

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv minerálních hnojiv na olejnatost řepky ozimé**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Lukáš Lžičař**

**Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Lucie Bečková, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv minerálních hnojiv na olejnatost řepky ozimé" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.4.2024

---



## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Lucii Bečkové Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a podporu. Její znalosti, trpělivost a ochota naslouchat mým nápadům byly pro mě motivačním faktorem v průběhu celého výzkumu.

Můj vděk patří Ing. Davidu Bečkovi Ph.D. za konzultace a financování rozboru rostlin, bez kterého by tato práce postrádala snahu o komplexní vědecké poznání.

V neposlední řadě děkuji Ing. Štěpánce Nedvědové Ph.D. za odbornou konzultaci chemické a biochemické části.

# Vliv minerálních hnojiv na olejnatost řepky ozimé

## Souhrn

Řepka ozimá (*Brassica napus*) je důležitou plodinou nejen českého, ale i evropského zemědělství díky svému rozsáhlému využití v potravinářském, krmivářském, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv dávky minerálních hnojiv obsahujících dusík, síru a hořčík a termínu aplikace síry a použitého hnojiva na olejnatost semen řepky ozimé, ale i výnos semen a oleje. Výzkum byl realizovaný maloparcelkovými polními pokusy v letech 2020/21 až 2022/23 na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdu u Prahy.

V tříletých pokusech jsme porovnávali aplikaci tří dávek dusíku (140, 180 a 220 kg N/ha). Výsledky prokázaly statisticky významný vliv dávek dusíku na obsah oleje v semenech, přičemž nejnižší dávka 140 kg N/ha vykazovala nejvyšší olejnatost. Dávka dusíku neměla statisticky významný vliv na výnos semen ani oleje.

V tříletých pokusech jsme dále porovnávali pět dávek síry (0, 15, 25, 50 a 75 kg S/ha, hnojivo DASA). Ačkoliv stupňované dávky síry neměly statisticky průkazný vliv na obsah oleje, nejvyšší olejnatost (45,02 %) jsme pozorovali u varianty hnojené 25 kg S/ha. Tato dávka síry současně vedla k nejvyššímu výnosu semen a oleje, ačkoliv rozdíly též nebyly statisticky průkazné.

V tříletých pokusech jsme také porovnávali tři termíny aplikace síry v dávce 25 kg S/ha (T1–přelom února a března, T2–polovina března a T3–začátek dubna, hnojivo DASA). Termín aplikace síry neměl statisticky významný vliv na olejnatost, výnos semen ani výnos oleje.

V jednoletých polních pokusech jsme porovnávali tři hnojiva s obsahem síry v dávce 25 kg S/ha: DASA, Krista MgS (hořká sůl) a Kieserit. Rozdílná hnojiva se sírou neovlivnila statisticky významně obsah oleje, avšak pozorovány byly statisticky významné rozdíly ve výnosech semen a oleje. Nejvyšší průměrná olejnatost byla u porostů hnojených Kieseritem, avšak nejvyšší výnosy semen a oleje dosáhly varianty hnojené hnojivem DASA.

V jednoletých pokusech jsme porovnávali vliv vyšší dávky hořčíku dodaného v hnojivech Kieserit+LAD s nižší dávkou hořčíku u variant hnojených hnojivou DASA+LAD. Množství dodaného hořčíku neprokázalo statisticky významný vliv na obsah oleje, ale byly zaznamenány rozdíly ve výnosech semen. Varianty s vyššími dávkami Mg (Kieserit+LAD) dosáhly vyšší olejnatosti, ale varianty s nižšími dávkami Mg (DASA+LAD) vykazaly vyšší výnosy semen a oleje.

Naše výsledky naznačují, že správná výživa dusíkem, sírou a hořčíkem může mít významný dopad na olejnatost, výnosy semene a oleje řepky ozimé. Poznatky získané z literární rešerše a experimentální části mohou posloužit jako teoretické podklady pro volbu vhodného hnojení řepky ozimé a porozumění složité problematice vlivu hnojení na kvalitativní parametry produkce této plodiny.

**Klíčová slova:** řepka ozimá; olejnatost; výnos; dusík; síra; hořčík

# Effect of Mineral Fertilizers on the Oil Content of Winter Oilseed Rape

## Summary

Winter rape (*Brassica napus*) is a vital crop in Czech and European agriculture, widely utilized in food, feed, pharmaceutical, and cosmetic industries. This study aimed to assess the impact of mineral fertilizer doses containing nitrogen, sulfur, and magnesium, along with sulfur application terms and fertilizer types, on winter rape seed oil content, seed yield, and oil yield. Field trials were conducted from 2020/21 to 2022/23 at the Research Station FAPPZ ČZU in Červený Újezd near Prague.

In three-year experiments, we compared the application of three nitrogen rates (140, 180 and 220 kg N/ha). The results showed a statistically significant effect of nitrogen rates on seed oil content, with the lowest rate of 140 kg N/ha showing the highest oil content. Nitrogen rate had no statistically significant effect on seed and oil yield.

In three-year experiments with DASA fertilizer, we tested five sulfur rates (0, 15, 25, 50, and 75 kg S/ha). While sulfur rates didn't significantly affect oil content, the variant with 25 kg S/ha had the highest oil content at 45,02 %. This rate also led to the highest seed and oil yield, though not statistically significant.

In three-year experiments, we tested three dates of sulfur application at 25 kg S/ha (T1-mid-Feb and Mar, T2-mid-Mar, T3-early Apr, DASA fertilizer). The dates had no statistically significant impact on oil, seed, or overall yield.

In one-year field experiments, we compared three sulfur-containing fertilizers at 25 kg S/ha: DASA, Krista MgS (bitter salt), and Kieserite. While sulfur fertilizers didn't significantly affect oil content, they did show significant differences in seed and oil yields. Kieserit fertilized stands had the highest mean oil content, but DASA fertilized treatments yielded the highest seed and oil yields.

In one-year experiments, we compared higher magnesium doses in Kieserit+LAD fertilizer with lower doses in DASA+LAD variants. Magnesium doses didn't significantly impact oil content, but variations in seed yield were observed. Higher Mg rates (Kieserit+LAD) led to higher oil content, while lower Mg rates (DASA+LAD) resulted in higher seed and oil yields.

Our results suggest that proper nutrition with nitrogen, sulfur and magnesium can have a significant impact on oil yield, seed and oil yield of winter canola. The knowledge obtained from the literature search and experimental part can serve as theoretical basis for choosing appropriate fertilization for winter rape and understanding the complex issue of the effect of fertilization on the quality parameters of production of this crop.

**Keywords:** Winter Rape; Oil Content; Yield; Nitrogen; Sulphur; Magnesium

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>9</b>
3.1	Řepka olejka .....	9
3.2	Původ řepky.....	10
3.3	Šlechtění řepky .....	11
3.4	Olejnatost.....	13
3.5	Faktory ovlivňující olejnatost.....	15
3.6	Vliv jednotlivých živin na výnos a olejnatost .....	18
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>28</b>
4.1	Charakteristika lokality .....	28
4.2	Průběh počasí .....	30
4.3	Metodika pokusu .....	32
4.3.1	Založení pokusu .....	32
4.3.2	Pokusné varianty .....	33
4.3.3	Použitá hnojiva .....	33
4.4	Postup sběru dat.....	35
4.5	Statistické vyhodnocení .....	36
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>37</b>
5.1	Dávka dusíku .....	37
5.2	Dávka síry .....	42
5.3	Termín aplikace síry .....	46
5.4	Druh hnojiva .....	52
5.5	Dávka hořčíku .....	56
<b>6</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>59</b>
6.1	Dávka dusíku .....	60
6.2	Dávka síry .....	62
6.3	Termín aplikace síry .....	64
6.4	Druh hnojiva .....	65
6.5	Dávka hořčíku .....	66
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratek a symbolů .....</b>	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Řepka olejka (*Brassica napus L.*) patří mezi nejvýznamnější olejninu na světě a je také hojně zastoupena na osevních plochách ve střední a severní Evropě. Řepkový olej nachází uplatnění nejen v lidské výživě, ale i ve farmácii a energetickém průmyslu.

V současné době se zemědělství stále více potýká s následky klimatické změny, úbytku orné půdy či ekonomickými problémy. Zároveň je zvyšován tlak na efektivitu, ekonomičnost, kvalitu a trvalou udržitelnost nejen produkce řepky ozimé, ale i ostatních plodin.

Za posledních třicet let se plochy řepky v České republice zvýšily skoro čtyřikrát. Tento dramatický rozmach můžeme přisuzovat intenzivnímu procesu šlechtění, který šel ruku v ruce s vývojem přípravků na ochranu rostlin a ekonomickými změnami.

V roce 2023 bylo v České republice oseto 363 000 hektarů ozimou řepkou, což ji řadí na druhé místo mezi pěstovanými plodinami (ČSÚ 2023). Dále se podstatně podílí na ekonomických výsledcích mnoha zemědělských podniků. Její pěstování obohacuje osevní postupy a slouží jako důležitý rozdělovač obilných sledů v celé Evropě. Ozimé odrůdy dominují díky své vyšší rentabilitě a efektivitě při využívání zdrojů, ochraně půdy a odolnosti vůči nepříznivým podmínkám (Baranyk et al. 2007).

Důležitým sledovaným parametrem její produkce je i olejnatost. Obsah oleje se v semenech řepky pohybuje mezi 40 a 48 %. Za olejnatost nižší než 42 % mohou výkupci uplatňovat srážky, ke kterým periodicky dochází v letech s nižší olejnatostí – například rok 2019. S tím, jak se zintenzivňuje celosvětový výzkum zaměřený na zvýšení obsahu oleje v řepce prostřednictvím šlechtění a výživy, je zřejmé, že i drobná zlepšení mohou podstatně zvýšit efektivitu jejího pěstování (Li et al. 2023; Sharafi et al. 2015)

Cílem mé diplomové práce je ucelit současné vědecké poznatky o faktorech ovlivňujících olejnatost řepky ozimé a zároveň zohlednit jejich vzájemné působení. V experimentální části jsem se zabýval vlivem dávky živin, aplikačních termínů a druhu hnojiva na olejnatost. Pro zajištění relevance práce jsem sledoval také výnos semen a výnos oleje. Mnoho zahraničních studií je bohužel nekomplexních s protichůdnými výsledky např. Cheema et al. (2001), Aminpanah (2013), Rathke et al. (2005) Dreccer et al. (2000) či Zhao et al. (1993).

Výstupem našeho výzkumu bude posouzení vlivu minerálního hnojení dusíkem, sírou, hořčíkem, aplikačních termínů a použitého hnojiva na olejnatost, výnos semen a oleje. Tyto poznatky by mohly významně přispět k udržitelnému pěstování řepky v České republice.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce bude na základě výsledků maloparcelkových pokusů vyhodnotit vliv dávky minerálních hnojiv s dusíkem, sírou a hořčíkem na olejnatost, ale i výnos řepky ozimé a výnos oleje. Dalším cílem bude posoudit vliv termínu aplikace síry a použitého hnojiva na olejnatost, výnos semen a oleje.

### Hypotézy

- Snížení dávky dusíku má pozitivní vliv na olejnatost sklizených semen řepky ozimé.
- Síra dodaná v minerálních hnojivech má pozitivní vliv na olejnatost semen řepky ozimé.
- Termín hnojení sírou ovlivňuje olejnatost semen řepky ozimé.
- Druh hnojiva se sírou má vliv na olejnatost semen řepky ozimé.
- Použití minerálního hnojiva s hořčíkem má pozitivní vliv na olejnatost semen řepky ozimé.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Řepka olejka

Řepka olejka (*Brassica napus* L. convar. *napus*) nepochybně patří k nejvýznamnějším světovým olejninám. O jejím pěstování v Evropě existují písemné zmínky již z 16. století, ale teprve po roce 1960 se stala významnou světovou olejninou (USDA 2023)(Kimber et McGregor 1995). Za rok 2023 bylo celosvětově sklizeno 86,979 milionů tun řepky pěstované na 42 710 538 hektarech, což jí hned po sóje (388 milionů tun) zařadilo na druhé místo v množství produkce olejnatých semen (USDA 2023). Za posledních 20 let se průměrná produkce řepkového semene zvýšila o 100 % a pěstební plocha se zvýšila třiapůlkrát (Faostat 2023). Zároveň došlo od roku 2003 do roku 2023 k zdvojnásobení produkce řepkového oleje z 12,5 milionů tun na 31,8 milionů tun.

Řepka se pěstuje v 67 zemích světa a mezi největší producenty patří Evropská unie (35,5 %), Kanada (35 %), Čína (25 %) a Oceánie (4 %). V České republice je pěstována na 363 000 hektarech (18 % zemědělské půdy) s průměrným výnosem 3,35 t/ha (ČSÚ 2023).

Produkty pocházející z řepky nacházejí široké uplatnění v různých oblastech lidské činnosti – od velmi kvalitního oleje, přes farmaceutické a technické uplatnění až po využití ve výživě hospodářských zvířat.

Řepkový olej je jedním z nejstarších rostlinných olejů, avšak byl v minulosti konzumován jen sporadicky, obzvláště kvůli přítomnosti vysokého podílu kyseliny erukové a glukosinolátů. Zlom nastal v roce 1974, kdy byl v Kanadě vyšlechtěn první kultivar řepky s nízkým obsahem kyseliny erukové a glukosinolátů. Jednalo se o takzvanou 00 odrůdu, která se stala mezinárodním etalonem pro kvalitativní hodnocení. Odtud pochází označení „canola“ – spojení slov Canada a oleum. 00 odrůdy obsahují méně, než 30  $\mu\text{mol/g}$  glukosinolátů na gram a méně než 2 % kyseliny erukové (Stefansson et Kondra 1975).

Řepkový olej hraje důležitou roli při výrobě bionafty v Evropské unii, který se podílel ze 70 % na celkové produkci bionafty. (Gupta et al. 2022). Semena řepky ozimé obsahují 43 % oleje a 23 % bílkovin (sójové boby obsahují 20 % oleje a 40 % bílkovin)(Baranyk et al. 2007). Z tohoto důvodu jsou řepkové pokrutiny vhodnou bílkovinnou složkou pro krmivo hospodářských zvířat.

Vysoká nutriční hodnota, multifunkční účel a ekonomická hodnota řepkového semene přitahují v posledních desetiletích zájem vědců z celého světa za účelem studia různých oblastí – šlechtění, krmných a průmyslových účelů až po modifikace genových expresí za účelem zlepšení nutričních a zdravotních parametrů. O tomto trendu svědčí i nárůst množství vědeckých článků (zahrnutý reviews+články) věnujících se řepce za posledních 10 let. Od roku 2013 do konce roku 2023 se jejich počet zdvojnásobil – z 388 na 808 (Clarivate 2024a).

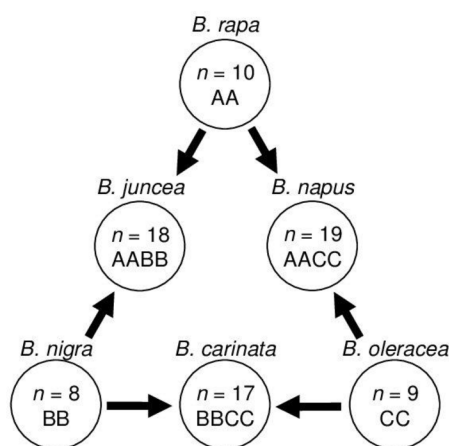
I přes značnou snahu vědců, šlechtitelů a výzkumných pracovníků stále zůstává mnoho fyziologických, biochemických a metabolických procesů popsáno nedokonale, či vůbec. Hlavním cílem by měla být snaha o implikování nejnovějších vědeckých poznatků do zemědělské praxe, kde by pomohly stabilní a trvale udržitelné produkci řepky ozimé.

## 3.2 Původ řepky

Řepka olejka (*Brassica napus* L. convar. *napus*) patří do čeledi brukvovitých, která čítá 338 rodů a 3709 druhů (Warwick & Hall 2009). Počátky vzniku této významné čeledi se datují před 32,4 milióny let v období eocénu a oligocénu.

V historických záznamech z Evropy se bohužel dlouhou dobu nerozlišovalo mezi řepkou olejkou a řepicí. Nejstarší záznamy o pěstování brukvovitých zelenin pochází ze starého Egypta a Říma. Až roku 1682 vychází publikace, která poprvé rozlišuje mezi řepkou (*Brassica napus* L.) a řepákem (*Brassica rapa*).

K zásadnímu nárůstu ploch řepky dochází za vlády Marie Terezie z důvodu potřeby oleje pro průmyslové využití (Baranyk et al. 2007). Aby byla řepka vhodná pro využití v lidské výživě, popřípadě jako krmivo pro hospodářská zvířata, musela projít náročným a zdlouhavým procesem šlechtění.



Obrázek 1: Trojúhelník „U“ popisující vztahy mezi druhy rodu *Brassica*. písmeno *n* symbolizuje počet chromozómů v jedné sadě (Nagaharu 1935)

Jako první s teorií o vzniku brukve řepky (*Brassica napus* L.) přišel roku 1935 japonský botanik Nagaharu. Podle jeho práce vznikla brukev řepka ( $2n=19$ ) náhodnou hybridizací mezi druhy brukev řepák (*Brassica rapa*) a brukev zelné (*Brassica oleracea*) viz obrázek 1.

Řada soudobých studií tuto teorii potvrzuje a uvádí, že *B. napus* vznikla náhodnou hybridizací těchto dvou druhů zhruba před 6 500-7 500 lety v Evropě (Li et al. 2013). Počátky jarní řepky sahají do 17. století, kdy se z Evropy rozšířila do Anglie. Je nutné podotknout, že do dnešních dnů není známa divoká forma *B. napus*, což vede k nejasnému původu, jelikož *B. rapa* a *B. oleracea* mají morfologicky odlišné poddruhy a jsou na území Evropy pěstovány již stovky let. K přirozenému křížení těchto dvou druhů docházelo příležitostně za dobrých podmínek.

Naproti tomu (Song et Osborn 1992) uvádí, že *B. napus* vznikla hybridizací předka brokolice a předka tuřínu, či vznikl z několika kombinací mezidruhových hybridizací.

Nejnovější studie založené na zkoumání genomu a fylogenetické příbuznosti docházejí k závěru, že *B. napus* je křížencem *B. oleracea* a *B. rapa*. Subgenom *B. napus arvensis* se vyvinul k závěru, že *B. napus* je křížencem *B. oleracea* a *B. rapa*. Subgenom *B. napus arvensis* se vyvinul z evropského předka tuřínu a subgenom *B. napus campestris* vzniknul hybridizací kedlubny,



brokolice a květáku. Vznik jarní formy *B. napus* se datuje zhruba do 17. století (Baranyk et al. 2007; Heslop-Harrison 2013; Lu et al. 2019).

Je ovšem nutné podotknout, že povaha, směr, popřípadě geografické umístění počátečních hybridizačních událostí, které vedly ke vzniku *B. napus* zůstávají stále nejasné.

### 3.3 Šlechtění řepky

Stejně jako řada kulturních plodin musela řepka projít komplikovaným a časově náročným šlechtitelským procesem, aby se stala vhodnou plodinou pro lidskou i živočišnou výživu a své uplatnění nacházela v širokém spektru lidských odvětví. Zprvu obsahovala vysoké množství antinutričních látek – především kyseliny erukové, glukosinolátů, které její uplatnění značně ztěžovaly.

#### Odrůdy „0“

Využití řepky k lidské výživě bylo komplikováno vysokým obsahem kyseliny erukové. Kyselina eruková je jedovatou mastnou kyselinou, která může negativně ovlivňovat kardiovaskulární systém lidí a zvířat (Beare-Rogers et al. 1974; Bierenbaum et al. 1992).

Za účelem shromáždění poznatků byly roku 1959 analyzovány rostliny řepky poblíž Winnipegu, a následně byl stanoven obsah kyseliny erukové. Jednotlivé varianty mezi sebou vykazovaly velké rozdíly (od 10 do 20 %). Opakovaná selekce vedla k izolaci variant, které obsahovaly pouze stopy kyseliny erukové (nula odrůdy) (Stefansson et Hougen 1964). Tento okamžik můžeme z hlediska pěstování řepky vnímat jako počátek bezerukových odrůd řepky. V České republice, respektive Československu, se bezerukové/ nízkouerukové (obsah kys. erukové do 0,3-0,5 %) odrůdy pěstují od roku 1975 (Baranyk et al. 2007).

#### Odrůdy „00“

Dalším významným milníkem v pěstování řepky bylo snížení obsahu glukosinolátů (GLS). Glukosinoláty jsou sekundární rostlinné metabolity, které se vlivem enzymu myrosinázy rozkládají na několik různých produktů (thiokyanáty, isothiokyanáty či nitrily). Právě obsah GLS v řepkovém šrotu způsoboval zdravotní a zažívací problémy ve výživě hospodářských zvířat. Po příjmu krmiva, jehož základ obsahoval GLS, hospodářská zvířata trpěla na krvácivost jater, sníženou funkci štítné žlázy či pokles plodnosti (Krzepiňko et al. 2017; Mawson et al. 1994; Tripathi et Mishra 2007). Úspěch v podobě snížení kyseliny erukové (EK) a glukosinolátů (GLS) byl ovšem spojen se snížením genetické variability (Hasan et al. 2006; Qian et al. 2014). Hlavním důvodem ztráty genetické variability je skutečnost, že nízký obsah EK a GLS pochází z jediného genetického zdroje. Genetický materiál, který vykazoval nízký obsah EK, pochází z německé odrůdy jarní řepky „Liho“, která byla poprvé pěstována v Kanadě roku 1970. Snížený obsah GLS pochází z mutace polské odrůdy „Bronowsky“. Zpětným křížením těchto dvou odrůd vznikla roku 1974 první „00“ odrůda jarní řepky „Tower“, která byla bezeruková a obsahovala minimální množství GLS. Nakonec přišla i „00“ odrůda ozimé řepky s názvem „Librador“, která byla poprvé uvedena na německý trh roku 1981 (Friedt et al. 2018; Hatzig et al. 2018; Raymer 2002).

### Modifikace odrůd

Důležitým milníkem šlechtění rostlin a molekulární genetiky v posledních několika letech byla úprava složení mastných kyselin řepkového oleje, aby se stal konkurenceschopnější v potravinářském a chemickém průmyslu. Zatímco v potravinářství jsou preferovány „00“ odrůdy, tak v narůstajícím segmentu biopaliv jsou preferovány jiné vlastnosti. Právě řepkový olej je specifický tím, že má široké spektrum uplatnění a dobré vlastnosti i pro průmyslové využití (homogenní složení, absence kontaminantů a rozložitelnost, což poskytuje řadu výhod oproti klasickým ropným olejům)(Friedt et Lühs 1998).

Odrůdy obsahující vysoký podíl kyseliny olejové (HOAR – high oleic acid rape) v současné době získávají celosvětově na oblibě – tento trend je zřejmý u řepky a dalších významných olejin např. slunečnice, sóji či safloru. Za úpravu profilu mastných kyselin (dále jen M.K.) ve prospěch kys. olejové je zodpovědný gen *FAD2* (Schierholt et Becker 2001). Transgenní rostliny exprimující tento gen vykazovaly o 11 % vyšší obsah kys. olejové (z 60 % na 71 %), vykazovaly srovnatelnou morfologii a výnosové parametry (Chalhoub et al. 2014). Například (Liu et al. 2022) při užití CRISPR-Cas9 genomové editace dokázal produkovat rostliny, které vykazovaly přes 86 % podílu kyseliny olejové z celkového profilu MK.

Na opačné straně stojí vývoj odrůd s takzvaným „dlouhým řetězcem mastných kyselin“ (anglicky VLCFA- very long chain fatty acids)- primárně kyseliny eruková (C22:1) a kys. eikosenová (C20:1). Vzhledem k tlaku na využívání obnovitelných zdrojů je zde rostoucí poptávka po odrůdách s vysokým obsahem kyseliny erukové. Kyselina eruková nachází uplatnění ve výrobě fólií, syntéze nylonu a v odvětví maziv. Zvýšení jejího podílu by velmi zlevnilo a zefektivnilo její využívání a trvalou udržitelnost těchto průmyslových odvětví (Nath et al. 2016). Pokusy o zvýšení kys. erukové se zatím provádějí pomocí konvenčního šlechtění. U řady linií byl pozorován nárůst obsahu kyseliny erukové až na 60 % z celkového podílu MK (Cao et al. 1990; Frentzen 1998).

Řepkový olej hraje v měřítku celosvětového trhu s rostlinnými oleji zásadní roli. Jeho nespornou výhodou je, že složení jednotlivých mastných kyselin může být šlechtitelským procesem upraveno, aby vyhovovalo požadavkům koncového zákazníka. Aby bylo těchto benefitů dosaženo v zemědělské praxi, je nutná koordinace šlechtitelů, zpracovatelů, a hlavně implementace nejnovějších vědeckých poznatků.

#### Riziko ztráty genetické diverzity

Zúžení genetické diverzity značně omezuje šlechtitelský pokrok, dochází ke snížení adaptačního potenciálu na biotické a abiotické faktory. Nová diverzita, která pochází z vnitrodruhových, mezidruhových, popřípadě z mezigeneračních zdrojů se často používá pro zlepšení rezistence a heteroze (Hasan et al. 2006; Seyis et al. 2006; Zou et al. 2018).

Například (Rygulla et al. 2007) ve své studii uvádí, že v genofondu řepky existuje jen malé množství rostlin vykazující rezistenci proti verticilliovému vadnutí, na které není registrován žádný fungicid. Zkoumal možnost použít křížence brukve řepáka a brukve zelné, kteří byli nositelé rezistentního genu proti verticilliovému vadnutí, jelikož právě hybridizací těchto dvou druhů vznikne amfidiploidní brukev řepka.

Potomci vzniklí hybridizací dvou výše uvedených druhů vykazovaly vyšší spektrum rezistence v testech patogenity, oproti středně tolerantním odrůdám řepky.

### 3.4 Olejnatost

Obsah oleje v semenech *B. napus*, stejně jako u většiny olejnatých plodin je důležitým faktorem při hodnocení kvality produkce a následném zpeněžování. Průměrný obsah oleje v semenech je od 40 do 48 %, ovšem výjimkou nejsou ani odrůdy, které obsahují více než 50 % oleje (Sharafi et al. 2015a).

Obzvláště z důvodu důležitosti tohoto kvantitativního parametru probíhají ve světě rozsáhlé výzkumy možností, jak šlechtěním a správnou výživou zvýšit obsah oleje v semenech řepky. Ve své studii (Wang 2005) uvádí, že 1 % zvýšení obsahu oleje odpovídá nárůstu výnosu semen o 2,5-3,5 %, z tohoto důvodu může zvýšení obsahu oleje zefektivnit pěstování řepky.

Je ovšem nutné podotknout, že olejnatost je ovlivněna velkým množstvím faktorů, které budu popisovat v následujících kapitolách.

#### Složení řepkového oleje

Většina přijatých tuků v lidské výživě pochází z jedlých tuků, které poskytují esenciální mastné kyseliny, vitamíny rozpustné v tucích a mnoho dalších látek. Rostlinné oleje jsou komplexní směsí triacylglyceridů, s různým poměrem nasycených a nenasycených mastných kyselin, fosfolipidů, tokoferolů, a fytoosterolů. Právě kvalita rostlinných olejů, potažmo jejich složení ovlivňuje jejich přijatelnost koncovými konzumenty.

Rostlinné oleje s vysokým podílem nenasycených mastných kyselin jsou preferovány, oproti olejům s vysokým podílem nasycených MK, jelikož právě nasycené MK zvyšují rizika kardiovaskulárních chorob (Ganesan et al. 2018).

Průměrný obsah oleje v semenech „00“ odrůd je zhruba 42 %. Řepkový olej má mezi rostlinnými oleji nejvyšší podíl nenasycených mastných kyselin 93 % a 7 % nasycených mastných kyselin. Nejvíce zastoupenou MK je kys. olejová (56-64 %), dále linolová (17-21 %),  $\alpha$ -linolenová (6-14 %), palmitová (4-5 %) a stearová (1-2 %) (Matthaus et al. 2016). Triacylglyceroly jsou hlavní složkou rostlinných olejů – skládají se z glycerolu a 3 MK,

kteřé jsou na něj vázány. Právě profil jednotlivých MK, potažmo složení triacylglycerolů je jedním z hlavních kritérií, které určuje kvalitu řepkového oleje (Stahl et al. 2017).

Dále se v složení oleje nachází tokoferoly, známé jako vitamín E. Jedná se o skupinu přírodních antioxidantů, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví (Clarke et al. 2008).

Mnoho studií uvádí, že nejideálnější variantou řepkového oleje pro lidskou výživu je olej lisovaný za studena, jelikož v něm zůstávají uchovány mastné kyseliny a bioaktivní sloučeniny např. tokoferoly, fytosteroly či karotenoidy (Chew 2020; Jahreis & Schäfer 2011).

### Genetická podstata

Obsah oleje v semenech řepky ozimé je z genetické podstaty řízen polygenně a projevuje se zde také vliv vnějšího prostředí (Delourme et al. 2006; Mekhedov et al. 2000; Pelletier et al. 2017).

V posledních několika desítkách let na celém světě probíhaly pokusy ve snaze odhalit genetickou podstatu tvorby oleje v semenech řepky. Jako jeden z prvních ve své studii popisuje Ecke et al. (1995), že syntéza oleje je řízena geny pro syntézu kyseliny erukové. Jeho studie je v souladu s mnoha dalšími například Kondra & Stefansson (1965) či Siebel & Pauls (1989), kteří docházejí k závěru, že obsah kyseliny erukové negativně koreluje s obsahem kyseliny olejové.

Některé studie odhalily, že se některé geny podílejí na regulování akumulace oleje v semenech řepky.

Li et al. (2023) uvádí, že dlouhá nekódující RNA (delší než 200 bp) hraje důležitou roli v biosyntéze oleje. Při jeho experimentu došlo u rostlin, ve kterých byla nadměrně exprimována LncRNA MSTRG.22563 k snížení olejnatosti o 3,1-3,9 %. U rostlin, které nadměrně exprimovaly MSTRG.86004 došlo k průměrnému nárůstu olejnatosti o 2 % ve srovnání s kontrolní variantou.

Shen et al. (2018) dochází k závěru, že podstatnou součástí regulačních mechanismů biosyntézy lipidů jsou LncRNA, kterých ve své práci identifikoval celkem 8905. Jako příklad uvádí regulátor BnaC08g11970D, který je zodpovědný za syntézu oleosinu1, což je protein nacházející se v olejových tělískách a přímo se podílí na syntéze lipidů a jejich akumulaci do semen. Dále zmiňuje, že pro dosažení hlubšího poznání celé genetické podstaty tvorby a syntézy oleje je zapotřebí dalšího podrobného zkoumání.

### 3.5 Faktory ovlivňující olejnatost

#### Abiotické faktory

Rostliny jsou v přirozeném prostředí vystaveny mnoha rozdílným druhům abiotického stresu, zejména nízkým či vysokým teplotám, suchu, nedostatečnému světelnému požitku, zasolení či nedostatku živin.

V minulosti řada autorů zkoumala vliv abiotického stresu na olejnatost semen řepky, popřípadě i změny ve složení řepkového oleje. S úbytkem orné půdy a klimatickou změnou lze předpokládat zvýšenou frekvenci výskytu těchto stresových faktorů.

Právě extrémní průběh počasí může ovlivnit výnos a kvalitu nejen řepky ozimé, ale i všech zemědělsky významných plodin.

Tato kapitola má za cíl přehledně a stručně popsat jednotlivé druhy abiotického stresu, který ovlivňuje biosyntézu oleje v semenech řepky a nastíní přehled biotechnologických možností, jak zmírnit vliv stresových faktorů na zemědělskou produkci.

#### Teplota

Ačkoliv se řada vědeckých studií věnovala poměrně dopodrobna tématu ohledně syntézy lipidů ve vegetativních pletivech (Harwood & Moore 1989; Li et al. 2016; Neidleman 1987), tak podrobnému popisu změn v ukládání oleje do semen řepky byla věnována pouze malá pozornost.

Pritchard et al. (2000) uvádí, že olejnatost byla primárně ovlivněna průběhem počasí, výběrem stanoviště, zatímco obsah glukosinolátů byl nejvíce ovlivněn odrůdou. Dále bylo zjištěno, že vyšší olejnatost vykazovaly odrůdy, které byly vystavené chladnějšímu a srážkově vydatnějšímu jaru, zatímco při sušším a horkém jaru se průměrná olejnatost snižovala, stejně jako průměrný výnos.

Například Canvin (1965) také dochází k závěru, že obsah oleje v řepce je v negativní korelaci ke vztahu k teplotě. V jeho studii nejvyšší olejnatosti dosáhla řepka a len (při teplotě 10 °C), zatímco při teplotě 26,5 °C byla průměrná olejnatost semen nižší. Obsah oleje v semenech světlice barvířské a slunečnice zůstával při všech teplotách stejný, stejně jako složení mastných kyselin.

Vzhledem k nepopíratelnému faktu, že se globální oteplování stále stává větším problémem pro zemědělskou produkci, tyto teplotní účinky na biosyntézu lipidů by mohly mít vážný dopad na produkci řepkového oleje.

Zhu et al. (2012) zkoumal dvě izogenní linie (NIL-9 a NIL-1), které se lišily v oblasti QTL (lokus kvantitativního znaku) na chromozomu C2, který ovlivňuje obsah oleje při vysoké teplotě. Právě linie NIL-9 vykazovala při vyšších teplotách (nad 25 °C) průměrně o 7,4 % vyšší olejnatost semen oproti linii NIL-1.

Právě podrobný výzkum genů nám do budoucna může pomoci k zvýšení olejnatosti semen, stabilnímu složení řepkového oleje při vysokých teplotách.

