

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

VÁCLAV BEDNÁŘ

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



Elementární a síranová síra ve výživě řepky ozimé

Bakalářská práce

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

Vypracoval:
Václav Bednář

Brno 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Václav Bednář**
Studijní program: Agrobiologie
Obor: Všeobecné zemědělství
Konzultant: Ing. Syrová
Název tématu: **Elementární a síranová síra ve výživě řepky ozimé**
Rozsah práce: cca 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Studium literárních pramenů týkajících se řešené problematiky.
2. Zpracování literární rešerše se zaměřením na výživu řepky ozimé sírou.
3. Založení a vedení maloparcelkového polního pokusu s aplikací různých forem síry.
4. Posouzení vlivu sledovaných forem síry na výnos a olejnatost sklizeného semene.
5. Statistické zhodnocení dosažených výsledků, formulace závěrů a doporučení.

Seznam odborné literatury:

1. BARANYK, P. – FÁBRY, A. a kol. *Řepka : pěstování, využití, ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2007. 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7.
2. FECENKO, J. – LOŽEK, O. *Výživa a hnojení polních plodin*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000. 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
3. RYANT, P. a kol. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. [online]. 2004. URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin.
4. RYANT, P. a kol. Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2003. URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin.
5. VANĚK, V. a kol. *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. 3. vyd. Praha: Martin Sedláček, 2002. 132 s. ISBN 80-902413-7-9.
6. JEZ, J. *Sulfur: a Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 2008. 323 s. ISBN 978-0-89118-168-2.
7. Marschner, H.: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, 1993, 889 s.

Datum zadání bakalářské práce:

říjen 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

duben 2016


Václav Bednář
Autor práce




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


Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí ústavu


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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci na téma Elementární a síranová síra 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/a, 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

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a také Ing. Haně Syrové a Ing. Jiřímu Antošovskému za pomoc při provedení pokusné části práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá hnojením řepky ozimé sírou v síranové a elementární formě, přičemž zkoumá vliv různých variant hnojení hnojivy s obsahem síry, která byla aplikována v různých fázích vývoje, na výnos a olejnatost semene řepky ozimé. Praktická část je založena na maloparcelkovém polním pokusu, provedeném v hospodářském roce 2014/2015 v katastru obce Žabčice u Brna na pokusné stanici Mendelovy univerzity v Brně. Byl porovnáván výnos a olejnatost semen mezi čtyřmi variantami: variantou hnojenou elementární sírou na podzim, variantou hnojenou elementární sírou na podzim a síranovou sírou na jaře, kontrolní nehnojenou variantou a variantou hnojenou pouze dusíkem. Mezi jednotlivými variantami nebylo prokázáno statisticky významné ovlivnění výnosu, i když u obou variant hnojených sírou byl výnos zvýšen asi o 26 % v porovnání s nehnojenou variantou. Oproti variantě hnojené pouze dusíkem však byla varianta s aplikací elementární síry o 22,5 % méně výnosná a výnos varianty s aplikací elementární i síranové síry byl nižší o 23,1 %. Statisticky neprůkazný byl také vliv na olejnatost, kde varianty hnojené sírou vykazovaly olejnatost přibližně o 5 % nižší než nehnojená varianta. V porovnání s variantou hnojenou pouze dusíkem měly tyto varianty olejnatost vyšší o 1,9 %, resp. 1,3 %.

Klíčová slova: řepka ozimá, elementární síra, síranová síra,

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with fertilization of winter oilseed rape with sulphur in elemental and sulphate form and it examines the effect of different variants of fertilization with sulphur containing fertilizers, which were applied in various phenophases. There was founded a small-plot field trial at the experimental field station of Mendel University in Brno, situated in Žabčice near Brno in the course of years 2014 and 2015. We compared yield and oiliness of the seeds of four variants: the first variant fertilized with elemental sulphur, the second variant fertilized with elemental and sulphate sulphur, the control unfertilized variant and variant fertilized only with nitrogen. There weren't proved any statistically significant effects on yields between variants, even though both variant fertilized with sulphur proved increase in yields about around 26 % compared to unfertilized variant. Compared to the variant fertilized only with nitrogen had the variant fertilized with elemental sulphur 22,5 % lower yield and the variant fertilized with elemental and sulphate sulphur 23,1 % lower yield. Statistically insignificant was also effect on oiliness. Variant fertilized with sulphur proved approximately 5 % lower yields than unfertilized variant. In comparison to variant fertilized only with nitrogen had both variants by 1,9 % and 1,3 % higher oiliness.

Key words: winter oilseed rape, elemental sulphur, sulphate sulphur

Obsah

1	ÚVOD	11
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	12
2.1	Řepka ozimá	12
2.1.1	Charakteristika.....	12
2.1.2	Význam řepky	13
2.1.3	Situace v pěstování řepky	14
2.1.4	Nároky řepky ozimé	15
2.1.5	Výživa a hnojení řepky ozimé	16
2.2	Síra.....	21
2.2.1	Zdroje síry v půdě.....	21
2.2.2	Přeměny síry v půdě	22
2.2.3	Příjem a utilizace síry rostlinami	22
2.2.4	Deficience síry	23
2.2.5	Nadbytek síry.....	23
3	CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	25
4	MATERIÁL A METODY	26
4.1	Charakteristika stanoviště	26
4.2	Metodika pokusu.....	29
4.3	Charakteristika použité odrůdy	32
4.4	Charakteristika použitých hnojiv	32
4.5	Použité analytické metody	33
4.5.1	Analýza půdy	33
4.5.2	Použité statistické metody	33
5	VÝSLEDKY A DISKUSE	34
5.1	Výnos semen.....	34
5.2	Olejnatost semen.....	36

6	ZÁVĚR	38
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	39
8	SEZNAM GRAFŮ.....	43
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	43
10	SEZNAM TABULEK.....	43

1 ÚVOD

Výživa a hnojení polních plodin sírou bylo po dlouhou dobu opomíjeno v důsledku její přítomnosti v průmyslových emisích a následně v atmosferických depozicích. Takto do půdy dodaná síra v minulosti dostatečně dotovala půdní zásobu živin. V devadesátých letech se však u nás začínala stále více věnovat pozornost ochraně životního prostředí, kde právě vysoký obsah SO₂ v ovzduší působil negativně a páchal velké škody například v lesních porostech. Docházelo k celoplošnému odsiřování, čímž se snižovala koncentrace sirných sloučenin v ovzduší a následně i v půdě a postupně byly pozorovány první příznaky nedostatku síry.

Jedna z nejnáročnějších skupin rostlin na hnojení sírou je čeleď *Brassicaceae*, kam patří také řepka ozimá (*Brassica napus L. var. napus*). Řepka je v našich podmínkách nejdůležitější pěstovanou olejninou a patří také mezi naše nejvýznamnější polní plodiny. Má široké možnosti využití jak v potravinářství, krmivářství, tak v oleochemii. Lze ji využít také jako zelené hnojení. Velký význam má dnes řepka nejen jako zdroj kvalitního stolního oleje, ale především z hlediska produkce metylesteru řepkového oleje (MEŘO), který je součástí bionafty.

Pro zemědělce je pěstování řepky ekonomicky velmi výhodné a předpokládá se, že v blízké budoucnosti se tato situace výrazně nezmění. Maximalizace jejího výnosu a zisku je mimo jiné závislá na zásobení rostlin všemi potřebnými živinami, tedy i sírou. Při optimální výživě a dostatečném zásobení rostlin řepky ozimé sírou bylo v mnohých pokusech zaznamenáno zvýšení výnosu, ale také zvýšení olejnatosti. Z toho důvodu je důležitá optimalizace hnojení polních plodin. Tato bakalářská práce se zabývá vlivem hnojení elementární a síranovou sírou na výnos a také na olejnatost semen řepky ozimé.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Řepka ozimá

2.1.1 Charakteristika

Řepka ozimá (*Brassica napus L. var. napus*), z čeledi *Brassicaceae*, pochází ze Středomoří. Tam vznikala křížením brukve zelné (*Brassica campestris L.*) a řepice olejné (*Brassica campestris L.*). Dnes je však rozšířena po celém mírném pásmu, kde se pěstuje ve formě ozimé a jarní. Vegetační doba řepky ozimé se zpravidla pohybuje mezi 300 až 340 dny (Hosnedl *et al.*, 1998).

Kořen řepky ozimé je mohutný, kulový a z větší části rozložen v ornici. Nadzemní část prochází dvěma fázemi. Na podzim je to fáze vegetativní, kdy řepka vytváří listovou růžici. Na jaře, po jarovizaci, pak přechází do fáze generativní, prodlužovací. Řepka vytváří lodyhu vysokou až 220 cm, ale většinou se její výška pohybuje kolem 140 až 160 cm. Z lodyhy pak vyrůstá 6 až 8 větví prvního řádu a ty se poté dále větví. Počet květů je závislý na hustotě porostu. Jestliže se na 1 m² nachází asi 60 rostlin, pak může dojít k vytvoření 300 až 500 květů. Tyto květy jsou čtyřčetné a mají většinou jasně žlutou barvu, i když se někdy vyskytují i květy světle žluté či bílé. Řepka je rostlinou převážně samosprašnou, ale dochází u ní i k cizosprašení především prostřednictvím hmyzu a z malé části také větrem. Kvete už koncem dubna a v květnu. U celého porostu pak kvetení trvá 20 až 25 dní. Plodem jsou šešule, obsahující zpravidla dvě, někdy i čtyři řady tmavě zbarvených semen, většinou v počtu 15 až 20 v jedné šešuli (Hosnedl *et al.*, 1998).

