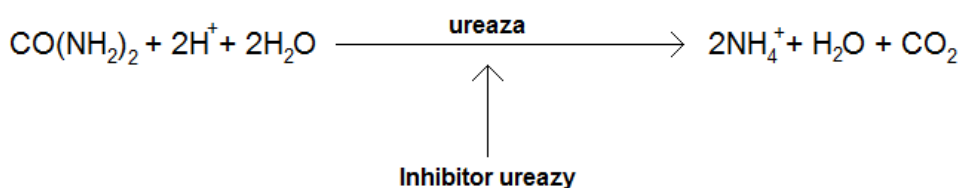
2.4.3 Hnojiva s inhibitory

Pro úspěšné pěstování je potřeba uplatňovat nové technologické postupy u výživy rostlin. Cílem uplatňování těchto technologií je zvýšení efektivity hnojení dusíkem. Stabilizovaná hnojiva jak s inhibitory nitrifikace, tak s inhibitory ureázy jsou nástrojem těchto nových technologií. Snížený počet aplikací, možnost flexibility aplikace dávek a zlepšení ekologie omezováním znečištění vod a ovzduší patří k jejich klíčovým vlastnostem (Šimka et al., 2011).

V půdě stabilizují a zpomalují přeměnu amonného dusíku na nitrátový, inhibitory nitrifikace, které omezují ztráty vyplavováním. Inhibitory nitrifikace na rozdíl od inhibitorů ureázy se v půdě pohybují společně s dusíkem a ovlivňují jeho přeměnu. Pro jejich využití jsou vhodné oblasti s vyššími srážkami a možnost aplikace k rostlinám v jednorázových dávkách dusíku (Růžek et Pišánová, 2007.)

2.4.3.1 Hnojiva s inhibitory ureázy

Termín ureáza představuje enzym, který rozkládá močovinu. Aby povrchově aplikovaná močovina měla více času proniknout hlouběji do půdy a nezůstávaly vysoké koncentrace NH_4^+ na povrchu, tak inhibitory ureázy zpomalují procesy hydrolyzy močoviny na oxid uhličitý a amoniak. Dále dochází k potlačení nežádoucího efektu hydrolyzy močoviny, který způsobuje akumulace NO_2^- působící negativně na klíčení semen a mladým rostlinám. Při transportu se odděluje inhibitor ureázy od močoviny, která se následně hydrolyzuje a tím dochází ke snížení rizika vyplavení močoviny pryč od kořenů pěstovaných rostlin. Negativní vlastnost inhibitorů ureázy je krátká doba působení (do dvou týdnů). Močovinu s inhibitory ureázy používáme v systémech půdoochranných technologií a v oblastech s častými a pozdějšími jarními přísušky (Růžek et Pišánová, 2007).

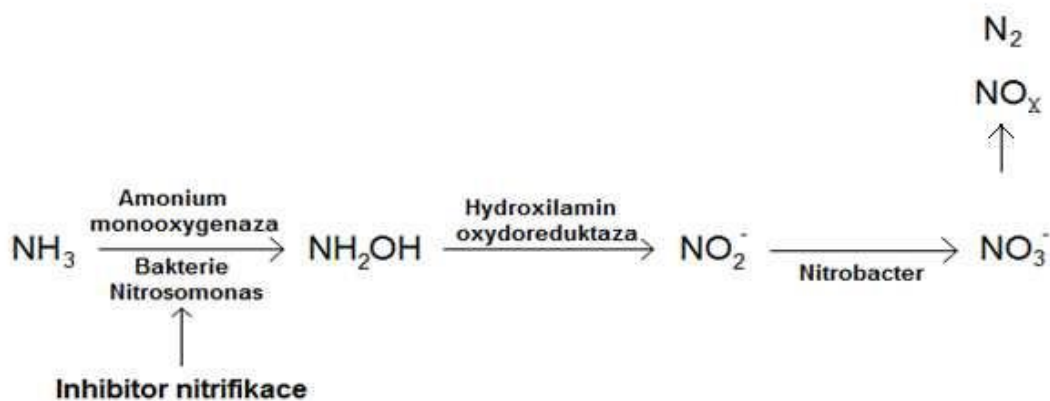


Obr. 9 Schéma hydrolyzy močoviny s použitím inhibitoru ureázy (Watson et al., 2009)

UREA Stabil je zástupcem hnojiv s inhibitory ureázy. Je to granulované hnojivo, které zajišťuje rychlý průnik dusíku do kořenové zóny a zvyšuje přístupnost pro rostliny. Inhibitor ureázy, kterým je granule na povrchu obalena, oddaluje po rozpuštění přeměnu $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ na NH_4^+ a zvyšuje tak přímou účinnost aplikovaného dusíku. K vlastní hydrolyze dochází až po zasáknutí roztoku hnojiva, kdy dojde vlivem rozředění k poklesu koncentrace inhibitoru. K řepce ozimé se doporučuje podzimní hnojení v dávce 80-130 kg/ha a regenerační hnojení nebo produkční v dávce 200-300 kg/ha (Agra Group, 2009).

2.4.3.2 Hnojiva s inhibitory nitrifikace

V Evropě a v Německu je nejpoužívanějším inhibitorem nitrifikace (DCD) dikyandiamid. Jde o organický amid, který působí na enzym bakterií rodu *Nitrosomonas*. Těmto bakteriím je díky amidům potlačena jejich biologická aktivita, ale jeho vlivem nejsou usmrceny (Zerulla et al., 2001).

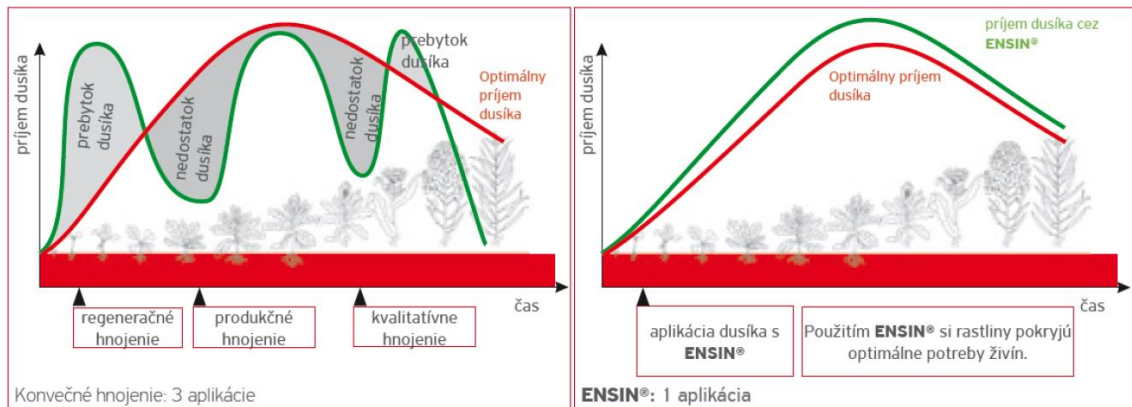


Obr. 7 Schéma nitrifikace při použití inhibitoru nitrifikace (Watson et al., 2009)

Jedním z hnojiv s inhibitory nitrifikace je ALZON 46, který je na bázi močoviny, přičemž celkový obsah močoviny má 46 %. Tato hnojiva vyrábí německá společnost SKW Peisteritz, která pro řepku ozimou doporučuje dávku 125-180 kg/ha na začátku vegetace (SKW Stickstoffwerke Piesteritz, 2014).

