

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Možnosti využití hnojiva SAM pro jarní hnojení řepky
ozimé (*Brassica napus* L.)**

Diplomová práce

Bc. Pavel Stuš

Rostlinná produkce

Ing. David Bečka, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Možnosti využití hnojiva SAM pro jarní hnojení řepky ozimé (*Brassica napus* L.)" 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 24.7.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Davidu Bečkovi, Ph.D. za jeho trpělivost, vstřícný přístup, cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Cihláři, Ph.D. a panu Ing. Jaroslavovi Tomáškoví, Ph.D. za vstřícný přístup při odběrech a hodnoceních na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu.

Možnosti využití hnojiva SAM pro jarní hnojení řepky ozimé (*Brassica napus* L.)

Souhrn

Využití síry pro hnojení řepky ozimé je neustále diskutované téma. Úkolem diplomové práce je vyhodnotit využití hnojiva SAM pro jarní hnojení řepky ozimé. Cílem bylo prokázat, že hnojivo SAM dosahuje lepších výnosotvorných ukazatelů a výnosu než ostatní dusíkatá hnojiva a že pozitivně ovlivňuje kvalitativní ukazatele u řepky ozimé.

Pokus byl založen na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu (okres Praha západ) v letech 2016/17, 2017/18 a 2018/19. Využití hnojiva SAM bylo sledováno na odrůdě Marathon. Pokus se skládal z 8 variant ve 4 opakování s různým zastoupením dusíkatých hnojiv. Byla využita hnojiva LAD, DAM, SAM, DASA a Thiotrac. Celkem dávka dusíku činila 180 kg N/ha a byla rozdělena na 4 dílčí dávky pro jarní hnojení. V první dávce jsme hnojili 40 kg N/ha, ve druhé 50 kg N/ha, ve třetí 60 kg N/ha a při poslední 30 kg N/ha. Hodnocení bylo provedeno ve 3 termínech. Na jaře se sledovala délka kořene a lodyhy, hmotnost kořene a nadzemní biomasy, průměr kořenového krčku a sušina podzemní a nadzemní biomasy. V červnu jsme měřili výšku porostu a počítali větve. Při posklizňových rozbořech byl hodnocen výnos, HTS a olejnatost.

Hnojivo SAM ze statistického hlediska neovlivnilo žádný z ukazatelů, které byly v rámci této práce hodnoceny. Varianta s hnojivem SAM ve třetí dávce jarního hnojení dosáhla mírně vyššího výnosu (o 0,01 t/ha vůči kontrole) a zároveň nejvyšší olejnatosti (o 0,3 % oproti kontrole). Druhá varianta s hnojivem SAM ve třetí a čtvrté dávce jarního hnojení měla pouze o 0,03 t/ha horší výnos oproti kontrole, ale nejnižší olejnatost ze všech variant (43,2 %). Ekonomické zhodnocení ukázalo, že tyto varianty jsou téměř totožné s kontrolou, která byla hnojena pouze hnojivem LAD. V rámci všech hodnocení nejlépe dopadla varianta 2 s hnojivem DAM, které bylo aplikováno ve třetím a čtvrtém termínu jarního hnojení.

Vědecké hypotézy:

- 1) Hnojivo SAM dosahuje lepších výnosotvorných ukazatelů a výnosu u řepky ozimé než ostatní dusíkatá hnojiva.

ČÁSTEČNĚ POTVRZENA

- 2) Hnojivo SAM pozitivně ovlivňuje kvalitativní ukazatele u řepky ozimé.

ČÁSTEČNĚ POTVRZENA

Klíčová slova: řepka ozimá, dusík, dusíkatá hnojiva, SAM, výnos

Possibilities of using UAS fertilizer for spring fertilization of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)

Summary

The use of sulfur for fertilisation of winter rape is a constantly and widely discussed topic. The task of this thesis is to evaluate the use of UAS fertiliser for spring fertilisation of winter rape. The aim was to demonstrate that UAS fertiliser achieves better yield indicators and profits than other nitrogen fertilisers and that it positively affects qualitative indicators for winter rape.