Kvalita semen je ovlivněna jejich chemickým složením. Jde o množství a složení tuku, bílkovin, antinutričních a nestravitelných látek apod. Přibližně 95 až 98 % obsahu tuků je tvořeno triglyceridy mastných kyselin. Malý podíl pak připadá na steroly, fosfolipidy, pigmenty, volné mastné kyseliny atd. Pigmenty a volné mastné kyseliny jsou nežádoucí, jelikož zhoršují kvalitu tuku. O jeho kvalitě také rozhoduje zastoupení mastných kyselin. Obsažené nasycené mastné kyseliny jsou kyselina palmitová a stearová. Nenasycené mastné kyseliny, které z hlediska kvality tuků hrají významnější roli, jsou tvořeny především kyselinou olejovou, linolovou, linolenovou a erukovou. Pro výživu je nežádoucí kyselina eruková. Z toho důvodu byly vyšlechtěny odrůdy s jejím velmi nízkým obsahem. Kvalitu naopak zvyšuje obsah kyseliny linolové. Pro využití ve zpracovatelském průmyslu je požadován nižší obsah kyseliny linolenové,

která lehce oxiduje a způsobuje žluknutí tuků. Ideálně by měl být poměr mezi kyselinou linolovou a linolenovou 5:1 až 9:1. Z antinutričních látek je pak požadován nízký obsah glukosinolátů, jelikož při využití řepky a produktů z ní v krmivářství a v lidské výživě nepříznivě ovlivňují štítnou žlázu a také játra. Dnešní odrůdy mají již obsah těchto látek rovněž velmi nízký. Dále jsou nežádoucí také fenolické sloučeniny, fytiny a taniny (Vašák *et al.*, 2000).

2.1.2 Význam řepky

Řepka je plodina s mnohostranným využitím. Její přínos pro pěstitele není pouze ekonomický ve formě zisku ze sklizené úrody, ale dosti významné je také agrotechnické hledisko, neboť řepka působí jako přerušovač obilních sledů a má dobrou předplodinovou hodnotu. Dodává do půdy organickou hmotu a podporuje vznik drobtovité struktury. Její mohutnější kořenový systém vynáší k povrchu živiny z hlubších vrstev půdního profilu a jeho prostřednictvím dochází k biologické melioraci půdy a mobilizaci živin (Bečka *et al.*, 2007).

Obecně lze řepku a produkty z ní využít v mnoha oblastech. Především jde o využití v potravinářství, krmivářství, oleochemii a energetice.

Pro potravinářství se z řepkových semen získává olej, který má neutrální chuť i vůni a může být využit jako stolní olej, jako součást majonéz, nebo se z něj připravují ztužené tuky, margariny. Šlechtěním nových odrůd, zaměřených především na potravinářské využití, došlo k redukci obsahu nežádoucí kyseliny erukové až po vyšlechtění současných „00“ odrůd (Hosnedl *et al.*, 1998). Tyto odrůdy mají olej vysoké kvality, který může být využit jak pro např. smažení, tak i pro studenou kuchyni. V porovnání s jinými rostlinnými oleji vykazuje také lepší trvanlivost (Baranyk *et al.*, 2007).

V krmivářství je řepka a produkty z ní využívána jako krmivo bohaté na bílkoviny. Lze zkrmovat řepkové výlisky a extrahovaný šrot. Také je možno řepku použít jako krmivo v čerstvém stavu a výjimečně jako konzervované krmivo. V České republice je využití řepky v krmivářství málo významné (Hosnedl *et al.*, 1998).

Při využití řepkového oleje v oleochemii dochází k jeho rozkladu hydrolýzou, případně alkoholýzou. Při tomto rozkladu vznikají především mastné kyseliny, estery mastných kyselin a trojsytný alkohol, glycerol. Ten je důležitou látkou používanou kupříkladu v organické chemii (Baranyk *et al.*, 2007).

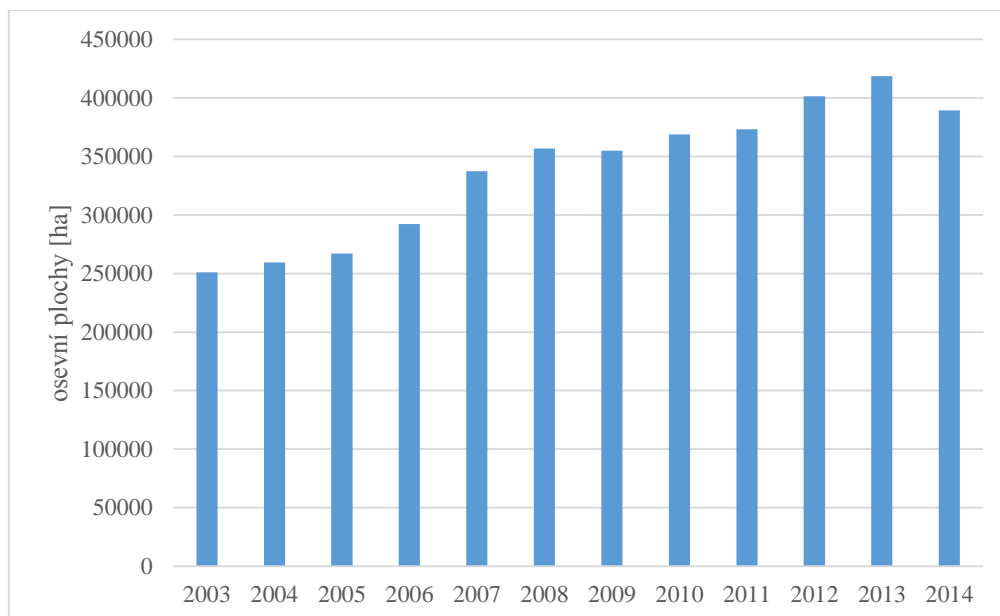
Z derivátů mastných kyselin lze také po úpravě získat metylester řepkového oleje (MEŘO). Ten je známější pod názvem bionafta, která se používá jako alternativní palivo s podobnými vlastnostmi jako má motorová nafta, navíc s několika ekologickými pozitivy. Bionafta totiž v porovnání s motorovou naftou vykazuje nižší kouřivost při spalování, je biologicky rozložitelná, neobsahuje síru a emise neobsahují polycyklické aromatické uhlovodíky. Kromě používání čisté bionafty se MEŘO přimíchává i do některých pohonných hmot, ve kterých vytváří biosložku o určitém objemovém podílu. Spalování biomasy, např. řepkové slámy a výlisků, v ČR není rozšířeno. (Baranyk *et al.*, 2007).

2.1.3 Situace v pěstování řepky

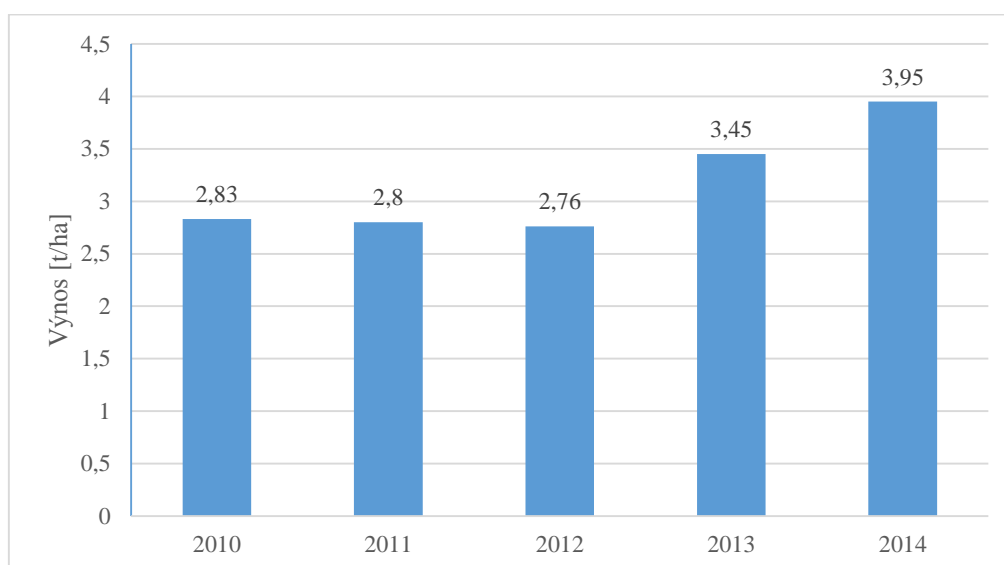
Z celosvětového pohledu je nejdůležitější olejninou sója. Druhé místo pak zaujímá řepka. Největšího pěstitele řepky představuje EU, která všechnu produkci ze svého území také zpracovává. Po EU je velkým pěstitelem řepky Čína, ale významnějším producentem je Kanada, jelikož velkou část své produkce exportuje a tím také významně ovlivňuje cenu (Baranyk *et al.*, 2007).

Za posledních několik desítek let dochází k růstu produkce olejnin, tedy i řepky. Je to dáno mnoha faktory. Celosvětová populace neustále roste a její růst je předpovídán i do budoucna. S populací rostou také světové ekonomiky a lidé zvyšují konzumaci zdravotně výhodnějších rostlinných tuků. Velkou měrou se na růstu produkce olejnin podílí také jejich využití na výrobu biopaliv, mazadel apod., které mají snížit závislost na dovozu ropy (Baranyk *et al.*, 2007).

V České republice má vývoj osevních ploch řepky olejné také vzestupný charakter. V roce 2014 výměra plochy polí osetých řepkou představovala 389 298 ha, ale například deset let zpátky, v roce 2004, to bylo jen 259 460 ha. Největší osevní plochy má kraj Středočeský. V roce 2014 se u nás sklídilo 1 537 320 t řepky olejné s průměrným výnosem 3,95 t/ha. Výnos v Jihomoravském kraji byl v průměru 3,93 t/ha (ČSU, 2016).



Graf 1: Vývoj osevních ploch řepky olejné v ČR (ČSU, 2016)



Graf 2: Průměrné hektarové výnosy řepky olejné v ČR (ČSU, 2016)

2.1.4 Nároky řepky ozimé

Pro pěstování řepky je důležitý dostatek půdní vláhy pro bezproblémové založení porostu a dále vhodné podmínky pro její přezimování. Roční úhrn srážek by měl dosahovat 450 až 700 mm, přičemž záleží také na jejich časovém rozložení. Kolem 200 mm srážek by mělo spadnout od období po zasetí do listopadu, kdy je řepka k suchu

náchylnější. Poté si vytvoří mohutný kořenový systém a její suchovzdornost roste. Nicméně v době tvorby semen vyžaduje také dostatek vláhy. Roční ideální průměr teplot by se měl pohybovat mezi 7 a 9 °C a nadmořská výška by obecně neměla být vyšší než 650 m. Nejlepší půdy pro řepku jsou hluboké činné půdy s dobrou strukturou a vysokou vodní kapacitou. Půdní reakce by měla být spíše neutrální až slabě alkalická (Baranyk *et al.*, 2007).