Dalším z hnojiv s inhibitory nitrifikace je universální hnojivo pro trávníky, zahrádky a zemědělství ENTEC 26. Jde o granulované hnojivo s celkovým obsahem 26 % dusíku a 13 % vodorozpustné síry. Toto hnojivo plně pokrývá potřebu síry a další přihnojování sírou tak není nutné. Doporučená dávka pro řepku ozimou je 400–600 kg/ha (Agrostis, 2013).

Jednou z posledních novinek u nás je hnojivo ENSIN. Je to granulované hnojivo s obsahem síry a inhibitorů nitrifikace dikyandiamid (DCD) a 1, 2, 4 triazol (TZ), je zelené s povrchovou úpravou. Inhibuje oxidaci čpavkového dusíku na dusík dusičnanový v půdě. Na obrázku 8 je zobrazeno porovnání příjmu dusíku rostlinou za použití hnojiva ENSIN a při konvenčním hnojení. Jde zde vidět, že ENSIN zajišťuje pro řepku během jarní vegetace dostatečný přísun dusíku, který neklesá jak u klasických hnojiv.



Obr. 8 Příjem dusíku rostlinou za použití různých hnojiv (Duslo, 2012)

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíl práce

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnotit vliv dusíkato-sírných hnojiv s inhibitory nitrifikace na bázi hnojiva DASA v porovnání s ostatním použitým hnojivem bez inhibitoru a nehnojenou kontrolou na výnos a olejnatost sklizeného semene. Předpokladem použitých dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace oproti hnojivům konvenčním je udržení minerálního dusíku v amonné formě a během vegetace ho postupně měnit na formu nitrátovou s pozitivním vlivem na výnos a olejnatost.

3.2 Materiál a metodika pokusu

3.2.1 Charakteristika pokusného stanoviště Vatín

Pokusné stanoviště VPS (výzkumná pícninářská stanice) Vatín se nachází na Českomoravské vrchovině, asi 8 km od města Žďár nad Sázavou. Jedná se o pokusnou stanici Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Nadmořská výška je zde 560 m nad mořem a patří do bramborařské výrobní oblasti. Roční průměrné srážky zde dosahují 617 mm a průměrná roční teplota je 6,9 °C. Půdní typem je zde kambizem, písčitohlinitá, patřící do středních půd.



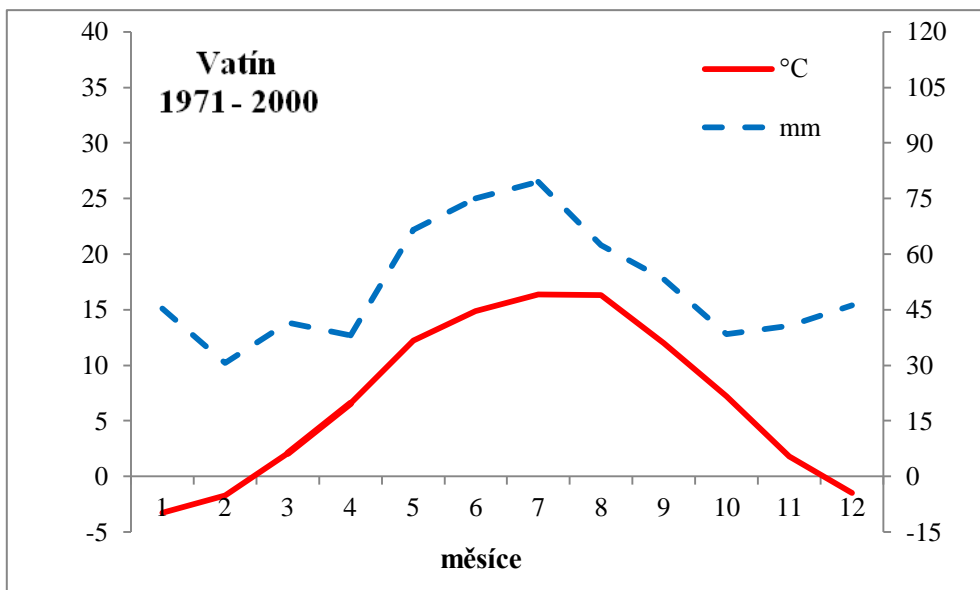
Ap 0- hnědý, středně vyvinutá drobtová struktura, 6 – 8 % skeletu, vlhá, drobná, střední oživení

Bv- šedohnědý, bez zřetelné struktury, hlinitopísčité, výjimečně oblé valouny 7 cm, vlhá slabě zhutnělá, výjimkou chodby žížal