### Vodní stres

Omezený přístup rostlin k vodě, ke kterému často dochází při nedostatečných či žádných srážkách má obecně negativní vliv na růst rostlin, výnos, metabolickou aktivitu či odolnost vůči škůdcům a patogenům (Beattie 2011; Hsiao 1973; Kramer 1963). V mnoha oblastech světa se používají závlahy, aby se zamezilo negativnímu vlivu sucha na zemědělskou produkci.

Právě nedostatek vody je jeden z faktorů, který je zodpovědný za sníženou syntézu oleje v semenech, poklesu hmotnosti semen nejen u *B. napus* ale i u ostatních olejnin (Champolivier et Merrien 1996; Talha et Osman 1975).

Vodní stres má nejen negativní vliv na výslednou olejnatost, ale i na složení oleje. Řada studií prokázala, že dochází ke zvýšení kyseliny olejové a poklesu kyseliny linolové. Dále vystavení suchu může vést ke zkrácení doby vývoje embrya, což negativně ovlivňuje enzymatickou aktivitu biosyntézy lipidů (Bakhshandeh et al. 2006; Champolivier et Merrien 1996; Mácová et al., 2022; Mailer et Cornish, 1987).

### Světelné podmínky

Je zajímavostí, že některá semena olejnin (sója, řepka, len) jsou zelená a obsahují chloroplasty s thylakoidy. Zatímco čistě heterotrofní semena bez chlorofylu vyžadují transport asimilátů z mateřských tkání, předpokládá se, že semena schopná fotosyntézy se alespoň nepatrně podílí na získávání energie pro jejich metabolické procesy.

Studie uvádí, že stěnou šešule proniká zhruba 15-20 % světla, přičemž většina pronikajícího světla je absorbována embryem (Champolivier & Merrien 1996; Talha & Osman 1975). Navíc bylo zjištěno, že embrya obsahují nižší poměr chlorofylu a/b, právě v důsledku tohoto jevu jsou semena schopná fotosyntetizovat při nižším světelném požitku.

### Salinita

Když hovoříme o osmotickém stresu v podmínkách České republiky, tak jako nejvýznamnější mnoho lidí napadne absence srážek. Je ovšem nutné podotknout, že v režimu závlahy plodin, či v pobřežních oblastech je stejně významným stresovým faktorem zasolení půdy. Problém se zasolením půdy se týká zhruba 6 % z celosvětové výměry zemědělské půdy (Ghassemi et al. 1995).

He & Cramer (1992) zkoumali ve své studii vliv salinity na 6 druhů z rodiny *Brassica*. Jako nejtolerantnější vůči zasolení půdy byla *B. napus*, jejíž výnos semen byl redukován jen o 3 % oproti kontrole a olejnatost zůstala neměnná. U dalších druhů *B. campestris*, *nigra*, *juncea*, *oleracea* byla pozorována redukce výnosu o 20-30 %. Ke stejnému závěru dochází například i Boem et al. (1994), který uvádí, že řepka byla schopná kompenzovat abiotický stres větší hmotností semen, a tudíž nedošlo k negativnímu ovlivnění výnosu, stejně tak jako nebyla pozorována snížená olejnatost.

Bohužel, stejně jako u výše zmíněných faktorů zatím neexistuje jednotný a ucelený vědecký konsenzus, jakým mechanismem dochází k redukcí olejnatosti a výnosu. Obecně se předpokládá, že stres vyvolaný zasolením půdy vede ke zvýšení forem reaktivního kyslíku

v rostlinných pletivech, což negativně ovlivňuje funkci rostlinných enzymů, dochází k poškození DNA a peroxidaci lipidů (Smirnoff 1993).

Dalším negativním důsledkem zasolení půdy je akumulace  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  která narušuje enzymatické dráhy biosyntézy lipidů. A v neposlední řadě je nutné zmínit, že stres způsobený salinitou prostředí vyvolává deficit vody, dochází ke zkrácení fáze akumulace lipidů v semenech, což má za následek sníženou olejnatost (Bybordi et al. 2010).

Velký pokrok v hlubším poznání této problematiky udělal Zhang et al. (2001), který zkoumal transgenní odrůdy *B. napus*, které exprimovaly velké množství genů AtNHX1 (tyto geny kódují transport  $\text{K}^+$  a  $\text{Na}^+$  do rostlinných vakuol) (Apse et al. 1999). Ačkoliv tyto transgenní rostliny akumulovaly solné ionty, tak zde nebyla zaznamenána výnosová deprese v důsledku zasolení, ani pokles olejnatosti. Zhangovu studii potvrzuje řada dalších autorů, například Ruiz & Blumwald (2002) či Sottosanto et al. (2007).

Právě z těchto důvodů je budoucí genetický výzkum velmi důležitý pro stabilní a ekonomické pěstování řepky nejen v rizikových oblastech.

### Živiny

Pro dosažení optimálního výnosu a kvality produkce řepky je nutné odpovídající množství dostupných živin v půdě. V podmínkách České republiky jsou nejčastějšími předplodinami ozimý ječmen či rané odrůdy pšenice. Při výnosu ječné slámy (3,4 t/ha) a jejím zaorání se do půdy dostane 17 kg dusíku, 6,2 kg fosforu, 3,4 kg síry. Z uvedených příkladů je zcela jasné, že pouze posklizňové zbytky nedokáží poskytnout adekvátní přísun živin a z tohoto důvodu musíme živiny doplňovat minerálními hnojivy.

Například nedostatek síry a manganu může mít negativní vliv na olejnatost semen řepky, jak uvádí mnoho studií (Grant et Bailey 1993; Haneklaus et al., 1999; McGrath et Zhao, 1996). Je vhodné ovšem uvést, že nadměrná aplikace hnojiv může ve svém důsledku i přispět ke snížení výnosu semen, popřípadě zhoršení kvalitativních parametrů produkce řepky ozimé.

Při snaze o dosažení vysokého výnosu nesmíme opomenout hnojení dusíkem, na které řepka velmi dobře reaguje. Reakce na hnojení dusíkem je závislá zejména na půdně-klimatických podmínkách, půdní úrodnosti a dostupnosti vody a v neposlední řadě je i odrůdovou záležitostí (Bhatty, 1964; Grant & Bailey, 1993).

Vzhledem k výše uvedenému je nutné zajistit optimální hnojení porostů řepky vzhledem k použité odrůdě, místním podmínkám a průběhu počasí, aby byly zajištěny nejen integrované strategie jakožto střídání plodin, vhodné zpracování půdy a efektivní hnojení, ale i zamezení negativních vlivů pěstování řepky na životní prostředí (Walton & Trent T.R 1997; Sokólski et al. 2020a).

### 3.6 Vliv jednotlivých živin na výnos a olejnatost

Ekonomika pěstování řepky je primárně stanovena dosažitelným výnosem, olejnatostí semen a výtěžkem oleje z jednotky plochy. Procesy tvorby výnosu u ozimé řepky jsou velmi variabilní a závisí na použité technologii pěstování, volbě vhodné odrůdy vzhledem ke stanovišti a samozřejmě optimální výživě v průběhu vegetace. Průměrný výnos ozimé řepky ve střední Evropě je 3-4 tuny na hektar (v České republice 3,3 t/ha) a meziročně má zvyšující se tendenci. Zvýšení výnosu je dílem nejen intenzivního šlechtění jednotlivých odrůd, ale i neustálého zlepšování zdravotního stavu porostů, a hlavně optimalizací a výší vstupů v podobě hnojiv.

Vlivem hnojení na olejnatost a výnos se v minulosti zabývala řada studií, zaměřených primárně na makroživiny jakožto dusík, síra, fosfor, ale nebyly opomenuty i mikroživiny (bór, železo, hořčík či mangan). Ačkoliv tomuto tématu bylo věnováno mnoho studií, tak právě vliv jednotlivých prvků na olejnatost řepky ozimé je v mnoha z nich nedostatečně popsán, popřípadě dané studie nebyly prováděny opakovaně a v mnoha ohledech zde nebyly uvedeny faktory, které se také podílejí na olejnatosti semen (teplota, srážky, použitá odrůda, rozbor půdy, či rozbor rostlin). Z výše zmíněných důvodů bych se na následujících stránkách chtěl podrobně věnovat vlivu jednotlivých živin na olejnatost a výnos.

#### Dusík

Pro řepku ozimou jsou charakteristické vysoké nároky na příjem dusíku v porovnání například s obilninami či okopaninami. Na druhou stranu je vhodné uvést, že řepka ozimá nevykazuje vysokou efektivitou jeho využití (je nutné podotknout, že právě kalkulace efektivity využití dusíku anglicky NUE – nitrogen use efficiency je poměrně komplexní a z tohoto důvodu budeme o využití dusíku mluvit jako o podílu hmotnosti semena o vlhkosti do 8 % ku hmotnosti dusíku v něm obsaženém).

Právě rostlinná produkce, má neoddiskutovatelný dopad na koloběh dusíku v přírodě, klimatickou změnu a v neposlední řadě veřejné zdraví. Z těchto důvodů je na odbornou veřejnost vyvíjen tlak o podrobný popis a výzkum fyziologických, biochemických procesů, aby bylo dosaženo co nejvyšší efektivity při pěstování nejen řepky ozimé, ale i ostatních zemědělských plodin (Congreves et al. 2021). Odběrový normativ pro řepku ozimou je 33,5 kg N/tunu semene a 6,6 kg N/tunu slámy. Při průměrném výnosu v ČR 3,3 t/ha se dostáváme na odběr 110,55 kg N/ha, za předpokladu, že je sláma řepky zaorána.

Řepka přijímá dusík primárně ve třech formách – dusičné ( $\text{NO}_3^-$ ), amonné ( $\text{NH}_4^+$ ) a močoviny ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ). Rostliny přijímají dusík primárně ve formě dusičné, přičemž následně dochází k jejich redukci na amoniak a následně asimilaci do aminokyselin (Xu et al. 2012). Nadměrné hnojení, společně s nedostatkem vazebných míst může mít za následek vyplavování dusičnanů do podzemních vod, což snižuje ekonomiku celé produkce, ale hlavně představuje významnou zátěž pro životní prostředí (Kinsey et Walters 2006).

Při nedostatečné výživě dusíkem začínají žloutnout nejstarší listy, dochází k redukci růstu, zmenšení listů a propadu výnosu (až o 40 %) (Vaněk et al. 2016; Sorin et al. 2016). Tato



výnosová deprese v důsledku nedostatečného hnojení N je poměrně dobře zdokumentována mnoha studii (Cheema et al. 2001; Barlog & Grzebisz 2004; Tian et al. 2020; Sokólski et al. 2020), kdy rozdíly ve výnosu semen mezi hnojenou a nehnojenou variantou činily dokonce až 50 %.

Jako první se vlivem hnojení dusíkem na olejnatost a výnos zabýval holandský vědec Van Roon (1959), který hnojił řepku 45, 50, 90, 100 a 150 kg N/ha. Zaznamenal, že k nárůstu výnosu došlo u dělených aplikací N (1/3 při seti a 2/3 po seti), ale právě dělená aplikace dusíku měla za následek pokles hladiny oleje v řepkových semenech, oproti variantě neděleného hnojení. Dále uvádí, že vysoká aplikace dusíkatých hnojiv v průběhu vegetace měla negativní vliv na nerovnoměrné dozrávání porostu. Tímto jevem se posléze začala zabývat řada dalších autorů. Například Bhatti (1964); Bilsborrow et al. (1993); Taylor et al. (1991); Wright et al. (1988) docházejí k závěru, že při zvyšování dávek dusíku dochází k nárůstu výnosu (až do 200 kg N/ha), avšak průměrná olejnatost semen klesá.

Ve studii Taylor et al. (1991) nejnižší hodnoty průměrného obsahu oleje vykazovala varianta, která byla hnojena nejvyšší dávkou dusíku (200 kg N/ha) a její průměrná olejnatost byla 40,6 %, oproti nehnojené variantě (46,4 %). Z novějších studií lze uvést například experiment Rathke et al. (2005), který aplikoval rozdílné dávky dusíku (0, 80, 160 a 240 kg N/ha). Nejvyšší průměrnou olejnatost vykazovala nehnojená varianta, jejíž předplodinou byl jarní ječmen (47,7 %), zatímco nejnižší olejnatost (43,9 %) byla zaznamenána u varianty, která byla hnojena 240 kg N/ha a předplodinou byl hrách. Je ovšem nutné podotknout, že právě dávka 240 kg N/ha měla nejvyšší výnos oleje z hektaru 2,15 t, oproti kontrole 1,31 t/ha. Tak markantní rozdíl je dán samozřejmě výnosem semen 2,79 t/ha (nehnojená) a 4,90 t/ha (240 kg N/ha). Dále uvádí, že vysoký obsah oleje koreluje s nízkým obsahem hrubého proteinu a naopak. Právě zvýšení obsahu dusíku způsobilo snížení průměrné olejnatosti semen a zároveň zvýšení obsahu hrubých bílkovin.

V rozporu s těmito studii je studie Aminpanah (2013), který uvádí, že hnojení rozdílnými dávkami dusíku (0, 50, 100, 150 a 200 kg N/ha) nemělo statisticky významný vliv na průměrnou olejnatost semen řepky ozimé. Nejvyšší průměrnou olejnatost vykazovala nehnojená varianta (42,8 %), zatímco varianta hnojená 200 kg N/ha vykazovala průměrnou olejnatosti 40,9 %. Ovšem nejvyšší výnos semen a nejvyšší výnos oleje z hektaru vykazovala varianta hnojená nejvyšší dávkou dusíku. Ke stejnému závěru dochází i Dreccer et al. (2000), který uvádí, že hnojení dusíkem nemělo statisticky významný vliv na průměrnou olejnatost semen řepky ozimé. Ibrahim et al. (1989) dochází k závěru, že hnojení dusíkem nemělo vliv na obsah oleje v semenech řepky, ale ani na složení jednotlivých mastných kyselin, ačkoliv nejvyšší výnos byl zaznamenán u varianty, která byla hnojena nejvyšší dávkou dusíku (213 kg N/ha). Jako praktické poznatky z těchto výzkumů bychom si měli odnést, že nejadekválněji dávky dusíku vzhledem k výnosu semene, oleje a ekonomice produkce jsou dávky od 150 kg N/ha do 200 kg N/ha. Ve většině studií dávky dusíku nad 200 kg N/ha nepřinesly žádné, či jen minimální zvýšení výnosu. Většina dosavadních studií se přiklání k dělené dávce dusíku, které kromě vyššího výnosu (oproti nedělené) zajišťuje větší výnosovou stabilitu.

Ačkoliv je ještě dnes v zemědělské praxi časté, že se hnojí řepka ozimá na podzim 20-30 kg N/ha, tak nejnovější výsledky vědeckých studií jsou v rozporu s těmito postupy. Jelikož zemědělci v posledních letech jako předplodiny řepky zvolili pšenici namísto ječmene a dochází zde k opožděnému termínu setí. Aby kompenzovali toto zpoždění agrotechnického termínu, tak na podzim aplikují 30-50 kg N/ha, často na strniště, aby zajistili spolehlivé zásobení dusíkem porostu před zimou. V kombinaci s nízkými teplotami dochází k omezení schopnosti řepky přijímat dusík, který je z půdy často vyplavován (Engström et al. 2011).

Jako neoptimálnější hnojení dusíkem v podzimním termínu uvádí většina autorů aplikaci hnoje před setím, či včasnou aplikaci kejdy s následným zapravením. Při dostatečné půdní zásobě dusíku ve většině případů podzimní hnojení nepřineslo zvýšení výnosu, obzvláště na úrodných půdách (Chalmers & Darby 1992). Z těchto důvodů by zemědělci měli hnojit ideálně při setí, obzvláště jen na nedostatečně zásobených půdách (Sieling & Kage 2006). Řepka při jarním hnojení dostává nejčastěji dusík na začátku růstu a na začátku prodlužování stonku. Využitelnost dusíku rostlinou je zhruba 31 % - 43 % v závislosti na vlhkostních podmínkách a množství dodaného hnojiva. Například (Zhao et al. 1993) jako maximální dávku uvádí 200 kg N/ha, což je v souladu se studií Bilsborrow et al. (1993), který získal 86,5 % maximálního zjištěného výnosu při dávce 150 kg N/ha (aplikace 50 kg N/ha při setí, 50 kg N/ha na začátku jarní vegetace a 50 kg N/ha na začátku dlouhivého růstu).

Ke stejnému závěru dochází i Boelcke et al. (1991), který 5 let zkoumal výnos a jeho stabilitu vzhledem k hnojení řepky dusíkem. Jako neoptimálnější uvádí dělené dávky 50 kg N/ha + 50 kg N/ha (na začátku dlouhivého růstu a týden před začátkem kvetení), oproti jednorázové dávce 200 kg N/ha, která byla výnosově nestabilní a nedosahovala takového výnosu jako dávka dělená. Je ovšem nutné podotknout, že většina studií neuvádí konkrétní odrůdu, podrobná meteorologická data či rozborů rostlin/půdy v průběhu vegetace. Je nezbytné si uvědomit, že olejnatost je ovlivněna nejen hnojením, ale právě i zvolenou odrůdou či průběhem počasí. Z tohoto důvodu by bylo vhodné uvádět co nejkomplexnější informace a místních a klimatických podmínkách stanoviště, kde se dané pokusy provádějí. Detailní popis a mechanismy, kterými je ovlivněna tvorba oleje vzhledem k hnojení nejsou stále zcela popsány a jejich pochopení je nezbytné pro trvale udržitelnou produkci nejen řepky ozimé, ale i ostatních zemědělských plodin.

### Síra

Síra ve výživě ozimé řepky byla relativně dlouho opomíjenou živinou. Síra byla ještě v osmdesátých letech zcela bezplatnou a tím pádem opomíjenou živinou při hnojení, jelikož její spád v důsledku znečištění ovzduší oxidem siřičitým činil v nejpostiženějších lokalitách až 100 kg S/ha, avšak průměrně kolem 50-60 kg S/ha/rok. Zlom nastal koncem osmdesátých let, kdy došlo k odsiřování uhelných elektráren a tím pádem k poklesu zásoby síry v půdě (Feinberg et al. 2021; Hinckley et al. 2020).

Jako běžný roční spád se uvádí 2-3 kg S/ha/rok, což je zlomkové množství oproti minulosti (Vaněk et al. 2016). Podcenění hnojení sírou se naplno projevilo na přelomu nového

tisíciletí, kdy mnoho zemědělců zaznamenalo redukcí výnosu, a hlavně snížený obsah oleje v semenech řepky (Haneklaus et al. 1999).

Nedostatky síry jsou pro čeled' brukvovitých velmi specifické a na první pohled rozpoznatelné – světle zelené až žluté okraje listů, následně až fialový odstín, okvětní lístky jsou deformované a bledě zbarvené. Nedostatek síry dále způsobuje zvýšenou koncentraci aminokyselin, což má za následek omezenou schopnost přijímat dusík a dochází k výnosové depresi. Abychom pochopili, jak hnojení sírou ovlivňuje olejnatost, je nutné se zaměřit na podrobný koloběh síry v rostlinném těle.

Touto problematikou se zabýval (Blake-Kalff et al. 1998), který tvrdí, že v nejmladších listech se z celkového přijatého množství síry ukládá 50 % v nerozpustné podobě, 42 % je akumulováno jako  $\text{SO}_4^{2-}$ , 6 % v glukosinolátech a 2 % do glutathionu. V nejstarších listech je ovšem 70-90 % S akumulováno v  $\text{SO}_4^{2-}$  podobě. Právě  $\text{SO}_4^{2-}$  je nejvýznamnější zásobní sloučeninou v řepce ozimé, ačkoliv v minulosti řada studií přikládala tuhle roli glukosinolátům – například Haneklaus et al. (1999); Aghajanzadeh et al. (2014).

Ačkoliv je stále reakce řepky ozimé na hnojení sírou mezi vědeckou komunitou nejednoznačně popsána, tak se touto problematikou zabývala řada autorů. Například Zhao et al. (1993) uvádí, že hnojení sírou ovlivňuje množství glukosinolátů, skladbu jednotlivých mastných kyselin, obsah vlákniny, polyfenolů či množství kyseliny erukové. I z těchto důvodů bychom měli kromě výnosů brát i v potaz nutriční kvalitu oleje, popřípadě pokrutin, které ovlivňují nejen lidské zdraví, ale i zdraví hospodářských zvířat.

Velké množství studií, které se zabývaly vlivem síry na průměrnou olejnatost semen, výnos a výnos oleje z plochy ukázalo, že při nedostatečném hnojení sírou dochází k citelnému propadu olejnatosti, ale i výnosu semene (Baranyk et al. 2007; Haneklaus et al. 1999). Naopak zahrnutí hnojení sírou do pěstební technologie řepky ozimé pozitivně ovlivňuje průměrnou olejnatost, výnos a využití nejen dusíku, ale i dalších nezbytných živin (Grant & Bailey 1993; Sienkiewicz-Cholewa & Kieloch, 2016; Varga et al. 2010; Zuo et al. 2016). Hnojení sírou se nejvíce projevilo na půdách, které jí byly nedostatečně zásobené a porost reagoval na hnojení již od dávky 15 kg S/ha (Varényiová et al. 2017).

Nezávislá aplikace síry a hnojení dusíkem měla méně signifikantní vliv na průměrnou olejnatost oproti spojené aplikaci.

McGrath & Zhao (1996) se při svém experimentu zabývali vlivem dusíku a síry na kvantitativní parametry řepky ozimé. Byly aplikovány rozdílné dávky dusíku (50, 100, 180 a 230 kg N/ha) a síry (10, 20, 30 a 40 kg S/ha). Zvýšení výnosu v důsledku aplikace síry se projevilo již od 10 kg S/ha a dále při dávce 40 kg S/ha v kombinaci se 180 kg N/ha. Právě varianta hnojená 40 kg S/ha + 180 kg N/ha vykazovala nejvyšší výnosovou stabilitu v průběhu tříletého experimentu, byla zde zvýšená olejnatost oproti nehnojené kontrole a průměrný výnos této varianty byl o 267 % vyšší (oproti nehnojené kontrole). Dále konstatují, že zvýšení dávky síry nad 40 kg S/ha nepřineslo zlepšení výnosových parametrů, stejně jako zvýšení dávky dusíku nad 180 kg/ha, kdy dokonce došlo k redukcí výnosu. Předpokládaná účinnost hnojení sírou byla dle rozborů rostlin od 50 do 73 %. Rozbory dále prokázaly, že v rostlinách

nedostatečně hnojených sírou (kontrola), bylo nalezeno velké množství  $\text{NO}_3\text{-N}$ , což poukazuje na narušení metabolických procesů.

Tento závěr je v souladu se studií Rehman et al. (2013), kdy půdní aplikace S v dávkách 10, 20, 30, 40 kg S/ha zlepšila průměrný výnos a výnos oleje z hektaru. Druhou nejlepší odezvu vykazovala aplikace thiomocoviny na list (1000 mg/l), která ovšem zpozdila počátek kvetení porostu a zralost šesulí. Obě formy aplikace síry zlepšily index listové plochy, obsah chlorofylu, počet semen v šesuli, hmotnost tisíce semen a počet větví. Ovšem průměrný nárůst olejnatosti, zlepšení kvality oleje a obsahu proteinu byl pouze zaznamenán u foliární aplikace síry.

Barczak et al. (2019) při svém tříletém polním pokusu aplikoval dusík v množství 0, 60, 120 a 180 kg N/ha, společně se sírou (0, 20 a 40 kg S/ha) a dále zkoumal rozdílné metody a termíny ošetření. Jako nejvhodnější dávku hnojení uvádí 120-180 kg N/ha společně s 20 kg S/ha. Aplikace síry, bez ohledu na její formu (předsetová vs. foliární) přinesla zvýšení výnosu o 45,7 % (oproti samostatné aplikaci 180 kg N/ha). Dále uvádí, že předsetová aplikace síry přinesla vyšší průměrnou olejnatost, oproti foliární aplikaci.

Mezi další autory, kteří uvádí pozitivní vliv hnojení sírou na obsah oleje v semenech řepky ozimé patří například Thelen & Ohlrogge (2002); Bybordi (2011); Kurowski et al. (2012). K radikálnějšímu přesvědčení ve svém experimentu dochází Subhani et al. (2003), který tvrdí, že je obsah oleje přímo úměrný dávce síry – bez ohledu na konečné množství.

Možným vysvětlením, proč dochází k nárůstu průměrné olejnatosti po aplikaci síry, obzvláště na nedostatečně zásobených půdách může být fakt, že po její aplikaci dochází k nárůstu syntézy CaO, což je substrát pro tvorbu lipidů v rostlinném těle (Fazili et al. 2010; Hawkesford & De Kok 2006).

V opačném spektru jsou závěry Bečka (2008); Rudko (2011); Varényiová et al. (2017), kteří tvrdí, že olejnatost je primárně dána geneticky, popřípadě na ní má vliv průběh počasí a nelze jí ovlivnit agrotechnickými zásahy.

Rozdílné výsledky výše zmíněných autorů mohou být způsobené nejednotnou metodikou, rozdílnými odrůdami (každá s jinou plasticitou), odlišné zeměpisné a abiotické podmínky, ale i aplikací v různých termínech a nerefektováním komplexnosti těchto reakcí na olejnatost semen a jejich výnos.

### Hořčík

Hořčík neboli magnezium ( $\text{Mg}^{+II}$ ) je jeden ze základních prvků pro širokou škálu biochemických a fyziologických procesů v rostlinách. Jen pro ilustraci, řepka ozimá odebere na jednu tunu semen a adekvátního množství vedlejšího produktu zhruba 2-4 kg hořčíku (Baranyk et al. 2007; Geng et al. 2021), což se může zdát jako zanedbatelné množství, ale hořčík nachází v rostlinách široké uplatnění. Například je součástí chlorofylu (tetrapyrolové jádro stabilizované Mg ionty), podílí se na procesu fotofosforylace (tvorba ATP v chloroplastech, fotosyntetickou reakcí na  $\text{CO}_2$ , syntézu bílkovin, rozdělení a využívání fotoasimilátů, tvorbu reaktivních forem kyslíku a v neposlední řadě fotooxidaci v rostlinných tkáních. V důsledku výše zmíněného je mnoho procesů právě limitováno nedostatečnou

zásobou, či nedostupností hořčíku, což vede ke snížení výnosu a kvality produkce (Geng et al. 2021; Ishfaq et al. 2022). Hořčík aktivuje rozdílné enzymy, jakožto například fosforylázy a kinázy. Asi nejdůležitějším enzymem, který magnezium aktivuje je ribulosa,1-5-bifosfát-karboxylasa-oxygenasa, známější jako RuBisCO, které je nejrozšířenějším enzymem na Zemi (Cakmak & Kirkby 2008). Dále hořčík ve formě  $Mg^{+2}$  může regulovat distribuci excitací energie mezi chloroplasty PSI a PSII a zvýšit poměr relativního výtěžku fluorescence, takže rostliny mohou převádět více světelné energie na chemickou. Tuhle skutečnost potvrdila studie Li et al. (2000), který zkoumal účinky nedostatku hořčíku na fotosyntézu. Výsledky studie ukázaly, že nedostatek hořčíku snížil fotosyntetický proces, obsah pigmentu, schopnost chloroplastu absorbovat světlo.

Výživa polních plodin hořčíkem je často opomíjena ve prospěch živin, jako dusík, síra, fosfor či draslík. Toto opomenutí, bohužel dost často vede k redukcí výnosů, popřípadě zhoršení zdraví a prosperity polních plodin (Gransee & Führs, 2013; Grzebisz 2013). Vlivem hořčíku na olejnatost, kvalitu produkce a výnos se v minulosti nezabývalo velké množství autorů, jako právě sírou, či dusíkem a z tohoto důvodu je celá problematika a detailní pochopení procesů stále nejednoznačně popsáno na vědecké úrovni a již zcela nedostatečně mezi zemědělskou veřejností. Z hlediska našeho výzkumu nedostatečné hnojení hořčíkem snižuje alokaci aminokyselin v rostlinách, která je důležitá k syntéze zásobních sloučenin semene, jako jsou olej a proteiny (Cakmak et al. 1994; Ekman et al. 2008). K nejvýznamnějším studiím patří výzkum (Geng et al. 2021), který hodnotil reakci na aplikaci šesti dávek hořčíku (0, 9, 18, 27, 36 a 45 kg Mg/ha) v šesti různých lokalitách, které byly podle půdních rozborů nedostatečně zásobeny hořčíkem. Společně s hnojením hořčíkem byl každý pozemek hnojen 180 kg N/ha, 32,7 kg P/ha, 74,7 kg K/ha a 1,24 kg B/ha. Hořečnaté hnojivo bylo aplikováno do půdy ve formě monohydrátu síranu hořečnatého (16 % Mg). Největší výnos semen byl zaznamenán u variant, které byly hnojené 27 a 36 kg Mg/ha, stejně jako nejvyšší hustota porostu, nejvyšší HTS a bylo zde pozorováno až dvounásobné zvýšení rychlosti asimilace  $CO_2$ . Průměrná olejnatost semen vzrostla ze 43,9 % na 44,9 % (ve srovnání s variantou, kde nebyl hořčík aplikován), avšak získaný hektarový výnos oleje byl zvýšen o 40 %, oproti nehnojené kontrole. Dále došlo k procentuálnímu nárůstu zastoupení kyseliny olejové a snížení podílu kyseliny linolové, snížila se koncentrace polynenasycených mastných kyselin a zvýšila koncentrace mononenasycených mastných kyselin. Autor konstatuje pozitivní vliv Mg na klíčení semen (3,48 x vyšší, oproti neošetřené variantě), či prodloužení délky kořene o 248 %, oproti neošetřené variantě. Ke stejnému závěru dochází i mnoho dalších autorů, kteří prokázali vliv nedostatečné výživy hořčíkem na sníženou klíčivost semen, například (Assefa et al. 2018; Gusta et al. 2004). Navíc (Gu et al. 2019) konstatuje, že semena kultivarů řepky s vyšším obsahem oleje (nad 43 %) klíčí mnohem rychleji, porost je dříve zapojený a vyrovnanější oproti semenům, které neobsahují vysoké množství oleje (méně než 43 %).

## Bór

Většina zemědělské půdy vykazuje nedostatky mikroelementů, jakými je například bór. Rozdílné reakce na nedostatek živin, obzvláště mikroelementů, jsou druhově specifické. Tato specifita je dána především z důvodu rozdílných schopností rostlinných druhů získávat živiny z půdy a rozdílnou schopností translokace a jejich využití (Broadley 2012)

Právě *B. napus* je jednou z nejnáročnějších zemědělských plodin z hlediska jejich požadavků na výživu bórem. Řepka ozimá odčerpá zhruba 110-150 g bóru na tunu semene a příslušného množství vedlejšího produktu. Tato živina je rostlinami přijímána ve formě kyseliny borité ( $H_3BO_3$ ), v této podobě se nachází asi 96 % bóru v půdě a rostlinném těle. Pouze 4 % bóru se vyskytují v přírodě ve formě boritanových aniontů (Goldberg 1997).

Je významným prvkem, který se podílí na tvorbě buněčné stěny, posiluje integritu buněčných membrán, ovlivňuje buněčné dělení a syntézu mastných kyselin (Matoh 1997; Tian et al. 2020)

Varényiová & Hlinku (2014) se zabývali vlivem bóru na olejnatost a výnos řepky ozimé. Všechny varianty byly hnojeny dávkou 183 kg N/ha, 46,5 kg S/ha a rozdílnými dávkami bóru ve foliární aplikaci (200, 400 a 800 g B/ha). Nejvyšší výnos semene byl zaznamenán u varianty, která byla ošetřena 800 g B/ha, stejně tak jako největší výtěžek oleje z hektaru. Ačkoliv nejvyšší průměrnou olejnatost (41,61 %) vykazovala kontrolní nehnojená varianta, tak nejnižší množství oleje (37,49 %) obsahovala varianta hnojená pouze sírou a dusíkem. Druhý nejvyšší obsah oleje (41,45 %) byl zaznamenán u dávky 800 g B/ha a byl o 3,96 % vyšší v porovnání s variantou, která byla hnojena pouze sírou a dusíkem. Na základě těchto zjištění byl prokázán pozitivní vliv bóru na průměrnou olejnatost semen řepky ozimé.

Výsledky studie Nadian et al. (2010) jsou v souladu s výsledky Yang et al. (2009), který konstatuje, že nejvyšší výnos semene a oleje byl zaznamenán u varianty pokusu, která byla hnojena 2,5 kg B/ha. Zvýšení dávky bóru nad tuto hranici způsobilo pokles výnosu. Průměrná olejnatost semen ovšem nebyla aplikací bóru ovlivněna, a to v kterémkoliv množství.

Gang et al. (2004) uvádí, že aplikace bóru společně s molybdenem zvýšila množství oleje v semenech o 5,2 %, dále došlo k nárůstu kyseliny olejové a byl snížen obsah kyseliny erukové.

Kladné účinky aplikace bóru konstatuje i Puzyńska et al. (2018), kdy po aplikaci bóru došlo k nárůstu rychlosti fotosyntézy a v jeho důsledku zvýšení průměrného výnosu o 10 %, oproti kontrole. Je nutné podotknout, že aplikace bóru má pozitivní vliv na průměrnou olejnatost i u *Brassica juncea*, kdy po aplikaci bóru došlo k nárůstu průměrné olejnatosti o 10-13 % (Chakraborty & Das, 2000; Karthikeyan & Shukla, 2008; Malewar et al., 2001).

## Fosfor

Fosfor je dalším nezbytným prvkem zajišťujícím optimální růst a vývoj rostlin. Je nedílnou součástí fotosyntetického procesu (např. adenosintrifosfát, adenosindifosfát a adenosinfosfát), důležitou složkou rostlinného DNA a v neposlední řadě nachází uplatnění jako zdroj energie, která je potřebná k transportu rostlinou (Grant & Bailey 1993; Barker & Pilbeam 2015; Vaněk et al. 2016). Řepka ozimá vyžaduje zhruba 8,5-9,5 kg fosforu na 1 tunu semene a příslušného množství slámy. V České republice nedostatkem tohoto prvku trpí zhruba 53,35 % celkové výměry zemědělské půdy (Michaela & Suši 2018).