Předplodiny by měly umožnit výsev v agrotechnickém termínu, tedy v srpnu. Z tohoto hlediska jsou nejvhodnější rané brambory, hrách a ozimé a jarní směsky, protože se sklízí již v červenci. Jako přijatelné předplodiny označujeme většinu obilnin, které slouží jako předplodina 90 % porostů řepky. Jarní ječmen je ale předplodinou spíše nevhodnou, jelikož půda je po něm ve špatném stavu. Nevhodné předplodiny jsou pak také všechny ty, které se sklízí později, než je třeba k správnému založení porostu řepky v agrotechnickém termínu. Nedoporučuje se také pěstování řepky po sobě, kvůli výskytu chorob a škůdců. Odstup v pěstování by měl být alespoň 4 roky a v osevním postupu by měla být zastoupena nanejvýš z 12,5 %. Z ekonomických důvodů je však tento poměr často překročen a může tvořit až 50 % (Bečka *et al.*, 2007).

2.1.5 Výživa a hnojení řepky ozimé

Řepka je plodina náročná na živiny. Má ale také velmi dobrou osvojovací schopnost díky výkonnému příjmovému aparátu. Velké množství odebraných živin do půdy navrací zpět prostřednictvím posklizňových zbytků (Hosnedl *et al.*, 1998). Množství živin odebrané pro vytvoření výnosu 1 t semene řepky znázorňuje tabulka 1.

Tabulka 1: Odběr živin na 1 t výnosu semene řepky (Balík, 2007)

kg/t					
N	P	K	Ca	Mg	S
52 - 59	11 - 18	40 - 50	30 - 38	4 - 6	12 - 16

Hnojení dusíkem

Dusík představuje jednu z nejvýznamnějších živin. V rostlinách se nachází v bílkovinách, nukleotidech, chlorofylu apod. Rostlinou je přijímán jako amonný kationt, nebo dusičnanový aniont (Vaněk *et al.*, 2013). Kromě těchto anorganických iontů rostlina

dokáže přijímat dusík i v některých jiných formách. Jde např. o molekuly močoviny nebo vzdušný dusík u rostlin čeledi *Fabaceae* (Richter, 2004b).

Obsah dusíku v rostlinách se většinou pohybuje kolem 2 až 5 %. Jeho nedostatek způsobuje nižší intenzitu růstu a dochází k translokaci dusíku ze starších listů, které při deficienci odumírají jako první, do listů mladších. Vyšší dávky dusíku způsobují podporu růstu, zvyšují hmotnost sušiny kořenových vlásků (Levin *et al.*, Olsthoorn *et al.* cit. Marschner, 1995) a velikost listů, u kterých ale naopak klesá jejich tloušťka a celkově vzrůstá náchylnost k poléhání (Sommer and Six cit. Marschner, 1995). U řepky je přehnojení dusíkem rizikové také z hlediska horšího přezimování, nevyrovnaného kvetení a snížení olejnatosti semene (Baranyk *et al.*, 2007).

Pro výpočet celkové dávky dusíku, aplikované na porost řepky ozimé, se vychází z odběrového normativu, který se pohybuje kolem 50 až 55 kg N na tunu semen, přičemž záleží také na půdně-klimatických podmínkách, odrůdě apod. Aplikace hnojiva je pak rozdělena do několika termínů (Vaněk *et al.*, 2013).

Na podzim je možno hnojit před setím, ale také v průběhu podzimní vegetace (Vaněk *et al.*, 2013). Cílem podzimního hnojení je vytvoření mohutného kořenového systému. Musí se ale předcházet přehnojení, aby nedošlo k přerostení nadzemní hmoty, která negativně ovlivňuje přezimování. Proto je výhodnější dostatečně dlouhá podzimní vegetační doba, jelikož dusík primárně stimuluje růst nadzemní hmoty a přírůstek kořenové hmoty se dostavuje až poté (Bečka *et al.*, 2007).

Hnojení dusíkem před setím se kvůli dobrému přezimování provádí jen výjimečně, jestliže došlo k vysetí po agrotechnickém termínu, pokud byly předplodinou 2 obilniny, na chudých půdách apod. Dávka se volí většinou slabě nad 20 kg N na hektar, maximálně 40 kg N na hektar. V průběhu podzimní vegetace, na přelomu září a října, lze slabé porosty přihnojit dávkou od 20 do 30 kg N na hektar. Nepřihnojují se ale ty porosty, k nimž bylo aplikováno hnojivo před setím (Vaněk *et al.*, 2013).

Jarní dávky jsou pro rychlý růst a výnos rozhodující. Využívá se systém dělených dávek dusíku (Richter *et al.*, 2005). Regenerace kořenového systému řepky nastává už při teplotě kolem 2 °C. Jelikož řepka potřebuje pro dosahování dobrého výnosu v začáteční jarní fázi vysoký obsah dusíku v biomase, aplikuje se první jarní dávka, regenerační, poměrně brzy, nejdříve však až kolem 20. února. Dávka k prvnímu jarnímu

hnojení je většinou 60 až 100 kg N na hektar. Je ale ovlivněna obsahem minerálního dusíku v půdě, předplodinou, užitím organického hnojiva apod. Vzhledem k brzké aplikaci hnojiva vyvstává riziko návratu zimy, které se řeší rozdělením této dávky do 2 menších, aplikovaných asi s dvoutýdenním rozestupem (Vaněk *et al.*, 2013).

Druhá jarní dávka je aplikována začátkem dubna, na počátku prodlužování. Účelem je stimulace růstu nadzemní biomasy a větvení (Richter *et al.*, 2005). Podle stavu porostu se volí dávka 50 až 80 kg N na hektar. Při použití kapalných hnojiv dochází často ke kombinaci s insekticidy. Třetí dávka se aplikuje ve fázi žlutých pupat. Hnojí se porosty na lehkých, chudých půdách v sušších lokalitách, nebo při předpokladu vysokého výnosu. Hnojí se dávkou 20 až 30 kg N na hektar (Vaněk *et al.*, 2013).

Hnojení fosforem

Fosfor má v rostlinách řadu důležitých funkcí. V biomembránách je součástí struktury fosfolipidů, nachází se v nukleových kyselinách, DNA i RNA. Je významnou součástí energetického metabolismu (Marschner, 1995), enzymatických a biosyntetických reakcí. Fosfor je přijímán aktivně jako aniont kyseliny trihydrogenfosforečné z půdního roztoku. Po příjmu je ve formě organických sloučenin transportován do mladých částí rostliny. Nejvyšší koncentrace fosforu je v generativních orgánech a semenech (Vaněk *et al.*, 2013).

Při vážnější deficienci je zpomalen růst kořenů, rostliny jsou zakrslé, vzpřímené. Barva listů přechází do tmavě modrozelená, později až s odstínem do nachova. U starších listů se mohou objevovat okrajové nekrózy, případně mohou předčasně odumírat (Ward *et al.*, 1985). U ozimé řepky se často vyskytují příznaky deficiencie brzy na jaře, kdy vlivem nízkých teplot není fosfor z organických sloučenin dostatečně mineralizován (Vaněk *et al.*, 2013).

Odběrový normativ se pohybuje kolem 15 kg P₂O₅ na tunu semen se sušinou 90 %, což odpovídá asi 6,6 kg P na tunu semen. Celkový maximální odběr ale může dosahovat 110 – 120 kg P₂O₅ na hektar, tedy asi 48 – 53 kg P na hektar (Ward *et al.*, 1985). Uvádí se, že 20 % až 45 % odebraného fosforu se do půdy navrácí ve formě posklizňových zbytků. Např. při sklizni 4 tun semen z pole spolu s výnosem odvážíme kolem 39 kg fosforu z jednoho hektaru (Baranyk *et al.*, 2007). Hnojením se udržuje optimální zásoba fosforu v půdě, přičemž je využíváno informací z rozboru půd. Přijatelný fosfor by měl být

v půdě obsažen v průměru kolem 40 až 80 ppm (Vaněk *et al.*, 2013). Doporučenou dávkou P podle obsahu přístupného fosforu v půdě uvádí tabulka 2.

Hnojení draslíkem

Draslík v rostlině funguje jako aktivátor mnoha enzymových reakcí, účastní se metabolismu dusíku a sacharidů a má významný vliv také vodní režim rostlin (Ward *et al.*, 1985). Draslík totiž ovlivňuje příjem vody kořeny, osmotický tlak a turgor buněk, čímž mimo jiné zajišťuje otevírání a zavírání průduchů (Baranyk *et al.*, 2007). Z půdního roztoku je draslík přijímán jako draselný kationt (Mengel, 2007).

Při nedostatku draslíku dojde ke zpomalování růstu internodií a k retardaci celkového růstu. Jako první se symptomy deficiencie objevují na starších listech, ze kterých je draslík translokován do listů mladších a do růstového vrcholu. Objevují se na nich chlorotické, případně nekrotické malé skvrny, které se rozšiřují od špiček listů přes jejich okraje k bázi. Rostliny ztrácejí turgor, jsou náchylnější k poléhání a listy mohou při horším zásobování rostlin vodou uvadat (Mengel, 2007).

Řepka ozimá je na draslík poměrně náročná. Jeho celkové množství v porostu může dosahovat 200 až 250 kg K₂O na hektar, což odpovídá dávce 166 až 207 kg čistého K na hektar (Ward *et al.*, 1985). Odběrový normativ je 40 až 50 kg K na tunu semen (Baranyk *et al.*, 2007). Z pole je ale sklizní odvezeno jenom asi 9 kg K v jedné tuně semen se sušinou 90 % (Ward *et al.*, 1985). Dávka hnojiva pro udržení vhodného obsahu draslíku v půdě je podobně jako u fosforu určena pomocí rozboru půd. Většinou se jeho obsah v půdě pohybuje od 0,5 do 3,2 % (Vaněk *et al.*, 2013). V tabulce 2 jsou uvedeny doporučené dávky K podle obsahu přístupného draslíku v půdě.