BC- rezavohnědý, jemnozerní hlinitopísčité, s hloubkou roste obsah skeletu

Cn- zvětralá biotická ortorula

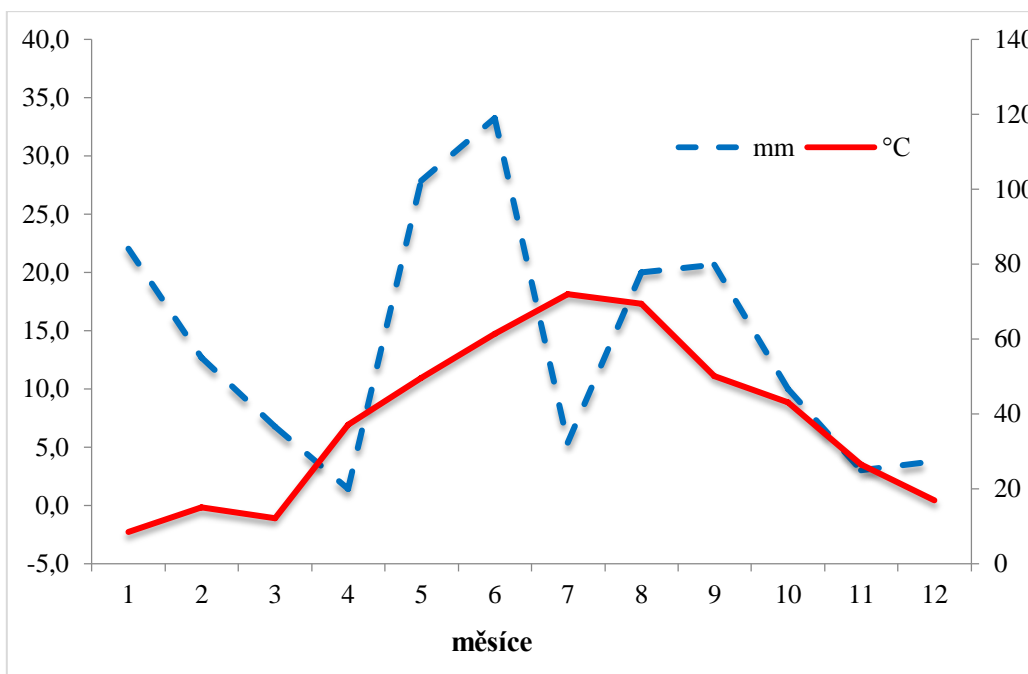
Obr. 7 Půdní profil Vatín



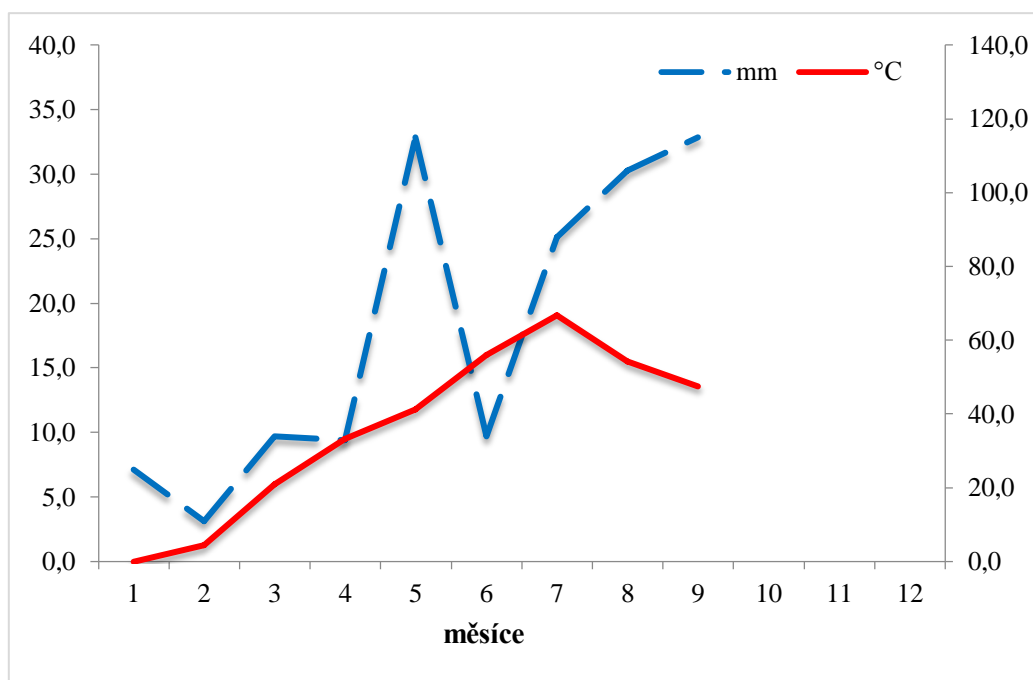
Graf 1 Klimatický normál Vatín 1971-2000

Graf 1 ukazuje dlouhodobý průběh průměrných srážek a teplot ve Vatíně mezi roky 1971–2000.

Na grafu 2 je znázorněn průběh průměrných teplot a srážek roku 2013. Jde vidět, že po zasetí koncem srpna měla řepka dostatek vláhy na vzejití a průběh klesání teplot s blížící se zimou nebyl skokový, ale pozvolný.



Graf 2 Klimadiagram Vatín 2013



Graf 3 Klimadiagram Vatin 2014

Počátek jara 2014 byl v porovnání s průměrem (1971-2000) srážkově normální. Za měsíc březen a duben napadlo 67 mm srážek. Zbytek vegetačního období kromě května, který byl srážkově nadnormální (115 mm) byl srážkově a teplotně bez větších extrémů. Měsíc sklizně (srpen) byl srážkově nadnormální a teplotně normální, což bylo příznivé pro vysušení porostu na potřebnou sklizňovou vlhkost. Nejchladnější měsíc byl leden s průměrnou teplotou 0 °C a nejteplejší byl měsíc červenec s nadnormální průměrnou teplotou 19,1 °C.

3.2.2 Metodika pokusu

Problematika byla řešena formou maloparcelkového polního pokusu ve vegetačním období sezóny 2013/2014, kde každá parcelka měřila 1,5 m x 10 m (celkem 15 m²). Předplodinou byla ozimá pšenice. Každá varianta pokusu byla provedena ve čtyřech opakováních. Po předplodině byla provedena podmítka a následně příprava pozemku před setím. Výsev řepky ozimé byl proveden 22. 8. 2013, po setí byl pozemek následně uválen.

Před setím byly odebrány půdní vzorky (tabulka 4), kterými se zjišťoval obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg, Svod, pH/CaCl₂). Rozbor prováděla Akreditovaná laboratoř LITOLAB, spol. s r. o.

Tab. 4 Obsah přístupných živin 8/2013

pH/CaCl ₂	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S _{vod} (mg/kg)
5,26	61	278	981	158	14,6

Agrotechnický rozbor půdy s hodnotou pH 5,26 vykazuje kyselou půdní reakci. Podle Škarpy (2009) je obsah fosforu vyhovující, obsah draslíku dobrý, obsah vápníku nízký a obsah hořčíku vyhovující. Podle Richtera (2007b) je obsah vodorozpustné síry (14,6 mg/kg) pod hodnotou 20 mg/kg, což je velmi nízký obsah síry.

Chemická ochrana porostu se provedla 2. 10. 2013 herbicidem BRASAN v dávce 1,5 l na hektar.

Řepka ozimá byla sklizena pokusnickou sklízecí mlátičkou SAMPO 8. 8. 2014. Po sklizni byla stanovena olejnatost a vypočítán výnos v tunách na hektar, dále byly provedeny rozborů půdy na obsah minerálního dusíku a vodorozpustné síry.

Na obrázku 8 je zobrazen porost po přezimování a na obrázku 9 je porost v prodlužovací fázi až počátek květu.



Obr. 8 Porost řepky po přezimování (26. 2. 2014)



Obr. 9 Porost řepky ve fázi butonizace až počátek květu (28. 4. 2014)

3.2.3 Varianty hnojení

Varianty a termíny hnojení jsou uvedeny v tabulce 5. V pokusech byla použita hnojiva s inhibitory nitrifikace ENSIN a ENTEC 26, která byla aplikována v 80 % a 100 % dávkách hnojiva a běžné hnojivo DASA s DAM 390.

Tab. 5 Varianty hnojení

Varianta hnojení	Regenerační hnojení (11. 3. 2014)		Produkční hnojení I. (4. 4. 2014)		Produkční hnojení II. (6. 5. 2014)		Dávka N celkem kg/ha
	N kg/ha	hnojivo	N kg/ha	hnojivo	N l/ha	hnojivo	
NEHNOJENO							
ENSIN 100 %	194	ENSIN					194
ENSIN 80 %	155	ENSIN					155
ENTEC 26 100 %	194	ENTEC 26					194
ENTEC 26 80 %	155	ENTEC 26					155
DASA+DASA	78	DASA	58	DASA	150	DAM	194

3.2.4 Použitý materiál

3.2.4.1 Osivo

Použité osivo byla odrůda pylově fertilní hybrid DK EXQUISITE, jde o středně hybridní odrůdu s vysokými rostlinami, která je odolná vůči poléhání a vyzimování, dává vysoký výnos semene. Doporučený výsevek je 0,9 výsevní jednotky (VJ), to je 450 tisíc klíčících semen.