Said-Al Ahl et al. (2016) se zabýval vlivem fosforu a vodního režimu na olejnatost *B. napus*. Ve svém experimentu aplikoval 0, 100 a 200 kg P/ha. Porost hnojený nejvyšší dávkou P dosáhl o 30 % vyššího výnosu, oproti nehnojené kontrole. Dále došlo k zvýšení olejnatosti semen (o 0,6 %) a zvýšení průměrného výtěžku oleje z hektaru (o 100 kg oproti kontrole).

Zvýšení průměrné olejnatosti pozorovali i Lickfett et al. (1999), který při nádobovém pokusu zkoumal vliv zásoby fosforu v půdě na průměrný obsah oleje v semenech řepky. Zásoba fosforu se pohybovala od 24 mg/kg do 424 mg/kg, což představuje nízkou až adekvátní úroveň dostupného fosforu pro rostliny. Obsah oleje v semenech řepky se od dávky 24 mg P zvyšoval až do nejvyššího aplikovaného množství (424 mg P/kg půdy). Statisticky průkazný rozdíl byl však jen mezi dávkou 24 mg P/kg vs. 72 mg P/kg a vyšších, kde byl průměrný obsah oleje o 4,3 % vyšší, oproti nejmenší dávce.

Pozitivní vliv fosforu na olejnatost semen zmiňují i další autoři, například Motlagh et al. (2012) či Vassilina et al. (2012).

Naproti tomu výsledky studie Karamanos et al. (2002), který aplikoval 0, 8,74 a 17,48 kg P/ha prokázaly zvýšení výnosu semen o 24,5 % (oproti nehnojené variantě), ale nepřinesly statisticky průkazný vliv na průměrnou olejnatost semen.

Tento závěr je v souladu s experimenty Cheema et al. (2001), kdy maximální výnos semene a oleje vykazovala varianta hnojená 26 kg P/ha a zvýšení nad tuhle hranici již nepřineslo výrazné zlepšení výnosových prvků. Průměrná olejnatost semen nebyla ovlivněna dávkou fosforu.

Z dosavadní vědecké literatury a odborných doporučení vyplývá, že nejadekvátnější je hnojit řepku ozimou již při předseťové přípravě, aby se fosfor dostal do hlubších vrstev půdy, a to v množství kolem 25-30 kg P/ha a v průběhu vegetace aplikovat P na list (Grant & Bailey 1993; Baranyk et al. 2007; Wahid et al. 2014).

## Biostimulátory

Různé druhy biostimulantů se stále častěji stávají součástí agrotechnických zásahů. Biostimulanty aplikované v malých dávkách podporují metabolismus rostlin, zlepšují syntézu rostlinných hormonů a v neposlední řadě pomáhají rostlinám se vyrovnat s abiotickým stresem (Baltazar et al. 2021). Jako jeden z prvních se užitím rhizobakterií (*Azobacter* a *Azospirillum*) zabýval Nosheen et al. (2013), který zkoumal jejich vliv na výnosové parametry řepky. Nejvyšší průměrný výnos 1,18 t/ha byl zaznamenán u varianty ošetřené 70 kg N/ha a 32 kg P. Největší průměrnou olejnatost semen (48 %) vykazovala varianta inokulovaná *Azobacterem* a zároveň zvýšila obsah kyseliny olejové. Tento závěr je v souladu s experimentem (Kováčik et al. 2016), který aplikoval biostimulant obsahující titan na list (MgTi 8,5 g/l). Varianta hnojená od 0,8 l/ha do 1,2 l/ha vykazovala o 0,94 % vyšší průměrnou olejnatost semen, oproti kontrole. Aplikace biostimulátoru MgTi (3x1 litr) dále zvýšila výnos o 0,5 t/ha.

V rozporu s tímto zjištěním je experiment Gugala et al. (2019), který se zabýval vlivem biostimulátorů na obsah oleje a výnos řepky ozimé. Při polním experimentu aplikoval přípravky Titanit (titan), Asahi SL (natrium 5-nitroguajakolát, natrium-2-nitrofenolát, natrium-4-nitrofenolát) a Silvit (aktivní křemík, oxid draselný, bor a zinek). Každý z přípravků byl aplikován ve třech dávkách (3x0,20 l/ha). Aplikace probíhala ve stádiu 4-8 pravých listů, na počátku prodlužovacího růstu a začátku kvetení. Gugala et al. (2019) nezaznamenal statisticky průkazný vliv aplikace na průměrnou olejnatost, výnos semene či strukturu oleje.

Statisticky nesignifikantní vliv biostimulantů na olejnatost či výnos semene konstatuje též Matysiak et al. (2012).

Ačkoliv většina vědeckých prací zabývajících se vlivem biostimulátorů na olejnatost či výnos neprokázala jejich vliv na výnosové parametry, tak například Seciu et al. (2016) při aplikaci biostimulátoru na výnos raného květáku (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) v dávce (10  $\mu$ M Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>+ 5 mM trimethylglycinu) pozoroval zlepšení výnosu o 15,8 %, oproti neošetřené kontrole za stresových podmínek.

Je vždy důležité mít na paměti, že výsledky aplikace biostimulantů jsou ovlivněny průběhem počasí, použité dávce či aplikačnímu termínu (Petropoulos 2020). Biostimulanty nikdy nejsou škodlivé, ale jejich účinek je závislý na mnoha faktorech a jejich zohlednění je vždy na odborném uvážení pěstitele. Právě prohloubení porozumění vědecké a odborné veřejnosti by mělo být cílem budoucích studií.



### Vliv odrůdy

Neustálý tlak pěstitelů a zpracovatelů na kvalitativní a kvantitativní parametry řepky ozimé je jedním z hlavních důvodů intenzivního výzkumu a šlechtění nových odrůd. Samotný výběr odrůdy již od začátku určuje kvalitu či množství produkce a v neposlední řadě i obsah antinutričních látek. Za klíčové oblasti můžeme považovat výnos semen, výnos oleje, toleranci vůči patogenům či abiotickým stresovým faktorům (Salisbury & Wratten 1999).

Jako první se zabýval obsahem oleje v semenech řepky Si et al. (2003), který tvrdí, že olejnatost je řízena větším množstvím genů a vnějším prostředím. Do dnešní doby nebyly vyvozeny jednoznačné závěry, jakým konkrétním mechanismem je ovlivněna olejnatost. Wang et al. (2010) uvádí, že obsah oleje závisí na cytoplazmatické dědičnosti a s ohledem na rodičovský materiál se tato dědičnost může podílet až třemi procenty na celkové olejnatosti.

Tuto variabilitu mezi jednotlivými odrůdami konstatuje i Sharafi et al. (2015), který pozoroval mezi odrůdou „Okapi“ a SLM046 rozdíl v průměrné olejnatosti 18 %, ve prospěch první zmíněné.

V České republice se problematikou obsahu oleje v semenech řepky zabýval (Bečka et al. 2022b), který též pozoroval až pětiprocentní rozdíl v olejnatosti mezi odrůdami. Nejvyššího obsahu oleje dosáhla odrůda DK Excited, Duplo či Dominator, který mimo nejvyšší olejnatosti dosáhl nejvyššího výnosu semene a oleje.

Při volbě odrůdy bychom měli zohlednit vždy podmínky stanoviště, odolnost odrůdy vůči chorobám a v neposlední řadě výsledky maloparcelkových a poloprovozních pokusů dané oblasti.

## 4 Metodika

Ve vegetačních obdobích 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023, byl zkoumán vliv hnojení na olejnatost semen řepky ozimé na maloparcelkových pokusech. Byl vyhodnocen vliv rozdílných dávek minerálních hnojiv a rozdílných termínů jejich aplikace na olejnatost semen řepky ozimé.

### 4.1 Charakteristika lokality

Místem našeho experimentu (GPS: 50.07663157363647, 14.172125536018712) byla pokusná stanice Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů při České zemědělské univerzitě v Praze. Pokusná plocha se nachází v katastru obce Červený Újezd, která leží 22 kilometrů západně od Prahy. Průměrná nadmořská výška lokality je 403 m n. m.

#### Půda

Polní pokusy se nacházely na středně těžkých půdách. Jednalo se o hnědozemě na rovině s všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy na pokusné lokalitě byly hluboké (od 60 cm) se středně produkční schopností. Půda vykazovala střední schopnost infiltrace (0,1-0,2 mm/min) a vysokou retenční kapacitu od 320 l/m<sup>2</sup>. Dané území bylo středně ohrožené utužením a nízko ohrožené acidifikací.

#### Agrochemické rozborů půd

Ve všech sledovaných letech se pH na stanovišti pohybovalo kolem 6,5 (slabě kyselé), zásobenost půdy fosforem, draslíkem, vápníkem a hořčíkem byla dobrá (tabulka 1a). Obsah humusu byl v průběhu tří let značně variabilní (od 1,7 do 2,7 %- nízký a vyhovující). Agrochemickým zkoušením zemědělských půd byl ovšem zjištěn nízký obsah přístupné síry (11,8-20,1 mg/kg) ve všech sledovaných letech (tabulka 1a).

Nebyl zaznamenán ani markantní deficit mikroprvků, jejichž obsah v půdě byl dobrý (B, Cu, Fe) až vysoký (Zn, Mn). Jedinou výjimkou byl obsah bóru v roce 2020, který byl hodnocen jako nízký (0,65 mg/kg). V průběhu celého pokusu jsme nezaznamenali vizuální příznaky kteréhokoliv deficitu živin.

#### N anorg

Analýza obsahu dusíku v půdě za sledovaná období vykazovala značnou variabilitu (Tabulka 1b). V roce 2021 byl zaznamenán nízký obsah anorganického dusíku, přičemž amonný dusík dosáhl hodnoty 2,8 mg/kg a nízký byl obsah nitrátového dusíku (5,5 mg/kg), což dalo dohromady celkový anorganický dusík ve výši 8,3 mg/kg. V roce 2022 došlo k nárůstu celkového obsahu dusíku, který byl hodnocen jako střední, přičemž amonný dusík klesl na 1,6 mg/kg, zatímco nitrátový dusík vzrostl na 15,1 mg/kg, což vedlo k celkovému anorganickému dusíku 16,8 mg/kg. Následující rok, 2023, opět ukázal nízký obsah dusíku, převážně v podobě amonného dusíku (2,9 mg/kg) a s nižším obsahem nitrátového dusíku (5,4 mg/kg), což přineslo celkový anorganický dusík ve výši 8,3 mg/kg. Celkově lze říci, že dostupnost dusíku v půdě se v posledních letech pohybuje od nízké po střední úroveň, což vyžaduje pozornost při zajišťování optimálních podmínek pro vývoj rostlin.

Tabulka 1a: Výsledky rozboru půdy (podzimní odběr)

Rok	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
2020	6,6 (N)	84 (D)	160 (D)	2210 (D)	135 (VH)	11,8 (N)	2,5 (VH)	1,3 (V)
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
	0,65 (N)		3,28 (D)		5,43 (V)		215 (V)	282 (D)
2021	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
	6,5 (SK)	92 (D)	161	2740 (D)	174 (D)	12,5 (N)	1,7 (N)	0,9 (V)
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
0,82 (D)		3,57 (D)		4,84 (D)		183 (D)	278 (D)	
2022	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
	6,5 (SK)	77 (VH)	215 (D)	2640	170	20,1 (N)	2,7 (VH)	1,3 (V)
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
0,99 (D)		3,88 (D)		5,32 (V)		217 (V)	322 (D)	

Pozn.: obsah živin VN – velmi nízký, N – nízký, S – střední, D – dobrý, V – vysoký, VV – velmi vysoký

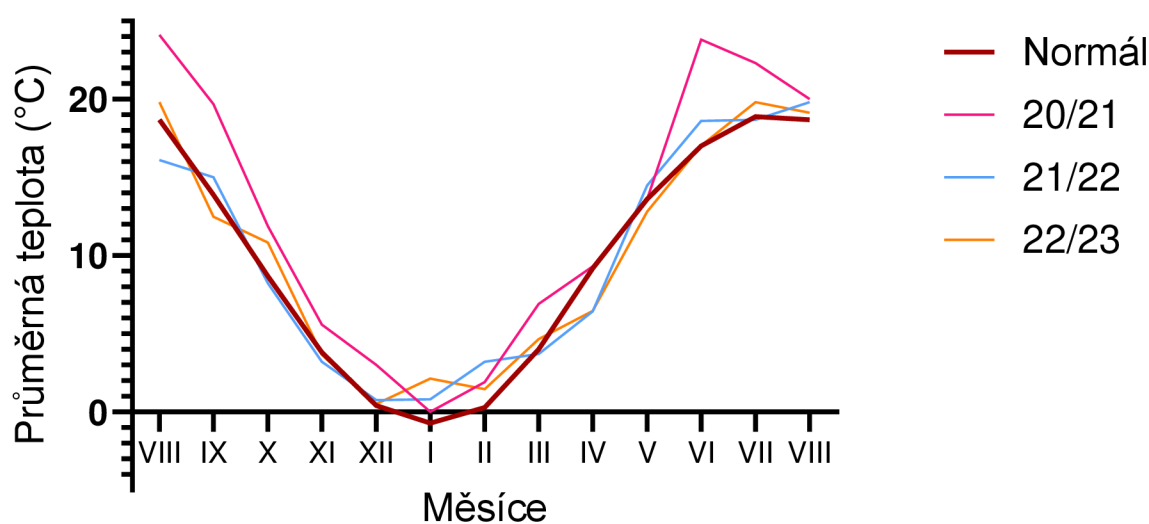
Tabulka 2b: Výsledky rozboru půdy – anorganický dusík (odběr v předjaří)

Rok	N-NH <sub>4</sub> (mg/kg)	N-NO <sub>3</sub> (mg/kg)	N-anorg (mg/kg)	hodnocení
2021	2,8	5,5	8,3	N
2022	1,6	15,1	16,8	S
2023	2,9	5,4	8,3	N

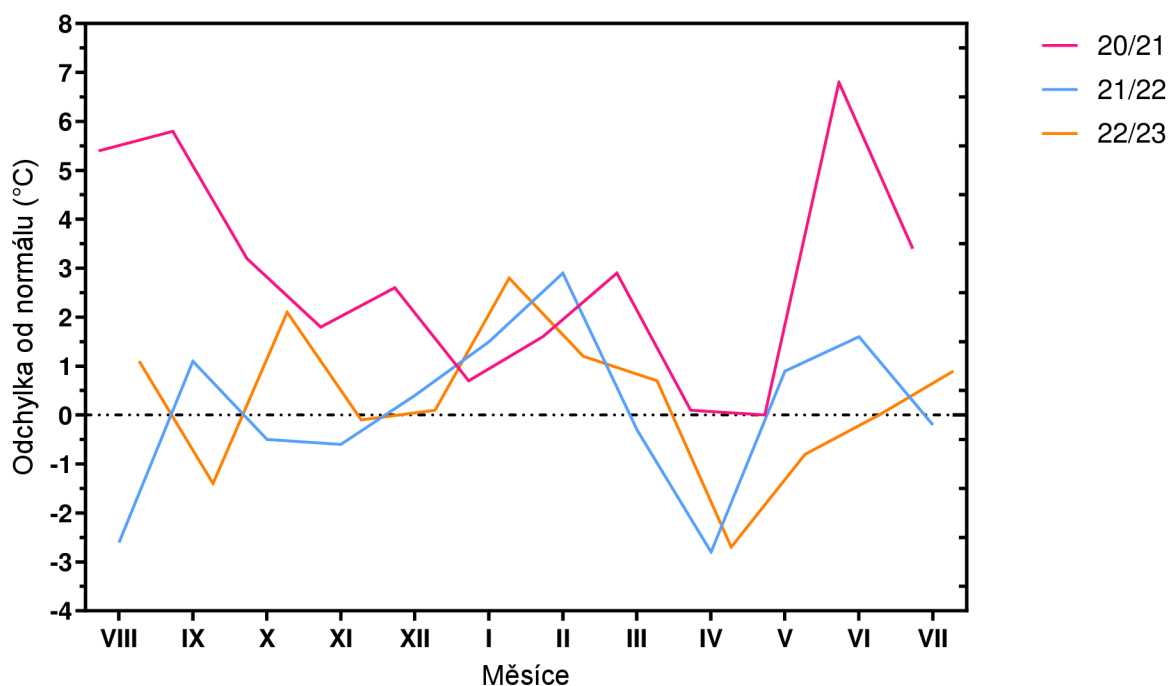
Pozn.: obsah živin VN – velmi nízký, N – nízký, S – střední, D – dobrý, V – vysoký, VV – velmi vysoký

## 4.2 Průběh počasí

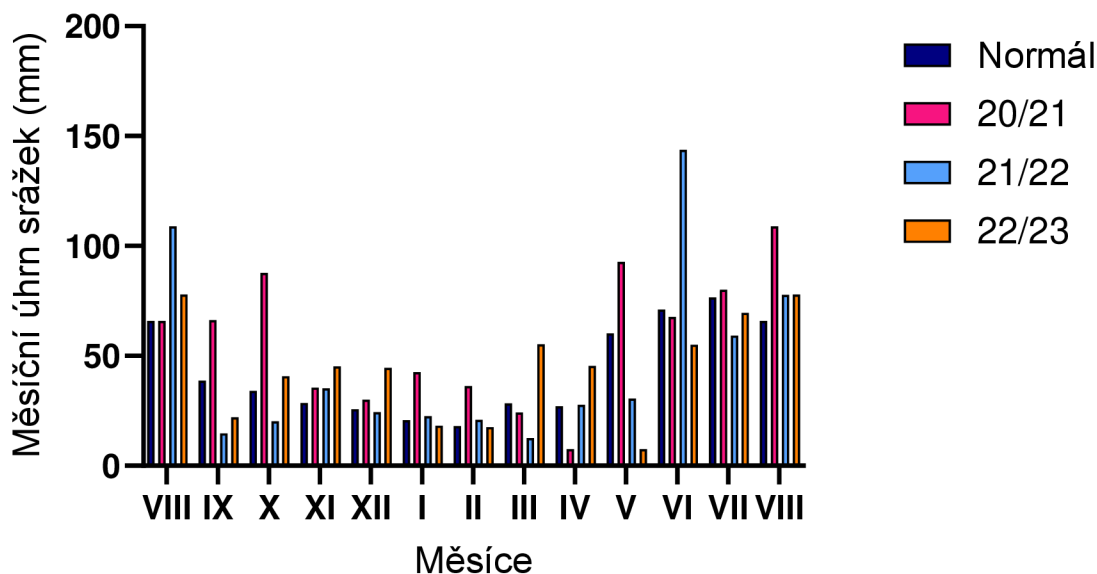
Pokusná lokalita se nachází v teplém a mírně suchém klimatickém regionu České republiky. Průměrný úhrn slunečního záření zde činí 3701/3800 MJ/m<sup>2</sup> za rok. Průběh teploty a srážek za sledovaná vegetační období je znázorněn v grafech 1 a 2.



Graf 1: Průběh průměrných měsíčních teplot za sledovaná vegetační období v porovnání s klimatickým normálem

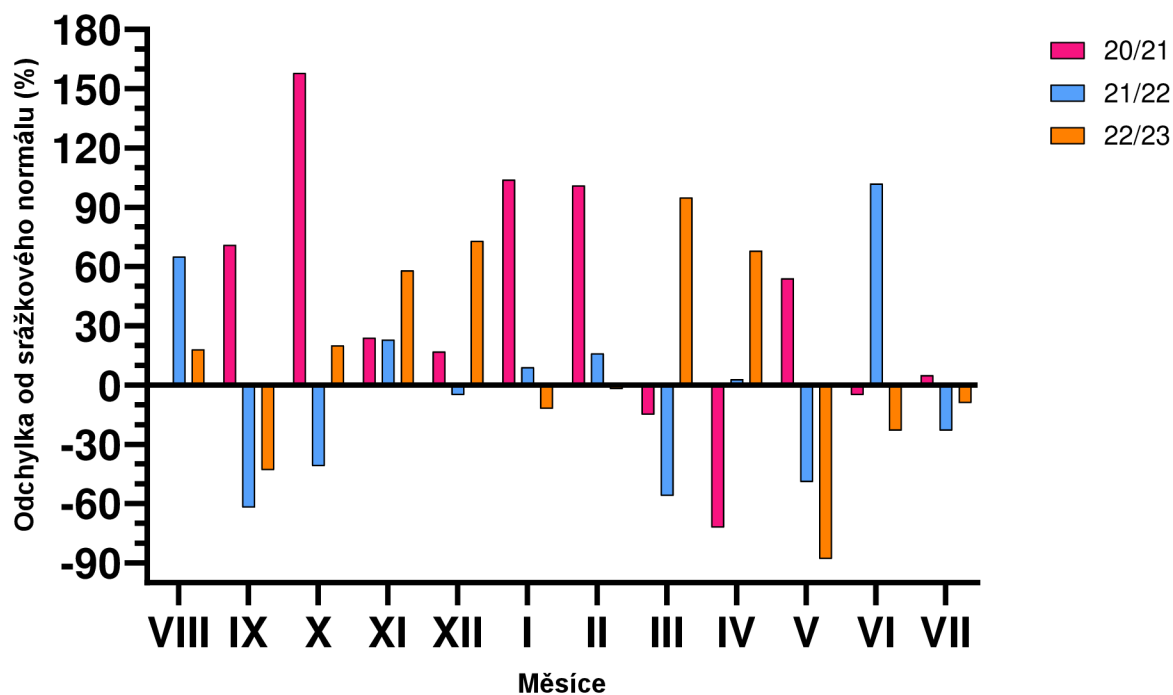


Graf 2: Odchylka teploty od klimatického normálu ve °C



Graf 3: Hodnoty měsíčních úhrnů srážek za sledovaná vegetační období v porovnání s klimatickým normálem

Hodnocení úhrnů srážek za sledovaná období od srpna 2020 do července 2023 ukazuje významné variace v porovnání s klimatickým normálem. Některá období vykazovala nadprůměrné srážky, zatímco jiná byla sušší než obvykle. Celkově lze pozorovat trend odchylky srážek od normálu. Hodnoty srážek vzhledem k normálu jsou zobrazeny v grafu 3, zatímco v grafu 4 je relativní procentuální porovnání oproti normálu.



Graf 4: Hodnocení procentuálního podílu srážkových úhrnů oproti klimatickému normálu

## 4.3 Metodika pokusu

### 4.3.1 Založení pokusu

Příprava půdy na pokusném pozemku: podmítka, orba (22 cm), předseťová příprava kompaktozemem. Do pokusů byla použita odrůda LG Architect s výsevkem 50 klíčivých semen na m<sup>2</sup>. Porosty řepky ozimé byly založeny na pokusných parcelách o rozměrech 9,5 x 1,25 m (11,875 m<sup>2</sup>) a každá varianta měla čtyři opakování. Setí se uskutečnilo bezezbytkovým secím strojem Oyord taženého traktorem Zetor 4011 a bylo uskutečněno v řádných agrotechnických lhůtách.

Předplodinou v roce 2020 byl jarní ječmen, v roce 2021 hrách a v roce 2022 pšenice ozimá. Na podzim byl použit herbicid Butisan Complete (2,5 l/ha). Dle potřeby byl porost ošetřen na podzim a na jaře insekticidy.

*Tabulka 3: Přehled dat setí, hnojení a sklizně v jednotlivých letech*

	<b>2020/21</b>	<b>2021/22</b>	<b>2022/23</b>
Setí	24.08.2020	02.09.2021	30.08.2022
Hnojení T1 – 1a. regenerační	03.03.2021	25.02.2022	23.02.2023
Hnojení T2 – 1b. regenerační	19.03.2021	17.03.2022	17.03.2023
Hnojení T3 – 2. produkční	07.04.2021	07.04.2022	06.04.2023
Hnojení T4 – 3. kvalitativní	28.04.2021	27.04.2022	21.04.2023
Sklizeň	28.07.2021	26.07.2022	02.08.2023

#### 4.3.2 Pokusné varianty

Tabulka 4: Přehled pokusných variant, použitých hnojiv a termínů jejich aplikace

Experiment	Suma dodaných živin celkem (kg/ha)			Aplikační termín			
	N	S	Mg	T1	T2	T3	T4
	použité hnojivo (dávka sledované živiny)						
Dávka N	140		12	LAD (50 N)		LAD (60 N)	LAD (30 N)
	180		16	LAD (40 N)	LAD (50 N)	LAD (60 N)	LAD (30 N)
	220		19	LAD (60 N)	LAD (60 N)	LAD (70 N)	LAD (30 N)
Dávka S	180	0	16	LAD	LAD	LAD	LAD
	180	15	13	LAD	LAD	LAD	DASA (15 S)
	180	25	11	DASA (25 S)	LAD	LAD	LAD
	180	50	7	DASA (25 S)	DASA (25 S)	LAD	LAD
	180	75	3	DASA (20 S)	DASA (25 S)	DASA (30 S)	LAD
Dávka Mg	180	15	23	LAD + Kieserit	LAD	LAD	LAD
	180	25	32	LAD + Kieserit	LAD	LAD	LAD
	180	50	52	LAD + Kieserit	LAD	LAD	LAD
	180	75	72	LAD + Kieserit	LAD	LAD	LAD
Termín aplikace S	180	25	11	DASA (25 S)	LAD	LAD	LAD
	180	25	11	LAD	DASA (25 S)	LAD	LAD
	180	25	11	LAD	LAD	DASA (25 S)	LAD
Druh hnojiva S	180	25	11	DASA	LAD	LAD	LAD
	180	25	30	LAD + Krista	LAD	LAD	LAD
	180	25	30	LAD + Kieserit	LAD	LAD	LAD

Pozn: T1 – 1a regenerační (přelom února a března), T2 - 1b regenerační (polovina března) a T3 - 2 produkční (začátek dubna), T4 - 3 kvalitativní (konec dubna)

#### 4.3.3 Použitá hnojiva

##### LAD

LAD je dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % N a 4 % MgO (2,41 % Mg). Z celkového množství dusíku tvoří ½ (13,5 %) dusičnanová forma (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a ½ amonná forma (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Jako přísada se zde používá jemně mletý dolomit. Je vhodný k základnímu hnojení porostů a

zároveň se používá i k přihnojování v průběhu vegetace. Nejčastěji se vyrábí ve formě malých krystalů, které zaručují dobrou skladovatelnost a aplikovatelnost.

#### DASA

DASA je dusíkaté hnojivo s vysokým obsahem síry, které obsahuje 26 % dusíku, z toho 18,5 % v amonné formě, 7,5 % v dusičnanové formě a 13 % vodorozpustné síry (Vaněk et al. 2016).

#### Krista MgS

Síran hořečnatý (známý jako hořká sůl) je hnojivo obsahující 13 % síry a 10 % hořčíku. Je nejčastěji užíván před setím. Jeho snadná solubilita jej předurčuje k foliární aplikaci v průběhu vegetace a zároveň je šetrný vůči plodině.

#### Kiserit

Kiserit je granulované hnojivo obsahující 20 % S (vodorozpustná) a 15 % hořčíku (24 % MgO). Je nejvhodnější do středních a těžkých půd, které vykazují vyšší pH a nízkou zásobenost hořčíkem.



### Rozbor rostlin

U vybraných pokusných variant byly dne 11.5. 2023 odebrány vzorky rostlin za účelem jejich rozboru. Na každé variantě bylo odebráno 5 rostlin. Ihned po odběru následovalo očištění vzorků od půdy a dalších nečistot. Následně byly vzorky vloženy do horkovzdušné sušárny, kde se při teplotě 65 °C sušily po dobu 28 hodin na 100 % sušinu. Po usušení se z 5 rostlin každé varianty udělal směsný vzorek o celkové hmotnosti 150 g. Vzorky byly následně doručeny do laboratoře Postoloprty, kde 30.5. proběhla jejich analýza.

Tabulka 5: Výsledky rozboru rostlin (30.5.2023)

Varianta hnojení	Celková $\Sigma$ dodaných živin			Obsah živin								
	N (kg/ha)	S (kg/ha)	Mg (kg/ha)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)
LAD	180	0	16	2,95	0,41	2,4	1,44	0,19	0,39	31,8	34,9	0,16
DASA + LAD	180	25	11	2,35	0,44	2,79	1,35	0,17	0,52	31,4	32,3	0,12
Kieserit + LAD	180	25	32	2,02	0,35	2,31	1,21	0,17	0,43	26,8	27,1	<0,09
DASA + LAD	180	50	7	2,54	0,42	2,71	1,33	0,17	0,56	30,3	45,5	<0,09
Kieserit + LAD	180	50	49	2,57	0,37	2,67	1,34	0,18	0,61	39,5	29,2	<0,09
DASA + LAD	180	75	3	2,4	0,44	2,86	1,35	0,17	0,69	32	39,9	<0,09
Kieserit + LAD	180	75	68	2,65	0,4	2,66	1,3	0,19	0,65	30,8	31,3	<0,09

Je zajímavým zjištěním, že varianta 25 kg S/ha+ 32 kg Mg/ha (Kieserit) obsahovala nejmenší množství dusíku a druhé nejnižší množství síry. Čím vyšší dávka síry s hořčíkem byla aplikována, tím větší byla využitelnost těchto živin.

## 4.4 Postup sběru dat

### Stanovení výnosu

Pokusy byly sklizeny sklízecí mlátičkou výrobce Wintersteiger model NM-Elite (rok výroby 1993). Semena z jednotlivých parcel byla ze sklízecí mlátičky rovnou ukládána do pytlů a ihned odvážena na pokusnou stanici v Červeném Újezdu. Z každé parcelky byla stanovena hmotnost sklizených semen, procentuální zastoupení nečistot a aktuální vlhkost semen. Následně byl proveden přepočít na výnos v tunách na hektar při osmiprocentní vlhkosti a 2 % nečistot. Z každé varianty a každého opakování byl odebrán vzorek, který byl přečištěn a postoupen k dalším analýzám.

### Stanovení olejnatosti semen

U vzorků semen odebraných z každé varianty byla stanovena vlhkost a analyzován obsah oleje. Pro stanovení olejnatosti semen byla zvolena nedestruktivní technika nukleární magnetické rezonance (NMR) na přístroji značky Bruker- minispec mq-one-TD-NMR.

Ze směsného vzorku byl odebrán vzorek o hmotnosti 19 gramů, který byl vložen do skleněné kyvety a následně zasunut do NMR. S využitím předem stanovené kalibrační křivky pro obsah oleje a zohlednění vlhkosti vzorku byl stanoven procentuální podíl oleje v semenech řepky ozimé.

Výsledná hodnota olejnatosti byla přepočtena na olejnatost v sušině. Samotná analýza vzorků probíhala v laboratoři katedry agroekologie a rostlinné produkce na České zemědělské univerzitě v Praze.

#### 4.5 Statistické vyhodnocení

Ke statistickému vyhodnocení dat byla použita analýza rozptylu (ANOVA), která umožňuje určit, jestli jsou rozdíly mezi sledovanými variantami statisticky průkazné. Při hodnocení jednoletých výsledků byla použita jednofaktorová ANOVA a při posouzení tříletých výsledků dvoufaktorová ANOVA.

Za účelem detailnějšího vyhodnocení výsledků analýzy rozptylu byla použita LSD metoda (metoda mnohonásobného porovnávání), pomocí které jsme zjistili, jaké varianty se od sebe statisticky významně liší. Při všech statistických hodnoceních byla zvolena hladina významnosti 95 %.

## 5 Výsledky

Na pokusné stanici v Červeném Újezdu byly založeny maloparcelkové pokusy ve vegetačních obdobích 2020/2021, 2021/2022 a 2022/2023. Ve všech třech ročnících jsme zkoumali vliv rozdílných dávek dusíku a síry a aplikačních termínů síry na olejnatost, výnos semen a výnos oleje. V jednoletých pokusech (2022/2023) jsme posuzovali tři hnojiva se sírou a vliv hořčíku na olejnatost, výnos semen a výnos oleje.

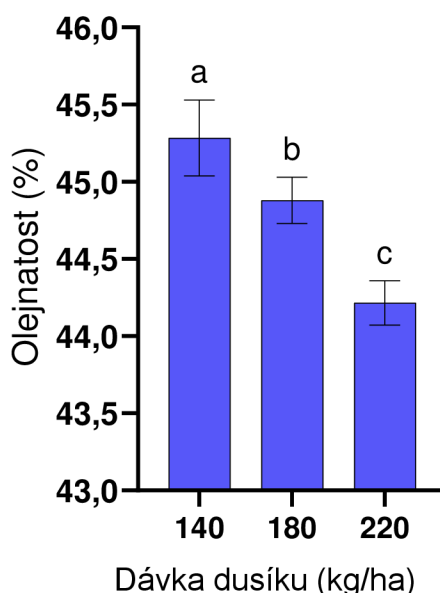
### 5.1 Dávka dusíku

V tříletých polních pokusech jsme porovnávali tři dávky dusíku (140, 180 a 220 kg N/ha, hnojivo LAD) a hodnotili jejich vliv na olejnatost, výnos semen a výnos oleje.