*Tabulka 2: Kritéria hodnocení přístupných živin v půdě podle Mehlicha III (Richter *et al.*, 2005)*

obsah živin	P (mg.kg⁻¹)	doporučená dávka P (kg) na výnos 3 t semene	K (mg.kg⁻¹)	doporučená dávka K (kg) na výnos 3 t semene
nízký	Pod 50	39,5	Pod 105	124,5
vyhovující	51 - 115	22	106 - 170	99,6
dobrý	81 – 115	11	171 – 310	49,8
vysoký	116 – 185	-	311 – 420	-
velmi vysoký	Nad 185	-	Nad 420	-

Hnojení sírou

Síra je důležitá pro růst a fyziologické funkce rostlin. Její obsah ve vegetativních orgánech se pohybuje mezi 0,1 až 2 % hmotnosti sušiny (Haneklaus *et al.*, 2007) Náročnost řepky na síru je vyšší, než u ostatních plodin. Spolu s dusíkem je síra zodpovědná za tvorbu proteinů. U řepky je v porovnání s jinými plodinami vyšší zastoupení proteinů obsahujících síru. Síra je také součástí glukosinolátů a podílí se i na tvorbě chlorofylu (Walker *et Booth*, 2003). V konkrétních požadavcích řepky na síru se názory autorů různí. Ward *et al* (1985) uvádí obsah síry v rostlinách za předpokladu výnosu 3 t/ha až 66 kg S na hektar a její obsah v semenech kolem 25 kg/ha. Další údaje jsou odběr 48 až 64 kg S na hektar při výnosu 4 t/ha a její obsah v jedné tuně semen kolem 4 kg (Baranyk *et al.*, 2007) a 20 až 30 kg S na ha (Walker *et Booth*, 2003). Odběrový normativ se pohybuje mezi 12 až 16 kg S na jednu tunu semen a návratnost síry do půdy prostřednictvím posklizňových zbytků je uváděna kolem 70 až 76 % (Baranyk *et al.*, 2007). Příjem síry rostlinou spolu s příznaky nedostatku a nadbytku síry jsou uvedeny v následujících kapitolách.

Hnojení řepky sírou by se mělo stát běžným zejména na lehkých a středních půdách s nedostatečným organickým hnojením. Minimální obsah minerální síry by měl být na lehkých půdách 16, na středně těžkých 13 a těžkých alespoň 10 mg/kg. Dlouhodobého zvýšení obsahu síry v půdě je dosaženo sádrováním. Lze použít ale i ostatní hnojiva obsahující síru (Baranyk *et al.*, 2007).

K základnímu hnojení je doporučována dávka asi 20 kg S na ha a využívá se takových hnojiv, jako je síran amonný, DASA, kieserit, jednoduchý superfosfát atd. Na podzim je možné hnojit ještě na přelomu září a října, pokud porost projevuje příznaky deficiencie síry a nebyla-li síra aplikována před setím. Vhodná je jarní aplikace hnojiva, jelikož deficit v půdě je brzy na jaře nejvyšší z důvodu vyplavování síranů. Síra je v tu dobu z hnojiva nejlépe přijímána. Pokud je obsah minerální síry nižší než minimální, užívá se dávka 20 až 40 kg S na ha. Vyšší dávky jsou nežádoucí, neboť vedou k intenzivnější tvorbě glukosinolátů. Vhodná hnojiva jsou DASA, SAM, Agrosam apod. Ve fázi dlouhivého růstu je obsah síry v rostlinách kolem 0,55 % v sušině hodnocen jako dostatečný (Baranyk *et al.*, 2007).

2.2 Síra

2.2.1 Zdroje síry v půdě

Celkově půda obsahuje 0,01 až 2 % síry. Ta se v půdě nachází ve dvou formách. Ve formě organické a anorganické, neboli minerální. Z minerálních sloučenin to jsou sulfidy, např. pyrit (FeS), chalkopyrit (CuFeS₂) apod., které většinou převažují v anaerobních podmínkách a také sírany, které zase převažují v aerobních podmínkách. Mezi sírany řadíme například sádrovec (CaSO₄·2H₂O) a anhydrit (CaSO₄). U zdravých půd by měla převažovat síra ve formě sádry. Ta rostlinám obvykle zajišťuje dostatečné množství síry pro celé období jejich růstu i při poměrně špatné rozpustnosti sádry ve vodě, jelikož v 1 litru vody se rozpustí asi jen 2 g sádry (Richter, 2007).

Organický podíl síry v půdě je značný a může tvořit až 95 % celkového obsahu síry. Je tvořen částečně půdními organismy, rozkládajícími se organickými zbytky a také jednotlivými chemickými sloučeninami obsahujícími síru. Ta se nachází například v aminokyselinách cysteinu a methioninu, tedy i v polypeptidech a bílkovinách, které jsou z nich tvořeny (Eriksen *et al.*, 1998). Dále je síra obsažena v esterech lipidů, polysacharidů a glukosinolátů (Vaněk *et al.*, 2013).

Síra se může do půdy dostávat také z ovzduší, kde se nachází ve formě plynných sloučenin a aerosolu. Aerosol pak obsahuje např. síran amonný a kyselinu sírovou. Intenzita atmosférických spadů je závislá na lokalitě a na množství srážek (Vaněk *et al.*, 2013). Obecně vyšší intenzita je v průmyslových a příměstských oblastech (Richter, 2007).

V důsledku snah o ochranu životního prostředí se emise síry snižují, čímž se snižuje také množství atmosférického spadu obsahujícího síru. Tím ale roste potřeba síru do půdy vpravovat ve formě hnojiv, neboť se obsah SO₄²⁻ v půdním roztoku snížil a mineralizace organických látek je nedostatečná. Hnojení sírou je již považováno za běžné například v západní Evropě. V České republice se významu síry ve výživě rostlin pozornost příliš nevěnovala, díky vysokému množství atmosférických spadů v době před plošným odsiřováním v devadesátých letech (Vaněk *et al.*, 2013).

2.2.2 Přeměny síry v půdě

V půdě dochází k transformacím sloučenin obsahujících síru prostřednictvím mineralizace, oxidace a redukce. Tyto procesy probíhají především činností mikroorganismů, takže intenzita těchto dějů závisí na mikrobiální aktivitě (Eriksen *et al.*, 1998).

Mikroorganismy mineralizují organické látky obsahující síru, např. bílkoviny, za uvolnění sirovodíku. V aerobních podmínkách dochází k oxidaci takovýchto siřných sloučenin za vzniku síranu. Tento proces oxidace je znám též jako sulfurikace a probíhá prostřednictvím siřných bakterií např. rodu *Thiobacillus*, které takto získávají energii (Richter, 2007).

Desulfurikace je opačný proces, kdy desulfurikační bakterie rodu *Desulfovibrio* apod. postupně redukuje sírany zpátky na H_2S (Šroubková, 1990).

Při imobilizaci síry dochází k využívání siřných sloučenin například mikroorganismy, které je zabudovávají do částí vlastního těla. Vytvářejí z nich různé látky, jako jsou siřné aminokyseliny, ze kterých se mohou syntetizovat bílkoviny. Imobilizovaná síra je pak zpřístupňována a navracena zpět do koloběhu po odumření těchto organismů prostřednictvím mineralizace (Šroubková, 1990).

2.2.3 Příjem a utilizace síry rostlinami

Síra je přijímána hlavně kořeny, a to především jako dvojmocný aniont kyseliny sírové, tedy ve formě SO_4^{2-} , který pak v rostlině podléhá redukci (Matula, 1977). Příjem síranového aniontu ovlivňuje přítomnost dalších aniontů v půdním roztoku. Intenzitu příjmu snižují anionty chloridové, fosfátové a selenátové. Stimulačně na příjem síranového aniontu působí nitráty (Richter, 2004a).

Rostliny mohou přijímat síru také ve formě aminokyselin, jakými jsou cystein a methionin. Jejich příjem je ale z hlediska výživy rostlin zanedbatelný. Dále je možný příjem síry také ze vzduchu prostřednictvím listů ve formě oxidu siřčitého (Matula, 1977).

Aby mohl být přijatý síranový aniont využit, asimilován, musí dojít k redukci síranu na sulfát (S^{2-}) za spotřeby energie ve formě ATP. K této redukci by mělo docházet pravděpodobně v mitochondriích. S^{2-} je pak využit ke tvorbě cysteinu, z něhož se mohou

tvořit i další organické látky obsahující síru. Cystein je součástí bílkovin, glutathionu, alicinu apod. Jeho SH skupina může sloužit pro další syntézy, nebo se účastnit enzymatických reakcí (Richter, 2004a).

U olejnin se obsah síry pohybuje v rozmezí od 1 do 1,7 %, u ostatních rostlin je její obsah nižší, kolem 0,2 až 0,5 %. Olejnin jsou tedy obecně na síru náročnější, v porovnání s ostatními polními plodinami a obsah síry u nich ovlivňuje výnos a jeho kvalitu, jako např. obsah oleje nebo proteinů (Richter, 2004a).

2.2.4 Deficience síry

S nedostatkem síry se lze v Evropě setkat čím dál častěji. Je to dáno mnoha faktory, které většinou působí současně. Snížila se intenzita průmyslového znečištění ovzduší sírou a tím i množství síru obsahujících depozic, užívají se dusíkatá hnojiva prakticky bez obsahu síry a významně se zvýšily výnosy plodin, takže je z pozemku s úrodou odváženo větší množství v ní obsažené síry (Walker *et* Booth, 2003).