3.2.4.2 Pesticidy

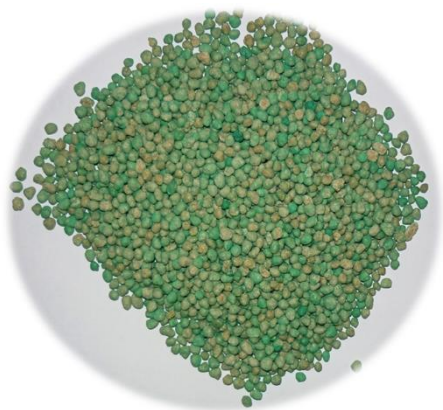
BRASAN

Je speciálně vyvinut pro hubení plevelů v řepce, má nejširší spektrum působení včetně brukvovitých. Účinná látka dimethachlor je selektivní půdní herbicid a proniká do rostlin kořeny a nadzemními částmi je translokován v růstových vrcholech (E-agro, 2015).

3.2.4.3 Hnojivo

ENSIN

Je hnojivo na bázi dusičnanu a síranu amonného v kombinaci s inhibitory nitrifikace dikyandiamid - DCD a 1,2,4 triazol – TZ (DCD + TZ). ENSIN je vytvořen z produktu DASA 26/13, využíváný na našem území téměř 15 let. Byl vyvinut Duslo, a.s. Šála a za spolupráce v rámci společností koncernu AGROFERT (zejména SKW Piesteritz GmbH). Z celkového obsahu dusíku jsou 2/3 ve formě amonné, která je stabilizována inhibitory nitrifikace. Zbývajících 7,5 % dusíku je v nitrátové formě umožňující okamžité přijetí rostlinou.



Obr. 10 Hnojivo ENSIN (zdroj: www.bvv.cz)

ENTEC 26

Jde o moderní dusíkaté hnojivo s inhibitory nitrifikace nové generace, které má vyšší účinnost dodaného dusíku a méně zatěžuje životního prostředí. Využívá nový typ inhibitoru DMPP (di-methylpyrazol fosfát), který je biologicky nezávadný a odbouratelný v půdním prostředí během 4-10 týdnů. Obsahuje více než 70 % celkového dusíku v amonné formě. ENTEC je schopen plně pokrývat nároky rostlin na obsah síry. Vyrábí ho německá firma K+S Nitrogen GmbH Reichkanzler-Muller.



Obr. 11 Hnojivo ENTEC 26 (zdroj: www.agrostis.cz)

DASA

Je dusíkaté hnojivo se sírou. Obsahuje směs dusičnanu amonného a síranu amonného s celkovým obsahem 26 % dusíku (8,7 % N-NO_3^- a 17,3 % N-NH_4^+) a 13 % síry. Vyrábí se ve formě bílých granulí.

DAM 390

DAM 390 je kapalné dusíkaté hnojivo s 30 % obsahem dusíku, z toho obsahuje jednu čtvrtinu v amonné, jednu čtvrtinu v dusičnanové a jednu polovinu v amidické formě. Je tvořen z roztoku dusičnanu amonného a močoviny. Ve 100 litrech obsahuje 39 kg dusíku. Je silně korozivní a při skladování nevyžaduje uzavřené tlakové nádoby. (Agrochemtrade, 2010).

3.2.5 Analytické metody

3.2.5.1 Analýza půdy

Stanovení výměnné půdní reakce

Výměnná půdní acidita je dána ionty vodíku, které jsou sorbovány půdními koloidy, za určitých podmínek se mohou uvolnit do půdního roztoku a tím zvyšovat aktivní kyselost půdy. Výměnná půdní reakce se stanovuje ve výluhu 0.01 M CaCl₂ a měří se potenciometricky pH metrem jako pH v CaCl₂ (Škarpa, 2009).

Stanovení přístupných živin v půdě

Přístupné živiny se stanovují ve výluhu podle MEHLICHA III – fosfor se stanovuje spektrofotometricky za pomoci spektrofotometru, draslík metodou plamenné fotometrie, vápník a hořčík atomovou absorpční spektrofotometrií (Škarpa, 2009).

Stanovení vodorozpustné síry v půdě

Vodorozpustná síra se stanovuje z extraktu půdy metodou ICP-OES a měří se atomovou absorpční spektrofotometrií (Zbíral, 2002).

Stanovení dusíku v rostlinné hmotě

Obsah dusíku se stanovuje Kjeldahlovou metodou spalování rostlinné hmoty mokrou cestou použitím kyseliny sírové a peroxidu vodíku. Celkový nitrátový dusík se měří iontovou selektivní elektrodou (Škarpa, 2009).

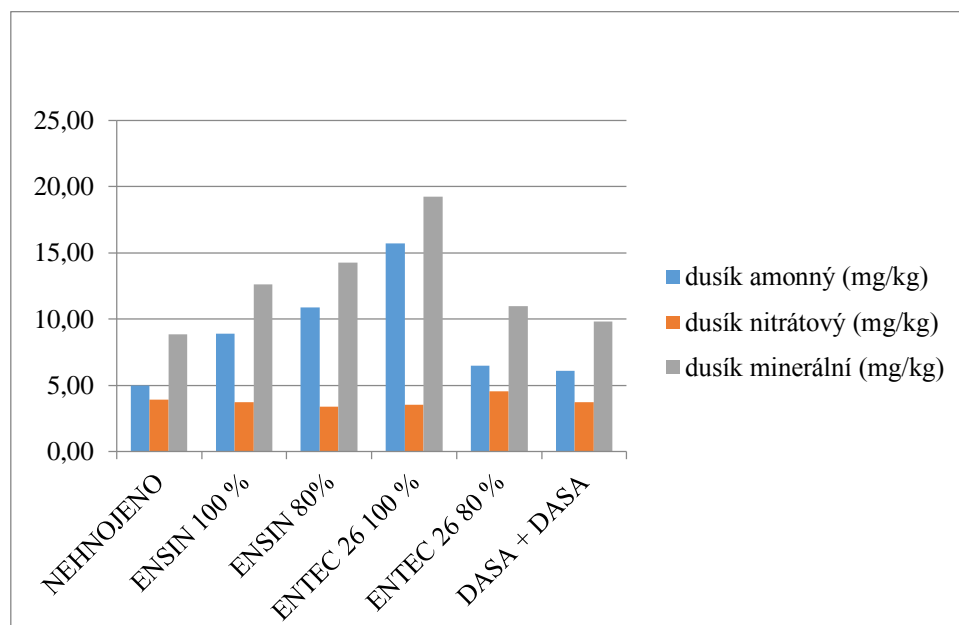
Stanovení síry v rostlinné hmotě

Hmota byla rozložena koncentrovanou kyselinou dusičnou a peroxidem vodíku. Síru v rostlinné hmotě jsme stanovili použitím metody optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Zbíral, 2002).