#### Vliv dávky dusíku na olejnatost

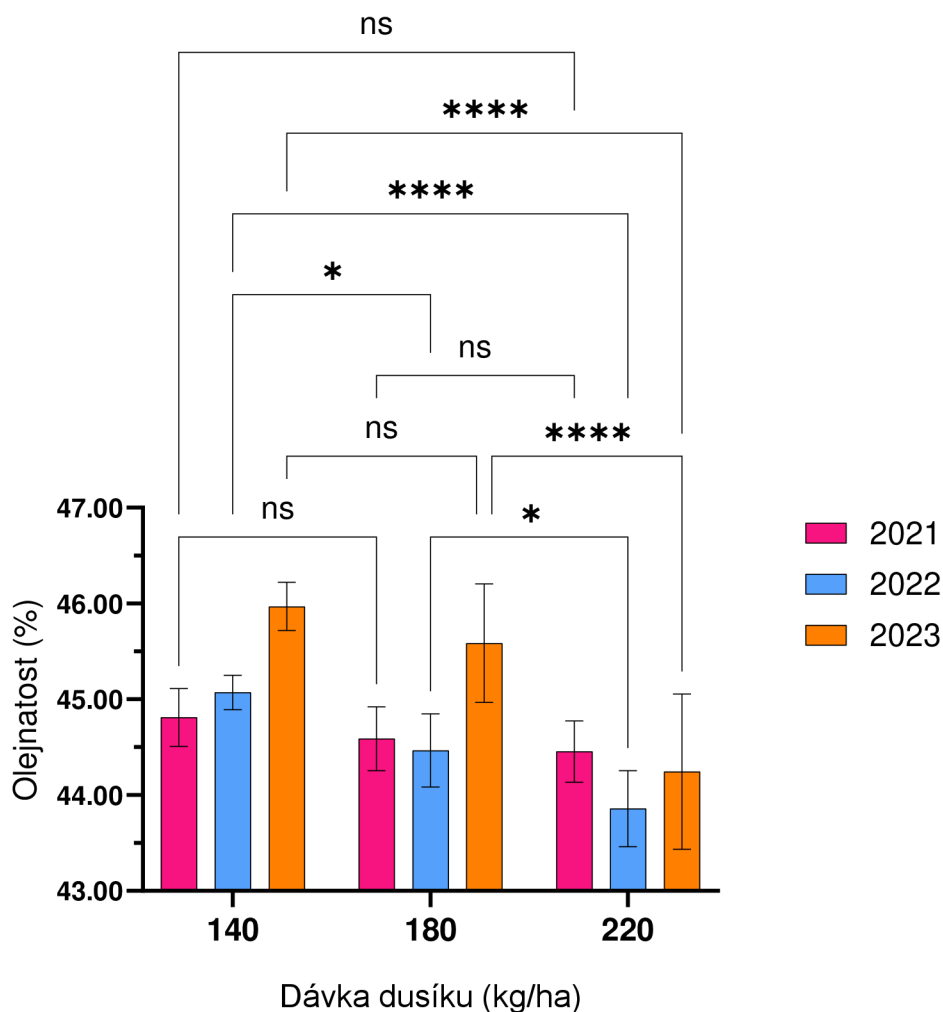
Při vyhodnocení výsledků tříletých maloparcelkových pokusů jsme zaznamenali statisticky významný vliv dávky dusíku ( $p < 0,05$ ) na obsah oleje v semenech řepky ozimé (Graf 5). Nejvyšší průměrnou olejnatost (45,28 %) ve sledovaných letech vykazovala varianta hnojená dávkou 140 kg N/ha, zatímco u dávky 220 kg N/ha byla průměrná olejnatost pouze 44,22 % (Tabulka 10).

Dále zde byl pozorován statisticky významný vliv ročníku ( $p < 0,0001$ ) a statisticky významná interakce dávky dusíku a ročníku ( $p = 0,0037$ ) (Tabulka 11).



*Graf 5: Vliv různých dávek dusíku na olejnatost semen (%) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 9)*

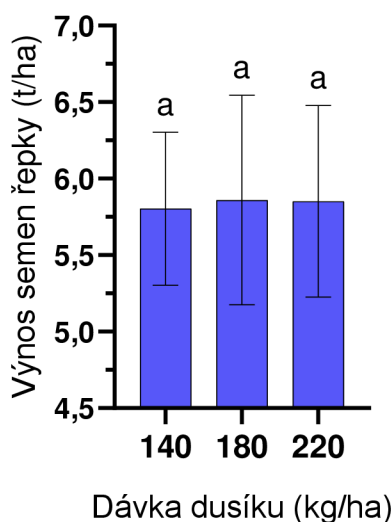
Podle analýzy rozptylu je zřejmé ( $p < 0.0001$ ), že významnou roli hraje ročník, potažmo rozdílný průběh počasí (Graf 6). Nejvyšší průměrnou olejnatost jsme stanovili v roce 2023 (45,27 %), zatímco v letech 2021 a 2022 byla olejnatost nižší (44,62 resp. 44,47 %). Pro dokreslení představy o datech (Tabulka 12) rok 2023 vykazoval největší variační koeficient (2,001 %), zatímco rok 2021 měl variační koeficient nejnižší (0,4033 %).



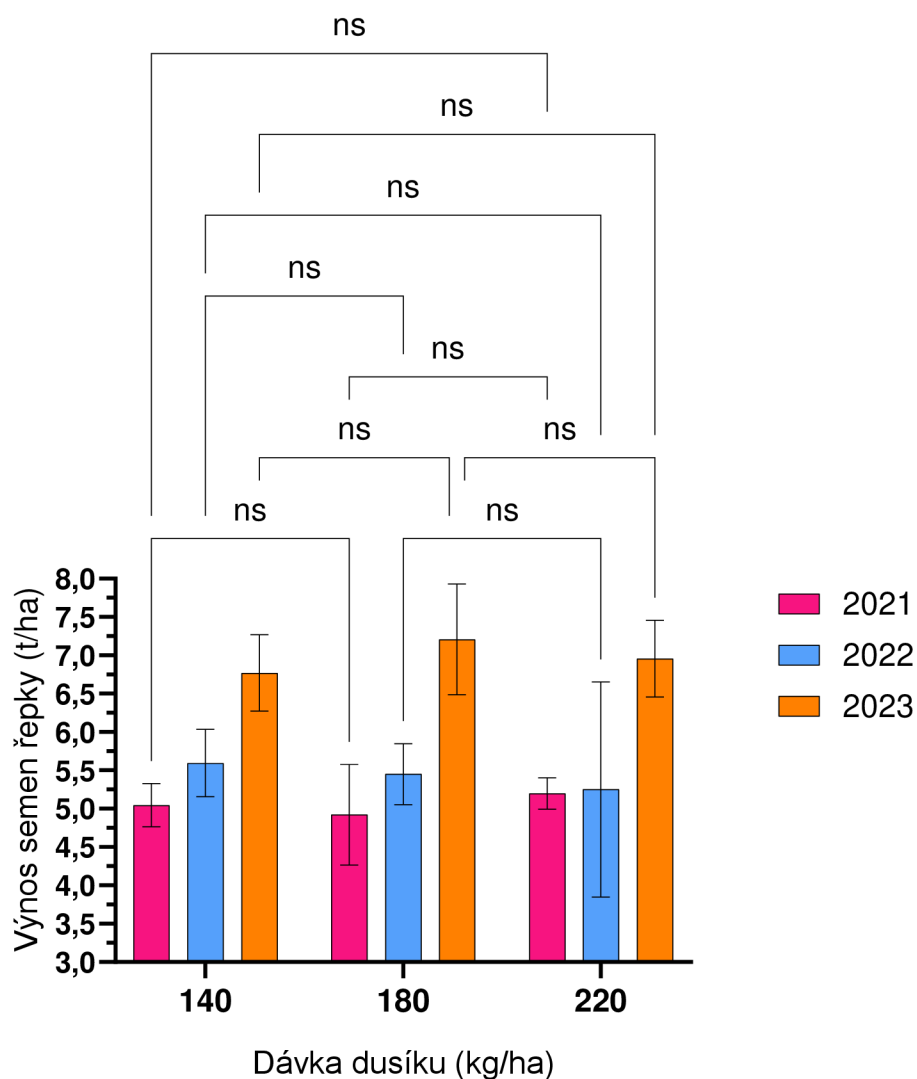
Graf 6: Vliv různých dávek dusíku na olejnatost semen (%) řepky ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0.0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 11)

### Vliv dávky dusíku na výnos semen

Dále byl zkoumán vliv stupňovaných dávek dusíku na výnos semen řepky ozimé. V našem experimentu nebyl prokázán statisticky významný vliv stupňovaných dávek dusíku na průměrný výnos semen řepky ozimé ( $p > 0,9065$ ). Jak je zřejmé z Grafu 7, rozdíly ve výnosu semen byly minimální. Nejvyššího průměrného výnosu semen (5,86 t/ha) dosáhla varianta hnojená 180 kg N/ha, zatímco nejnižší průměrný výnos (5,80 t/ha) byl zaznamenán u dávky 140 kg N/ha. Dávka 220 kg N/ha dosáhla výnosu 5,85 t/ha.



*Graf 7: Vliv různých dávek dusíku na výnos semen (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 13)*

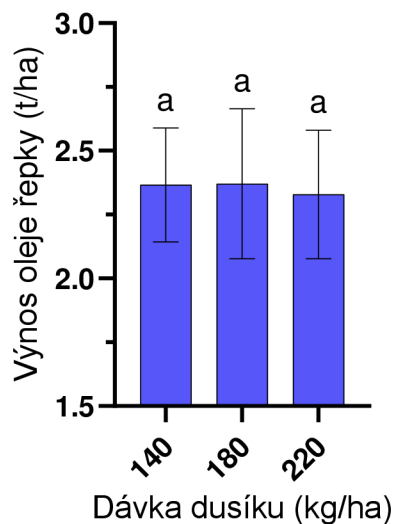


Graf 8: Vliv různých dávek dusíku na výnos semen (t/ha) řepky ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 15)

Byl též prokázán statisticky významný vliv ročníku ( $p < 0,0001$ ) na výnos semen řepky ozimé. Nejvyšší průměrný výnos (6,98 t/ha) byl zaznamenán v roce 2023, zatímco nejnižší výnos semen (5,06 t/ha) byl v roce 2021 (tabulka 15). Interakce vlivu dávky dusíku a ročníku ( $p > 0,05$ ) nebyla prokázána.

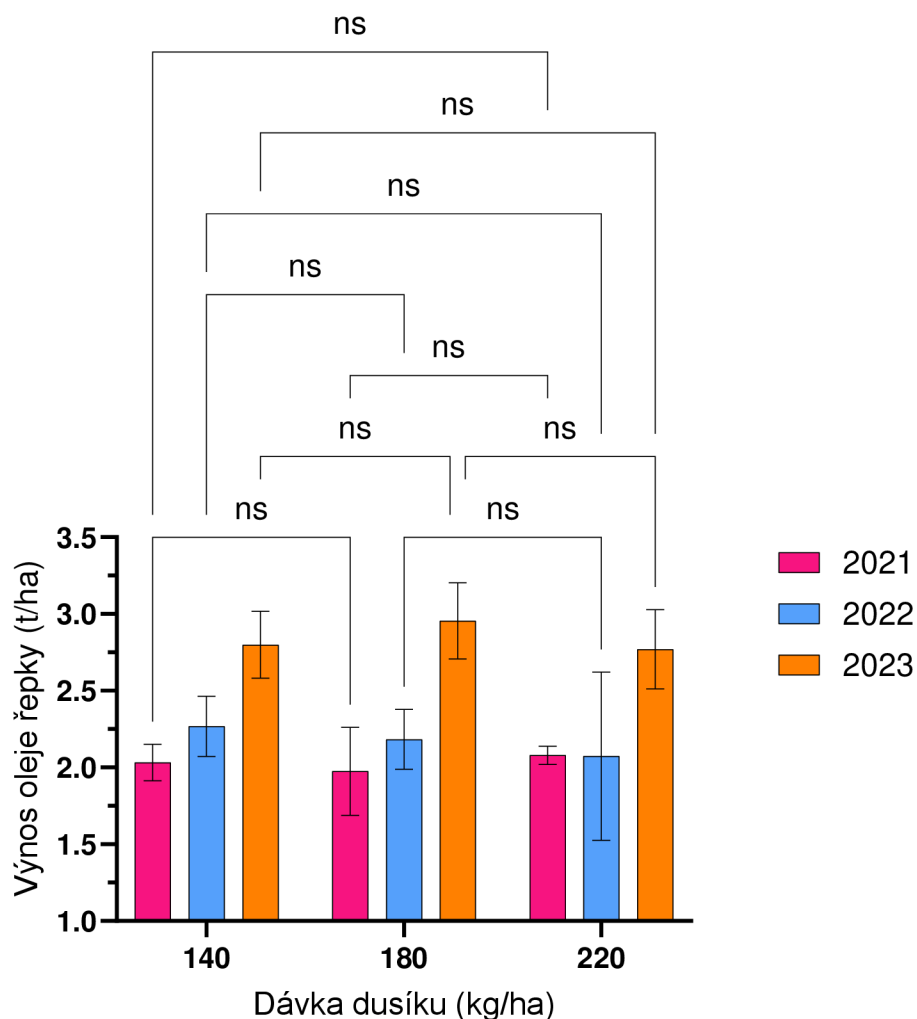
### Vliv dávky dusíku na výnos oleje

Ve výnosu oleje (Graf 9) byly mezi sledovanými dávkami dusíku také jen malé rozdíly, které nebyly statisticky průkazné ( $p > 0,05$ ). Při aplikaci dusíku v množství 140 kg N/ha jsme dosáhli stejného výnosu oleje (2,37 t/ha), jako při použití dávky 180 kg N/ha. Nejvyšší dávka dusíku (220 kg N/ha) paradoxně vedla k nejnižšímu výnosu oleje (2,33 t/ha).



*Graf 9: Vliv různých dávek dusíku na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 17)*

Jediným statisticky průkazným faktorem, který měl vliv na průměrný výnos oleje byl ročník ( $p > 0,001$ ). Analýza rozptylu neprokázala ani interakci ročníku a dávky dusíku ( $p < 0,1725$ ) na výnos oleje jako statisticky významnou. Nejvyšší výnos oleje (2,84 t/ha) byl při sklizni v roce 2023, zatímco nejnižší průměrný výnos oleje (2,03 t/ha) byl ve roce 2021 (Graf 10).



Graf 10: Vliv různých dávek dusíku na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikanční rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 19)

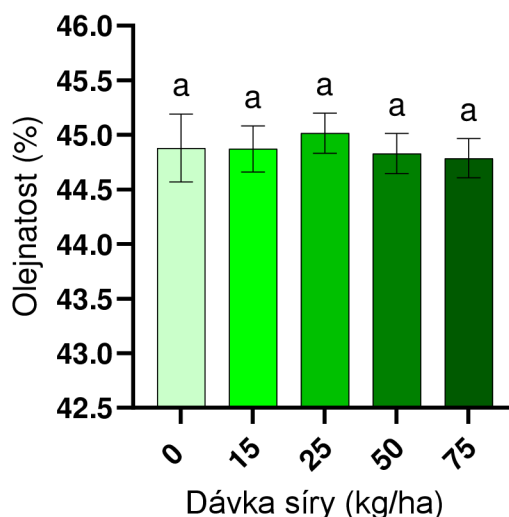
## 5.2 Dávka síry

V tříletých polních pokusech jsme porovnávali pět dávek síry (0, 15, 25, 50 a 75 kg S/ha, hnojivo DASA) a hodnotili jejich vliv na olejnatost, výnos semen a výnos oleje.

### Vliv dávky síry na olejnatost

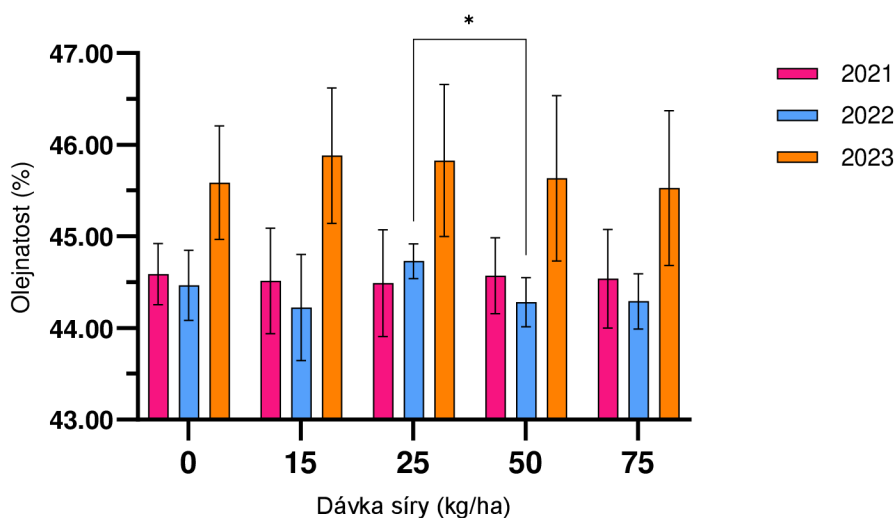
Statistickým hodnocením nebyl prokázán vliv stupňovaných dávek síry na olejnatost ( $p < 0,7631$ ). Od dávky 15 kg S/ha sice docházelo k nepatrnému zvyšování olejnatosti až do dávky 25 kg S/ha (Graf 11). Dávky síry nad tuto hranici nepřinesly nárůst obsahu oleje v semenech řepky ozimé, naopak došlo k jeho snižování. Nejvyšší průměrná olejnatost semen (45,02 %) byla zaznamenána u dávky 25 kg S/ha.





Graf 11: Vliv různých dávek síry na olejnatost semen (%) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 21)

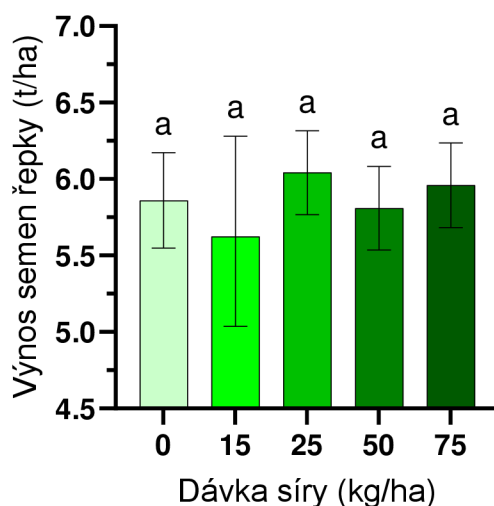
Pro detailní pochopení celé problematiky byl vyhodnocován i vliv jednotlivých ročníků (Graf 12). Nebyla potvrzena statistická významnost interakce ročníku a dávky síry ( $p < 0,9460$ ) na olejnatost. Statisticky významný vliv na olejnatost měl pouze ročník ( $p > 0,0001$ ). Nejvyšší průměrná olejnatost všech variant byla v roce 2023 (45,69 %), zatímco průměrná olejnatost v roce 2021 byla 44,54 % a v roce 2022 44,40 %.



Graf 12: Vliv různých dávek síry na olejnatost semen (%) řepky ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Pro přehlednost byly vynechány varianty, která jsou statisticky nesignifikantní, symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. Absence symbolů zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 23)

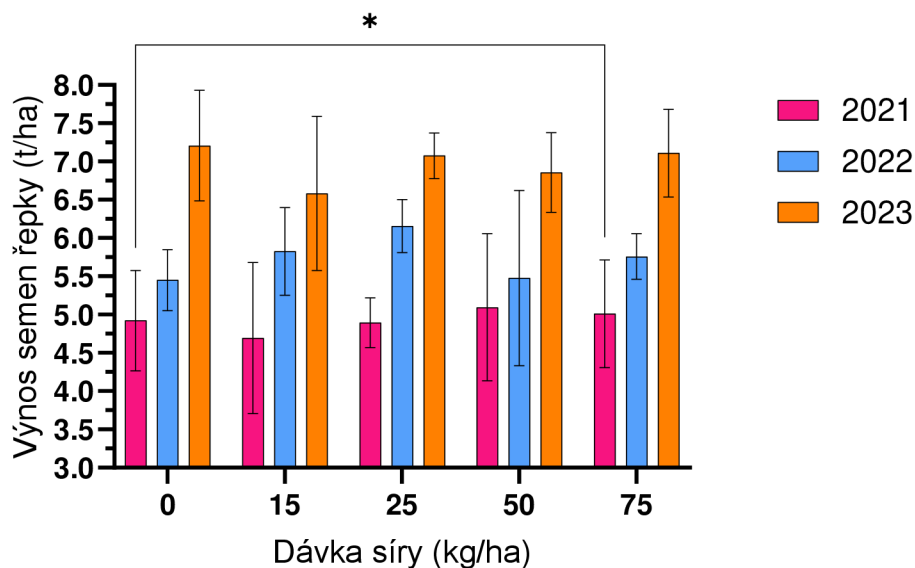
### Vliv dávky síry na výnos semen

Nebyl statisticky prokázán vliv stupňovaného hnojení sírou na průměrný výnos semen řepky ozimé ( $p < 0,360$ ). Nejvyšší průměrný výnos (6,04 t/ha) vykazovala varianta hnojená 25 kg S/ha (Graf 13). Nejnižší výnos (5,70 t/ha) byl zaznamenán u varianty hnojené 15 kg S/ha. U nehnojené varianty byla v průběhu jednotlivých ročníků zaznamenána nejvyšší variabilita (18,38 %), zatímco nejnižší variabilita (15,75 %) byla u dávky 25 kg S/ha.



*Graf 13: Vliv různých dávek síry na výnos semen (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 25)*

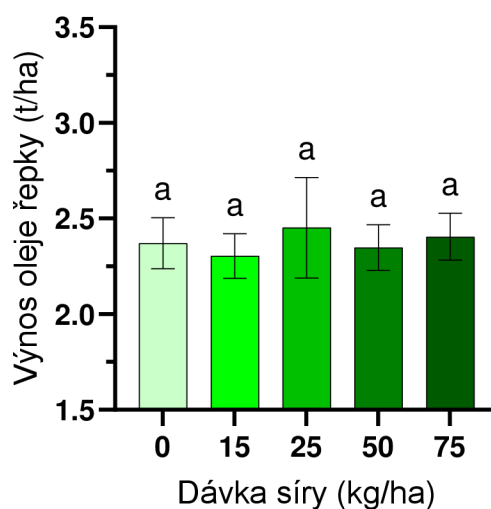
Jediným statisticky významným prvkem byl pouze vliv ročníku ( $p > 0,0001$ ). Opět nebyla potvrzena ani vzájemná interakce ročníku a stupňované dávky síry ( $p < 0,2077$ ). Nejvyšší průměrný výnos semen (6,97 t/ha) byl v roce 2023, zatímco nejnižší (4,92 t/ha) byl v roce 2021. Zároveň výnos semen ze sklizně 2021 vykazoval nejmenší míru variability (3,05 %).



Graf 14: Vliv stupňovaných dávek síry na výnos semen řepky ozimé (t/ha) letech ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Pro přehlednost byly vynechány varianty, která jsou statisticky nesignifikantní, symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. Absence symbolů zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 27)

#### Vliv dávky síry na výnos oleje

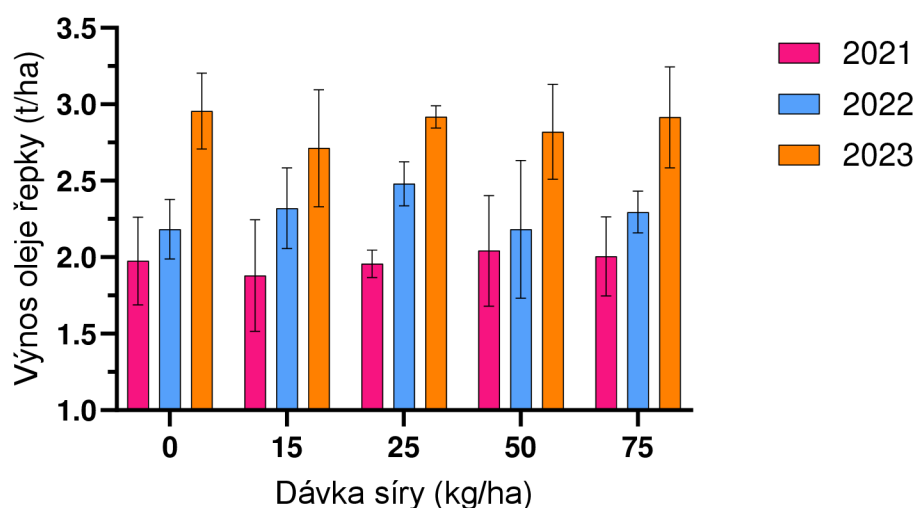
Výnos oleje také nebyl statisticky průkazně ovlivněn dávkou síry ( $p < 0,452$ ). Nejvyššího výnosu oleje (2,45 t/ha) dosáhla varianta hnojená 25 kg S/ha, neboť dosáhla jak nevyššího výnosu semen, tak i nejvyšší olejnatosti. Nejnižší výnos oleje (2,30 t/ha) byl zaznamenán u dávky 15 kg S/ha (Graf 15). U dávky 25 kg S/ha byla i sledována nejmenší variabilita (16,90 %), zatímco nejvyšší míru variability (19,49 %) vykazovala kontrolní varianta hnojená 0 kg S/ha.



Graf 15: Vliv různých dávek síry na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21-2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena

nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 29)

Na druhou stranu jsme pozorovali opět statisticky průkazný vliv ročníku ( $p > 0,0001$ ). Vzájemná interakce stupňované dávky a ročníku se také nepotvrdila ( $p < 0,2772$ ). Nejvyšší průměrný výnos oleje z hektaru byl zaznamenán v roce 2023 (2,86 t/ha), zatímco nejmenší (1,97 t/ha) byl v roce 2021 (Graf 16).



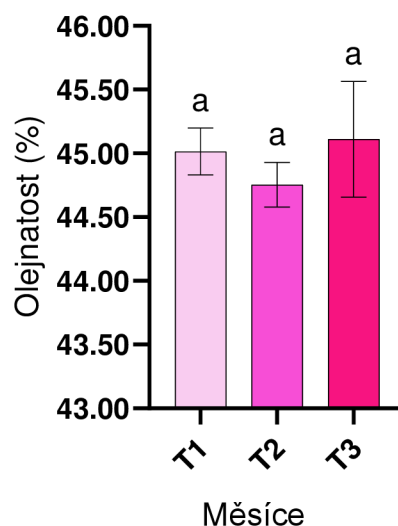
Graf 16: Vliv různých dávek síry na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Pro přehlednost byly vynechány varianty, která jsou statisticky nesignifikantní, symboly \* ukazují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. Absence symbolů zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 31)

### 5.3 Termín aplikace síry

V tříletých polních pokusech jsme porovnávali tři termíny hnojení sírou v dávce 25 kg S/ha (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna, hnojivo DASA) a hodnotili vliv termínu na olejnatost, výnos semen a výnos oleje.

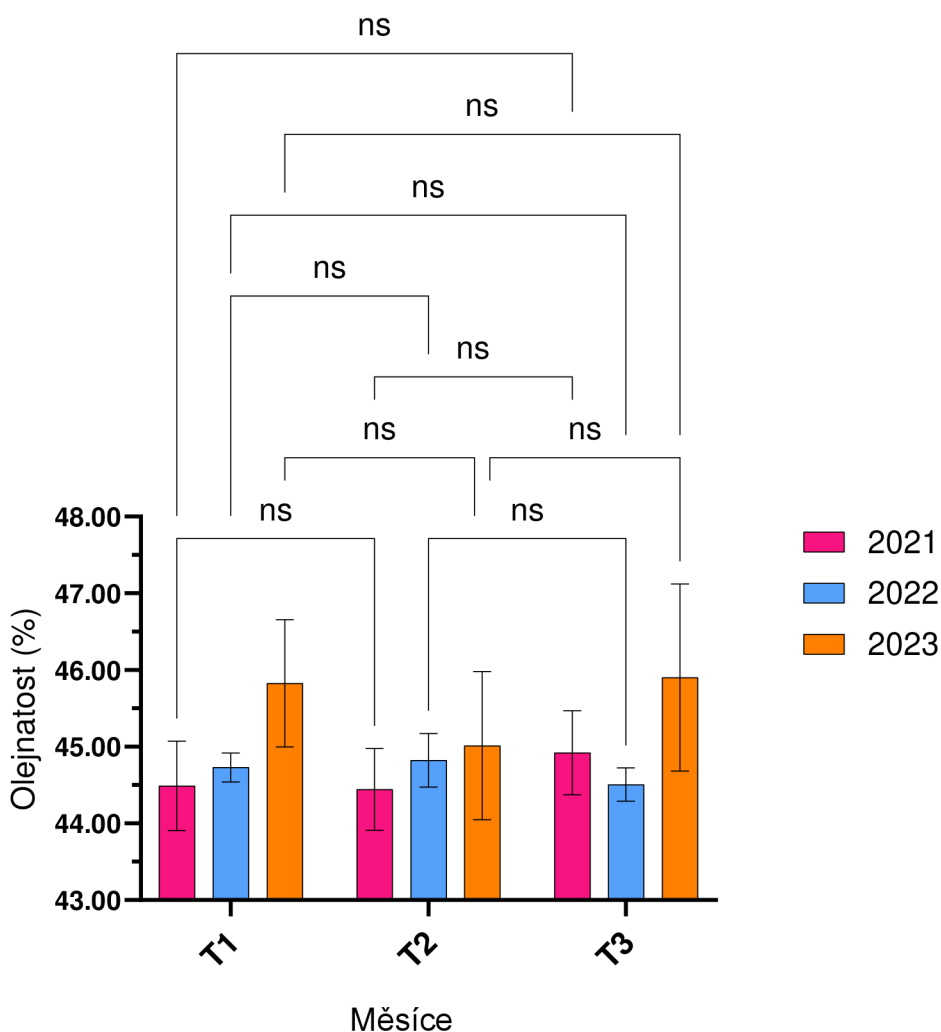
#### Vliv aplikačních termínů na olejnatost

Z našich tříletých výsledků vyplývá, že termín aplikace síry neměl statisticky průkazný vliv na ( $p < 0,4235$ ) olejnatost semen řepky (Graf 17). Nejvyšší olejnatost (45,11 %) byla zjištěna u termínu T3 (na začátku dubna), zatímco nejnižší (44,75 %) u termínu T2 (v polovině března).



*Graf 17: Vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na olejnatost semen (%) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 33)*

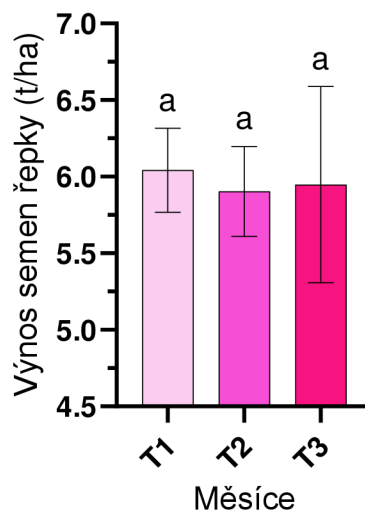
Ročník měl statisticky průkazný vliv ( $p > 0,0033$ ) na obsah oleje v semenech řepky (Tabulka 35). Nejvyšší olejnatost byla v roce 2023 (45,58 %), zatímco v roce 2021 byla nejnižší (44,62 %). Vzájemná interakce aplikačního termínu a ročníku byla též statisticky neprůkazná ( $p < 0,2850$ ).



Graf 18: Vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na olejnatost semen (%) řepky ozimé letech ozimé v letech 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 35)

#### Vliv termínu aplikace síry na výnos semen

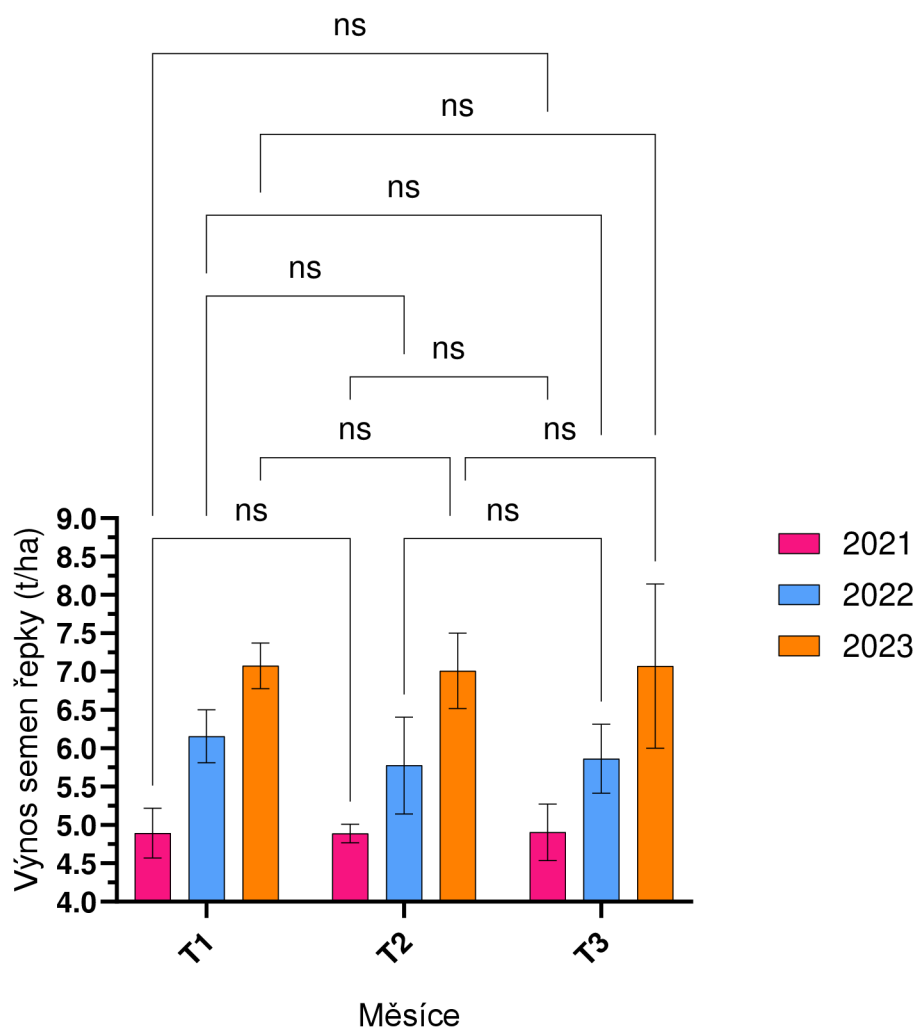
Termín aplikace neměl statisticky významný vliv na průměrný výnos semen řepky ozimé ( $p < 0,5223$ ). Nejvyšší průměrný výnos (6,04 t/ha) za sledovaná období byl zaznamenán u termínu T1 (Graf 19) oproti nejnižšímu výnosu 5,90 t/ha, který vykazoval termín T2.