Při nedostatku síry se snižuje aktivita enzymů, včetně např. nitrátreduktázy, která má za úkol účastnit se přeměny přijatých nitrátů na amoniak a ten pak může být zabudováván do aminokyselin. Klesá tedy intenzita tvorby dusíkatých organických látek (aminokyselin, bílkovin apod.) Snižuje se intenzita fotosyntézy, což má za následek nižší produkci sacharidů, např. škrobu (Vaněk *et al.*, 2013). Nedostatek síry také způsobuje zvyšování koncentrace nitrátů v rostlinách (Richter, 2004a).

Vizuální projevy nedostatku síry jsou podobné projevům nedostatku dusíku. Při nedostatku síry i dusíku dochází ke žloutnutí listů, které ale u síry, na rozdíl od dusíku, začíná u nejmladších listů a postupuje od vrcholu k bázi. Tyto listy přecházejí nejprve z fyziologicky zelené barvy na světlezelenou a později žloutnou. Tvarově dochází k omezení růstu listů do šířky (Vaněk *et al.*, 2013). Okvětní lístky jsou také menší a navíc bledší. Celkově dochází k potlačení růstu rostliny (Walker *et* Booth, 2003).

2.2.5 Nadbytek síry

Při zvýšené koncentraci SO_4^{2-} rostliny většinou dokáží růst bez problému a jsou schopny jej kumulovat ve svém pletivu, aniž by došlo k poškození. Pokud ale koncentrace síranu přesáhne určitou mez (4000 mg v 1 litru půdního roztoku) mohou se projevovat i nepříznivé účinky. SO_4^{2-} se ale také spolupodílí na zasolení půd, které pak negativně

ovlivňuje vzcházení a růst především mladých rostlin a rostlin citlivých na zasolení (Vaněk *et al.*, 2013).

Nadbytek oxidu siřičitého může působit rovněž negativně. Poškození pletiv, především jehličnatých stromů, vyvolává koncentrace SO₂ už přes hodnotu kolem 0,3 mg v jednom m³ vzduchu. Oxidy síry jsou ale při jejich vzniku v průmyslových podnicích zachytávány, a tak by k plošnému znečištění vzduchu oxidem siřičitým nemělo docházet (Vaněk *et al.*, 2013).

3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem předložené bakalářské práce bylo prostřednictvím maloparcelkového polního pokusu založeného v Žabčicích posoudit vliv hnojení řepky ozimé elementární a síranovou sírou na výnos semene a jeho olejnatost. Byla stanovena hypotéza, podle které bude mít hnojení elementární sírou, případně elementární a síranovou sírou pozitivní vliv na výnos a olejnatost semen řepky ozimé oproti variantám nehnojeným sírou.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus probíhal v katastru obce Žabčice na pozemcích Školního zemědělského podniku Mendelovy univerzity v Brně. Tato lokalita leží asi 20 kilometrů jižně od města Brna v Dyjsko-svrateckém úvalu. Pokusný pozemek náleží do nultého klimatického regionu, který je charakterizován jako velmi teplý a suchý. Výrobní oblast je kukuřičná. Nadmořská výška se zde pohybuje kolem 185 metrů nad mořem.

Na pokusném pozemku se nacházela půda středně těžká. Půdní typ byl fluvizem glejová. Základní agrochemické vlastnosti půdy jsou uvedeny v tabulce 3. Zjištěné obsahy živin a hodnota výměnné půdní reakce jsou vyhodnoceny podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků.

Tabulka 3: Agrochemické vlastnosti půdy, listopad 2014

	obsah přístupných živin (mg/kg)					pH/CaCl ₂
	P	K	Ca	Mg	S vod.	
	246	494	3040	192	9,2	6,25
obsah ve středně těžké půdě	velmi vysoký	velmi vysoký	dobrý	dobrý	-	slabě kyselá

Podle dlouhodobého normálu z let 1961 až 1990 je průměrná roční teplota na dané lokalitě 9,3 °C a průměrný roční úhrn srážek 480 mm (Rožnovský *et* Svoboda, 1995).

Pokus byl prováděn v hospodářském roce 2014/2015. V průběhu pokusu (od setí dne 25. 8.) byla do konce roku 2014 maximální průměrná teplota 21,4 °C ze dne 5. 9., kdy bylo naměřeno také absolutní denní maximum 28,2 °C. Minimální průměrná teplota naměřená 30. 12. byla -6,7 °C a absolutní minimum -12,2 °C bylo ze dne 29. 12.

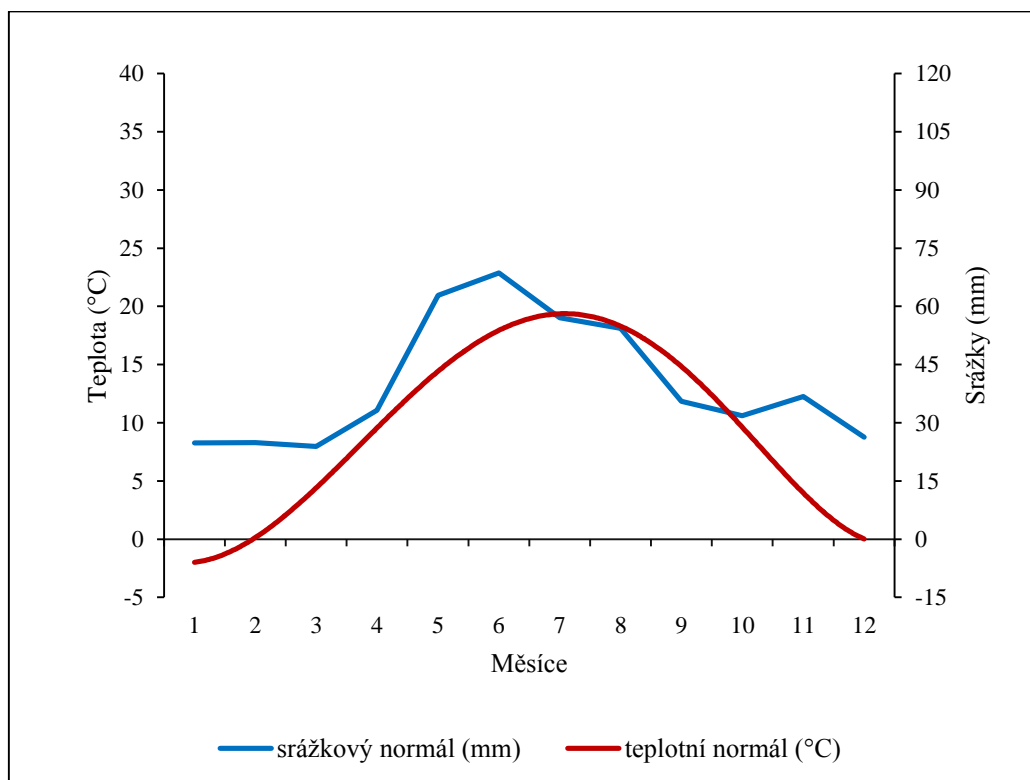
V roce 2015 byla průměrná teplota 11,2 °C. Nejvyšší průměrná teplota byla naměřena 14. 8. a dosahovala 30,3 °C. Nejnižší průměrná teplota byla -4,0 °C ze dne 7. 1.

Maximální denní teplota ze dne 12. 8. má hodnotu 39,1 °C. Minimální denní teplota - 6,2 °C byla naměřena 30. 12.

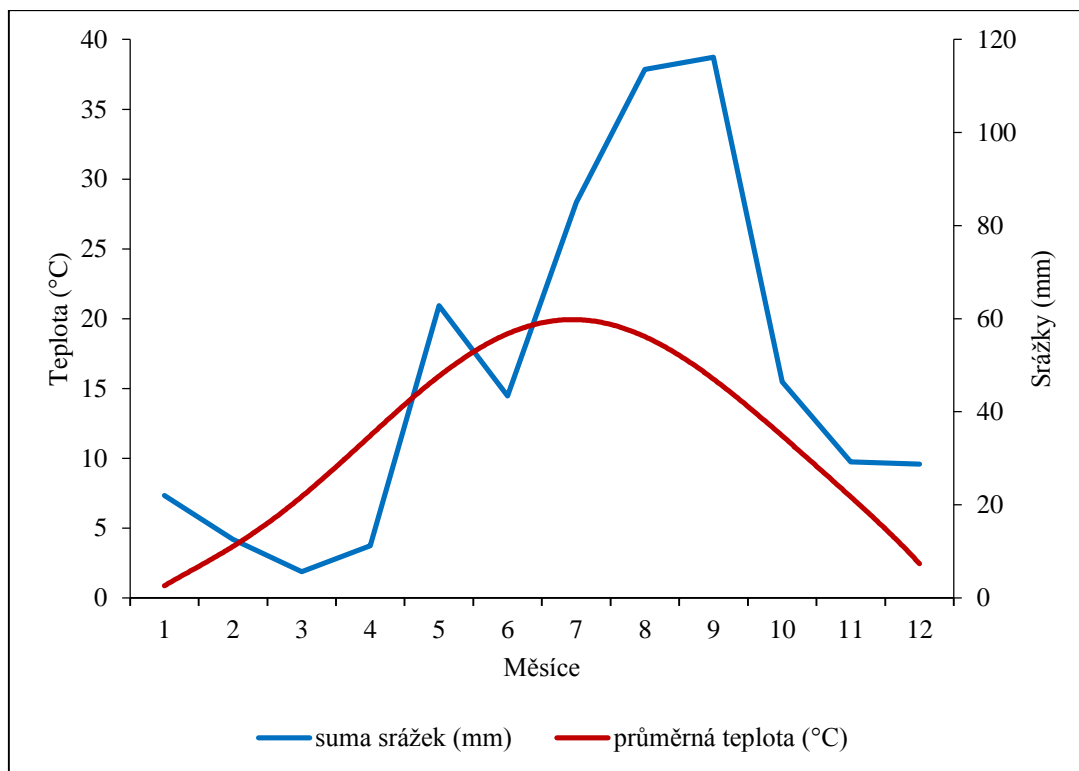
Od začátku roku do sklizně (8. 7.) byla maximální průměrná teplota 28,7 °C naměřena 7. 7., minimální průměrná teplota -4,0 °C byla ze dne 7. 1. Absolutní maximum z 5. 7. bylo 37,2 °C a absolutní minimum -6,0 °C bylo naměřeno 20. 2.