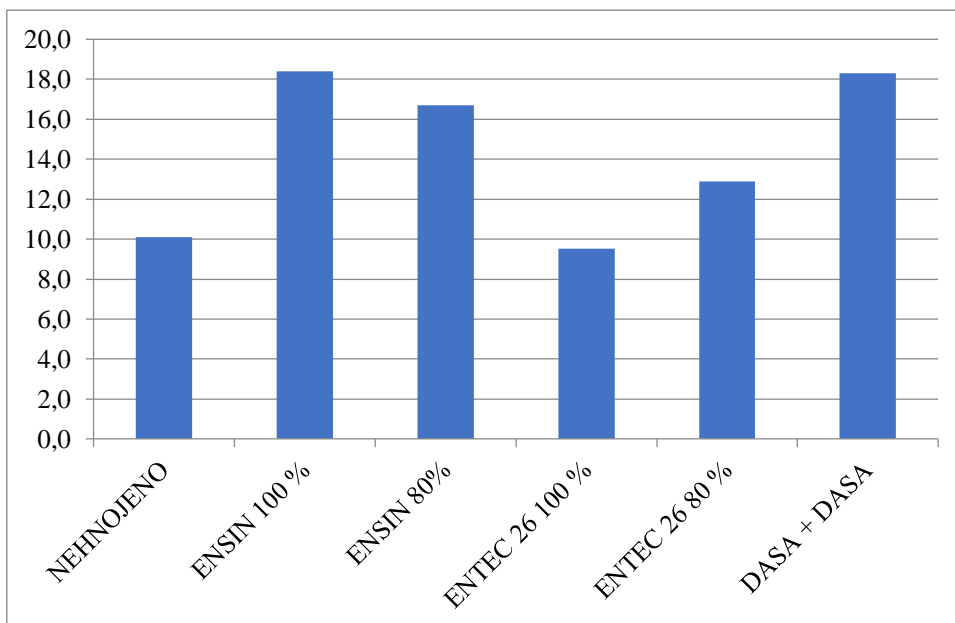
4 VÝSLEDKY

4.1 Obsah dusíku a síry v půdě

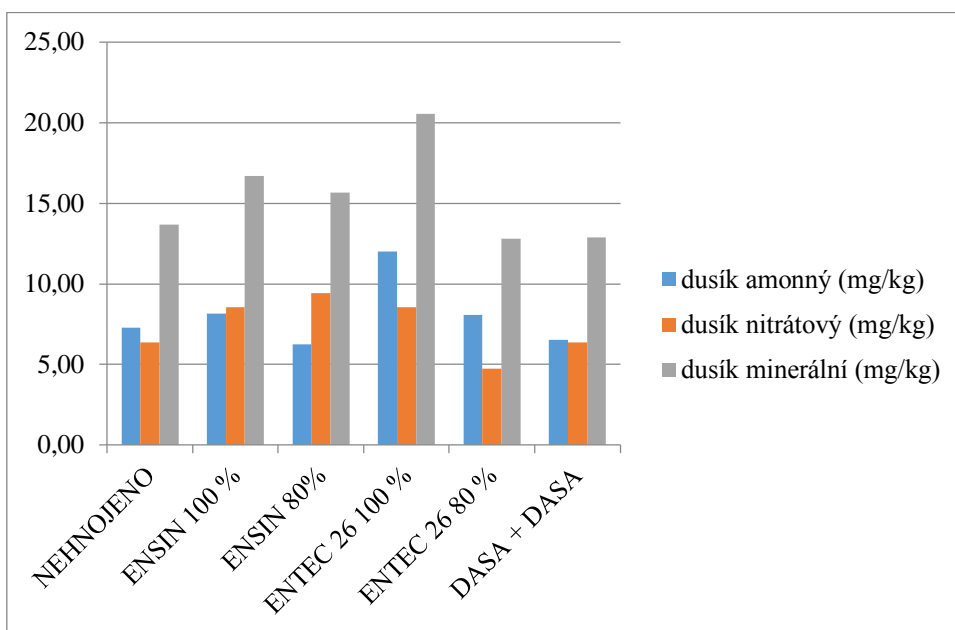
Odezvu regeneračního a prvního produkčního hnojení nám ukazuje graf 4 a 5, ve kterém jsou zaznamenány hodnoty minerálního dusíku v jeho nitrátové (NO_3^-) a amonné (NH_4^+) formě a vodorozpustná síra. Nejvyšší hodnoty minerálního dusíku měla varianta ENTEC 26 100 % (19.2 mg/kg) a nejvyšší obsah síry vodorozpustné měla varianta ENSIN 100 % (18,4 mg/kg). Nejnižších hodnot minerálního dusíku (8.9 mg/kg) dosahovala nehnojená kontrola. Síru vodorozpustnou měla nejhorší varianta ENTEC 26 100 % (9,5 mg/kg). Podle Richtera et al., (2001) mají všechny varianty nízký obsah vodorozpustné síry (pod 20 mg/kg půdy).



Graf 4 Obsah minerálního dusíku (28. 5. 2014)

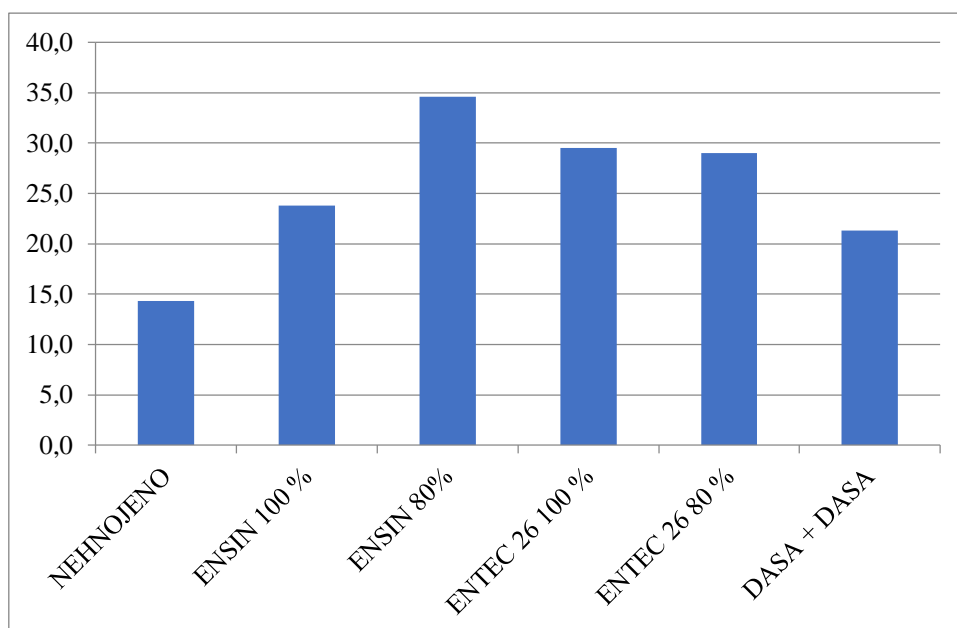


Graf 5 Obsah vodorozpustné síry (28. 5. 2014)



Graf 6 Obsah minerálního dusíku (8. 8. 2014)

Graf 6 a 7 ukazuje hodnoty změřené po sklizni. Nejvyšších hodnot minerálního dusíku dosahovala varianta ENTEC 26 100 % (20,5 mg/kg). V síře vodorozpustné dosahovala nejvyšších hodnot varianta ENSIN 80 % (34,6 mg/kg), což je podle Richtera et al., (2001) střední obsah.