*Graf 19: Vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos semen (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 37)*

Z vyhodnocených dat je patrná variabilita mezi jednotlivými ročníky (Graf 20), jejichž vliv na výnos byl statisticky průkazný ( $p < 0,0001$ ). Nejnižší průměrný roční výnos (4,90 t/ha) ze všech variant byl ve sklizňovém roce 2021, zatímco rok 2023 měl výnos nejvyšší (7,05 t/ha).

Vzájemná interakce aplikačního termínu a ročníku neměla statisticky průkazný vliv na výnos semen ( $p < 0.6252$ ).

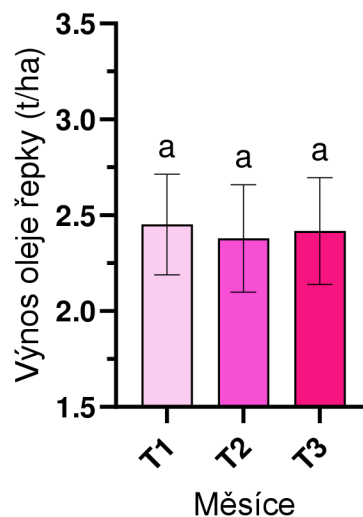


Graf 20: Vliv aplikačního termínu (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos semen (t/ha) řepky ozimé v jednotlivých letech. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 39)

#### Vliv termínu aplikace síry na výnos oleje

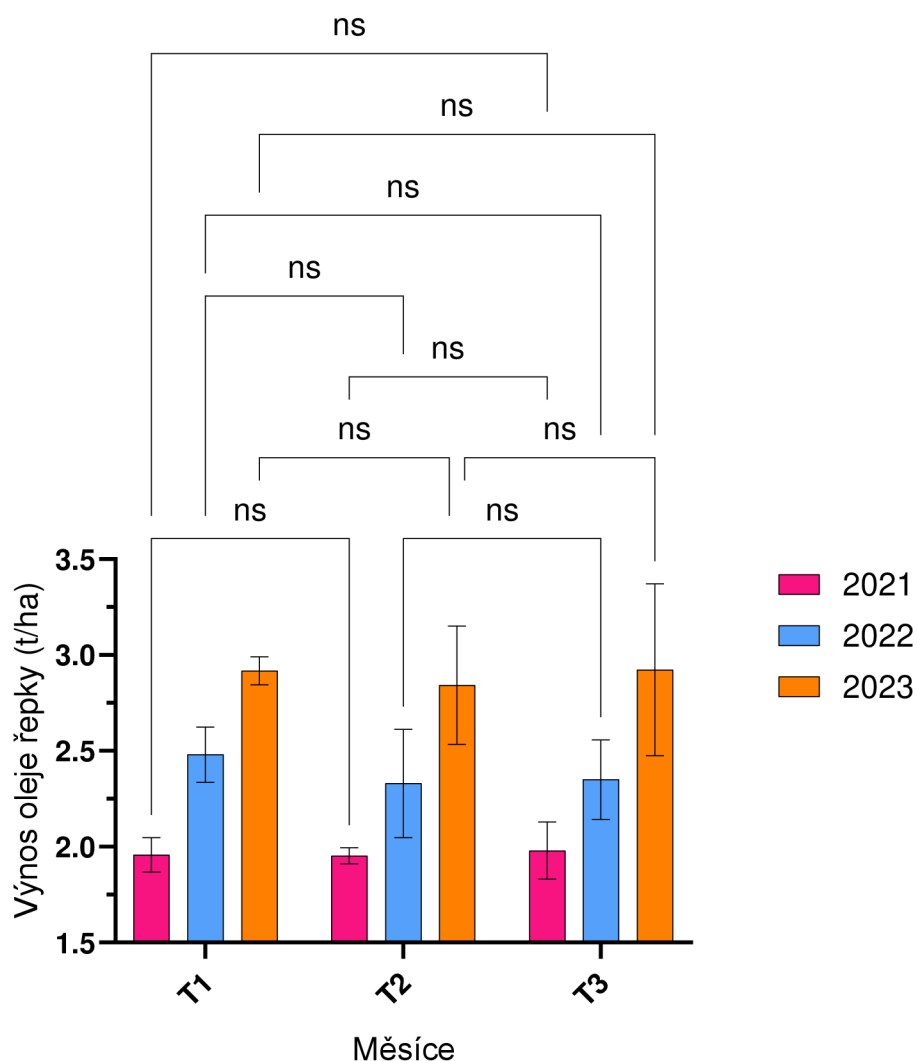
Aplikační termín síry neměl statisticky průkazný vliv na průměrný výnos oleje (Graf 21). Rozdíly ve výnosu oleje byly mezi jednotlivými termíny hnojení jen minimální. Nejvyššího výnosu oleje (2,45 t/ha) dosáhla varianta T1, která navíc vykazovala nejnížší variabilitu výnosu oleje. Nejmenšího výnosu oleje (2,38 t/ha) bylo dosaženo u druhého aplikačního termínu T2.





*Graf 21: Vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 41)*

Pomocí analýzy rozptylu byl hodnocen vliv ročníku na průměrný výnos oleje řepky ozimé jako signifikantní ( $p > 0,0001$ ). Nejvyšší průměrný výnos oleje byl v roce 2023 (2,89 t/ha), zatímco nejmenší v roce 2021 (1,96 t/ha). V roce 2022 byla hodnota průměrného výnosu oleje z hektaru 2,39 tun. Nebyla prokázána vzájemná interakce vlivu ročníku a aplikačního termínu na výnos oleje ( $p < 0,5917$ ) (Tabulka 43)



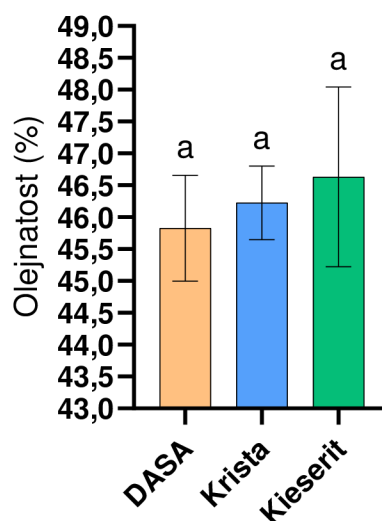
Graf 22: Vliv aplikačního termínu (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v jednotlivých letech. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 43)

## 5.4 Druh hnojiva

V jednoletých polních pokusech (2022/23) jsme porovnávali tři hnojiva s obsahem síry v dávce 25 kg S/ha a hodnotili jejich vliv na olejnatost, výnos semen a výnos oleje. Použili jsme hnojiva DASA, Kieserit a Krista (hořká sůl). Hnojiva Kieserit a Krista obsahují navíc ještě hořčík (+19 kg Mg/ha).

### Vliv druhu hnojiva na olejnatost

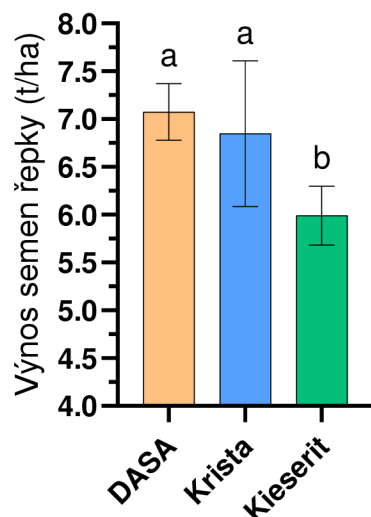
Přestože nebyl prokázán statisticky vliv druhu hnojiva ( $p < 0,798$ ) na obsah oleje v semenech řepky, tak jsme mohli pozorovat určité rozdíly (Graf 23). Varianta hnojená Kieseritem měla nejvyšší olejnatost v průměru (46,63 %). Varianta hnojená hořkou solí (Kristou) měla olejnatost o 0,4 % nižší (46,23 %) a nejnižší obsah oleje (45,83 %) byl u varianty, kde bylo použito hnojivo DASA (Tabulka 45)



*Graf 23: Vliv druhu hnojiva na olejnatost semen (%) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 45)*

### Vliv druhu hnojiva na výnos semen

Naproti tomu druh použitého hnojiva měl statisticky významný vliv na výnos semen řepky ozimé. ( $p > 0,0022$ ) Nejvyššího výnosu (7,08 t/ha) dosáhla varianta s hnojivem DASA, zatímco nejnižší výnos (5,99 t/ha) jsme mohli pozorovat u varianty hnojené Kieseritem (Graf 24).

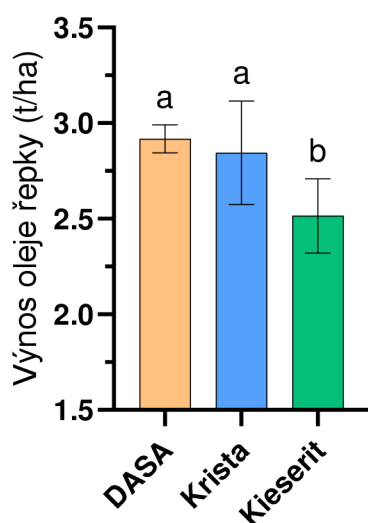


Graf 24: Vliv druhu hnojiva na výnos semen (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 47)

#### Vliv hnojiva na výnos oleje

Byl potvrzen také statisticky významný vliv hnojiva na výnos oleje ( $p > 0,0029$ ). Rozdíly byly zjištěny mezi variantami DASA a Kieserit (Graf 25), a také mezi variantami Krista a Kieserit, i když méně významné. Rozdíl mezi nejvyšším průměrným výnosem oleje (2,92 t/ha) u varianty DASA a nejnižším (2,52 t/ha) u varianty Kieserit byl 0,40 t/ha.

Tyto výsledky jsou však pouze jednoleté. Bylo by třeba tento pokus opakovat, abychom získali více dat a dosáhli relevantních výsledků.



*Graf 25: Vliv druhu hnojiva na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Rozdílná písmena nad chybovými úsečkami symbolizují statistický významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu (Tabulka 49)*

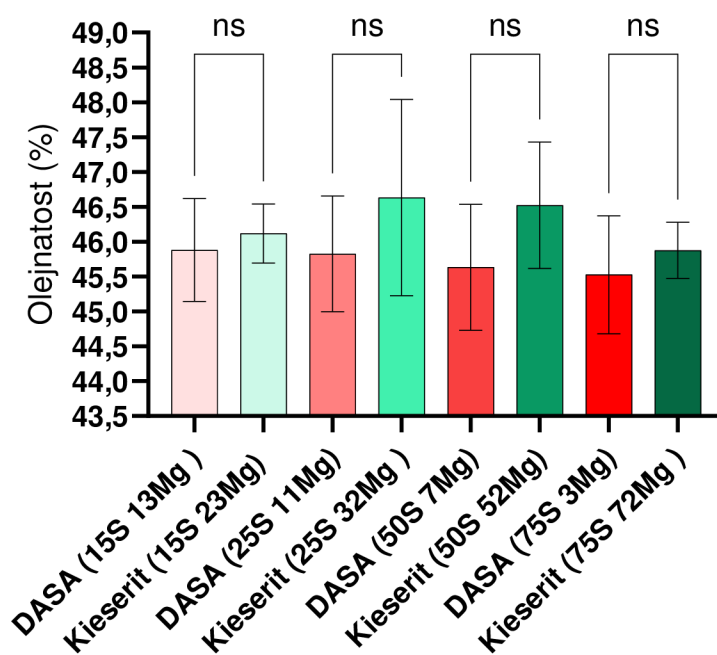
## 5.5 Dávka hořčíku

Ve vegetačním roce 2022/23 jsme porovnávali vliv stupňovaných dávek hnojiv DASA+LAD a Kieserit+LAD na průměrnou olejnatost, výnos semen a oleje řepky ozimé. Kieserit byl porovnáván s DASou kvůli obsahu hořčíku a předpokládali jsme, že se jeho vyšší dávka u variant s Kieseritem se projeví na sledovaných parametrech. S hnojivem DASA jsme ho porovnávali při shodných dávkách síry (25 až 75 kg S/ha) a při shodné dávce dusíku (180 kgN/ha).

### Vliv hořčíku na olejnatost

Vyšší obsah hořčíku, dodaný v Kieseritu, měl pozitivní vliv na olejnatost semen řepky, rozdíly ovšem nebyly statisticky průkazné ( $p < 0,3213$ ) (Graf 26).

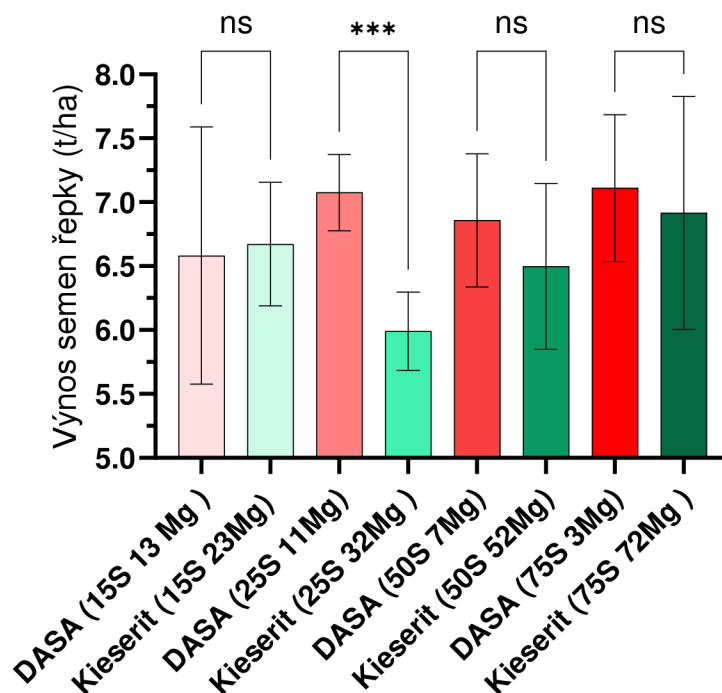
Nejvyšší obsah oleje v semenech (46,63 %) vykazovala varianta hnojená Kieseritem (25 kg S/ha + 32 kg Mg/ha), zatímco nejnižší olejnatost (45,53 %) byla pozorována u varianty DASA (75 kg S/ha + 3 Mg). Je poměrně zajímavým zjištěním, že průměr olejnatosti všech variant hnojených Kieseritem byl 46,29 %, zatímco u DASY jen 45,72 %.



Graf 26: Vliv hořčíku na olejnatost (%) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky představují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikantní rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 51)

### Vliv hořčíku na výnos semen

Byl ovšem statisticky prokázán vliv druhu hnojiva ( $p > 0,0131$ ) na výnos semen (Graf 27). Nejvyššího výnosu (7,11 t/ha) dosáhla varianta hnojená DASou (75 kg S/ha + 3 kg Mg/ha), zatímco nejmenší výnos (5,99 t/ha) byl pozorován u varianty hnojené Kieseritem (25 kg S/ha + 32 kg Mg/ha). Bez ohledu na dávku hnojiva vykazovaly varianty hnojené hnojivem DASA o 0,39 t/ha vyšší výnos semen než varianty s vyšší dávkou Mg, kde byl použit Kieserit.



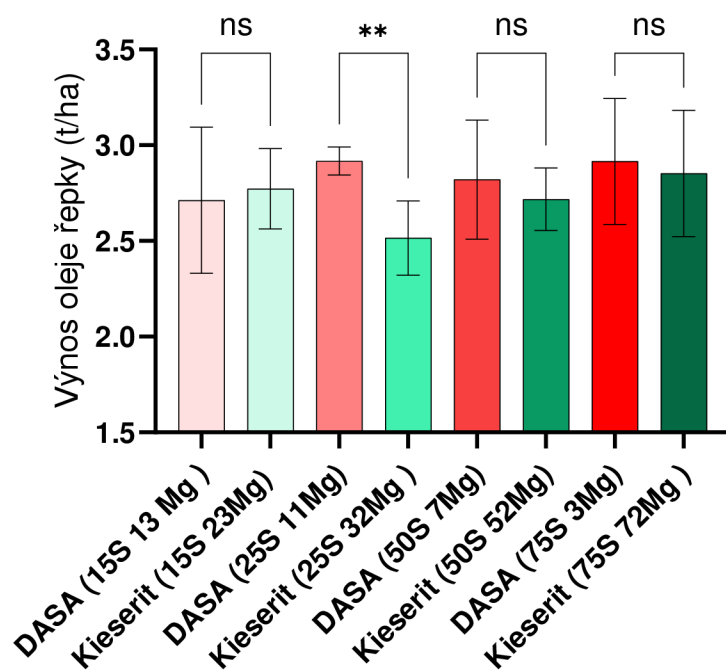
Graf 27: Vliv hořčíku na výnos semen (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. Ns zobrazuje statisticky nesignifikanční rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0,0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 55)

### Vliv hořčíku na výnos oleje

Vyšší dávka hořčíku, dodaná v hnojivu Kieserit, měla statisticky průkazný vliv na výsledný výnos oleje ( $p > 0,0461$ )

Ve výnosu oleje dosáhly shodně nejlepších výsledků (2,92 t/ha) dvě varianty hnojené DASou (25 kg S/ha+11 kg Mg/ha a 75 kg S/ha+3 kg Mg/ha) viz Graf 28.

Nejnižší výnos oleje (2,15 t/ha) byl stanoven u varianty Kieserit (25 kg S/ha + 32 kg Mg/ha). Pozorovali jsme zde obdobný trend jako u výnosu semen. Průměrný výnos oleje u všech variant hnojených DASou činil 2,84 t/ha, zatímco u variant hnojených Kieseritem dosahoval 2,71 t/ha.



Graf 28: Vliv hořčíku na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23. Chybové úsečky reprezentují 95% interval spolehlivosti průměru. Písmena ns a symboly \* ukazují statisticky významný rozdíl na hladině spolehlivosti 95 %, která byla zjištěna pomocí LSD testu. ns zobrazuje statisticky nesignifikanční rozdíl, symbol \* značí  $p \leq 0.0032$ ; \*\*  $p \leq 0,0021$ ; \*\*\*  $p \leq 0,0002$ ; \*\*\*\*  $p \leq 0,0001$  (Tabulka 56)



## 6 Diskuse

Neustálý nárůst požadavků na udržitelnou zemědělskou produkci přináší nutnost inovativních přístupů. Tyto celospolečenské nároky zahrnují snížení využívaných zdrojů v podobě pohonných hmot, přípravků na ochranu rostlin a v neposlední řadě hnojiv. Aby byly tyto požadavky splnitelné, je důležité dosáhnout komplexní a hluboké porozumění fyziologických, biochemických a genetických procesů, které se podílí na tvorbě oleje v semenech řepky a tím pádem na nejdůležitějším parametru jejího pěstování – výnosu oleje. Jen komplexní a ucelené porozumění tvorby oleje a faktorů, které ji ovlivňují umožní optimalizaci pěstování řepky.

V našem tříletém výzkumu jsme se zabývali vlivem odlišných dávek minerálních hnojiv s rozličným obsahem dusíku, síry a hořčíku.

## 6.1 Dávka dusíku

### Vliv stupňované dávky dusíku na olejnatost

Ačkoliv je vyrovnané hnojení dusíkem nezbytné pro optimální tvorbu výnosu, tak jeho vyšší dávky mají tendenci snižovat obsah oleje v semenech řepky ozimé. Tento trend byl potvrzen v průběhu tříletých polních pokusů na experimentálním pracovišti České zemědělské univerzity v Červeném Újezdě ve vegetačních obdobích 2021-2023.

Se zvyšující dávkou dusíku jsme pozorovali pokles průměrné olejnatosti semen řepky ozimé. Od dávky 140 kg N/ha se při zvýšení množství o 40 kg N/ha snížila průměrná olejnatost semen o 0,40 %. Nejpatrnější pokles (o 0,66 %) byl zaznamenán při zvýšení dávky ze 180 kg N/ha na 220 kg N/ha.

Naše výsledky jsou shodné s mnoha dalšími studiemi například (Bhatty 1964; Bilsborrow et al. 1993; Ibrahim et al. 1989; Öztürk 2010; Rathke et al. 2005; Taylor et al. 1991; Van Roon 1959).

K stejnému závěru došel i Taylor et al. (1991), který pozoroval nejvyšší olejnatost (46,4 %) semen u kontrolní varianty (0 kg N/ha), zatímco nejnižší obsah oleje (40,6 %) byl u dávky 200 kg N/ha. Tento výsledek je ve shodě i se studií Rathke et al. (2005), který rovněž pozoroval negativní korelaci mezi dávkou dusíku a průměrnou olejnatostí semen řepky. Nejvyšší hodnoty obsahu oleje (46,8 a 47,7 %) byly u nehnojené kontrolní varianty. Zatímco varianta hnojená 240 kg N/ha obsahovala pouze 43,8 % oleje.

V rozporu s našimi závěry jsou výsledky Aminpanah (2013), který uvádí, že nebyl prokázán statisticky významný vliv dusíku na průměrný obsah oleje v semenech řepky, ačkoliv zde byly pozorovány trendy, že se zvyšující dávkou dusíku se snižovala průměrná olejnatost.

Například Ibrahim et al. (1989) pozoroval, že obsah oleje, složení mastných kyselin, či doba aplikace nebyly ovlivněny dávkou dusíku a odezva výnosových prvků je primárně závislá na průběhu počasí.

Důvodem, proč vysoké dávky dusíku snižují olejnatost a konkrétním mechanismem účinku se zabýval Zhu et al. (2023). Dusík ovlivňuje fotosyntézu mechanismem, jakým rostlina syntetizuje chlorofyl, dále pak reguluje povrch mezofylových buněčných stěn a chloroplastů. Jelikož je konečnými produkty v procesu fotosyntézy jsou sacharóza a aminokyseliny, které jsou následně transportovány z listů do zásobních orgánů floémem a xylémem. Při přechodu z vegetativní do generativní fáze rostliny jsou živiny transportovány do semen za účelem syntézy lipidů a proteinů. V tomto procesu nejdříve dochází k syntéze bílkovin, která je energeticky náročná a spotřebovává množství fotosyntátů, což následně oslabuje tvorbu lipidů. Právě množství dusíku napomáhá primárně ukládat proteiny a následně lipidy. Skutečnost, že se se zvyšující dávkou dusíku zvyšuje obsah proteinů a snižuje obsah lipidů potvrdil také například Nunes-Nesi et al. (2010); Tang et al. (2012); Yu et al. (2016).

### Vliv stupňované dávky dusíku na výnos semen

Ačkoliv nebyl prokázán vliv stupňované dávky dusíku na průměrný výnos semen, tak jsme mohli pozorovat nepatrný nárůst výnosu do dávky 180 kg N/ha, po jejímž překročení již nedocházelo k zvýšení výnosu, ale naopak k jeho snížení. Fakt, že řepka pozitivně reaguje na dávky dusíku v minulosti ověřila řada autorů Bilsborrow et al. (1993); Cheema et al. (2001); Rathke et al. (2005). Také Öztürk (2010) dochází ke shodným výsledkům. Pozoroval, že výnos semen řepky ozimé měl vzrůstající tendence do dávky 150 kg N/ha. Při vyšším aplikovaném množství již docházelo k nepatrnému snížení výnosu.

V rozporu s těmito závěry je například studie Gammelvind et al. (1996), který uvádí, že stagnace ve výnosu je zapříčiněna přehnočováním porostů dusíkem. Dalším možným vysvětlením je, že mezi odrůdami existuje značná variabilita v reakci na množství dusíku (Svečnjak & Rengel 2006).

Z těchto důvodů bychom při hnojení dusíkem měli přihlížet k obsahu anorganického dusíku v půdě, zvolenému kultivaru, počtu rostlin na jednotku plochy a v neposlední řadě k zdravotnímu stavu porostu.

### Vliv dusíku na výnos oleje

Množství získaného oleje je jeden ze základních kvalitativních parametrů produkce řepky ozimé. V tříletých pokusech jsme zaznamenali, že největší výnos oleje (2,37 t/ha) byl u variant hnojených 140 a 180 kg N/ha. Další zvýšení dávky na 220 kg N/ha již nepřineslo navýšení výnosu oleje, naopak došlo k jeho mírnému snížení. Výtěžnost oleje je závislá primárně na výnosu semen než na průměrné olejnatosti. Ačkoliv naše výsledky nebyly statisticky průkazné, tak lze pozorovat shodu v trendech se studií Aminpanah (2013). Aminpanah uvádí, že vliv dávky dusíku měl statisticky signifikantní vliv na množství oleje získaného z hektaru. Příčinou zvýšené výtěžnosti je navýšení průměrného výnosu semen, ačkoliv dochází k snížení průměrné olejnatosti semen. K zvýšení množství získaného oleje docházelo do dávky 150 kg N/ha a po překročení tohoto množství již nedocházelo k citelnému nárůstu výnosu semene a výnosu oleje. Podobný trend pozoroval i Gu et al. (2024), že při překročení dávky 180 kg N/ha došlo k snížení výtěžnosti oleje o 18 %.

V rozporu s těmito závěry je experiment Rathke & Schuster (2001), kteří pozorovali, že výnos oleje zůstal konstantní, při zvýšení dávky ze 160 kg N/ha na 240 kg N/ha. K rozdílnému závěru došel Cheema et al. (2001), který pozoroval významné snížení výnosu oleje již po překročení dávky 90 kg N/ha.

## 6.2 Dávka síry

### Vliv stupňovaných dávek síry na olejnatost

Za sledovaná vegetační období sice nebyl prokázán statisticky významný vliv stupňovaných dávek síry na výslednou olejnatost semen řepky ozimé, ale mohli jsme pozorovat že nejvyšší obsah oleje v semenech řepky (45,02 %) byl u varianty, která byla hnojena 25 kg S/ha. Při vyšších aplikačních dávkách síry docházelo k postupnému snižování průměrné olejnatosti. Vlivem síry na výsledný obsah oleje se v minulosti zabývala řada autorů například Zhao et al. (1993); McGrath & Zhao (1996); Lošak & Richter (2003); Ahmad et al. (2007); Varényiová & Ducsay (2016); Waraich et al. (2022), ale jejich výsledky se značně lišily.

Výsledky našeho pokusu se shodují s výsledky Ahmad et al. (2007), který pozoroval nejvyšší obsah oleje (42,8 %) v semenech řepky u dávky 20 kg S/ha. Navýšení dávky síry pak po překročení této hranice nepřineslo zvýšení obsahu oleje, a dokonce došlo k jeho mírnému poklesu na 42,6 %. Stejný jev pozoroval i Sardana & Sheoran (2011), který jako nejoptimálnější dávku vzhledem k olejnatosti uvádí 20 kg S/ha.

Naopak Subhani et al. (2003) či Marschner (1995) uvádějí, že obsah oleje v semenech řepky je přímo úměrný množství síry, kterým je porost hojený. Malarz et al. (2011) tvrdí, že nejvyšší obsah oleje v semenech byl zaznamenán u varianty, která byla hnojena 60 kg S/ha.

Naproti tomu k opačnému závěru docházejí Walker & Booth (2003), kteří konstatují, že hnojení sírou má sice pozitivní vliv na výnos semene řepky ozimé, ale vliv na výslednou olejnatost semen pouze lze pozorovat na stanovištích s nedostatečnou zásobou síry. Výsledky experimentu Walker & Booth (2003) jsou v souladu s výsledky Varényiová et al. (2017).

Varényiová et al. (2017) konstatuje, že hnojení sírou nemělo žádný vliv na výslednou olejnatost semen řepky ozimé, jelikož nejnižší procentuální podíl oleje (44,1 %) vykazovala dávka hnojena 65 kg S/ha, zatímco nejvyšší obsah oleje 45,5 % byl u varianty hojené 40 kg S/ha. Vliv hnojení na olejnatost nebyl za dva roky trvání polního pokusu potvrzen, ale statisticky průkazný byl vliv jednotlivých ročníků.

Ačkoliv je vliv síry na výslednou olejnatost stále diskutabilním tématem, tak bychom při hnojení porostů měli respektovat půdní zásobu, zdravotní stav, odběrový normativ a v neposlední řadě i potřeby zvolené odrůdy.

### Vliv stupňovaných dávek síry na výnos semen

Naše souhrnné výsledky za tři roky ukazují, že aplikace síry sice neměla statisticky významný vliv na výnos, ale i přesto jsme pozorovali nepatrné zlepšení. Nejvyšší výnos (6,04 t/ha) byl pozorován u varianty hnojené 25 kg S/ha. Zvýšení množství síry nad tuto hranici již způsobilo mírný propad výnosu. Vlivem síry na výnosové parametry se v minulosti zabývala řada autorů, kteří ovšem došli k nejednoznačným výsledkům.

Malhi et al. (2007) sledoval vliv stupňovaného hnojení sírou na výnos hybridní odrůdy řepky. Při dávce 40 kg S/ha dosáhl nejvyššího výnosu semen (2,43 t/ha). Průměrný výnos u dávky 30 kg S/ha byl pouze o 7 kg nižší (2,42 t/ha). Dále uvádí, že k nejvyššímu nárůstu výnosu (+1,74 t) došlo již po aplikaci prvních 10 kg S/ha. Navýšení dávky z 10 kg S/ha na 20 kg S/ha pak přineslo nárůst výnosu pouze o 0,42 t/ha. Jako optimální dávku 40 kg S/ha vzhledem k maximálnímu výnosu uvádějí i Sattar et al. (2011), Vaseghi et al. (2013) či Varényiová et al. (2017), která u tohoto množství aplikované síry zaznamenala nejvyšší výnos (3,96 t/ha) oproti nehnojené kontrole (2,38 t/ha). V souladu s tímto pozorováním je i studie Wielebski (2006), který rovněž pozoroval nejvyšší výnos semen již při dávce 30 kg S/ha. Důvodem, proč je množství dostupné síry limitujícím faktorem pro optimální vývoj řepky ozimé se zabýval Fismes et al. (2000). Konstatuje, že hnojení sírou přispívá ke zlepšení účinnosti využití dusíku. Při přehnojování porostů dusíkem a současně nedostatečné výživě sírou dochází k omezení příjmu dusíku a jeho využitelnosti, což má za následek zhoršení výnosových prvků. Tuhle vzájemnou interakci popisují i Janzen & Bettany (1984), který jako optimální poměr uvádí 7N: 1S. Při poměru pod 7 dochází ke snížení efektivity využití síry a naopak při nadměrném hnojení dusíkem dochází ke snížení výnosů. Dalším rizikem nevyvážené výživy je procentuální nárůst obsahu glukosinolátů v řepkovém oleji. Při hnojení 30 kg S/ha a 75 kg S/ha pozorovali Zhao et al. (1997); Fismes et al. (2000) skoro zdvojnásobení obsahu glukosinolátů na 17  $\mu\text{mol/g}$  semen, oproti sírou nehnojené variantě (9  $\mu\text{mol/g}$  semen). Obecně platnou normou v Evropské unii pro řepku je limit obsahu glukosinolátů 18  $\mu\text{mol/g}$  semen.

Z výše uvedených studií vyplývá, že vyrovnané hnojení sírou a dusíkem má pozitivní vliv na výnosové a kvalitativní parametry produkce řepky.

### Vliv stupňovaných dávek síry na výnos oleje

Produkce oleje z jednotky plochy je jedním z nejdůležitějších výnosových ukazatelů řepky ozimé. Podle Baranyk et al. (2007) produkce oleje úzce koreluje s hektarovým výnosem a olejnatostí semen. V našem polním experimentu bylo použito pět stupňovaných dávek síry (0, 15, 25, 50 a 75 kg S/ha). Žádný z porostů netrpěl viditelnými nedostatky síry i přes její nízký obsah v půdě (12,5 mg/kg). Ačkoliv v našem pokusu nebyl statisticky průkazný vliv dávky síry na výnos oleje z hektaru, tak nejvyšší množství oleje (2,45 t/ha) vyprodukovala varianta hnojená 25 kg S/ha. Další zvýšení dávky síry již nepřineslo nárůst výnosu oleje.

Naše výsledky jsou podobné jako závěr Varényiová et al. (2017), která pozorovala nejvyšší výnos oleje (1,81 t/ha) u varianty hnojené 15 kg S/ha, oproti nehnojené kontrole (1,1 t/ha). Obdobně Sardana & Sheoran (2011) zjistili, že aplikace 20 kg S/ha přinesla zvýšení výtěžnosti oleje o 5,2 % v porovnání s nehnojenou variantou.

Singh et al. (2013) též dochází k závěru, že aplikace síry výrazně zvýšila průměrný výnos oleje oproti nehnojené variantě. Nejvyšší zvýšení výnosu oleje (0,695 t/ha) vykazovala varianta hnojená 45 kg S/ha v porovnání s kontrolou. Množství 30 kg S/ha zvýšilo množství oleje o 0,12 t/ha oproti kontrolní variantě. Pozitivní vliv síry na výnos oleje zaznamenali i další autoři například Tandon (1991); Legha & Giri (1999); Singh et al. (2013); Krzepińko et al. (2017).

V rozporu s tímto tvrzením je studie Blake-Kalff et al. (1998), který nepozoroval po aplikaci síry zvýšení výnosu oleje, ani zvýšení výnosu semen. Důvodem variabilní reakce na hnojení sírou může pravděpodobně průběh počasí, který ovlivňuje reakce rostliny. Vždy bychom při hnojení měli brát v potaz odběrový normativ, zdravotní stav porostů, zásobenost živinami a v neposlední řadě charakter zvolené odrůdy.

## 6.3 Termín aplikace síry

V našich pokusech neměl termín aplikace síry statisticky významný vliv na olejnatost semen řepky ozimé ani na výnos semen či výnos oleje. Pro všechny pozorované parametry byl statisticky průkazný pouze vliv ročníku ( $p > 0,0001$ ).