Celkový úhrn srážek za rok 2014 byl 576 mm. Nejvíce srážek v roce 2014 spadlo v září. V průměru to bylo 116 mm. Nejméně srážek spadlo v březnu (necelých 6 mm). Po výsevu řepky do konce roku byl nejsušší měsíc listopad s průměrným úhrnem srážek 29 mm.

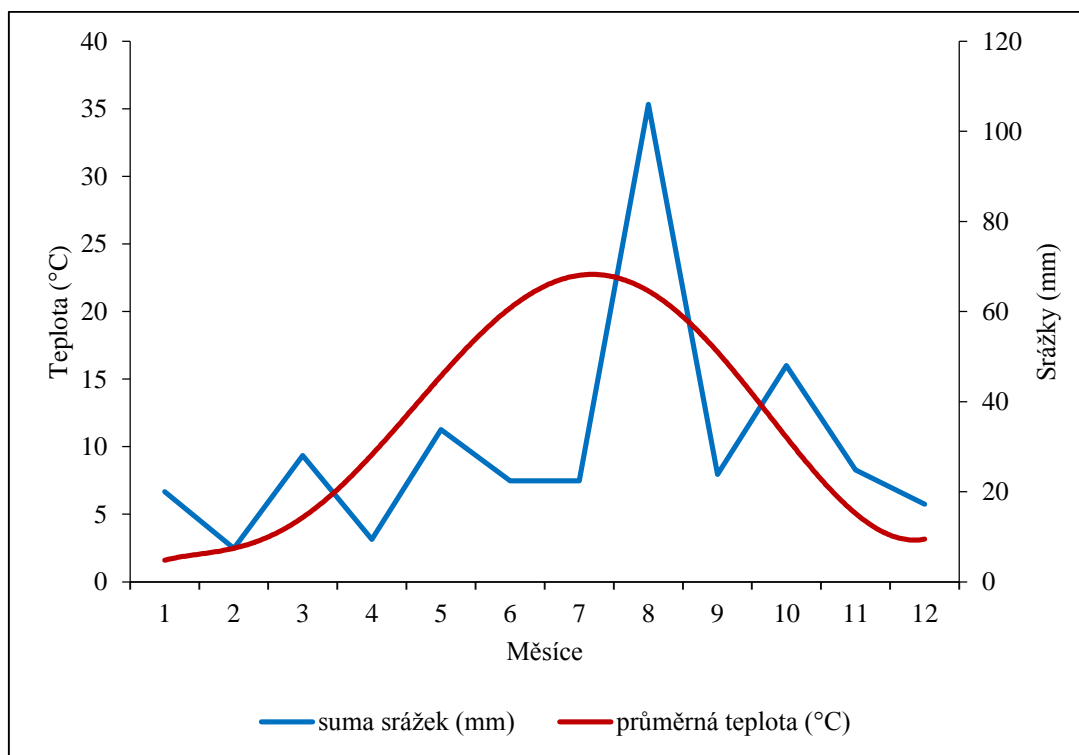
V roce 2015 byl celkový úhrn srážek 363 mm, což je výrazně pod dlouhodobým normálem. Obecně byl tento rok velmi teplý a suchý. Nejvíce srážek bylo zaznamenáno v měsíci srpnu, v průměru 106 mm. Nejméně srážek spadlo v únoru (7 mm) a dubnu (9 mm). Před sklizní v červenci byl nejdeštivější měsíc v roce 2015 květen, kdy spadlo 33 mm. Průběh teplot a srážek podle dlouhodobém průměru a také v letech 2014 a 2015 je zaznamenán v grafech 3, 4 a 5.



Graf 3: Klimadiagram dlouhodobého průměru, Žabčice (1961 – 1990)



Graf 4: Klimadiagram pro rok 2014, Žabčice



Graf 5: Klimadiagram pro rok 2015, Žabčice

4.2 Metodika pokusu

Pokus probíhal v hospodářském roce 2014/2015. Jednalo se o maloparcelkový pokus se třemi opakováními. Rozměry jednotlivých parcel byly 1,5 m x 10 m a celková velikost tedy 15 m². Byly využity čtyři varianty (tabulka 4). U první a druhé varianty byla na podzim aplikována elementární síra v hnojivu WIGOR S. K regeneračnímu hnojení bylo využito u první varianty hnojivo LAD, kdežto druhá varianta byla pohnojena hnojivem DASA. Produkční hnojení pak bylo realizováno formou dusičnanu amonného v obou variantách ve dvou termínech. Jako kontrolní byla využita zcela nehnojená varianta a také varianta hnojená pouze dusíkem. Na tuto variantu bylo při regeneračním a také při prvním produkčním hnojení aplikováno hnojivo LAD. Ke druhému produkčnímu hnojení bylo i u této varianty využito hnojivo DAM 390.

Celková dávka síry se u varianty WIGOR S + LAD pohybovala kolem 60 kg/ha a dávka dusíku kolem 194 kg/ha. U varianty WIGOR S + DASA byla dávka dusíku stejná a množství aplikované síry bylo 99 kg/ha. U kontrolní varianty LAD byla dávka dusíku rovněž 194 kg/ha.

Tabulka 4: Varianty hnojiv použitých v pokusu

varianta	podzimní hnojení	regenerační hnojení	produkční hnojení I	produkční hnojení II
nehnojeno	-	-	-	-
LAD	-	LAD (58 kg/ha dusíku)	LAD (58 kg/ha dusíku)	DAM 390 (58 kg/ha dusíku)
WIGOR S + LAD	WIGOR (60 kg/ha síry)	LAD (78 kg/ha dusíku)	DAM 390 (58 kg/ha dusíku)	DAM 390 (58 kg/ha dusíku)
WIGOR S + DASA	WIGOR (60 kg/ha síry)	DASA (78 kg/ha dusíku, 39 kg/ha síry)	DAM 390 (58 kg/ha dusíku)	DAM 390 (58 kg/ha dusíku)

Půda byla připravena tradičně, tedy s využitím orby. Předplodinou byla pšenice ozimá. Po přípravě půdy následovalo setí, které proběhlo 25. 8. 2014. Podzimní hnojení proběhlo 9. 10. dle schématu, ve fázi 4. listu. Ochranu rostlin shrnuje tabulka 5.

Regenerační hnojení bylo aplikováno 20. 3. 2015. Následovalo první produkční hnojení dne 14. 4. a druhé produkční hnojení, které proběhlo 24. 4. Sklizeň proběhla

8. 7. 2015 maloparcelní sklízecí mlátičkou SAMPO SR2010. Po sklizni byl zjišťován výnos, vlhkost a olejnatost semen.

Tabulka 5: Ochrana rostlin v průběhu pokusu

datum	operace	materiál	dávka
29. 8. 2014	aplikace herbicidu	BRASAN	2 l/ha
6. 10. 2014	aplikace herbicidu	GALERA	0,3 l/ha
6. 10. 2014	aplikace insekticidu	DECIS MEGA	0,15 l/ha
23. 4. 2015	aplikace insekticidu	BISCAYA 240 OD	0,3 l/ha
20. 5. 2015	aplikace insekticidu	PROTEUS	0,75 l/ha
20. 5. 2015	aplikace fungicidu	PROSARO	0,75 l/ha



Obrázek 1: Pokusné parcely po přezimování, 20. 3. 2015 (Foto: Bednář)



Obrázek 2: Aplikace hnojiv, 20. 3. 2015 (Foto: Bednář)



Obrázek 3: Sklizeň, 8. 7. 2015 (Foto: Bednář)

4.3 Charakteristika použité odrůdy

Pro pokus byla využita odrůda DK EXQUISITE, která byla v České republice registrována v roce 2009. Jedná se o ozimou hybridní odrůdu. Je středně raná a odolná proti poléhání a vyzimování (Seznam doporučených odrůd, 2014).

4.4 Charakteristika použitých hnojiv

DASA 26 – 13

Zkratka DASA znamená dusičnan amonný a síran amonný. Kromě síry v síranové formě obsahuje tedy také dusík, jak ve formě amonné, tak i nitrátové. Obsah dusíku se uvádí 26 % a obsah síry 13 %. Hnojivo je vyráběno jako granulované a je určeno ke hnojení rostlin náročných na síru (Hlušek, 2004).

WIGOR S

Toto granulované hnojivo je tvořeno především elementární sírou, jejíž obsah je uváděn kolem 90 %. Zbýlých 10 % tvoří bentonit. Obsažená síra v půdě prochází mikrobiální oxidací na síranovou formu (Škarpa *et* Ryant, 2015).

LAD

Granulované hnojivo ledek amonný s dolomitem obsahuje 27,5 % dusíku ve dvou formách. 50 % dusíku je ve formě amonné a 50 % ve formě nitrátové. Obsah dolomitu je 2,9 %. Lze jej použít jak k základnímu hnojení, tak i k přihnojování během vegetace (Hlušek, 2004).

DAM 390

Dusičnan amonný s močovinou je kapalné hnojivo s obsahem dusíku 30 %. Dusík se v něm nachází ve třech formách. Čtvrtinu tvoří amonný dusík, čtvrtinu nitrátový dusík a polovinu dusík ve formě močoviny, tedy amidický dusík. Využívá se jak k základnímu hnojení, tak k hnojení během vegetace. Lze jej kombinovat také s jinými kapalnými hnojivy (Škarpa *et* Ryant, 2015).

4.5 Použité analytické metody

4.5.1 Analýza půdy

Stanovení obsahu přístupných živin (P, K, Ca, Mg)

Obsah přístupných živin byl stanoven metodou dle Mehlicha III. Ve výluhu zeminy roztokem Mehlich III byl stanoven obsah fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku (Zbiral, 2002).

Stanovení obsahu vodorozpustné síry

Obsah vodorozpustné síry byl stanoven spektrofotometricky ve vodném výluhu v poměru zemina:voda 1:5 (Zbiral, 2002).