Graf 7 Obsah vodorozpustné síry (8. 8. 2014)

4.2 Obsah N a S v rostlinách

V tabulce 6 jsou zaznamenány výsledky rozborů vzorků rostlin, které se odebíraly ve fázi butonizace až počátek květu. Rozbor rostlin stanovil obsah síry a dusíku v sušině. Podle Richtera et al., (2001) měl být optimální obsah dusíku v sušině 4,9 %. Hodnoty ukazují, že tomu tak není ani v jedné hnojené variantě. U stanovení síry výsledky též neodpovídají normálu 0,60 mg/kg, ale jejich hodnoty nejsou od minima razantně vzdáleny jako tomu je u obsahu dusíku. Všechny varianty hnojení jsou pod normálem. Nejvyšších hodnot dosahoval u minerálního dusíku ENTEC 26 100 % a u síry vodorozpustné varianta DASA+DASA. Nehnojená varianta měla obdobné hodnoty jako varianty hnojené. Na obrázku 9 rostliny při odběru vzorků 28. 4. 2014.

Tab. 6 Procentické zastoupení N a S v rostlině

Varianta	% v sušině		N/S	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)
	N	S		
NEHNOJENO	1,59	0,451	3,5:1	3,0
ENSIN 100 %	1,27	0,408	3,1:1	6,2
ENSIN 80 %	1,03	0,356	2,8:1	5,1
ENTEC 26 100 %	1,72	0,388	4,4:1	6,5
ENTEC 26 80 %	2,19	0,406	5,4:1	4,4
DASA + DASA	1,27	0,446	2,8:1	4,5

4.3 Výnos semene

Z tabulky 7 je patrné, že hnojení hnojivy s inhibitory mělo statisticky významný vliv na výnos semene řepky ozimé.

Tab. 7 Analýza variance výnosu zrna

Faktor	s.v.	SČ	PČ	Testované kritérium F	Vliv faktoru
varianta	5	9,02	1,8	5,98	**
chyba	18	1,42	0,6		
celkem	23	10,44			

Pozn.: s.v. – stupně volnosti, SČ – součet čtverců, PČ – průměrný čtverec, Vliv faktoru: ** - průkazný vliv

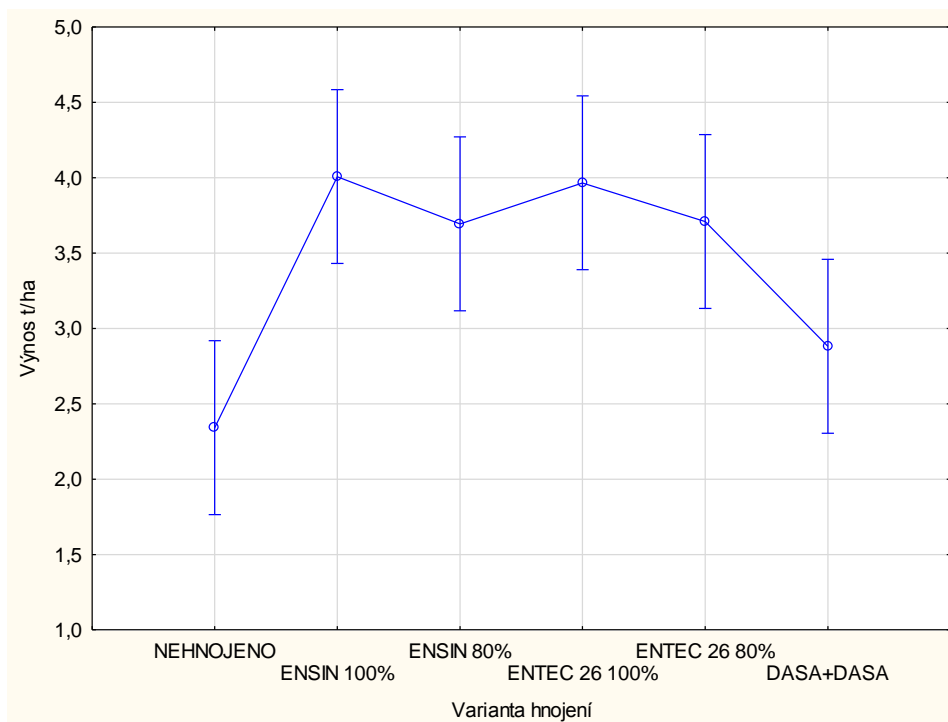
Tab. 8 Průměrné hodnoty výnosu (t/ha) semene a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye

Varianta	n	Průměr ± sx	Statistická průkaznost rozdílů	Vyjádření v relativních %
NEHNOJENO	4	2,34±0,33	b	100
ENSIN 100 %	4	4,00±0,25	a	171
ENSIN 80 %	4	3,69±0,44	a	158
ENTEC 26 100 %	4	3,96±0,65	a	169
ENTEC 26 80 %	4	3,70±0,87	a	158
DASA + DASA	4	2,88±0,48	ab	123

Pozn.: n - počet pozorování, sx- směrodatná odchylka; Průměry jednotlivých variant se neliší, pokud je u nich uvedeno shodné písmenko.

V tabulce 8 jsou vyobrazeny průměrné výnosy řepky ozimé, které se pohybovaly od 2,34 t/ha u nehnojené kontroly, do 4,0 t/ha u varianty ENSIN 100 %. Mezi testovanými variantami na průměrný výnos se statisticky liší varianta NEHNOJENO s variantami ENSIN 100 %, ENSIN 80 %, ENTEC 26 100 % a ENTEC 26 80 %.

Výnosový průměr pro Českou republiku byl ve sklizňovém roce 2014 3,96 t/ha (EAGRI, 2014). Z tabulky 8 je tedy zřejmé, že republikový průměr přesáhla pouze varianta ENSIN 100 %. Ostatní varianty hnojení republikový průměr nepřesáhly, jen se k němu blížily, kromě varianty ENTEC 26 100 %, který byl obdobný.



Graf 8 Výnos semene řepky ozimé u zkoušených variant

4.4 Olejnatost semene

Ovlivnění míry olejnatosti semene řepky ozimé různými variantami hnojení uvádí tabulka 9. Na hodnoty olejnatosti neměla aplikace různých hnojiv průkazný vliv.