Většina autorů, kteří se zabývali touto problematikou upřednostňovala hnojení sírou před setím do půdy například Zhao et al. (1993); Grant et al. (2003).

Barczak et al. (2019) se zabývala rozdílem mezi aplikací hnojiva do půdy před setím a aplikací na list. Ve studii byly použity stupňované dávky síry 0, 20 a 60 kg S/ha. Při foliárním hnojení byla síra aplikována po vzejití (BBCH 10-15) v dávce 20 kg S/ha. Při prodlužovacím růstu (BBCH 30-39) bylo aplikováno dalších 20 kg S/ha a posledních 20 kg S/ha bylo aplikováno na začátku kvetení (BBCH 60). Nejvyšší olejnatosti (44,4 %) dosáhla varianta hnojená 60 kg S/ha, u které byla síra aplikována před setím do půdy. Druhý největší obsah oleje vykazovala varianta hnojená 20 kg S/ha do půdy před setím. Nejmenší průměrnou olejnatost pozorovala u varianty, kde bylo foliárně aplikováno 60 kg S/ha. Stejně pořadí variant platilo pro výnos semene i výnos oleje z hektaru.

Navzdory tvrzení Rudko (2011), že olejnatost je geneticky podmíněným znakem, tak zlepšení výnosových parametrů v důsledku aplikace síry popisuje řada dalších autorů například Wielebski (2006); Malarz et al. (2011); Varényiová et al. (2017).

Je důležité zmínit, že žádný z autorů zatím neporovnával vliv stejné dávky síry v různých aplikačních termínech na výnosové parametry řepky ozimé. Termín T1 (přelom února a března) vykazoval v našich pokusech nejvyšší průměrný výnos semen (6,04 t/ha) a nejvyšší průměrný výnos oleje (2,45 t/ha), zatímco nejvyšší olejnatosti (45,11 %) dosáhla varianta hnojená v termínu T3 (začátek dubna). Je ovšem nutné podotknout, že rozdíly mezi variantami byly minimální a statisticky neprůkazné.

## 6.4 Druh hnojiva

### Vliv druhu hnojiva na olejnatost

V našich jednoletých pokusech neměl druh hnojiva statisticky významný vliv ( $p < 0,0796$ ) na olejnatost semen řepky ozimé, přesto jsme pozorovali určité rozdíly. Nejvyšší olejnatost (46,63 %) vykazovala varianta hnojená Kieseritem. Varianta hnojená hořkou solí (Kristou) měla olejnatost o 0,4 % nižší (46,23 %) a nejnižší obsah oleje (45,83 %) byl u varianty, kde bylo použito hnojivo DASA.

Zvýšení průměrné olejnatosti může být dáno vyšší dávkou hořčíku (30 kg Mg/ha) u hnojiv Kieserit (15 % Mg, 18 % S) a Krista (10 % Mg, 13 % S) než u hnojiva DASA (11 kg Mg/ha), kde byl hořčík dodán pouze při hnojení dusíkem v hnojivu LAD (2,4 % Mg). Naše výsledky jsou identické, jako výsledky Geng et al., (2021), který pozoroval nejvyšší olejnatost (44,9 %) při dávce 27 kg Mg/ha. Nejnižší olejnatost (43,5 %) zaznamenal u dávky hořčíku 9 kg Mg/ha, což je podobný trend jako u hnojiva DASA (11 kg Mg/ha). Vlivem hořčíku na olejnatost se zabýval i Xiao-Lei et al. (2023), který nejvyšší olejnatost v průběhu dvou let zaznamenal u dávky 30 kg Mg/ha, zatímco nejmenší u dávky 0 Mg/ha.

### Vliv druhu hnojiva na výnos semen

V našich jednoletých pokusech jsme prokázali statisticky významný vliv použitého hnojiva na výnos semen. Nejvyšší výnos byl zaznamenán u hnojiva DASA (7,08 t/ha), zatímco nejmenší u hnojiva Kieserit (5,99 t/ha). Na druhou stranu je zajímavé, že mezi variantou DASA a Krista, které se také lišily v dávce hořčíku, neexistoval statisticky významný rozdíl. Vzhledem k tomu, že naše výsledky jsou pouze jednoleté (2022/2023), tak za účelem získání relevantnějších výsledků by bylo vhodné pokus opakovat i v dalších letech.

### Vliv druhu hnojiva na výnos oleje

Podobný trend, jako u výnosu semen vykazoval i výnos oleje. Statistické rozdíly byly zjištěny mezi variantami DASA a Kieserit, a také mezi variantami Krista a Kieserit, i když s nižší významností. Rozdíl mezi nejvyšším průměrným výnosem oleje (2,92 t/ha) u varianty DASA a nejnižším (2,52 t/ha) u varianty Kieserit byl 0,40 t/ha. Vzájemná odchylka výnosu oleje mezi hnojivy DASA a Krista byla minimální (pouze 72 kg ve prospěch DASY).

Výsledky našeho pokusu jsou v rozporu s pozorováním Zhinifeg et al. (2021), který nejvyššího výnosu oleje dosáhl při aplikaci 45 kg Mg/ha (Kieseritu). Tato pozitivní výnosová odezva ovšem může být způsobena dlouhodobým deficitem hořčíku v půdě, jelikož Zhingieg et al. (2021) uvádějí, že půdy na jejich pokusných plochách obsahovaly pouze kolem 25-40 mg Mg/kg, což je velmi nízká zásobenost.

Obdobný pozitivní vliv aplikace hořčíku zjistil i Zufeng et al. (2022), který aplikoval 0,5% roztok síranu hořečnatého v době květu. Pozoroval nárůst výnosu oleje o 8,5 % v porovnání s neošetřenou variantou.

Naproti tomu Rudko (2011) uvádí, že obsah oleje v řepce je podmíněn pouze geneticky, popřípadě vlivem ročníku.

Většina citovaných autorů se zatím zabývala vlivem jednotlivých živin, vzhledem k výnosu oleje a dalším parametrům. Z tohoto důvodu je důležité zaměřit se na komplexní zkoumání vztahů mezi jednotlivými živinami, hnojivy a jejich aplikacemi.

## 6.5 Dávka hořčíku

### Vliv dávky hořčíku na olejnatost

Ačkoliv nebyl prokázán statisticky významný vliv rozdílných dávek hořčíku na olejnatost, tak jsme pozorovali, že průměr olejnatostí všech variant hnojených Kieseritem (vyšší dávky Mg) dosáhl 46,29 %, zatímco průměr olejnatostí variant, které byly hnojené hnojivem DASA (nižší dávky Mg) byl pouze 45,72 %. Nejvyšší olejnatost (46,63 %) vykazovala varianta hnojená Kieseritem (180 kg N/ha+ 25 kg S/ha+ 32 kg Mg/ha).

Zvýšení olejnatosti při dávce hořčíku 32 kg/ha odpovídá výsledkům Geng et al. (2021), který nejvyšší olejnatost pozoroval při dávce 27 kg Mg/ha. Naproti tomu Szcepaniak et al. (2017) dochází k závěru, že hořčík v dávce 16,3 kg/ha ( $MgSO_4$ ) pozitivně ovlivnil obsah oleje v semenech řepky, oproti nehnojené kontrole. Dále konstatuje, že pozitivní vliv síranu hořečnatého se projevil v podmínkách mírného vodního stresu. V srážkově normálních letech byl jeho vliv na výslednou olejnatost zanedbatelný v porovnání s nehnojenou kontrolou. V naší práci jsme vliv hořčíku zkoumali pouze jeden rok a z tohoto důvodu by bylo vhodné pokus opakovat pro větší relevantnost dat.

### Vliv dávky hořčíku na výnos semen

V našem pokusu jsme zjistili staticky průkazný vliv hořčíku na výnos semen řepky ozimé ( $p > 0,0131$ ). Je zajímavým zjištěním, že výsledky byly zcela opačné, oproti olejnatosti.

Nejvyššího průměrného výnosu (7,08 t/ha) dosáhla varianta hnojená DAsou (25 kg S/ha+11 kg Mg/ha), zatímco nejnižší výnos semen (5,99 t/ha) vykazovala varianta, kde byl aplikován Kieserit (25 kg S/ha+32 kg Mg/ha). Průměrný výnos všech variant hnojených DAsou byl 6,91 t/ha, zatímco u Kieseritu (vyšší dávky Mg) pouze 6,52 t/ha.

Toto zjištění je v souladu s Mirzashahi & Pisdarfaradaneh (2010), kteří největší výnos pozorovali při dávce 180 kg N/ha+100 kg S/ha ve formě síranu amonného. Jako neoptimálnější dávku síry však uvádějí 180 kg N/ha+25 kg S/ha, jelikož tato varianta hnojení



je vzhledem k ekonomickým a agroenvironmentálním podmínkám mnohem vhodnější. Ke stejné dávce se například příklání Fismes et al. (2000); Jackson (2000); Wielebski (2006).

Vzhledem k faktu, že souhrnné porovnání jednotlivých variant proběhlo pouze ve vegetačním období 2022/2023 bylo by pro budoucí relevantnost studie vhodné pokus opakovat z důvodu získání víceletých výsledků.

#### Vliv dávky hořčíku na výnos oleje

Vyhodnocením jednoletých výsledků jsme prokázali statisticky průkazný rozdíl ve výnosu oleje mezi vyšší a nižší dávkou hořčíku. Výnos oleje vykazoval obdobný výsledek jako výnos semen. Průměrný výnos oleje u všech variant hnojených DASou (nižší dávky Mg) byl 2,84 t/ha, zatímco u Kieseritu (vyšší dávky Mg) pouze 2,71 t/ha. Statisticky průkazně vyššího výnosu oleje (2,92 t/ha) dosáhla varianta hnojená DASou (25 kg S/ha+11 kg Mg/ha) zatímco varianta, která byla hnojena Kieseritem (25 kg S/ha+32 kg Mg/ha) měla nejnižší výnos oleje (2,52 t/ha).

Na základě našich výsledků můžeme pozorovat, že výnos oleje je primárně dán výnosem semene, ale velkou roli hraje i olejnatost. (Graf 27). Toto zjištění potvrzuje řada autorů, například Chen et al. (2010); Rad et al. (2014); Kirkegaard et al. (2018) či Rabiee et al. (2012). Rabiee et al. (2012) uvádí, že za kolísání výnosu oleje je z 99 % zodpovědný výnos semen a jejich průměrná olejnatost.

## 7 Závěr

Na základě tříletých polních pokusů byl hodnocen vliv stupňovaných dávek dusíku, síry a hořčíku na olejnatost řepky ozimé, ale i na výnos semene a výnos oleje. V práci jsme se zabývali následujícími hypotézami:

- Snížení dávky dusíku má pozitivní vliv na olejnatost sklizených semen řepky ozimé.
- Síra dodaná v minerálních hnojivech má pozitivní vliv na olejnatost semen řepky ozimé.
- Termín hnojení sírou ovlivňuje olejnatost semen řepky ozimé.
- Druh hnojiva se sírou má vliv na olejnatost semen řepky ozimé.
- Použití minerálního hnojiva s hořčíkem má pozitivní vliv na olejnatost semen řepky ozimé.

- **Vliv dávky dusíku:** Naše tříleté výsledky ukazují potvrzení hypotézy, snížení dávek dusíku má pozitivní vliv na olejnatost semen. Podle očekávání vedlo snížení dávek dusíku k předpokládanému zvýšení obsahu oleje. Zajímavé je, že dávka dusíku neměla statisticky významný vliv na výnos semen nebo oleje.
- **Při stupňovaném hnojení sírou** v rozmezí 0 až 75 kg S/ha se nepodařilo statisticky prokázat pozitivní vliv na olejnatost semen řepky ozimé. Nejvyššího průměrného obsahu oleje 45,02 % však dosáhla varianta hnojená 25 kg S/ha, která též vykazovala nejvyšší výnos semen a výnos oleje, ačkoli též statisticky neprůkazná. Tyto výsledky naznačují, že hnojení sírou v dávce kolem 25 kg S/ha může přispět k zvýšení obsahu oleje v semenech ozimé řepky. Při vyšších dávkách síry již nedochází k dalšímu zvýšení ani olejnatosti ani výnosu semen.
- **Termín aplikace síry** neměl významný vliv na olejnatost, výnos semen ani výnos oleje. Rozdíly v průměrné olejnatosti byly minimální, stejně jako ve výnosu semen a oleje.
- **Druh hnojiva** s rozdílným obsahem síry (DASA, Krista a Kieserit) neměl statisticky významný vliv na výslednou olejnatost semen. Při použití hnojiva Kieserit bylo dosaženo nejvyššího obsahu oleje (46,63 %) a varianta s hnojivem DASA vykazovala nejnižší obsah oleje (45,83 %). Naopak druh hnojiva měl statisticky významný vliv na výnos semen, přičemž nejvyšší výnos semen vykazovala varianta DASA (7,08) t/ha, zatímco varianta s Kieseritem nejnižší (5,99 t/ha). Podobně měl druh hnojiva statisticky významný vliv na výnos oleje. Rozdíly mezi DASou a Kristou byly zanedbatelné (2,92 vs. 2,85 t/ha), varianta s Kieseritem vykazovala nejnižší výnos oleje (2,52 t/ha). Tato zjištění podtrhují význam výběru hnojiva pro produkci řepky a oleje. Nicméně vzhledem k tomu, že tyto výsledky jsou pouze jednoleté, je třeba provést další studie, které by tyto poznatky ověřily.
- **Obsah hořčíku v hnojivu:** použití minerálního hnojiva s hořčíkem nemělo statisticky průkazný vliv na olejnatost semen řepky ozimé. I přes tuhle skutečnost jsme pozorovali mezi variantami s nižší a vyšší dávkou Mg zajímavé rozdíly. Naše výsledky naznačují zvýšení obsahu oleje může být pozitivně ovlivněno hořčíkem. Nejvyšší olejnatost byla dosažena při dávce 32 kg Mg/ha. Pozoruhodné je, že hořčík vykazoval negativní vliv na výnos semen. Varianty hnojené DASA + LAD měly vyšší průměrný výnos oleje a semen

než varianty s vyššími dávkami Mg hnojené hnojivy Kieserit + LAD. To naznačuje, že zatímco hořčík může přispívat k zvýšení olejnatosti semen, tak na druhou stranu může mít negativní vliv na výnos semen a tím i výnos oleje.

Závěry vyplývající z přehledu literatury a výsledků polních pokusů mohou posloužit jako zdroj informací pro zemědělskou veřejnost. Z výsledků našich tříletých pokusů vyplývá, že správná výživa dusíkem, sírou a hořčíkem může do určité míry ovlivnit obsah oleje v semenech řepky i její produkci. Jako nejadekvátnější dávku dusíku vzhledem k olejnatosti, výnosu semen a oleje bychom doporučovali množství 140 kg N/ha, přičemž bychom měli zohlednit zásobenost živin v půdě či obsah v rostlině.

Nedostatečné hnojení sírou se může v některých letech negativně projevit na obsahu oleje v semenech řepky ozimé. Obzvláště v suchém a teplém jarním období bychom neměli podceňovat potřebu hnojení sírou a dodržovat vzájemný poměr 7 N:1 S.

Pro zemědělskou praxi jsou též důležité informace o obsahu síry v půdě, jelikož její deficit v kombinaci s nedostatečnou výživou může způsobovat výnosovou depresi. Na základě našich výsledků na půdách s nízkou zásobeností půdy tímto prvkem, bychom doporučili hnojit sírou v dávce 25 kg S/ha, neboť při této dávce byla dosažena nejvyšší olejnatost, ale i nejvyšší výnos semen a tím i výnos oleje ze všech porovnávaných dávek síry. Také bychom neměli opomíjet hnojení hořčíkem, jelikož má významnou úlohu ve fyziologických a biochemických procesech – například syntéze chlorofylu, transportu asimilátů či na syntéze bílkovin. Naše jednoleté výsledky naznačují pozitivní vliv hořčíku na olejnatost, ale opačný efekt na výnos.

Právě vyrovnaná výživa a racionální užívání minerálních hnojiv může přispět ke zkvalitnění a trvalé udržitelnosti produkce řepky ozimé.

## 8 Literatura

- Aghajanzadeh T, Hawkesford MJ, De Kok LJ. 2014. The significance of glucosinolates for sulfur storage in *Brassicaceae* seedlings. *Frontiers in Plant Science* **5**.
- Ahmad G, Jan A, Arif M, Khattak RA. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B* **8**:731–737.
- Aminpanah H. 2013. Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Biotehniška fakulteta*.
- Apse MP, Aharon GS, Snedden WA, Blumwald E. 1999. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiport in Arabidopsis. *Science* **285**:1256–1258. American Association for the Advancement of Science.
- Assefa Y, Prasad PVV, Foster C, Wright Y, Young S, Bradley P, Stamm M, Ciampitti IA. 2018. Major Management Factors Determining Spring and Winter Canola Yield in North America. *Crop Science* **58**:1–16.
- Bakhshandeh, Fathi, Gharineh MH, Alami-Said, Nader MEG. 2006. Short and Long Periods of Water Stress During Different Growth Stages Of Canola (*Brassica napus* L.): Effect on Yield, Yield Components, Seed Oil and Protein Contents. *Journal of Agronomy* **5**:336–341.
- Baltazar M, Correia S, Guinan KJ, Sujeeth N, Bragança R, Gonçalves B. 2021. Recent Advances in the Molecular Effects of Biostimulants in Plants: An Overview. *Biomolecules* **11**:1096.
- Baranyk, Fábry, Balík, Soukup. 2007. Řepka. Profi Press, Praha.
- Barczak B, Skinder Z, Piotrowski R. 2019. Content and yield of oil in spring rape seeds in conditions of nitrogen and sulphur fertilization. *Journal of Central European Agriculture* **20**:222–237.
- Barker AV, Pilbeam DJ. 2015. Handbook of plant nutrition. CRC press.
- Barlog P, Grzebisz W. 2004. Effect of Timing and Nitrogen Fertilizer Application on Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). I. Growth Dynamics and Seed Yield. *Journal of Agronomy and Crop Science* **190**:305–313.
- Beare-Rogers JL, Nera EA, Heggveit HA. 1974. Myocardial alteration in rats fed rapeseed oils containing high or low levels of erucic acid. *Annals of Nutrition and Metabolism* **17**:213–222. Karger Publishers.
- Beattie GA. 2011. Water relations in the interaction of foliar bacterial pathogens with plants. *Annual review of phytopathology* **49**:533–555. Annual Reviews.
- Bečka D. 2008. Zásady při výběru odrůd řepky ozimé. Available from <https://zemedelec.cz/zasady-pri-vyberu-odrud-repky-ozime/>.
- Bečka D, Bečková L, Tomášek J, Cihlář P. 2022b. Výběr odrůd ozimé řepky pro zásev 2022. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-odrud-ozime-repky-pro-zasev-2022>.
- Bhatty RS. 1964. Influence of nitrogen fertilization on the yield, protein, and oil content of two varieties of rape. *Canadian Journal of Plant Science* **44**.

- Bierenbaum ML, Chen Y, Lei H, Watkins T. 1992. Relationship between dietary fatty acid, selenium, and degenerative cardiomyopathy. *Medical Hypotheses* **39**:58–62.
- Bilsborrow PE, Evans EJ, Zhao FJ. 1993b. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate content of autumn-sown oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science* **120**:219–224.
- Blake-Kalff MMA, Harrison KR, Hawkesford MJ, Zhao FJ, McGrath SP. 1998. Distribution of Sulfur within Oilseed Rape Leaves in Response to Sulfur Deficiency during Vegetative Growth. *Plant Physiology* **118**:1337–1344.
- Boelcke B, Léon J, Schulz RR, Schröder G, Diepenbrock W. 1991. Yield Stability of Winter Oil-Seed Rape (*Brassica napus* L.) as Affected by Stand Establishment and Nitrogen Fertilization. *Journal of Agronomy and Crop Science* **167**:241–248.
- Boem FHG, Scheiner JD, Lavado RS. 1994. Some Effects of Soil Salinity on Growth, Development and Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* **172**:182–187.
- Broadley MR. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier/Academic Press.
- Bybordi A. 2011. Zinc, Nitrogen and salinity interaction on agronomic traits and some qualitative characteristic of canola. *African Journal of Biotechnology* **10**.
- Bybordi A, Tabatabaei SJ, Ahmedov A. 2010. Effects of salinity on fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment* **8**:113–115.
- Cakmak I, Hengeler C, Marschner H. 1994. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. *Journal of Experimental Botany* **45**:1251–1257.
- Cakmak I, Kirkby EA. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum* **133**:692–704.
- Canvin DT. 1965. The Effect of Temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. *Canadian Journal of Botany* **43**:63–69.
- Cao Y, Oo K-C, Huang AHC. 1990. Lysophosphatidate Acyltransferase in the Microsomes from Maturing Seeds of Meadowfoam (*Limnanthes alba*). *Plant Physiology* **94**:1199–1206.
- Chakraborty AK, Das DK. 2000. Interaction between boron and sulphur on different quality parameters of rape (*Brassica campestris* L.). *Research on Crops* **1**:326–329. Gaurav Society of Agricultural Research Information Centre.
- Chalhoub B et al. 2014. Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science* **345**:950–953.
- Chalmers AG, Darby RJ. 1992. Nitrogen application to oilseed rape and implications for potential leaching loss. *Aspects of applied biology*.
- Champolivier L, Merrien A. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. *European Journal of Agronomy* **5**:153–160. Elsevier.

- Cheema MA, Malik MA, Hussain A, Shah SH, Basra SMA. 2001b. Effects of Time and Rate of Nitrogen and Phosphorus Application on the Growth and the Seed and Oil Yields of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* **186**:103–110. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1439-037X.2001.00463.x>.
- Chen G, Geng J, Rahman M, Liu X, Tu J, Fu T, Li G, McVetty PBE, Tahir M. 2010a. Identification of QTL for oil content, seed yield, and flowering time in oilseed rape (*Brassica napus*). *Euphytica* **175**:161–174. Springer.
- Chew SC. 2020. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Research International* **131**:108997.
- Clarivate. 2024. Web of Science. Available from <https://www-webofscience-com.infozdroje.czu.cz/wos/woscc/summary/f6f66b4e-674f-4919-b2c0-205f28a8a96c-cfac29a9/relevance/1>.
- Clarke MW, Burnett JR, Croft KD. 2008. Vitamin E in Human Health and Disease. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* **45**:417–450.
- Congreves KA, Otchere O, Ferland D, Farzadfar S, Williams S, Arcand MM. 2021. Nitrogen Use Efficiency Definitions of Today and Tomorrow. *Frontiers in Plant Science* **12**.
- ČSÚ. 2023. Osevní plochy ozimých plodin pro sklizeň v roce 2023.
- Delourme R et al. 2006. Genetic control of oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics* **113**:1331–1345.
- Dreccer MF, Schapendonk AHCM, Slafer GA, Rabbinge R. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilisation efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. *Plant and Soil* **220**:189–205.
- Ecke W, Uzunova M, Weißleder K. 1995. Mapping the genome of rapeseed (*Brassica napus* L.). II. Localization of genes controlling erucic acid synthesis and seed oil content. *Theoretical and Applied Genetics* **91–91**:972–977.
- Ekman Å, Hayden DM, Dehesh K, Bülow L, Stymne S. 2008. Carbon partitioning between oil and carbohydrates in developing oat (*Avena sativa* L.) seeds. *Journal of Experimental Botany* **59**:4247–4257.
- Engström L, Stenberg M, Aronsson H, Lindén B. 2011. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. *Agronomy for Sustainable Development* **31**:337–347.
- Faostat. 2023. Production/Yield quantities of Rape or colza seed in World + (Total).
- Fazili IS, Masoodi M, Ahmad S, Jamal A, Khan JS, Abdin MZ. 2010. Oil biosynthesis and its related variables in developing seeds of mustard (*Brassica juncea* L.) as influenced by sulphur fertilization. *Journal of Crop Science and Biotechnology* **13**:39–46.
- Feinberg A, Stenke A, Peter T, Hinckley E-LS, Driscoll CT, Winkel LHE. 2021. Reductions in the deposition of sulfur and selenium to agricultural soils pose risk of future nutrient deficiencies. *Communications Earth & Environment* **2**:101.

- Fismes J, Vong PC, Guckert A, Frossard E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus L.*) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy* **12**:127–141.
- Frentzen M. 1998. Acyltransferases from basic science to modified seed oils. *Lipid – Fett* **100**:161–166.
- Friedt W, Lühs W. 1998. Recent developments and perspectives of industrial rapeseed breeding. *Lipid - Fett* **100**:219–226.
- Friedt W, Tu J, Fu T. 2018. Academic and Economic Importance of *Brassica napus* Rapeseed. Pages 1–20.
- Gammelvind LH, Schjoerring JK, Mogensen VO, Jensen CR, Bock JGH. 1996. Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*). *Plant and Soil* **186**:227–236.
- Ganesan K, Sukalingam K, Xu B. 2018. Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases- A critical review. *Trends in Food Science & Technology* **71**:132–154.
- Gang C, Fuzhao N, Yunhua W, Fangsen X. 2004. Effect of B, Mo on fatty acid component of *Brassica napus*. *Zhongguo you Liao zuo wu xue bao= Chinese Journal of oil Crop Sciences* **26**:69–71.
- Geng G, Cakmak I, Ren T, Lu Z, Lu J. 2021a. Effect of magnesium fertilization on seed yield, seed quality, carbon assimilation and nutrient uptake of rapeseed plants. *Field Crops Research* **264**:108082.
- Ghassemi F, Jakeman AJ, Nix HA. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. CAB international.
- Goldberg. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant Soil*:35–38.
- Gransee A, Führs H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil* **368**:5–21.
- Grant CA, Bailey LD. 1993. Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science* **73**:651–670.
- Grant CA, Clayton GW, Johnston AM. 2003. Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. *Canadian Journal of Plant Science* **83**.
- Grzebisz W. 2013. Crop response to magnesium fertilization as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil* **368**:23–39.
- Gu H, Li J, Lu Z, Li X, Cong R, Ren T, Lu J. 2024. Effects of combined application of nitrogen and potassium on oil concentration and fatty acid component of oilseed rape (*Brassica napus L.*). *Field Crops Research* **306**:109229.
- Gu J, Hou D, Li Y, Chao H, Zhang K, Wang H, Xiang J, Raboanatahiry N, Wang B, Li M. 2019. Integration of proteomic and genomic approaches to dissect seed germination vigor in *Brassica napus* seeds differing in oil content. *BMC Plant Biology* **19**:21.
- Gugała M, Sikorska A, Zarzecka K, Kapela K, Mystkowska I. 2019. The effect of biostimulators on the content of crude oil and total protein in winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) seeds. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science* **69**.

- Gupta R, McRoberts R, Yu Z, Smith C, Sloan W, You S. 2022. Life cycle assessment of biodiesel production from rapeseed oil: Influence of process parameters and scale. *Bioresource Technology* **360**:127532.
- Gusta LV., Johnson EN, Nesbitt NT, Kirkland KJ. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Canadian Journal of Plant Science* **84**:463–471.
- Haneklaus S, Paulsen H, Gupta A, Bloem E, Schnug E. 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard.
- Harwood J, Moore Jr TS. 1989. Lipid metabolism in plants. *Critical reviews in plant sciences* **8**:1–43. Taylor & Francis.
- Hasan M, Seyis F, Badani AG, Pons-Kühnemann J, Friedt W, Lühs W, Snowdon RJ. 2006. Analysis of Genetic Diversity in the *Brassica napus* L. Gene Pool Using SSR Markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* **53**:793–802.
- Hatzig S, Breuer F, Nesi N, Ducournau S, Wagner M-H, Leckband G, Abbadi A, Snowdon RJ. 2018. Hidden Effects of Seed Quality Breeding on Germination in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Frontiers in Plant Science* **9**.
- Hawkesford MJ, De Kok LJ. 2006. Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell and Environment* **29**:382–395.
- He T, Cramer GR. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling Brassica species in response to seawater salinity. *Plant and Soil* **139**:285–294. Springer.
- Heslop-Harrison P. 2013. Genetics, genomics and breeding of oilseed brassicas. *Annals of Botany* **112**:321-338.
- Hinckley E-LS, Crawford JT, Fakhraei H, Driscoll CT. 2020. A shift in sulfur-cycle manipulation from atmospheric emissions to agricultural additions. *Nature Geoscience* **13**:597–604.
- Hsiao TC. 1973. Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology* **24**:519–570. Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA.
- Ibrahim AF, Abusteit EO, El-Metwally E. 1989. Response of rapeseed (*Brassica napus* L.) growth, yield, oil content and its fatty acids to nitrogen rates and application times. *Journal of Agronomy and Crop Science* **162**:107–112. Wiley Online Library.
- Ishfaq M, Wang Y, Yan M, Wang Z, Wu L, Li C, Li X. 2022. Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. *Frontiers in Plant Science* **13**.
- Jackson GD. 2000. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake. *Agronomy Journal* **92**:644–649.
- Jahreis G, Schäfer U. 2011. Rapeseed (*Brassica napus*) Oil and its Benefits for Human Health. Pages 967–974 *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Elsevier.
- Janzen HH, Bettany JR. 1984. Sulfur Nutrition of Rapeseed: I. Influence of Fertilizer Nitrogen and Sulfur Rates. *Soil Science Society of America Journal* **48**:100–107.
- Karamanos RE, Harapiak J, Flore NA. 2002. Fall and early spring seeding of canola (*Brassica napus* L.) using different methods of seeding and phosphorus placement. *Canadian Journal of Plant Science* **82**:21–26.



- Karthikeyan K, Shukla LM. 2008. Effect of boron–sulphur interaction on their uptake and quality parameters of mustard (*Brassica juncea* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of the Indian Society of Soil Science* **56**:225–230. Indian Society of Soil Science.
- Kimber DS, McGregor DI. 1995. The species and their origin, cultivation and world production. *Brassica oilseeds: Production and utilization*:1–9. CABI publishing Wallingford, UK19.
- Kinsey N, Walters C. 2006. Neal Kinsey’s Hands-on Agronomy: Understanding Soil Fertility & Fertilizer Use. Acres U.S.A.
- Kirkegaard JA, Lilley JM, Brill RD, Ware AH, Walela CK. 2018a. The critical period for yield and quality determination in canola (*Brassica napus* L.). *Field crops research* **222**:180–188. Elsevier.
- Kondra ZP, Stefansson BR. 1965. Inheritance of erucic and eicosenoic acid content of rapeseed oil (*Brassica napus*). *Canadian Journal of Genetics and Cytology* **7**:505–510. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Kováčik P, Wierzbowska J, Kováčik P, Šimanský V, Renčo M. 2016. Impact of foliar application of the biostimulator Mg-Titanit on the formation of winter oilseed rape phytomass and its titanium content. *Journal of Elementology* DOI: 10.5601/jelem.2016.21.2.1155.
- Kramer PJ. 1963. Water Stress and Plant Growth 1. *Agronomy Journal* **55**:31–35. Wiley Online Library.
- Krzepińko A, Brodowska M, Skwaryło-Bednarz B, Skowrońska M, Brodowski R, Andrzejewski M. 2017. Effect of sulphur fertilization on the content of components influencing fodder quality in cocksfoot (*Dactylis Glomerata* L.). *Journal of Elementology* **22**:945–955.
- Kurowski TP, Majchrzak B, Jankowski K. 2012. Effect of sulfur fertilization on the sanitary state of plants of the family Brassicaceae. *Acta Agrobotanica* **63**:171–178.
- Legha PK, Giri G. 1999. Influence of nitrogen and sulphur on growth, yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus*) grown in spring season. *Indian Journal of Agronomy (India)*.
- Li H, Peng Z, Yang X, Wang W, Fu J, Wang J, Han Y, Chai Y, Guo T, Yang N. 2013. Genome-wide association study dissects the genetic architecture of oil biosynthesis in maize kernels. *Nature genetics* **45**:43–50. Nature Publishing Group US New York.
- Li Q, Shen W, Zheng Q, Fowler DB, Zou J. 2016. Adjustments of lipid pathways in plant adaptation to temperature stress. *Plant signaling & behavior* **11**:e1058461. Taylor & Francis.
- Li Y, Liu X, Zhuang W. 2000. Advances in magnesium nutritional physiology in plants. *Journal of Fujian Agricultural University* **29**:74–80.
- Li Y, Tan Z, Zeng C, Xiao M, Lin S, Yao W, Li Q, Guo L, Lu S. 2023. Regulation of seed oil accumulation by lncRNAs in *Brassica napus*. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts* **16**:22.
- Lickfett T, Matthäus B, Velasco L, Möllers C. 1999. Seed yield, oil and phytate concentration in the seeds of two oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply. *European Journal of Agronomy* **11**:293–299.