Stanovení výměnné půdní reakce

Hodnota výměnné půdní reakce byla stanovena za pomoci pH metru. Měřila se aktivita vodíkových iontů ve výluhu půdy 0,01% roztokem CaCl₂ (Zbiral, 2002).

4.5.2 Použité statistické metody

Statistické zhodnocení výnosu a olejnatosti bylo provedeno v programu STATISTICA, verze 12. Použita byla analýza rozptylu a následné testování proběhlo Tukeyovým testem významnosti rozdílů.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Výnos semen

Mezi výnosy jednotlivých variant hnojení a kontrolou statisticky průkazný rozdíl nebyl (Tabulka 6). Nicméně nejvyššího průměrného výnosu dosáhla varianta LAD, kde se jeho hodnota rovnala 2,33 t/ha, tedy oproti variantám hnojeným sírou o 23 % vyšší a oproti nehnojené variantě téměř o 50 % vyšší. Druhá byla varianta WIGOR S + LAD s průměrným výnosem 1,98 t/ha. Varianta WIGOR S + DASA dosáhla průměrného výnosu 1,97 t/ha. Obě tyto varianty měly o 26 % vyšší výnos v porovnání s nehnojenou variantou. Nejnižší průměrný výnos vykázala nehnojená varianta (1,56 t/ha), jak lze vyčíst z tabulky 7, případně z grafu 6.

Ročník 2015 byl charakteristický nedostatečným zásobením porostů vodou v kombinaci s vysokými teplotami. Nepříznivý vývoj počasí zřejmě negativně ovlivnil výši výnosů, mezi nimiž nebyly zaznamenány výrazné rozdíly. Celkové výnosy zrna se pohybovaly od 1,33 do 2,27 t/ha, zatímco průměrné výnosy byly od 1,56 do 2,33 t/ha.

Příznivý vliv na výnos řepky po hnojení sírou uvádí řada výzkumů. Sinkiewicz-Choleva *et* Kieloch (2015) uvádějí, že při hnojení 40 a 60 kg S na hektar došlo ke zvýšení výnosu semen řepky ozimé o 11 – 12 % oproti sírou nehnojené variantě a variantě hnojené pouze 20 kg S na ha. McGrath *et* Zhao (1996) rovněž dokázali zvýšení výnosu u řepky při hnojení sírou (40 kg S na ha), avšak pouze při dostatečném hnojení dusíkem (180 – 230 kg N na ha). Uvádějí, že pouhá aplikace dusíku bez síry výnos snižuje, stejně, jako při aplikaci síry, ale nedostatečném hnojení dusíkem. Dokazují tak, že metabolismus dusíku je bez dostatku síry narušen.

Tabulka 6: Analýza vlivu hnojení na výnos jednotlivých variant

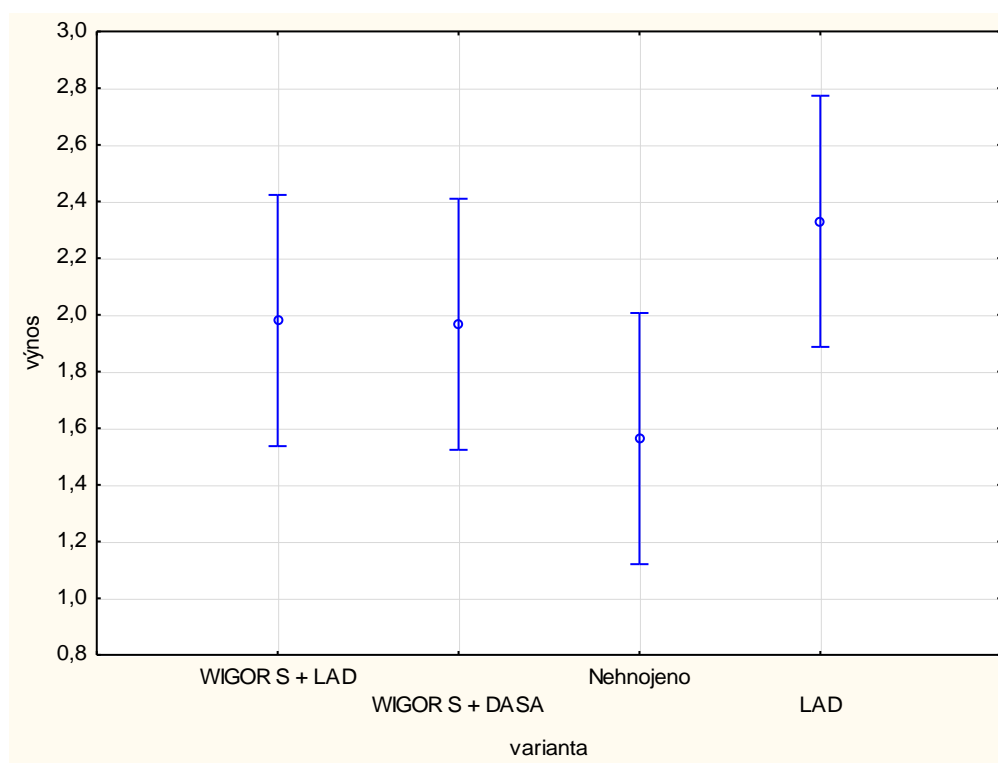
	stupně volnosti	SČ	PČ	F	p
varianta	3	0,88407	0,29469	2,6604	0,119387
chyba	8	0,88613	0,11077		
celkem	11	1,77020			

Pozn: SČ = součet čtverců, PČ = počet čtverců, F = testové kritérium, p = vliv faktoru (statisticky neprůkazný, $p > 0,05$)

Tabulka 7: Průměrný výnos (t/ha) a průkaznost rozdílů dle Tukeyova testu

varianta	n	průměr ± směrodatná odchylka	statistická průkaznost rozdílů	rel %
nehnojeno	3	1,56 ± 0,26	a	100
LAD	3	2,33 ± 0,56	a	149,4
WIGOR S + LAD	3	1,98 ± 0,15	a	126,9
WIGOR S + DASA	3	1,97 ± 0,18	a	126,3

Pozn.: n = počet opakování, rozdíl je průkazný v případě označení varianty odlišným písmenem.



Graf 6: Výnos semen (t/ha) pro jednotlivé varianty hnojení

5.2 Olejnatost semen

Analýza variance neukázala statisticky průkazný rozdíl v olejnatosti semen mezi jednotlivými variantami hnojení (tabulka 8).

Nejvyšší olejnatost nicméně vykazovala nehnojená varianta s průměrnou olejnatostí 43,1 %. Druhá největší průměrná olejnatost byla u varianty WIGOR S + LAD (41,13 %). Obsah oleje byl u této varianty téměř o 5 % nižší než u varianty nehnojené a přibližně o 2 % vyšší než u varianty hnojené pouze dusíkem. Průměrný obsah oleje u varianty WIGOR S + DASA byl 40,87 % a nejnižší průměrná olejnatost 40,33 % byla zaznamenána u kontrolní varianty LAD (tabulka 9, graf 7).

Ačkoli v tomto pokusu se statisticky průkazný rozdíl v olejnatosti mezi variantami neprokázal a nehnojená varianta vyšla z hlediska olejnatosti nejlépe, mnoho autorů uvádí opačné výsledky. Zvýšení olejnatosti semene řepky ozimé po aplikaci sírou uvádí McGrath *et Zhao* (1996). Stejně tak Forahbakhsh *et al.* (2006) ve své práci potvrzují, že zvyšování množství aplikované síry zvyšuje olejnatost. Uvádějí také, že aplikace pouze dusíku, bez hnojení sírou, olejnatost snižuje.

Tabulka 8: Analýza vlivu hnojení na olejnatost semen u jednotlivých variant

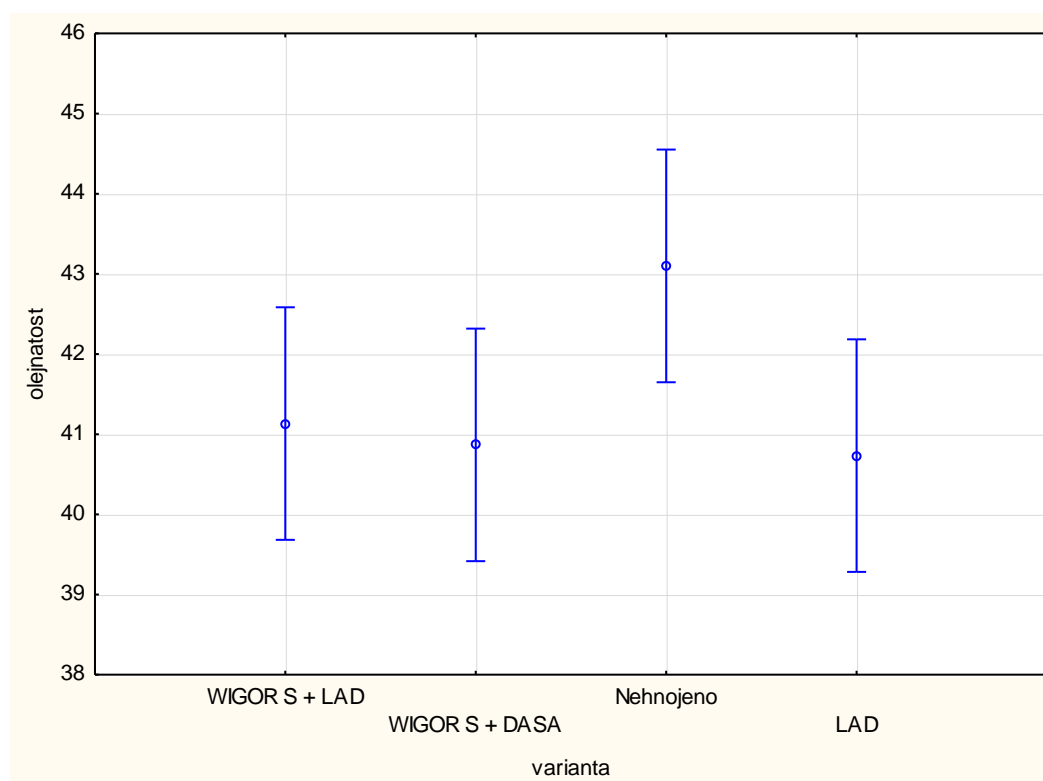
	stupně volnosti	SČ	PČ	F	p
varianta	3	11,03	3,68	3,10	0,089406
chyba	8	9,50	1,19		
celkem	11	20,52917			

Pozn: $S\check{C}$ = součet čtverců, $P\check{C}$ = počet čtverců, F = testové kritérium, p = vliv faktoru (statisticky průkazný, $p < 0,05$)

Tabulka 9: Průměrná olejnatost a průkaznost rozdílu dle Tukeyova testu

varianta	n	průměr ± směrodatná odchylka	statistická průkaznost rozdílu	rel %
nehnojeno	3	43,10 ± 0,17	a	100
LAD	3	40,33 ± 1,01	a	93,57
WIGOR S + LAD	3	41,13 ± 1,80	a	95,43
WIGOR S + DASA	3	40,87 ± 0,68	a	94,83

Pozn.: n = počet opakování, rozdíl je průkazný v případě označení varianty odlišným písmenem.