Tab. 9 Analýza variance olejnatosti semene řepky ozimé

Faktor	s.v.	SČ	PČ	Testované kritérium F	Vliv faktoru
varianta	5	1,21	0,24	0,24	NS
chyba	18	18,16	1,01		
celkem	23	19,38			

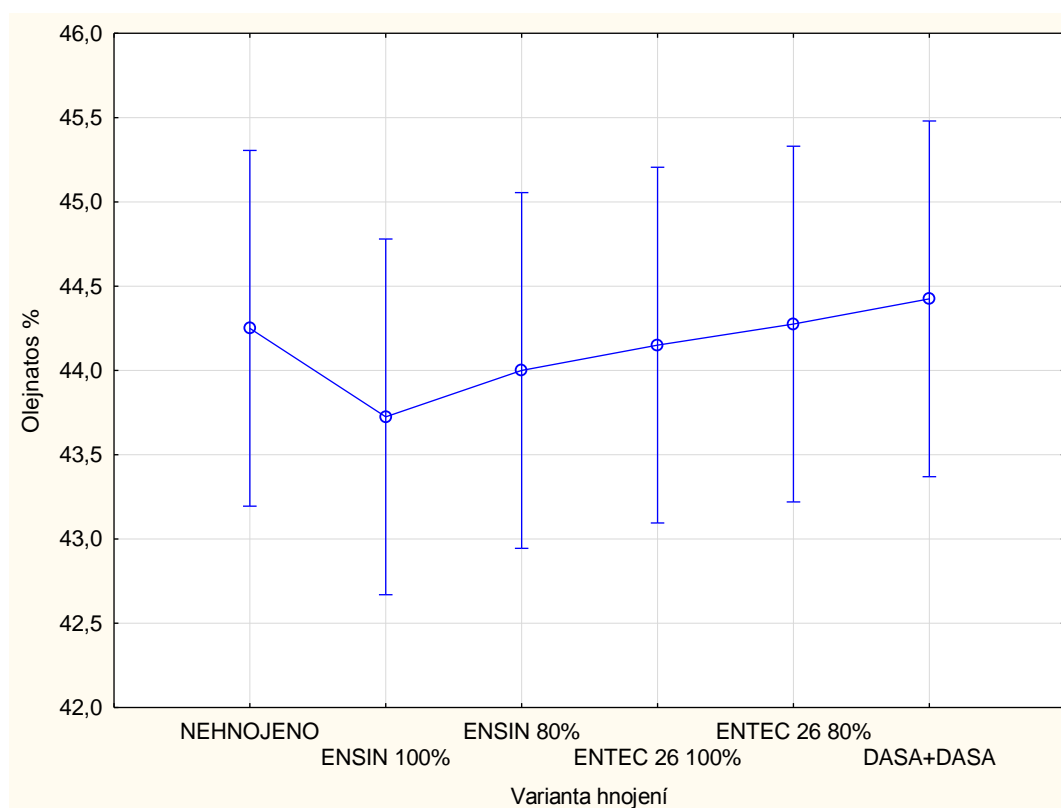
Pozn.: s.v. – stupně volnosti, SČ - součet čtverců, PČ – průměrný čtverec, Vliv faktoru: NS – neprůkazný vliv

Tab. 10 Průměrné hodnoty olejnatosti (%) semene řepky a průkaznost jejich rozdílu podle Tukeye

Varianta	n	Průměr ± sx	Statistická průkaznost rozdílu	Vyjádření v relativních %
NEHNOJENO	4	44,25±1,27	a	100
ENSIN 100 %	4	43,72±1,21	a	98
ENSIN 80 %	4	44,00±1,14	a	99
ENTEC 26 100 %	4	44,15±0,68	a	99
ENTEC 26 80 %	4	44,27±0,91	a	100
DASA + DASA	4	44,42±0,58	a	100

Pozn.: počet pozorování, sx- směrodatná odchylka

V tabulce 10 jsou uvedeny průměrné dosažené hodnoty olejnatosti jednotlivých variant zkoušeného hnojení. Je patrné, že žádná varianta hnojení nemá průkazný vliv na olejnatost, jelikož rozdíly mezi variantami se pohybují pouze v jednotkách procent (2 %). Průměrná olejnatost se pohybovala od 43,72 % u varianty ENSIN 100 %, až do 44,42 % u varianty DASA+DASA. Druhou nejlepší olejnatost 44,27 % dosahovala varianta s použitím hnojiva ENTEC 26 100 %.



Graf 9 Olejnatost semene jednotlivých variant

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení účinku dusíkato-sírných hnojiv s inhibitory nitrifikace na bázi hnojiva DASA v porovnání s nehnojenou variantou a variantou hnojenou konvenčním hnojivem DASA+DASA na výnos a olejnatost semene. Dalším hodnoceným kritériem byl obsah minerálního dusíku a vodorozpustné síry v půdě. Výsledky těchto pokusů jsou shrnuty v následujících bodech:

- Nejvyšší obsah minerálního dusíku v půdě (19,2 mg/kg) byl zjištěn po regeneračním hnojení u varianty 4, ENTEC 26 ve 100 % dávce. Tato varianta vykazovala nejvyšší obsah pomalu působícího amonného dusíku. Po sklizni dosahovala též nejvyšších hodnot (20,5 mg/kg), ale podíl nitrátového dusíku k amonnému se razantně zvýšil. Lze tedy říct, že inhibitory v tomto hnojivu zabránily přeměně amonného dusíku na nitrátový s nejvyšší účinností.
- Nejvyšší obsah vodorozpustné síry (18,4 mg/kg) měla před sklizní varianta 2, ENSIN 100 % a po sklizni varianta 3, ENSIN 80 % (34,6 mg/kg).
- Výsledky rozborů rostlin všech variant ve fázi butonizace ukázaly nedostatečný obsah dusíku. Pozitivním zjištěním bylo, že obsah vodorozpustné síry, dosahoval téměř optimálních hodnot.
- Hnojiva s inhibitory nitrifikace měla statisticky významný vliv na výnos semene. Nejlepších výsledků dosahovala varianta 2, ENSIN 100 % s průměrným hektarovým výnosem 4 t/ha.
- Při srovnání aplikovaných hnojiv s inhibitory v plné dávce 100 % a v dávce 80 % lze konstatovat, že nejvyšších hodnot dosahovala varianta ve 100% dávce. Tuto variantu lze proto pro lokalitu ve Vatíně doporučit.
- V úrovni olejnatosti se vliv použitých hnojiv s inhibitory prakticky neprojevil. Rozdíl byl statisticky neprůkazný, ale i přes to lze konstatovat, že nejvyšší olejnatosti dosáhla varianta 6, DASA+DASA s 44,42 % olejnatosti.