- Liu H, Lin B, Ren Y, Hao P, Huang L, Xue B, Jiang L, Zhu Y, Hua S. 2022. CRISPR/Cas9-mediated editing of double loci of BnFAD2 increased the seed oleic acid content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Frontiers in Plant Science* **13**.
- Lošák T., Richter R. 2003. The influence of nitrogen and sulphur on the yield and oils content of winter rape. *Fertilizers and Fertilization* **4**:160–168.
- Lu K et al. 2019. Whole-genome resequencing reveals *Brassica napus* origin and genetic loci involved in its improvement. *Nature Communications* **10**:1–12.
- Máková K, Prabhullachandran U, Štefková M, Spyroglou I, Pěňčík A, Endlová L, Novák O, Robert HS. 2022. Long-Term High-Temperature Stress Impacts on Embryo and Seed Development in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science* **13**.
- Mailer RJ, Cornish PS. 1987. Effects of water stress on glucosinolate and oil concentrations in the seeds of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* [Lam.] Briggs). *Australian Journal of Experimental Agriculture* **27**:707–711.
- Malarz, Kozak, Kotecki. 2011. The effect of spring fertilization with different sulphur fertilizers on the growth and morphological features of winter oilseed rape ES Saphir cultivar. *Rolnictwo* **32**:107–116.
- Malewar GU, Kate SD, Waikar SL, Ismail S. 2001. Interaction effects of zinc and boron on yield, nutrient uptake and quality of mustard (*Brassica juncea* L.) on a typic haplustert. *Journal of the Indian Society of Soil Science* **49**:763–765
- Malhi SS, Gan Y, Raney JP. 2007. Yield, Seed Quality, and Sulfur Uptake of Brassica Oilseed Crops in Response to Sulfur Fertilization. *Agronomy Journal* **99**:570–577.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants 2nd edn. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim: Germany.
- Matoh T. 1997. Boron in plant cell walls. *Plant and Soil* **193**:59–70.
- Matthaus B, Özcan MM, Al Juhaimi F. 2016. Some rape/canola seed oils: fatty acid composition and tocopherols. *Zeitschrift für Naturforschung C* **71**:73–77.
- Matysiak K, Kaczmarek S, Kierzek R. 2012b. Effect of algae *Ecklonia maxima* (Kelpak SL) on winter oilseed rape. *Rośliny Oleiste - Oilseed Crops* **33**:81–88.
- Mawson R, Heaney RK, Zdunczyk Z, Kozłowska H. 1994. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects Part 5. Animal reproduction. *Food / Nahrung* **38**:588–598.
- McGrath SP, Zhao FJ. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science* **126**:53–62.
- Mekhedov S, de Ilárduya OM, Ohlrogge J. 2000. Toward a functional catalog of the plant genome. A survey of genes for lipid biosynthesis. *Plant physiology* **122**:389–402. American Society of Plant Biologists.
- Michaela S, Suši A. 2018. Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd. Brno.
- Mirzashahi K, Pisdarfaradaneh M. 2010a. Effects Different Rates of Nitrogen and Sulphur Application on Canola Yield in North of Khuzestan. *Journal of Research in Agricultural Science* **6**:107–112.

- Mirzashahi K, Pisdarfaradaneh M. 2010b. Effects Different Rates of Nitrogen and Sulphur Application on Canola Yield in North of Khuzestan. *Journal of Research in Agricultural Science* **6**:107–112.
- Motlagh SM, Pirzad A, Delkhosh B. 2012. Effect of irrigation disruption and biological phosphorus on the biomass and oil content of canola (*Brassica napus L.*). *Intern. J. Agric. Crop Sci.* **4**:627–632.
- Nadian H, Najarzagdegan R, Saeid KA, Gharineh MH, Siadat A. 2010. Effects of boron and sulfur application on yield and yield components of *Brassica napus L.* in a calcareous soil. *World Applied Sciences Journal* **11**:89–95. Citeseer.
- Nath UK, Kim H-T, Khatun K, Park J-I, Kang K-K, Nou I-S. 2016. Modification of Fatty Acid Profiles of Rapeseed (*Brassica napus L.*) Oil for Using as Food, Industrial Feed-Stock and Biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology* **4**:123–134.
- Neidleman SL. 1987. Effects of temperature on lipid unsaturation. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews* **5**:245–268. Taylor & Francis.
- Nosheen A, Bano A, Ullah F. 2013. The Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Oil Yield and Biodiesel Production of Canola (*Brassica napus L.*). *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* **35**:1574–1581.
- Nunes-Nesi A, Fernie AR, Stitt M. 2010. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. *Molecular plant* **3**:973–996. Elsevier.
- Öztürk Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus L.*). *Chilean journal of agricultural research* **70**:132–141. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.
- Pelletier JM et al. 2017. LEC1 sequentially regulates the transcription of genes involved in diverse developmental processes during seed development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**.
- Petropoulos SA. 2020. Practical Applications of Plant Biostimulants in Greenhouse Vegetable Crop Production. *Agronomy* **10**:1569. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1569>.
- Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury PA, Nicolas M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **40**:679–685. CSIRO Publishing.
- Pużyńska K, Kulig B, Halecki W, Lepiarczyk A, Pużyński S. 2018. Response of oilseed rape leaves to sulfur and boron foliar application. *Acta Physiologiae Plantarum* **40**:169.
- Qian L, Qian W, Snowdon RJ. 2014. Sub-genomic selection patterns as a signature of breeding in the allopolyploid *Brassica napus* genome. *BMC Genomics* **15**:1170.
- Rabiee M, Rahimi M, Kord-Rostami M. 2012. Study of Correlation and Path Coefficient Analysis between Oil Yield and Agronomical Characters in fourteen Cultivars of Rapeseed (*Brassica napus L.*). *Journal of Agricultural Science and sustainable production* **21**:17–27. Available from [https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article\\_905.html](https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_905.html).

- Rad AHS, Abbasian A, Aminpanah H. 2014a. Seed and oil yields of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under irrigated and non-irrigated conditions. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences* **24**.
- Rathke GW, Christen O, Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research* **94**.
- Rathke GW, Schuster C. 2001. Yield and quality of winter oilseed rape related to nitrogen supply. Pages 798–799 *Plant Nutrition*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Raymer PL. 2002. Canola: An emerging oilseed crop. *Trends in New Crops and New Uses*.
- Rudko. 2011. Cultivation of winter rape. Rape, rules crops, healthy food. A guide for producers.
- Ruiz J, Blumwald E. 2002. Salinity-induced glutathione synthesis in *Brassica napus*. *Planta* **214**:965–969. Springer.
- Rygulla W, Snowdon RJ, Eynck C, Koopmann B, von Tiedemann A, Lühs W, Friedt W. 2007. Broadening the Genetic Basis of *Verticillium longisporum* Resistance in *Brassica napus* by Interspecific Hybridization. *Phytopathology*® **97**:1391–1396.
- Said-Al Ahl HAH, Mehanna HM, Ramadan MF. 2016. Impact of water regime and phosphorus fertilization and their interaction on the characteristics of rapeseed (*Brassica napus*) and fatty acid profile of extracted oil. *Communications in Biometry and Crop Science* **11**:64–76. Faculty of Agriculture and Biology, Warsaw Agricultural University.
- Salisbury P, Wratten N. 1999. *Brassica napus* breeding. *Canola in Australia: The First Thirty Years*:29–35.
- Sardana V, Sheoran P. 2011. Production potential of canola oilseed rape (*Brassica napus*) cultivars in response to nitrogen and sulphur nutrition. *Indian Journal of Agricultural Sciences* **81**:280–282.
- Sattar A, Cheema MA, Hassan M. 2011. Interactive effect of sulphur and nitrogen on growth, yield and quality of canola.
- Schierholt A, Becker HC. 2001. Environmental variability and heritability of high oleic acid content in winter oilseed rape. *Plant Breeding* **120**:63–66.
- Seciu A-M, Oancea A, Gaspar A, Moldovan L, Craciunescu O, Stefan L, Petrus V, Georgescu F. 2016a. Water Use Efficiency on Cabbage and Cauliflower Treated with a New Biostimulant Composition. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* **10**:475–484. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210784316302121>.
- Seyis F, Friedt W, Lühs W. 2006. Yield of *Brassica napus* L. hybrids developed using resynthesized rapeseed material sown at different locations. *Field Crops Research* **96**:176–180.
- Sharafi Y, Majidi MM, Goli SAH, Rashidi F. 2015. Oil Content and Fatty Acids Composition in Brassica Species. *International Journal of Food Properties* **18**:2145–2154.
- Shen E, Zhu X, Hua S, Chen H, Ye C, Zhou L, Liu Q, Zhu Q-H, Fan L, Chen X. 2018. Genome-wide identification of oil biosynthesis-related long non-coding RNAs in allopolyploid *Brassica napus*. *BMC Genomics* **19**:745.

- Si P, Mailer RJ, Galwey N, Turner DW. 2003. Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* **54**:397.
- Siebel J, Pauls KP. 1989. Inheritance patterns of erucic acid content in populations of *Brassica napus* microspore-derived spontaneous diploids. *Theoretical and applied genetics* **77**:489–494. Springer-Verlag.
- Sieling K, Kage H. 2006. N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape – winter wheat – winter barley rotation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **115**:261–269.
- Sienkiewicz-Cholewa U, Kieloch R. 2016. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield&nbsp;and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment* **61**:164–170.
- Singh J, Kumar A, Yadav YP. 2013. Response of brassicas to sulphur for yield. *The Indian Journal of Agricultural Sciences* **69**.
- Smirnof N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* **125**:27–58.
- Sokólski M, Jankowski KJ, Załuski D, Szatkowski A. 2020a. Productivity, energy and economic balance in the production of different cultivars of winter oilseed rape. A case study in north-eastern Poland. *Agronomy* **10**:1–21.
- Song K, Osborn TC. 1992. Polyphyletic origins of *Brassica napus* : new evidence based on organelle and nuclear RFLP analyses. *Genome* **35**:992–1001.
- Sorin C, Lepout L, Cambert M, Bouchereau A, Mariette F, Musse M. 2016. Nitrogen deficiency impacts on leaf cell and tissue structure with consequences for senescence associated processes in *Brassica napus*. *Botanical Studies* **57**:11.
- Sottosanto JB, Saranga Y, Blumwald E. 2007. Impact of AtNHX1, a vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter, upon gene expression during short- and long-term salt stress in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Plant Biology* **7**:18.
- Stahl A, Pfeifer M, Frisch M, Wittkop B, Snowdon RJ. 2017. Recent genetic gains in nitrogen use efficiency in oilseed rape. *Frontiers in Plant Science* **8**.
- Stefansson BR, Hougen FW. 1964. Selection of rape plants (*Brassica napus*) with seed oil practically free from erucic acid. *Canadian Journal of Plant Science* **44**:359–364.
- Stefansson BR, Kondra ZP. 1975. Tower summer rape. *Canadian Journal of Plant Science* **55**:343–344.
- Subhani A, Shabbir G, Fazil M, Mahmood A, Khalid R. 2003. Role of sulphur in enhancing the oil contents and yield of rapeseed under medium rainfed conditions. *Pakistan Journal of Soil Science (Pakistan)*.
- Svečnjak Z, Rengel Z. 2006. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. *Field Crops Research* **97**:221–226.
- Szcepaniak W, Grzebisz W, Barloog P, Pryzogatowska K. 2017. Mineral composition of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds as a tool for oil yield prognosis. *Journal of Central European Agriculture* **18**:196–213.

- Talha M, Osman F. 1975. Effect of soil water stress on water economy and oil composition in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *The Journal of Agricultural Science* **84**:49–56. Cambridge University Press.
- Tandon HLS. 1991. Sulphur research and agricultural production in India. Sulphur research and agricultural production in India. The Sulphur Institute.
- Tang M, Guschina IA, O'Hara P, Slabas AR, Quant PA, Fawcett T, Harwood JL. 2012. Metabolic control analysis of developing oilseed rape (*Brassica napus* cv Westar) embryos shows that lipid assembly exerts significant control over oil accumulation. *New Phytologist* **196**:414–426. Wiley Online Library.
- Taylor AJ, Smith CJ, Wilson IB. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus* L.). *Fertilizer Research* **29**.
- Thelen JJ, Ohlrogge JJ. 2002. Metabolic engineering of fatty acid biosynthesis in plants. *Metabolic Engineering* **4**.
- Tian C et al. 2020. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science* **71**:1010.
- Tripathi MK, Mishra AS. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* **132**:1–27.
- Rehman H, Iqbal Q, Farooq M, Wahid A, Afzal I, Basra SMA. 2013. Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola. Springer-Verlag.
- USDA. 2023. Rapeseed 2023 World Production. Washington D.C.
- Van Roon E. 1959. The application of divided nitrogen dressings to some seed crops. The application of divided nitrogen dressings to some seed crops.
- Vaněk, Balík, Soukup. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.
- Varényiová M, Ducsay L. 2016. Effect of increasing spring doses of nitrogen on yield and oil content in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta fytotechnica et zootechnica* **19**.
- Varényiová M, Ducsay L, Ryant P. 2017. Sulphur Nutrition and its Effect on Yield and Oil Content of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **65**:555–562.
- Varényiová M, Hlinku A. 2014. Effect of increasing doses of boron on oil production of oilseed rape (*Brassica napus* L. ).
- Varga L, Ložek O, Ducsay L, Kováčik P, Lošák T, Hlušek J. 2010. Effect of topdressing with nitrogen and boron on the yield and quality of rapeseed. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **58**:391–398. Mendel University of Agriculture and Forestry Brno.
- Vaseghi S, Valinejad M, Afzali M. 2013. Yield, Seed Quality, and Sulfur Uptake of Brassica Oilseed Crops in Response to Sulfur Fertilization. *World of Sciences Journal* **7**:163–172.
- Vassilina T, Umbetov A, Cihacek LJ, Vassilina G. 2012. Some Aspects of Mineral and Organic Nutrition for Improved Yield and Oil Contents of Mustard (*Brassica Juncea*). *Eurasian Chemico-Technological Journal* **14**:263.

- Wahid MA, Cheema MA, Saleem MF, Nadeem M, Sattar A, Zaman M. 2014. Canola growth and phosphorus amendments. I. yield and quality response of canola to different phosphorus amendments. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* **51**.
- Walker KC, Booth EJ. 2003. Sulphur Nutrition and Oilseed Quality. Pages 323–339 *Sulphur in Plants*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Walton GH, Trent T.R. 1997. The effect of crop rotation and location on canola yield and oil. *Eleventh Australian Research Assembly on Brassicas*:165–169.
- Wang H. 2005. The potential, problems and strategy for the development of biodiesel using oilseed rape. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences* **27**:74. WUHAN HUBEI.
- Wang X, Liu G, Yang Q, Hua W, Liu J, Wang H. 2010a. Genetic analysis on oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Euphytica* **173**:17–24. Available from <https://link.springer.com/10.1007/s10681-009-0062-x>.
- Waraich EA, Hussain A, Ahmad Z, Ahmad M, Barutçular C. 2022. Foliar application of sulfur improved growth, yield and physiological attributes of canola (*Brassica napus* L.) under heat stress conditions. *Journal of Plant Nutrition* **45**:369–379.
- Warwick SI, Hall JC. 2009. Phylogeny of Brassica and wild relatives. *Biology and breeding of crucifers* **19**:36. CRC Press Boca Raton.
- Wielebski F. 2006. Nawozenie roznych typow odmian rzepaku ozimego siarka w zroznicowanych warunkach glebowych II. Wplyw na jakosc i sklad chemiczny nasion. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops* **27**:283–297. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin.
- Wright GC, Smith CJ, Woodrooffe MR. 1988. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus*) production in South-Eastern Australia. *Irrigation Science* **9**:1–13.
- Xiao-Lei, Guo-Bin, Tao. 2023a. Effects of magnesium application rate on yield and quality in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Agronomica Sinica* **49**:3063–3073. Available from <https://zwx.chinacrops.org/EN/abstract/abstract17781.shtml>.
- Xu G, Fan X, Miller AJ. 2012. Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. *Annual Review of Plant Biology* **63**:153–182.
- Yang M, Shi L, Xu FS, Wang YH. 2009. Effect of boron on dynamic change of seed yield and quality formation in developing seed of *Brassica napus*. *Journal of plant nutrition* **32**:785–797. Taylor & Francis.
- Yu S, Du S, Yuan J, Hu Y. 2016. Fatty acid profile in the seeds and seed tissues of *Paeonia* L. species as new oil plant resources. *Scientific Reports* **6**:26944. Nature Publishing Group UK London.
- Zhang H-X, Hodson JN, Williams JP, Blumwald E. 2001. Engineering salt-tolerant Brassica plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **98**:12832–12836.
- Zhao F, Bilsborrow PE, Evans EJ, Syers JK. 1993a. Sulphur turnover in the developing pods of single and double low varieties of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **62**:111–119.

- Zhao F, Evans EJ, Bilsborrow PE, Syers JK. 1993b. Influence of sulphur and nitrogen on seed yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **63**:29–37.
- Zhao F, Withers PJA, Evans EJ, Monaghan J, Salmon SE, Shewry PR, McGrath SP. 1997. Sulphur nutrition: an important factor for the quality of wheat and rapeseed. *Soil Science and Plant Nutrition* **43**:1137–1142. Taylor & Francis.
- Zhinifeg Lu, Tao R, Jianwei L. 2021a. Soil available magnesium status and effects of magnesium application on rapeseed yield in main producing area of China. *Jorunal of Huazhong Agricultural University* **40**:17–23. Available from [http://hnxbl.cnjournals.net/hznydxzren/article/abstract/20210203?st=article\\_issue](http://hnxbl.cnjournals.net/hznydxzren/article/abstract/20210203?st=article_issue).
- Zhu J, Dai W, Chen B, Cai G, Wu X, Yan G. 2023. Research Progress on the Effect of Nitrogen on Rapeseed between Seed Yield and Oil Content and Its Regulation Mechanism. *International Journal of Molecular Sciences* **24**:14504.
- Zhu Y et al. 2012. Analysis of gene expression profiles of two near-isogenic lines differing at a QTL region affecting oil content at high temperatures during seed maturation in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics* **124**:515–531.
- Zou J et al. 2018. Genetic changes in a novel breeding population of *Brassica napus* synthesized from hundreds of crosses between *B. rapa* and *B. carinata*. *Plant Biotechnology Journal* **16**:507–519.
- Zufeng L, Yanfeng W, Xing L, Mingxing L. 2022, April. Innovation and application of key technologies for simple and efficient management of rapeseed nutrients. *National Science and Technology Achievements*:10–15. Huazhong.
- Zuo QS, Zhou GS, Yang SF, Yang Y, Wu LR, Leng SH, Yang G, Wu JS. 2016. Effects of nitrogen rate and genotype on seed protein and amino acid content in canola. *Journal of Agricultural Science* **154**.



## 9 Seznam použitých zkratk a symbolů

- 0- odrůdy řepky s nízkým obsahem kyseliny erukové
- 00- odrůdy řepky s minimálním obsahem glukosinolátů a kyseliny erukové
- *B. napus* z latinského *Brassica napus* – brukev řepka
- CRISPR – z anglického Clustered regularly Interspaced Short Palindromic Repeats- pravidelně rozložené krátké palindromické repetice
- Ha – hektar – jednotka zemědělské plochy (10 000 m<sup>2</sup>)
- HEAR – high erucic acid rape – odrůda produkující vysoký obsah oleje a kyseliny erukové
- HOAR – high oleic acid rape z anglického odrůda obsahující vysoký podíl kyseliny olejové
- LncRNA – z anglického Long non-coding RNAs – dlouhé nekódující RNA jsou typem
- NMR – nukleární magnetická rezonance
- QTL – z anglického Quantitative trait loci – Lokus kvantitativního znaku
- RNA – z anglického ribonucleic acid – ribonukleová kyselina
- t/ha – množství produktu v tunách získaného z jednoho hektaru (10 000 m<sup>2</sup>)
- VLCFA – z anglického A very-long-chain fatty acid Mastná kyselina s velmi dlouhým řetězcem je mastná kyselina s 22 nebo více uhlíky



## 10 Samostatné přílohy

Tabulka 6: Teplotní normál (Praha Ruzyně 1991-2020) a průměrné měsíční teploty v Červeném Újezdu ve sledovaných letech (hodnocení dle Kožnarové)

Měsíce	Normál	2020/21			2021/22			2022/23		
		Průměrná teplota (°C)	odchylka	Hodnocení	Průměrná teplota (°C)	Odchylka	Hodnocení	Průměrná teplota (°C)	Odchylka	Hodnocení
VIII	18,7	24,1	5,4	mimořádně nadnormální	16,12	-2,6	mimořádně podnormální	19,82	1,1	nadnormální
IX	13,9	19,7	5,8	mimořádně nadnormální	15,01	1,1	nadnormální	12,49	-1,4	podnormální
X	8,7	11,9	3,2	mimořádně nadnormální	8,23	-0,5	normální	10,83	2,1	silně nadnormální
XI	3,8	5,6	1,8	silně nadnormální	3,22	-0,6	normální	3,66	-0,1	normální
XII	0,4	3	2,6	silně nadnormální	0,75	0,4	normální	0,52	0,1	normální
I	-0,7	0	0,7	normální	0,81	1,5	normální	2,14	2,8	nadnormální
II	0,3	1,9	1,6	normální	3,21	2,9	nadnormální	1,46	1,2	normální
III	4	6,9	2,9	nadnormální	3,72	-0,3	normální	4,67	0,7	normální
IV	9,2	9,3	0,1	normální	6,44	-2,8	podnormální	6,47	-2,7	podnormální
V	13,6	13,6	0,0	normální	14,49	0,9	normální	12,82	-0,8	normální
VI	17	23,8	6,8	mimořádně nadnormální	18,61	1,6	nadnormální	17,04	0,0	normální
VII	18,9	22,3	3,4	mimořádně nadnormální	18,69	-0,2	normální	19,8	0,9	normální
rok	9	11,8	2,8	mimořádně nadnormální	9,1	0,1	normální	9,31	0,31	normální

Tabulka 7: Slovní hodnocení úhrnu srážek za sledované roky oproti klimatickému normálu dle Kožnarové

Měsíce	Normál	2020/21			2021/22			2022/23		
		Úhrn srážek (mm)	% normálu	Hodnocení	Úhrn srážek (mm)	% normálu	Hodnocení	Úhrn srážek (mm)	% normálu	Hodnocení
VIII	65,9	65,9	100	normální	108,9	165	nadnormální	77,9	118	normální
IX	38,8	66,2	171	nadnormální	14,7	38	podnormální	22,1	57	normální
X	34	87,8	258	silně nadnormální	20,2	59	normální	40,8	120	normální
XI	28,6	35,6	124	normální	35,2	123	normální	45,3	158	nadnormální
XII	25,7	30	117	normální	24,4	95	normální	44,5	173	nadnormální
I	20,8	42,5	204	silně nadnormální	22,6	109	normální	18,3	88	normální
II	18	36,2	201	silně nadnormální	20,9	116	normální	17,6	98	normální
III	28,4	24,2	85	normální	12,6	44	podnormální	55,3	195	nadnormální
IV	27,1	7,5	28	mimořádně podnormální	27,8	103	normální	45,4	168	silně nadnormální
V	60,2	92,8	154	nadnormální	30,5	51	podnormální	7,5	12	silně podnormální
VI	71	67,7	95	normální	143,7	202	silně nadnormální	55	77	normální
VII	76,6	80,1	105	normální	59,2	77	normální	69,6	91	normální
rok	495,1	636,5	128,6	nadnormální	520,7	105,2	normální	499,3	100,8	normální

Tabulka 8: Výsledky rozboru půdy na pokusných plochách v letech 2020, 2021 a 2022.  
Barva výplně u jednotlivých prvků symbolizuje barvu slovního hodnocení dle zastoupení

Rok	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
2020	6,6	84	160	2210	135	11,8	2,5	1,3
	<b>Obsah mikroprvků (mg/kg)</b>							
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
	0,65		3,28		5,43		215	282
2021	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
	6,5	92	161	2740	174	12,5	1,7	0,9
	<b>Obsah mikroprvků (mg/kg)</b>							
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
0,82		3,57		4,84		183	278	
2022	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	humus (%)	hm. poměr K/Mg
	6,5	77	215	2640	170	20,1	2,7	1,3
	<b>Obsah mikroprvků (mg/kg)</b>							
	<b>B (mg/kg)</b>		<b>Cu (mg/kg)</b>		<b>Zn (mg/kg)</b>		<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>
0,99		3,88		5,32		217	322	
		<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>humus (%)</b>	<b>K:Mg</b>
Nízký		do 50	do 105	do 1100	do 105	11-20	1-2,0	nad 3,2
Vyhovující		51-80	106-170	1001- 2000	106-160	21-30	2,1-3,0	1,6-3,2
Dobrý		81-115	171-310	2001- 3300	161-265	31-40	3,1-5,0	
Vysoký		116-185	311-420	3301- 5400	266-330	nad 40		do 1,6
Velmi vysoký		nad 185	nad 420	nad 5 400	nad 330			

Tabulka 9: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík-olejnatost				
Data sets analyzed	A-C				
ANOVA summary					
F	14,94				
P value	<0.0001				
P value summary	****				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	Yes				
R squared	0,3085				
Brown-Forsythe test					
F (DFn, DFd)	0.4712 (2, 67)				
P value	0,6263				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
Bartlett's test					
Bartlett's statistic (corrected)	1,246				
P value	0,5363				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	13,28	2	6,64	F (2, 67) = 14.94	P<0.0001
Residual (within columns)	29,77	67	0,4444		
Total	43,05	69			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
140 vs. 180	0,4038	0.01966 to 0.7878	Yes	*	0,0397
140 vs. 220	1,068	0.6756 to 1.461	Yes	****	<0.0001
180 vs. 220	0,6645	0.2718 to 1.057	Yes	**	0,0012

	140	180	220
Number of values	24	24	22
Mean	45,28	44,88	44,22
Std. Deviation	0,5816	0,7361	0,6736
Std. Error of Mean	0,1187	0,1503	0,1436
Coefficient of variation	1.284%	1.640%	1.523%

Tabulka 10: Popisná statistika pro vliv různých dávek dusíku na olejnatost

semen

Tabulka 11: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku a ročníku na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík-dávka-ročníky-olejnatost				
Mixed-effects model (REML)	Matching: Both factors				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?		
<b>Dávka</b>	<0.0001	****	<b>Yes</b>	F (DFn, DFd)	
<b>Ročník</b>	0,0019	**	<b>Yes</b>	F (1.864, 13.05) = 27.66	
<b>Dávka x Ročník</b>	0,0279	*	<b>Yes</b>	F (1.556, 10.89) = 13.22	
Random effects	SD			F (2.005, 13.04) = 4.763	
Subject	0,0232		Variance		
Residual			0,0005381		
Was the matching effective?	0,4977		0,2477		
Chi-square, df	0.4427, 2				
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	Predicted (LS) mean diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
140 vs. 180	0,2225	-0.2987 to 0.7437	No	ns	0,3966
140 vs. 220	0,3563	-0.1649 to 0.8774	No	ns	0,1767
180 vs. 220	0,1338	-0.3874 to 0.6549	No	ns	0,6097
<b>2022</b>					
140 vs. 180	0,605	0.08380 to 1.126	Yes	*	0,0236
140 vs. 220	1,213	0.6500 to 1.776	Yes	****	<0.0001
180 vs. 220	0,6079	0.04496 to 1.171	Yes	*	0,0348
<b>2023</b>					
140 vs. 180	0,3837	-0.1374 to 0.9049	No	ns	0,1461
140 vs. 220	1,725	1.204 to 2.246	Yes	****	<0.0001
180 vs. 220	1,341	0.8201 to 1.862	Yes	****	<0.0001

Tabulka 12: Popisná statistika pro olejnatost v jednotlivých ročnících

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Coefficient of variation	0.4033%	1.364%	2.001%
Range	0,3563	1,213	1,725
Mean	44,62	44,47	45,27
Std. Deviation	0,18	0,6065	0,9057

Tabulka 13: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík-výnos				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,01264				
P value	0,9874				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,0007894				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.1744 (2, 32)				
P value	0,8407				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	1,02				
P value	0,6005				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,02233	2	0,01116	F (2, 32) = 0.01264	P=0.9874
Residual (within columns)	28,27	32	0,8833		
Total	28,29	34			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
220 vs. 180	-0,008182	-0.8073 to 0.7909	No	ns	0,9835
220 vs. 140	0,04848	-0.7506 to 0.8476	No	ns	0,9024
180 vs. 140	0,05667	-0.7249 to 0.8382	No	ns	0,8835



*Tabulka 14: Deskriptivní statistika vlivu dávky dusíku na průměrný výnos semen řepky: Průměrné hodnoty výnosu semene (t/ha) při různých dávkách dusíku (kg N/ha) a vybrané statistické charakteristiky*

	140	180	220
Number of values	12	12	11
Range	2,34	3,28	2,71
Mean	5,803	5,86	5,852
Std. Deviation	0,7878	1,077	0,9312
Std. Error of Mean	0,2274	0,311	0,2808

Tabulka 15: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku a ročníku na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík-výnos-ročníky				
Mixed-effects model (REML)	Matching:	across the row			
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?		
<b>Dávka</b>	0,9065	ns	No		
<b>Ročník</b>	<0.0001	****	Yes		
<b>Dávka x Ročník</b>	0,2005	ns	No		
Random effects	SD	Variance			
	0,08068	0,006509			
Residual	0,3249	0,1055			
Was the matching effective?					
Chi-square, df	0.08058, 1				
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
140 vs. 180	0,1225	-0.4966 to 0.7416	No	ns	0,6136
140 vs. 220	-0,1525	-0.4254 to 0.1204	No	ns	0,2157
180 vs. 220	-0,275	-0.9039 to 0.3539	No	ns	0,2795
<b>2022</b>					
140 vs. 180	0,145	-0.3119 to 0.6019	No	ns	0,4661
140 vs. 220	0,345	-0.8478 to 1.538	No	ns	0,408
180 vs. 220	0,2	-1.016 to 1.416	No	ns	0,6123
<b>2023</b>					
140 vs. 180	-0,4375	-1.133 to 0.2581	No	ns	0,1697
140 vs. 220	-0,1875	-0.7296 to 0.3546	No	ns	0,4298
180 vs. 220	0,25	-0.4463 to 0.9463	No	ns	0,4042

Tabulka 16: Deskriptivní statistika vlivu ročníku na výnos oleje: Průměrné hodnoty výnosu semene (t/ha) při různých dávkách dusíku (kg N/ha) a vybrané statistické charakteristiky

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Range	0,275	0,345	0,4375
Mean	5,055	5,432	6,978
Std. Deviation	0,1378	0,1732	0,2195

Tabulka 17: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík- výnos oleje				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,03749				
P value	0,9632				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,002338				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.1705 (2, 32)				
P value	0,844				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	0,8967				
P value	0,6387				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,01197	2	0,005984	F (2, 32) = 0.03749	P=0.9632
Residual (within columns)	5,107	32	0,1596		
Total	5,119	34			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
140 vs. 180	-0,004167	-0.3364 to 0.3280	No	ns	0,9798
140 vs. 220	0,03758	-0.3021 to 0.3773	No	ns	0,8232
180 vs. 220	0,04174	-0.2979 to 0.3814	No	ns	0,8039

Tabulka 18: Deskriptivní statistika vlivu dávky dusíku na výnos oleje: Průměrné hodnoty výnosu oleje (t/ha) při různých dávkách dusíku (kg N/ha) a statistické charakteristiky

	140	180	220
Number of values	12	12	11
Mean	2,367	2,371	2,329
Std. Deviation	0,351	0,4621	0,3745
Std. Error of Mean	0,1013	0,1334	0,1129

Tabulka 19: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek dusíku a ročníku na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami dusíku a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Dusík-výnos oleje-ročníky				
Mixed-effects model (REML)	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?	F (DFn, DFd)	
<b>Dávka</b>	0,4868	ns	No	F (1.739, 22.61) = 0.7026	
<b>Ročník</b>	<0.0001	****	Yes	F (2, 26) = 112.9	
<b>Dávka x Ročník</b>	0,1585	ns	No	F (4, 26) = 1.803	
Random effects	SD	Variance			
Subject	0	0			
Residual	0,1406	0,01978			
Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
140 vs. 180	0,0575	-0.1553 to 0.2703	No	ns	0,4531
140 vs. 220	-0,0475	-0.1675 to 0.07255	No	ns	0,297
180 vs. 220	-0,105	-0.3564 to 0.1464	No	ns	0,2759
<b>2022</b>					
140 vs. 180	0,085	-0.1986 to 0.3686	No	ns	0,4105
140 vs. 220	0,1942	-0.6637 to 1.052	No	ns	0,4329
180 vs. 220	0,1092	-0.3564 to 0.5748	No	ns	0,4193
<b>2023</b>					
140 vs. 180	-0,155	-0.4264 to 0.1164	No	ns	0,1668
140 vs. 220	0,03	-0.3382 to 0.3982	No	ns	0,8122
180 vs. 220	0,185	-0.2247 to 0.5947	No	ns	0,2463

*Tabulka 20: Deskriptivní statistika vlivu ročníku na výnos oleje*

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Mean	2,029	2,174	2,842
Std. Deviation	0,05258	0,09733	0,09929
Std. Error of Mean	0,03036	0,0562	0,05732

Tabulka 21: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-olejnatost				
Data sets analyzed	A-E				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,2219				
P value	0,9257				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,00766				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.7497 (4, 115)				
P value	0,5602				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	2,595				
P value	0,6277				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,7131	4	0,1783	F (4, 115) = 0.2219	P=0.9257
Residual (within columns)	92,37	115	0,8032		
Total	93,09	119			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold ?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
0 vs. 15	0,0075	-0.5050 to 0.5200	No	ns	0,9769
0 vs. 25	-0,135	-0.6475 to 0.3775	No	ns	0,6028
0 vs. 50	0,05125	-0.4612 to 0.5637	No	ns	0,8433
0 vs. 75	0,09417	-0.4183 to 0.6066	No	ns	0,7166
15 vs. 25	-0,1425	-0.6550 to 0.3700	No	ns	0,5829
15 vs. 50	0,04375	-0.4687 to 0.5562	No	ns	0,866
15 vs. 75	0,08667	-0.4258 to 0.5991	No	ns	0,7383
25 vs. 50	0,1862	-0.3262 to 0.6987	No	ns	0,4731
25 vs. 75	0,2292	-0.2833 to 0.7416	No	ns	0,3776
50 vs. 75	0,04292	-0.4696 to 0.5554	No	ns	0,8685

*Tabulka 22: Deskriptivní statistika vlivu dávky dusíku na výnos oleje: Průměrné hodnoty olejnatosti (%) při různých dávkách síry (kg S/ha) a vybrané statistické charakteristiky*

	0	15	25	50	75
Number of values	24	24	24	24	24
Mean	44,88	44,87	45,02	44,83	44,79
Std. Deviation	0,7361	1,035	0,9037	0,9012	0,88
Std. Error of Mean	0,1503	0,2113	0,1845	0,184	0,1796