Graf 7: Olejnatost semen pro jednotlivé varianty hnojení

6 ZÁVĚR

Po zpracování výsledků jednoletého maloparcelkového polního pokusu, provedeného v Žabčicích v hospodářském roce 2014/2015, byly vyvozeny následující závěry:

- Hnojení sírou mělo u jednotlivých variant statisticky neprůkazný vliv na výnos. Nejvyšší výnos vykazovala varianta LAD, kde se jeho průměrná hodnota rovnala 2,33 t/ha. Druhý nejvyšší výnos 1,98 t/ha byl zaznamenán u varianty WIGOR S + LAD, varianta WIGOR S + DASA dosáhla výnosu 1,97 t/ha a nejnižší hodnotu vykazovala nehnojená varianta s průměrným výnosem 1,56 t/ha.
- Statisticky neprůkazný byl také vliv hnojení sírou na olejnatost semene. Nejvyšší obsah oleje (43,1 %) měla nehnojená varianta. Varianta WIGOR S + LAD měla druhou nejvyšší olejnatost 41,13 %. Olejnatost varianty WIGOR S + DASA byla 40,87 % a nejnižší olejnatost 40,33 % byla zjištěna u varianty LAD.
- Lze předpokládat, že získané výsledky byly ovlivněny ročníkem. Rok 2015 byl totiž velmi suchý a teplý.
- Podle zjištěných výsledků byla hypotéza, předpokládající pozitivní ovlivnění výnosu a olejnatosti po hnojení sírou, zamítnuta.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

BALÍK, J., 2007: Výživa a hnojení ozimé řepky. In: BARANYK, P., FÁBRY, A. BALÍK, J., DOSTÁLOVÁ, J., HUMPÁL, J., KAZDA, J., KOPRNA, R., KUCHTOVÁ, P., MARKYTÁN, P., NERAD, D., SOUKUP, J., ŠAROUN, J., ŠKEŘÍK, J., VOLF, M., *Řepka : pěstování využití, ekonomika*. Praha: profi Press, s. 121-122. ISBN 978-80-86726-26-7.

BARANYK, P., FÁBRY, A., BALÍK, J., DOSTÁLOVÁ, J., HUMPÁL, J., KAZDA, J., KOPRNA, R., KUCHTOVÁ, P., MARKYTÁN, P., NERAD, D., SOUKUP, J., ŠAROUN, J., ŠKEŘÍK, J., VOLF, M., 2007: *Řepka : pěstování využití, ekonomika*. Praha: profi Press, 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7.

BEČKA, D., 2007: *Řepka ozimá: pěstitelský rádce*. České Budějovice: Kurent, 56 s. ISBN 97880-87111-05-5.

Český statistický úřad, 2016. Zemědělství. Veřejná databáze [online]. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf;jsessionid=w4AKR3ioaQsM4lhFS4j9xAY_NWSjprNmg6DdIbcVfsi7Y38lJnAp!1905724876?page=statistiky&filtr=G~F_M~F_Z~F_R~F_P~_S~_null_null_&katalog=30840

ERIKSEN, J., MURPHY, M. D., SCHUNG, E. D., 1998: Sulphur pools in soils. In: SCHNUG, E. (ed.) *Sulphur in Agroecosystems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, s. 39-47. ISBN 0-7923-5123-1.

FARAHBAKHS, H., PAKGOHAR, N., KARIMI, A., 2006: Effects of Nitrogen and Sulphur Fertilizers on Yield, Yield Components and Oil Content of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Asian journal of plant sciences* [online]., s. 112-155 [cit. 2016-03-26]. ISSN 1682-3974. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012050251>

HANEKLAUS, S., BLOEM, E., SCHUNG, E., KOK, L. J., STULEN, I., 2007: Sulfur. In: BARKER, A. V., PILBEAM, D. J. *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, s. 183-187 ISBN 0-8247-5904-4.

HOSNEDL, V., VAŠÁK, J., MEČIAR, L., 1998: *Rostlinná výroba - II: (Luskoviny, olejnin)*. Praha: ČZU, 135 s. ISBN 80-213-0153-8.

MARSCHNER, H., 2002: *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. London: Academic Press, 889 s. ISBN 0-12-473542-8.

MATULA, J., 1977: *Výživa rostlin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, 182 s.

McGRATH, S. P., ZHAO, F. J., 1996: Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science* [online]. UK: Cambridge University Press, 2009, s. 53-62 [cit. 2016-03-26]. DOI: 10.1017/S0021859600088808. Dostupné z: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=5183072&fileId=S0021859600088808>

MENGEL, K., 2007: Pottasium. In: BARKER, A. V., PILBEAM D. J. *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, s. 94-100. ISBN 0-8247-5904-4.

RICHTER, R., 2004a: Síra. In: RYANT, P., RICHTER R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin* [online]. Brno, poslední revize 27. 1. 2004 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

RICHTER, R., 2004b: Asimilace dusíku. In: RYANT, P., RICHTER R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin* [online]. Brno, poslední revize 23. 1. 2004 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

RICHTER, R., 2005: Řepka ozimá. In: RYANT, P., RICHTER, R., POULÍK, Z., HŘIVNA, L. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin* [online]. Brno, poslední revize 25. 1. 2005 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejny/a_index_olejny.htm

RICHTER, R., 2007: Síra v půdě. In: RYANT, P., RICHTER R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin: živinný režim půd* [online]. Brno, poslední revize 16. 1. 2007 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

ROŽNOVSKÝ, J., SVOBODA, J., 1995: Agroklimatologická charakteristika oblasti Žabčic. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 49 s.

SINKIEWICZ-CHOLEVA, U., KIELOCH, R., 2015: Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant soil and environment* [online]. s. 164-170 [cit. 2016-03-26]. DOI: 10.17221/24/2015-PSE. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Renata_Kieloch/publication/276094857_Effect_of_sulphur_and_micronutrients_fertilization_on_yield_and_fat_content_in_winter_rape_seeds_28Brassica_napus_L.%29/links/5638a4c708ae51ccb3cc790b.pdf

ŠKARPA, P., RYANT, P., 2015: *The atlas of mineral fertilizers: Atlas minerálních hnojiv*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 85 s. ISBN 978-80-7509-368-4.

ŠROUBKOVÁ, E., 1990: *Zemědělská mikrobiologie: (speciální část pro fytotechnický obor)*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 73 s.

VANĚK, V., BALÍK, J., LOŽEK, O., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P., 2013: *Výživa polních a záhradných plodín*. Nitra: Profi Press, 176 s. ISBN 978-80-970572-3-7.

VASÁK, J., 2000: *Řepka*. Praha: Agrospoj, Semafor. 321 s. ISBN 80-239-4236-0.

Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. In: *Právní předpisy MZe* [online]. [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-1998-275-rostlinnekomodity.html

WARD, J., BASFORD, W., HAWKINS, J., HOLLIDAY, J., 1985: *Oilseed rape*. Ipswich: Farming Press, s. 298. ISBN 0852361556.

WALKER, K. C., BOOTH, E. J., 2003: Sulphur nutrition and oilseed quality. In: ABROL, Y. P., AHMAD, A. (ed.) *Sulphur in plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, s. 323-340. ISBN 1-4020-1247-0.

ZBÍRAL, J., 2002: Analýza půd I. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor, s. 197. ISBN 80-86548-15-5.

ZEHNÁLEK, P., 2014: Seznam doporučených odrůd: řepka olejka. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, ISBN 978-80-7401-084-2.

8 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vývoj osevních ploch řepky olejné v ČR	15
Graf 2: Průměrné hektarové výnosy řepky olejné v ČR	15
Graf 3: Klimadiagram dlouhodobého průměru, Žabčice (1961 – 1990).....	27
Graf 4: Klimadiagram pro rok 2014, Žabčice	28
Graf 5: Klimadiagram pro rok 2015, Žabčice	28
Graf 6: Výnos semen (t/ha) pro jednotlivé varianty hnojení.....	35
Graf 7: Olejnatost semen pro jednotlivé varianty hnojení	37

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pokusné parcely po přezimování, 20. 3. 2015	30
Obrázek 2: Aplikace hnojiv, 20. 3. 2015	31
Obrázek 3: Sklizeň, 8. 7. 2015	31

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Odběr živin na 1 t výnosu semene řepky	16
Tabulka 2: Kritéria hodnocení přístupných živin v půdě podle Mehlicha III.....	19
Tabulka 3: Agrochemické vlastnosti půdy, listopad 2014	26
Tabulka 4: Varianty hnojiv použitých v pokusu	29
Tabulka 5: Ochrana rostlin v průběhu pokusu	30
Tabulka 6: Analýza vlivu hnojení na výnos jednotlivých variant.....	34
Tabulka 7: Průměrný výnos (t/ha) a průkaznost rozdílů dle Tukeyova testu.....	35
Tabulka 8: Analýza vlivu hnojení na olejnatost semen u jednotlivých variant	36
Tabulka 9: Průměrná olejnatost a průkaznost rozdílů dle Tukeyova testu	37