6 POUŽITÁ LITERATURA

Agra Group (2014): Urea Stabil. [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

Agrostis (2014): ENTEC 26. [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: <http://www.agra.cz/zakladni-hnojeni/ureastabil.html>

Agrochemtrade DAM 390. [online]. 2010. vyd. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.agrochemtrade.cz/dam-390-zemedelske-hnojivo.html>

Agromanuál. Fusilade forte 150 EC. [online]. [cit. 2015-04-17]. 2015. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/pripravky/herbicide/herbicid/fusilade-forte-150-ec.html>

Baranyk P., Fábry A. et al. (2007): *Řepka – pěstování – využití – ekonomika*. Profi Press, Praha, 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7

Baranyk P. et al. (2010): *Olejniny*. Profi Press, Praha, 205 s. ISBN 978-80-86726-38-0

Český hydrometeorologický ústav. IX. *Atmosférická depozice na území České republiky* [online]. 2013 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IX_depозice_CZ.html

Duslo a. s. (2012): Dusíkaté hnojivá. [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://www.duslo.sk/docs/2012/hnojiva/sk/ensin_sk.pdf

E-agro. *Brasan 540 EC – 51*. [online]. [cit. 2015-04-17]. 2015. Dostupné z: <http://www.e-agro.cz/brasan-540-ec-5-1/d-71063/>

EAGRI. Postup sklizně obilovin a řepky v ČR k 21. 7. 2014 [online]. 2014 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/postup-sklizne-obilovin-a-řepky-v-cr-k-1.html>

Fecenko J., Ložek O. (2000): *Výživa a hnojení polných plodín*, SPU v Nitre, 452 s. ISBN 80-7137-777-5

Hlušek J. (2004): *Minerální hnojiva*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E.: Multimediální učební texty z výživy rostlin, [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva.htm

Chow J. (2010): *Wheat Nutrition and Fertilizer Requirements: Sulphur, Canada Grains Council's Complete Guide to Wheat Management*, Government of Alberta.

Databáze [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/crop1297](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/crop1297)

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

Richter R., Hřivna L., Cerkal R. (2001): *Výživa a hnojení ozimé řepky*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 41 s. ISBN 80-238-8096-9

Richter R. (2004a) : *Asimilace dusíku*. In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin, [online]. [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

Richter R. (2004b): *Symptomy nadbytku a nedostatku dusíku*, In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin. [online]. [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

Richter R. (2004c): *Symptomy nadbytku a nedostatku síry*, In: Ryant P. (ed.) a kol. Multimediální texty výživy rostlin. [online]. [poslední aktualizace 23. 1. 2004], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

Richter R. (2007a): *Dusík v půdě*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E. Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. [poslední aktualizace 16. 01. 2007], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

Richter R. (2007b): *Síra v půdě*. In: Ryant P., Richter R., Hlušek J. et Fryščáková E.: Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. [poslední aktualizace 16. 01. 2007], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

Růžek, P. – Pišánová, J. (2007): Možnosti usměrnění přeměn dusíku v půdě s využitím inhibitorů ureázy a nitrifikace, Sborník z konference: Racionální používání hnojiv, ČZU Praha, 56 s.

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

Ryant P. (2008): Příjem síry rostlinou [online]. [poslední aktualizace 28. 04. 2008], [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/pdf/biogenni_prvky/sira_theorie.pdf

Synerga. *Teridox 500 EC*. [online]. [cit. 2015-04-17]. 2014. Dostupné na: <http://www3.syngenta.com/country/cz/cz/syngenta/pruvodce-produkty/ochrana-rostlin/herbicity/Pages/teridox-500-ec.aspx>

SKW PIESTERITZ (2014): ALZON 46 [online]. [cit. 14-04-2015]. Dostupné z: <http://www.skwp.de/cz/produkty/agrochemie.html>

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

Škarpa, Petr. (2009) Multimediální učební texty. *Stanovení přístupných živin v půdě* [online]. [poslední aktualizace 26. 01. 2010], [cit. 2015-04-17]. Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=9&K=0

Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. (2007): *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, Praha, 176 s. ISBN 976-80-86726-25-0

Watson, C. J. – Laughlin, R. J. – McGeough, K. L. (2009): Modification of nitrogen fertilisers using inhibitors: Opportunities and potentials for improving nitrogen use efficiency, International Fertilisers Society, Cambridge, 40 s. ISBN 0853102953

Zbírál J. (2002): *Analýza Půdy I – Jednotné Pracovní Postupy*, ÚKZÚZ Brno, 197 s. ISBN 8086548155

Zelený F., Zelená E. (1996): *Síra a její potřeba pro výživu rostlin*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 42 s. ISBN 80-861153-62-2

ZERULLA, Wolfram, Thomas BARTH, Jürgen DRESSEL, Klaus ERHARDT, Klaus Horchler von LOCQUENGHEN, Gregor PASDA, Matthias RÄDLE a Alexander WISSEMEIER. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soils* [online]. 2001, vol. 34, issue 2, s. 79-84 [cit. 2015-03-23]. DOI: 10.1007/s003740100380. Dostupné

z:<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs003740100380#page-1>

7 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vliv atmosférické koncentrace SO ₂ na růst rostlin pěstovaných v živném roztoku bez S (Richter, 2004c)	19
Tab. 2 Vliv obsahu SO ₄ ²⁻ v živném prostředí na hmotnost rostlin, obsah nitrátu, proteinu a S-sloučenin v listech (Richter, 2004c).	19
Tab. 3 Vliv síry na výnos semene a obsah tuku (Richter, 2004c).....	21
Tab. 4 Obsah přístupných živin 8/2013	29
Tab. 5 Varianty hnojení	30
Tab. 6 Procentické zastoupení N a S v rostlině	36
Tab. 7 Analýza variance výnosu zrna	37
Tab. 8 Průměrné hodnoty výnosu (t/ha) semene a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	37
Tab. 9 Analýza variance olejnatosti semene řepky ozimé.....	38
Tab. 10 Průměrné hodnoty olejnatosti (%) semene řepky a průkaznost jejich rozdílů podle Tukeye	39

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Přeměny jednotlivých forem dusíku v půdě (http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4007).....	12
Obr. 2 Formy dusíku v půdě (Ivanič et al., 1984).....	13
Obr. 3 Schéma asimilace nitrátů v buňkách listu (Beevers, Hageman a Warner, Kleinhofs cit. Marschner, 1995).....	14
Obr. 4 Projevy nedostatku dusíku (Richter et al., 2001)	15
Obr. 5 Pole celkové roční deponice síry 2013 (zdroj: http://chmi.cz).....	17
Obr. 6 Proces sulfurikace.....	18
Obr. 7 Půdní profil Vatín.....	26
Obr. 8 Porost řepky po přezimování (26. 2. 2014).....	29
Obr. 9 Porost řepky ve fázi butonizace až počátek květu (28. 4. 2014).....	30
Obr. 10 Hnojivo ENSIN (zdroj: www.bvv.cz)	31
Obr. 11 Hnojivo ENTEC 26 (zdroj: www.agrostis.cz)	32

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Klimatický normál Vatín 1971-2000.....	27
Graf 2 Klimadiagram Vatín 2013	27
Graf 3 Klimadiagram Vatín 2014	28
Graf 4 Obsah minerálního dusíku (28. 5. 2014)	34
Graf 5 Obsah vodorozpustné síry (28. 5. 2014).....	35
Graf 6 Obsah minerálního dusíku (8. 8. 2014)	35
Graf 7 Obsah vodorozpustné síry (8. 8. 2014).....	36
Graf 8 Výnos semene řepky ozimé u zkoušených variant.....	38
Graf 9 Olejnatost semene jednotlivých variant.....	39