Tabulka 23: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry a ročníku na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-olejnatost-ročník				
Two-way RM ANOVA	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Dávka síry x Ročník	1,567	0,8522	ns	No	
Dávka síry	0,766	0,6923	ns	No	
Ročník	43,17	<0.0001	****	Yes	
Subject	21,67	0,0009	***	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Dávka síry x Ročník	1,459	8	0,1823	F (8, 84) = 0.5012	P=0.8522
Dávka síry	0,7131	4	0,1783	F (3.031, 63.65) = 0.4900	P=0.6923
Ročník	40,19	2	20,09	F (2, 21) = 20.92	P<0.0001
Subject	20,17	21	0,9606	F (21, 84) = 2.641	P=0.0009
Residual	30,56	84	0,3638		
Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
0 vs. 15	0,07375	-0.7810 to 0.9285	No	ns	0,8441
0 vs. 25	0,09875	-0.6991 to 0.8966	No	ns	0,7783
0 vs. 50	0,0175	-0.4815 to 0.5165	No	ns	0,9362
0 vs. 75	0,04875	-0.7080 to 0.8055	No	ns	0,8832
15 vs. 25	0,025	-0.7218 to 0.7718	No	ns	0,9391
15 vs. 50	-0,05625	-0.9022 to 0.7897	No	ns	0,8795
15 vs. 75	-0,025	-0.6193 to 0.5693	No	ns	0,9235
25 vs. 50	-0,08125	-0.4787 to 0.3162	No	ns	0,6436
25 vs. 75	-0,05	-0.4918 to 0.3918	No	ns	0,7967
50 vs. 75	0,03125	-0.5052 to 0.5677	No	ns	0,8943
<b>2022</b>					
0 vs. 15	0,2425	-0.3517 to 0.8367	No	ns	0,3667
0 vs. 25	-0,2637	-0.8135 to 0.2860	No	ns	0,2939
0 vs. 50	0,1838	-0.2529 to 0.6204	No	ns	0,3528
0 vs. 75	0,175	-0.001444 to 0.3514	No	ns	0,0514
15 vs. 25	-0,5062	-1.191 to 0.1781	No	ns	0,1237
15 vs. 50	-0,05875	-0.6028 to 0.4853	No	ns	0,8058
15 vs. 75	-0,0675	-0.5325 to 0.3975	No	ns	0,7415
25 vs. 50	0,4475	0.07438 to 0.8206	Yes	*	0,0252



25 vs. 75	0,4387	-0.03648 to 0.9140	No	ns	0,0653
50 vs. 75	-0,00875	-0.3807 to 0.3632	No	ns	0,9572
<b>2023</b>					
0 vs. 15	-0,2938	-1.196 to 0.6089	No	ns	0,4668
0 vs. 25	-0,24	-1.126 to 0.6464	No	ns	0,5424
0 vs. 50	-0,0475	-1.173 to 1.078	No	ns	0,9233
0 vs. 75	0,05875	-0.3912 to 0.5087	No	ns	0,7665
15 vs. 25	0,05375	-0.8701 to 0.9776	No	ns	0,8945
15 vs. 50	0,2463	-0.1329 to 0.6254	No	ns	0,1684
15 vs. 75	0,3525	-0.5618 to 1.267	No	ns	0,3923
25 vs. 50	0,1925	-1.083 to 1.468	No	ns	0,7316
25 vs. 75	0,2988	-0.3268 to 0.9243	No	ns	0,296
50 vs. 75	0,1063	-1.126 to 1.338	No	ns	0,8442

*Tabulka 24: Deskriptivní statistika vlivu jednotlivých ročníků na průměrnou olejnatost semen řepky hnojené rozdílnými dávkami síry*

	2021	2022	2023
Number of values	5	5	5
Mean	44,54	44,4	45,69
Std. Deviation	0,04023	0,2061	0,1541
Std. Error of Mean	0,01799	0,09219	0,06892

Tabulka 25: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry byl použit Fischerův LSD test

<b>ANOVA summary</b>					
F	0,2182				
P value	0,9272				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,01562				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.04500 (4, 55)				
P value	0,9961				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	0,2735				
P value	0,9915				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,8357	4	0,2089	F (4, 55) = 0.2182	P=0.9272
Residual (within columns)	52,67	55	0,9576		
Total	53,5	59			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
0 vs. 15	0,1592	-0.6415 to 0.9598	No	ns	0,6919
0 vs. 25	-0,1817	-0.9823 to 0.6190	No	ns	0,6511
0 vs. 50	0,05	-0.7506 to 0.8506	No	ns	0,9009
0 vs. 75	-0,09917	-0.8998 to 0.7015	No	ns	0,8049
15 vs. 25	-0,3408	-1.141 to 0.4598	No	ns	0,3973
15 vs. 50	-0,1092	-0.9098 to 0.6915	No	ns	0,7857
15 vs. 75	-0,2583	-1.059 to 0.5423	No	ns	0,5206

25 vs. 50	0,2317	-0.5690 to 1.032	No	ns	0,5644
25 vs. 75	0,0825	-0.7181 to 0.8831	No	ns	0,8372
50 vs. 75	-0,1492	-0.9498 to 0.6515	No	ns	0,7103

	0	15	25	50	75
Number of values	12	12	12	12	12
Mean	5,86	5,701	6,042	5,81	5,959
Std. Deviation	1,077	0,9517	0,9512	0,9459	0,9603
Std. Error of Mean	0,311	0,2747	0,2746	0,2731	0,2772

*Tabulka 26: Deskriptivní statistika vlivu dávky síry na průměrný výnos semen řepky: Průměrné hodnoty výnosu semene (t/ha) při různých dávkách síry (kg S/ha) a vybrané statistické charakteristiky*

*Tabulka 27: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry a ročníku na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test*

Table Analyzed	Síra-výnos-ročník				
Two-way RM ANOVA	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
<b>Source of Variation</b>	<b>% of total variation</b>	<b>P value</b>	<b>P value summary</b>	<b>Significant?</b>	
Dávka síry x Ročník	3,464	0,2713	ns	No	
Dávka síry	1,562	0,3361	ns	No	
Ročník	79,13	<0.0001	****	Yes	
Subject	3,919	0,2638	ns	No	
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Dávka síry x Ročník	1,853	8	0,2316	F (8, 36) = 1.307	P=0.2713
Dávka síry	0,8357	4	0,2089	F (2.923, 26.30) = 1.179	P=0.3361
Ročník	42,34	2	21,17	F (2, 9) = 90.87	P<0.0001
Subject	2,097	9	0,233	F (9, 36) = 1.314	P=0.2638
Residual	6,381	36	0,1773		
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
<b>2021</b>					
0 vs. 15	0,2275	-0.4972 to 0.9522	No	ns	0,3914
0 vs. 25	0,0275	-0.7077 to 0.7627	No	ns	0,9128
0 vs. 50	-0,1725	-1.440 to 1.095	No	ns	0,6942
0 vs. 75	-0,0875	-0.1637 to -0.01133	Yes	*	0,0354

15 vs. 25	-0,2	-1.264 to 0.8645	No	ns	0,592
15 vs. 50	-0,4	-1.528 to 0.7278	No	ns	0,3411
15 vs. 75	-0,315	-1.028 to 0.3983	No	ns	0,2546
25 vs. 50	-0,2	-0.9774 to 0.5774	No	ns	0,4729
25 vs. 75	-0,115	-0.9181 to 0.6881	No	ns	0,6795
50 vs. 75	0,085	-1.240 to 1.410	No	ns	0,8513
<b>2022</b>					
0 vs. 15	-0,375	-1.128 to 0.3784	No	ns	0,2113
0 vs. 25	-0,705	-1.416 to 0.005845	No	ns	0,051
0 vs. 50	-0,0275	-0.9055 to 0.8505	No	ns	0,9269
0 vs. 75	-0,3075	-0.6210 to 0.006036	No	ns	0,0524
15 vs. 25	-0,33	-0.8730 to 0.2130	No	ns	0,1486
15 vs. 50	0,3475	-1.245 to 1.940	No	ns	0,5372
15 vs. 75	0,0675	-0.4016 to 0.5366	No	ns	0,6781
25 vs. 50	0,6775	-0.7940 to 2.149	No	ns	0,2391
25 vs. 75	0,3975	-0.1653 to 0.9603	No	ns	0,1102
50 vs. 75	-0,28	-1.403 to 0.8431	No	ns	0,4855
<b>2023</b>					
0 vs. 15	0,625	-0.7704 to 2.020	No	ns	0,2493
0 vs. 25	0,1325	-0.6817 to 0.9467	No	ns	0,6403
0 vs. 50	0,35	-0.7739 to 1.474	No	ns	0,3947
0 vs. 75	0,0975	-0.9848 to 1.180	No	ns	0,793
15 vs. 25	-0,4925	-1.426 to 0.4409	No	ns	0,1917
15 vs. 50	-0,275	-1.234 to 0.6841	No	ns	0,4288
15 vs. 75	-0,5275	-1.586 to 0.5308	No	ns	0,2109
25 vs. 50	0,2175	-0.09630 to 0.5313	No	ns	0,1146
25 vs. 75	-0,035	-0.8588 to 0.7888	No	ns	0,901
50 vs. 75	-0,2525	-1.182 to 0.6766	No	ns	0,4507

*Tabulka 28: Deskriptivní statistika vlivu ročníku na výnos semene*

	2021	2022	2023
Number of values	5	5	5
Mean	4,924	5,733	6,967
Std. Deviation	0,1499	0,2883	0,2499
Std. Error of Mean	0,06705	0,1289	0,1118

Tabulka 29: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra- výnos oleje				
Data sets analyzed	A-E				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,2091				
P value	0,9323				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,01498				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.04017 (4, 55)				
P value	0,9968				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	0,2363				
P value	0,9935				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,1502	4	0,0376	F (4, 55) = 0.2091	P=0.9323
Residual (within columns)	9,88	55	0,1796		
Total	10,03	59			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
0 vs. 15	0,06667	-0.2801 to 0.4134	No	ns	0,7015
0 vs. 25	-0,08083	-0.4276 to 0.2659	No	ns	0,6422
0 vs. 50	0,0225	-0.3243 to 0.3693	No	ns	0,897
0 vs. 75	-0,03417	-0.3809 to 0.3126	No	ns	0,8442
15 vs. 25	-0,1475	-0.4943 to 0.1993	No	ns	0,3977
15 vs. 50	-0,04417	-0.3909 to 0.3026	No	ns	0,7995
15 vs. 75	-0,1008	-0.4476 to 0.2459	No	ns	0,5624
25 vs. 50	0,1033	-0.2434 to 0.4501	No	ns	0,5528

25 vs. 75	0,04667	-0.3001 to 0.3934	No	ns	0,7884
50 vs. 75	-0,05667	-0.4034 to 0.2901	No	ns	0,7445

Tabulka 30: Deskriptivní statistika průměrů dávek síry ve sledovaných ročnících

	0	15	25	50	75
Number of values	12	12	12	12	12
Mean	2,371	2,304	2,452	2,348	2,405
Std. Deviation	0,4621	0,4046	0,4143	0,4138	0,422
Std. Error of Mean	0,1334	0,1168	0,1196	0,1194	0,1218

Tabulka 31: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých dávek síry a ročníku na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-výnos oleje-ročník				
Two-way RM ANOVA	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
<b>Source of Variation</b>	<b>% of total variation</b>	<b>P value</b>	<b>P value summary</b>	<b>Significant?</b>	
Dávka síry x Ročník	3,028	0,3146	ns	No	
Dávka síry	1,498	0,3256	ns	No	
Ročník	81,44	<0.0001	****	Yes	
Subject	2,884	0,4327	ns	No	
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Dávka síry x Ročník	0,3037	8	0,03797	F (8, 36) = 1.222	P=0.3146
Dávka síry	0,1502	4	0,03756	F (3.052, 27.47) = 1.209	P=0.3256
Ročník	8,168	2	4,084	F (2, 9) = 127.1	P<0.0001
Subject	0,2892	9	0,03214	F (9, 36) = 1.034	P=0.4327
Residual	1,119	36	0,03108		
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
<b>2021</b>					
0 vs. 15	0,095	-0.2223 to 0.4123	No	ns	0,411
0 vs. 25	0,0175	-0.3000 to 0.3350	No	ns	0,8719
0 vs. 50	-0,0675	-0.5697 to 0.4347	No	ns	0,6977
0 vs. 75	-0,03	-0.1069 to 0.04686	No	ns	0,3024
15 vs. 25	-0,0775	-0.4564 to 0.3014	No	ns	0,5615
15 vs. 50	-0,1625	-0.5314 to 0.2064	No	ns	0,2555

15 vs. 75	-0,125	-0.4418 to 0.1918	No	ns	0,2981
25 vs. 50	-0,085	-0.3828 to 0.2128	No	ns	0,4307
25 vs. 75	-0,0475	-0.3562 to 0.2612	No	ns	0,6579
50 vs. 75	0,0375	-0.4769 to 0.5519	No	ns	0,8315
<b>2022</b>					
0 vs. 15	-0,1375	-0.4865 to 0.2115	No	ns	0,2987
0 vs. 25	-0,2975	-0.6255 to 0.03051	No	ns	0,0632
0 vs. 50	0	-0.3201 to 0.3201	No	ns	>0.9999
0 vs. 75	-0,1125	-0.2427 to 0.01767	No	ns	0,0707
15 vs. 25	-0,16	-0.4079 to 0.08788	No	ns	0,1322
15 vs. 50	0,1375	-0.5166 to 0.7916	No	ns	0,5514
15 vs. 75	0,025	-0.2050 to 0.2550	No	ns	0,7523
25 vs. 50	0,2975	-0.2905 to 0.8855	No	ns	0,2058
25 vs. 75	0,185	-0.06743 to 0.4374	No	ns	0,1019
50 vs. 75	-0,1125	-0.5366 to 0.3116	No	ns	0,4605
<b>2023</b>					
0 vs. 15	0,2425	-0.3003 to 0.7853	No	ns	0,2502
0 vs. 25	0,0375	-0.2330 to 0.3080	No	ns	0,6889
0 vs. 50	0,135	-0.3919 to 0.6619	No	ns	0,4745
0 vs. 75	0,04	-0.4199 to 0.4999	No	ns	0,7999
15 vs. 25	-0,205	-0.6241 to 0.2141	No	ns	0,2174
15 vs. 50	-0,1075	-0.5103 to 0.2953	No	ns	0,4581
15 vs. 75	-0,2025	-0.7007 to 0.2957	No	ns	0,2864
25 vs. 50	0,0975	-0.1723 to 0.3673	No	ns	0,3335
25 vs. 75	0,0025	-0.3790 to 0.3840	No	ns	0,9847
50 vs. 75	-0,095	-0.6345 to 0.4445	No	ns	0,6144

*Tabulka 32: Deskriptivní statistika vlivu ročníku na výnos oleje, varianta hnojených stupňovaný množstvím síry*

	2021	2022	2023
Number of values	5	5	5
Mean	1,972	2,292	2,864
Std. Deviation	0,06071	0,1226	0,09828
Std. Error of Mean	0,02715	0,05483	0,04395

Tabulka 33: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých termínů aplikace 25 kg síry na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra- termín- olejnatost				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,8704				
P value	0,4235				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,02532				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.8164 (2, 67)				
P value	0,4464				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	1,685				
P value	0,4306				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	1,546	2	0,773	F (2, 67) = 0.8704	P=0.4235
Residual (within columns)	59,51	67	0,8882		
Total	61,05	69			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
T1 vs. T2	0,2609	-0.2943 to 0.8161	No	ns	0,3516
T1 vs. T3	-0,09542	-0.6384 to 0.4476	No	ns	0,7269
T2 vs. T3	-0,3563	-0.9116 to 0.1989	No	ns	0,2046



Tabulka 34: Deskriptivní statistika vlivu termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na olejnatost semen (%) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23.

	T1	T2	T3
Number of values	24	22	24
Mean	45,02	44,75	45,11
Std. Deviation	0,9037	0,8191	1,076
Std. Error of Mean	0,1845	0,1746	0,2197

Tabulka 35: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv různých termínů aplikace 25 kg síry a ročníku na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými dávkami síry a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Mixed-effects model (REML)	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?	F (DFn, DFd)	
Termín	0,3358	ns	No	F (1.604, 48.92) = 1.078	
Ročník	0,0002	***	Yes	F (2, 61) = 10.00	
Termín x Ročník	0,2789	ns	No	F (4, 61) = 1.303	
Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
T1 vs. T2	0,04625	-0.9111 to 1.004	No	ns	0,9123
T1 vs. T3	-0,4325	-0.8992 to 0.03419	No	ns	0,0645
T2 vs. T3	-0,4788	-1.106 to 0.1488	No	ns	0,1142
<b>2022</b>					
T1 vs. T2	-0,09167	-0.4201 to 0.2367	No	ns	0,5052
T1 vs. T3	0,2237	-0.07145 to 0.5190	No	ns	0,1162
T2 vs. T3	0,3154	-0.2039 to 0.8348	No	ns	0,1792
<b>2023</b>					
T1 vs. T2	0,8113	-0.007666 to 1.630	No	ns	0,0517
T1 vs. T3	-0,0775	-1.838 to 1.683	No	ns	0,92
T2 vs. T3	-0,8888	-2.807 to 1.030	No	ns	0,3096

Tabulka 36: Deskriptivní statistika vlivu jednotlivých ročníků na průměrnou olejnatost semen řepky

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Mean	44,62	44,69	45,58
Std. Deviation	0,2641	0,1623	0,4923
Std. Error of Mean	0,1525	0,09368	0,2842

Tabulka 37: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos semen (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými termíny byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-termín-výnos				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,06103				
P value	0,9409				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,0038				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.007361 (2, 32)				
P value	0,9927				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	0,03703				
P value	0,9817				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,1168	2	0,05842	F (2, 32) = 0.06103	P=0.9409
Residual (within columns)	30,63	32	0,9573		
Total	30,75	34			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00% CI of diff.</b>	<b>Below threshold?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
T1 vs. T2	0,1389	-0.6930 to 0.9709	No	ns	0,7359
T1 vs. T3	0,09417	-0.7195 to 0.9078	No	ns	0,8151
T2 vs. T3	-0,04477	-0.8767 to 0.7872	No	ns	0,9134

Tabulka 38: Deskriptivní statistika vliv termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos semen (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23.

	T1	T2	T3
Mean	6,042	5,903	5,948
Std. Deviation	0,9512	0,974	1,009
Std. Error of Mean	0,2746	0,2937	0,2912

Tabulka 39: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv aplikačního termínu (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos semen (t/ha) řepky ozimé v jednotlivých letech. hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými termíny a ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-termín-výnos-ročník				
Mixed-effects model (REML)	Matching: Both factors				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?	F (DFn, DFd)	
Termín	0,5011	ns	No	F (1.711, 22.24) = 0.6661	
Ročník	<0.0001	****	Yes	F (2, 26) = 141.6	
Termín x Ročník	0,7687	ns	No	F (4, 26) = 0.4538	
Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
T1 vs. T2	0,005	-0.3091 to 0.3191	No	ns	0,9628
T1 vs. T3	-0,01	-0.6035 to 0.5835	No	ns	0,9606
T2 vs. T3	-0,015	-0.3086 to 0.2786	No	ns	0,8812
<b>2022</b>					
T1 vs. T2	0,3783	-0.6577 to 1.414	No	ns	0,2567
T1 vs. T3	0,29	-0.05004 to 0.6300	No	ns	0,0729
T2 vs. T3	-0,08833	-1.384 to 1.207	No	ns	0,7969
<b>2023</b>					
T1 vs. T2	0,065	-0.6589 to 0.7889	No	ns	0,7937
T1 vs. T3	0,0025	-1.112 to 1.117	No	ns	0,9948
T2 vs. T3	-0,0625	-1.306 to 1.181	No	ns	0,8831

Tabulka 40: Deskriptivní statistika vlivu jednotlivých ročníků na výnos semene řepky ozimé (t/ha)

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Mean	4,897	5,932	7,053
Std. Deviation	0,007638	0,1979	0,03683
Std. Error of Mean	0,00441	0,1143	0,02126

Tabulka 41: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv aplikačního termínu (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr jednotlivých let. hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými termíny použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	<b>Síra- termín- výnos olej</b>				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,08423				
P value	0,9194				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	No				
R squared	0,005237				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.002693 (2, 32)				
P value	0,9973				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	0,04309				
P value	0,9787				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,03023	2	0,01512	F (2, 32) = 0.08423	P=0.9194
Residual (within columns)	5,743	32	0,1795		
Total	5,773	34			

Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold ?	Summary	Individual P Value
T1 vs. T2	0,07258	-0.2876 to 0.4328	No	ns	0,6842
T1 vs. T3	0,03417	-0.3181 to 0.3864	No	ns	0,8446
T2 vs. T3	-0,03841	-0.3986 to 0.3218	No	ns	0,8294

Tabulka 42: Deskriptivní statistika vlivu termínu aplikace síry (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr let 2020/21; 2021/2022 a 2022/23.

	T1	T2	T3
Number of values	12	11	12
Mean	2,452	2,379	2,418
Std. Deviation	0,4143	0,4165	0,439
Std. Error of Mean	0,1196	0,1256	0,1267

Tabulka 43: Výsledky analýzy rozptylu pro vliv aplikačního termínu (T1 – přelom února a března, T2 – polovina března a T3 – začátek dubna) na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé, průměr jednotlivých let. hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . K porovnání mezi jednotlivými ročníky byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Síra-termín-výnos olej-ročník				
Mixed-effects model (REML)	Matching: Stacked				
Assume sphericity?	No				
Alpha	0,05				
Fixed effects (type III)	P value	P value summary	Statistically significant (P < 0.05)?	F (DFn, DFd)	
Termín	0,4098	ns	No	F (1.610, 20.93) = 0.8756	
Ročník	<0.0001	****	Yes	F (2, 26) = 136.4	
Termín x Ročník	0,7646	ns	No	F (4, 26) = 0.4596	
Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
<b>2021</b>					
T1 vs. T2	0,005	-0.04274 to 0.05274	No	ns	0,7608
T1 vs. T3	-0,0225	-0.2305 to 0.1855	No	ns	0,7534
T2 vs. T3	-0,0275	-0.1996 to 0.1446	No	ns	0,646
<b>2022</b>					
T1 vs. T2	0,15	-0.2890 to 0.5890	No	ns	0,2794
T1 vs. T3	0,13	-0.02645 to 0.2864	No	ns	0,0774

T2 vs. T3	-0,02	-0.6092 to 0.5692	No	ns	0,8973
<b>2023</b>					
T1 vs. T2	0,075	-0.2564 to 0.4064	No	ns	0,5234
T1 vs. T3	-0,005	-0.4947 to 0.4847	No	ns	0,9761
T2 vs. T3	-0,08	-0.6350 to 0.4750	No	ns	0,6776

Tabulka 44: Deskriptivní statistika, rozdíl mezi jednotlivými ročníky ve výnosu oleje

	2021	2022	2023
Number of values	3	3	3
Mean	1,963	2,387	2,894
Std. Deviation	0,01465	0,08145	0,04481
Std. Error of Mean	0,008457	0,04702	0,02587

Tabulka 45: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hnojiv DASA, Krista, Kieserit na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogenity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Hnojivo-rok-olejnatost				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	0,9081				
P value	0,4186				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>No</b>				
R squared	0,0796				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	2.858 (2, 21)				
P value	0,0798				
P value summary	<b>ns</b>				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	5,239				
P value	0,0729				
P value summary	<b>ns</b>				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>					
	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
<b>Treatment (between columns)</b>	2,6	2	1,3	F (2, 21) = 0.9081	<b>P=0.418</b> <b>6</b>
Residual (within columns)	30,07	21	1,432		
Total	32,67	23			

Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold ?	Summary	Individual P Value
<b>DASA vs. Krista</b>	-0,3988	-1.643 to 0.8454	No	<b>ns</b>	<b>0,512</b>
<b>DASA vs. Kieserit</b>	-0,8062	-2.050 to 0.4379	No	<b>ns</b>	<b>0,192</b>
<b>Krista vs. Kieserit</b>	-0,4075	-1.652 to 0.8367	No	<b>ns</b>	<b>0,503</b>

Tabulka 46: Deskriptivní statistika pro vybrané charakteristiky hnojiv DASA, Krista, Kieserit na olejnatost semen řepky (%)

	DASA	Krista	Kieserit
Number of values	8	8	8
Mean	45,83	46,23	46,63
Std. Deviation	0,9925	0,6885	1,684
Std. Error of Mean	0,3509	0,2434	0,5954

Tabulka 47: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hnojiv DASA, Krista, Kieserit na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogeneity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Hnojivo-rok-výnos				
Data sets analyzed	A-C				
<b>ANOVA summary</b>					
F	13,02				
P value	0,0022				
P value summary	**				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>Yes</b>				
R squared	0,7432				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	3.264 (2, 9)				
P value	0,0859				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	3,199				
P value	0,202				
P value summary	<b>ns</b>				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
<b>Treatment (between columns)</b>	2,619	2	1,31	F (2, 9) = 13.02	P=0.002 2
Residual (within columns)	0,9052	9	0,1006		

Total	3,524	11			
	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold ?	Summary	Individual P Value
DASA vs. Krista	0,2275	-0.2798 to 0.7348	No	ns	0,3368
DASA vs. Kieserit	1,085	0.5777 to 1.592	Yes	***	0,0009
Krista vs. Kieserit	0,8575	0.3502 to 1.365	Yes	**	0,0041

Tabulka 48: Deskriptivní statistika pro vybrané charakteristiky hnojiv DASA, Krista, Kieserit na průměrný výnos semen řepky (t/ha)

	DASA	Krista	Kieserit
Number of values	4	4	4
Mean	7,075	6,848	5,99
Std. Deviation	0,187	0,4791	0,193
Std. Error of Mean	0,0935	0,2395	0,09652

Tabulka 49: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hnojiv DASA, Krista, Kieserit na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogenity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Hnojivo-rok-výnos olej				
<b>ANOVA summary</b>					
F	12,04				
P value	0,0029				
P value summary	**				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>Yes</b>				
R squared	0,7279				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	1.864 (2, 9)				
P value	0,2103				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	3,611				
P value	0,1644				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
<b>Treatment (between columns)</b>	0,3682	2	0,1841	F (2, 9) = 12.04	<b>P=0.0029</b>
Total	0,5059	11			



Uncorrected Fisher's LSD	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Individual P Value
DASA vs. Krista	0,0725	-0.1253 to 0.2703	No	ns	0,4286
DASA vs. Kieserit	0,4025	0.2047 to 0.6003	<b>Yes</b>	<b>**</b>	0,0013
Krista vs. Kieserit	0,33	0.1322 to 0.5278	<b>Yes</b>	<b>**</b>	0,0044

*Tabulka 50: Deskriptivní statistika pro vybrané charakteristiky hnojiv DASA, Krista, Kieserit na průměrný výnos oleje řepky (t/ha)*

	DASA	Krista	Kieserit
Number of values	4	4	4
Mean	2,918	2,845	2,515
Std. Deviation	0,04573	0,1702	0,1218
Std. Error of Mean	0,02287	0,0851	0,0609

Tabulka 51: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hořčiku na olejnatost semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogenity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Varianty-olejnatost				
Data sets analyzed	A-H				
<b>ANOVA summary</b>					
F	1,194				
P value	0,3213				
P value summary	ns				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>No</b>				
R squared	0,1299				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	2.130 (7, 56)				
P value	0,0551				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	14,21				
P value	0,0475				
P value summary	*				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	<b>Yes</b>				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	8,833	7	1,262	$F(7, 56) = 1.194$	$P=0.3213$
Residual (within columns)	59,18	56	1,057		
Total	68,01	63			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00 % CI of diff.</b>	<b>Below threshold ?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
DASA (15S 13Mg ) vs. Kieserit (15S 23Mg)	-0,2387	-1.268 to 0.7909	No	ns	0,6441
DASA (25S 11Mg) vs. Kieserit (25S 32Mg )	-0,8062	-1.836 to 0.2234	No	ns	0,1224
DASA (50S 7Mg) vs. Kieserit (50S 52Mg)	-0,8888	-1.918 to 0.1409	No	ns	0,0893
DASA (75S 3Mg) vs. Kieserit (75S 72Mg )	-0,35	-1.380 to 0.6796	No	ns	0,4987

Tabulka 52: Deskriptivní statistika pro vliv hořčiku na olejnatost (%) řepky ozimé v roce 2022/23.

	DASA (75S 3Mg)	DASA (50S 7Mg)	DASA (25S 11Mg)	DASA (15S 13Mg )	Kieserit (75S 72Mg )	Kieserit (50S 52Mg)	Kieserit (25S 32Mg )	Kieserit (15S 23Mg)
Number of values	8	8	8	8	8	8	8	8
Mean	45,53	45,63	45,83	45,88	45,88	46,52	46,63	46,12
Std. Deviation	1,012	1,079	0,9925	0,8823	0,4835	1,084	1,684	0,5069
Std. Error of Mean	0,3579	0,3813	0,3509	0,3119	0,171	0,3834	0,5954	0,1792

Tabulka 53: Deskriptivní statistika pro vliv hořčiku na výnos semene (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23.

	DASA (75S 3Mg)	DASA (50S 7Mg)	DASA (25S 11Mg)	DASA (15S 13Mg )	Kieserit (75S 72Mg )	Kieserit (50S 52Mg)	Kieserit (25S 32Mg )	Kieserit (15S 23Mg)
Number of values	4	4	4	4	4	4	4	4
Mean	7,11	6,858	7,075	6,583	6,915	6,498	5,99	6,673
Std. Deviation	0,3601	0,3276	0,187	0,6327	0,5729	0,4072	0,193	0,3046
Std. Error of Mean	0,18	0,1638	0,0935	0,3163	0,2864	0,2036	0,09652	0,1523

Tabulka 54: Deskriptivní statistika pro vliv hořčiku na výnos oleje (t/ha) řepky ozimé v roce 2022/23.

	DASA (75S 3Mg)	DASA (50S 7Mg)	DASA (25S 11Mg)	DASA (15S 13Mg )	Kieserit (75S 72Mg )	Kieserit (50S 52Mg)	Kieserit (25S 32Mg )	Kieserit (15S 23Mg)
Number of values	4	4	4	4	4	4	4	4
Mean	2,915	2,82	2,918	2,713	2,853	2,718	2,515	2,773
Std. Deviation	0,2073	0,1954	0,04573	0,2398	0,2071	0,1031	0,1218	0,1323
Std. Error of Mean	0,1036	0,09772	0,02287	0,1199	0,1036	0,05154	0,0609	0,06613

Tabulka 55: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hořčíku na výnos semen řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogenity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Varianty- výnos				
Data sets analyzed	A-H				
<b>ANOVA summary</b>					
F	3,309				
P value	0,0131				
P value summary	*				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>Yes</b>				
R squared	0,4911				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.9199 (7, 24)				
P value	0,5086				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	6,833				
P value	0,4464				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	3,753	7	0,5361	F (7, 24) = 3.309	P=0.0131
Residual (within columns)	3,889	24	0,162		
Total	7,641	31			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00 % CI of diff.</b>	<b>Below threshold ?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
DASA (75S 3Mg) vs. Kieserit (75S 72Mg )	0,195	- 0.392 4 to 0.782 4	No	ns	0,4998
DASA (50S 7Mg) vs. Kieserit (50S 52Mg)	0,36	- 0.227 4 to 0.947 4	No	ns	0,2181
<b>DASA (25S 11Mg) vs. Kieserit (25S 32Mg )</b>	1,085	0.497 6 to 1.672	<b>Yes</b>	<b>***</b>	<b>0,0008</b>
DASA (15S 13 Mg ) vs. Kieserit (15S 23Mg)	-0,09	- 0.677 4 to 0.497 4	No	ns	0,7546

Tabulka 56: Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro vliv hořčíku na výnos oleje řepky, hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozptyly mezi výběrovými soubory byly porovnány Brown–Forsytheovým testem, za účelem porovnání zjištění homogenity rozptylů. K testování homoskedasticity byl zvolen Bartlettův test. K porovnání mezi jednotlivými hnojivy byl použit Fischerův LSD test

Table Analyzed	Varianty- výnos oleje				
Data sets analyzed	A-H				
<b>ANOVA summary</b>					
F	2,475				
P value	0,0461				
P value summary	*				
Significant diff. among means (P < 0.05)?	<b>Yes</b>				
R squared	0,4193				
<b>Brown-Forsythe test</b>					
F (DFn, DFd)	0.6297 (7, 24)				
P value	0,7267				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>Bartlett's test</b>					
Bartlett's statistic (corrected)	7,67				
P value	0,3626				
P value summary	ns				
Are SDs significantly different (P < 0.05)?	No				
<b>ANOVA table</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F (DFn, DFd)</b>	<b>P value</b>
Treatment (between columns)	0,4908	7	0,07011	F (7, 24) = 2.475	P=0.0461
Residual (within columns)	0,6798	24	0,02832		
Total	1,171	31			
<b>Uncorrected Fisher's LSD</b>	<b>Mean Diff.</b>	<b>95.00 % CI of diff.</b>	<b>Below threshold ?</b>	<b>Summary</b>	<b>Individual P Value</b>
DASA (75S 3Mg) vs. Kieserit (75S 72Mg)	0,0625	-0.1831 to 0.3081	No	ns	0,6043
DASA (50 S 7Mg) vs. Kieserit (50 S 52Mg)	0,1025	-0.1431 to 0.3481	No	ns	0,3976
<b>DASA (25S 11Mg) vs. Kieserit (25S 32Mg)</b>	0,4025	0.1569 to 0.6481	<b>Yes</b>	<b>**</b>	<b>0,0025</b>
DASA (15S 13 Mg) vs. Kieserit (15S 23Mg)	-0,06	-0.3056 to 0.1856	No	ns	0,6187