The experiment was based on the FAPPZ Research Station in Červený Újezd (Prague West District) in 2016/17, 2017/18 and 2018/19. The use of UAS fertiliser was monitored on the Marathon variety of winter rape. The experiment consisted of 8 variants in 4 repetitions with different representation of nitrogen fertilisers. CAN, UAN, UAS, ASN and Thiotrac fertilisers were used. The total nitrogen dose was 180 kg N/ha and was divided into 4 partial doses for spring fertilisation. In the first dose we fertilised 40 kg N/ha, in the second 50 kg N/ha, in the third 60 kg N/ha and at the last 30 kg N/ha. The evaluation was carried out in 3 terms. In the spring, the length of the root and stems, the weight of the root and above-ground biomass, the diameter of the root neck and the dry matter of the underground and above-ground biomass were monitored. In June, we measured the height of the plants and counted the branches. In post-harvest analyses, yield, HTS and oiliness were evaluated.

From a statistical point of view, UAS fertiliser did not affect any of the indicators that were evaluated in this work. The UAS fertiliser variant in the third dose of spring fertilisation achieved slightly higher yield (by 0,01 t/ha vis-à-vis the control) and at the same time the highest oiliness (by 0,3 % compared to control). The second UAS fertiliser option in the third and fourth doses of spring fertilisation had only a 0,03 t/ha worse yield than control, but the lowest oiliness of all variants (43,2 %). Economic evaluation has shown that these variants are almost identical to the control that was fertilised only by CAN fertiliser. In all evaluations, option 2 with UAN fertiliser, which was applied in the third and fourth term of spring fertilization, performed the best.

Scientific hypothesis:

- 1) UAS fertiliser achieves better yields and profits for winter rape than other nitrogen fertilisers. **PARTIALLY CONFIRMED**
- 2) UAS fertiliser positively affects qualitative indicators for winter rape. **PARTIALLY CONFIRMED**

Keywords: winter rapeseed, nitrogen, nitrogen fertilizers, UAS, yield

Obsah

1 Úvod	1
2 Vědecké hypotézy a cíl práce	2
2.1 Vědecké hypotézy	2
2.1 Cíl práce	2
3 Literární řešerše.....	3
3.1 Původ řepky	3
3.2 Dějiny pěstování řepky ozimé	3
3.3 Biologie řepky ozimé	5
3.4 Současnost pěstování řepky.....	6
3.5 Význam pěstování řepky	7
3.5.1 Krmivářství	7
3.5.2 Potravinářství	7
3.5.3 Oleochemie	8
3.5.4 Zdroj obnovitelné energie	8
3.6 Dusík v přírodě.....	9
3.7 Síra v přírodě.....	10
3.8 Výživa a hnojení řepky ozimé	11
3.8.1 Dusík.....	12
3.8.2 Fosfor	13
3.8.3 Draslík.....	14
3.8.4 Vápník.....	15
3.8.5 Hořčík	16
3.8.6 Síra	17
3.8.7 Bór	18
3.8.8 Hnojení řepky ozimé dusíkem	19
3.8.8.1 Hnojení před setím	19
3.8.8.2 Hnojení na podzim	19
3.8.8.3 Hnojení na jaře	19
3.8.9 Organické hnojení řepky ozimé	20
3.8.10 Hnojení řepky ozimé sírou.....	21
4 Metodika	23
4.1 Výzkumná stanice Červený Újezd	23
4.1.1 Povětrnostní podmínky	23
4.1.1.1 Rok 2016/17	23
4.1.1.2 Rok 2017/18.....	24
4.1.1.3 Rok 2018/19.....	25
4.1.2 Půdní podmínky	26

4.1.3	Osevní postup	27
4.2	Metodika pokusu.....	27
4.2.1	Metodika hnojení dusíkem	27
4.2.2	Agrotechnika.....	27
4.2.2.1	Rok 2016/17.....	28
4.2.2.2	Rok 2017/18.....	28
4.2.2.3	Rok 2018/19.....	28
4.2.3	Odrůda Marathon.....	29
4.2.4	Hnojivo SAM.....	29
4.2.5	Hnojivo DAM.....	29
4.2.6	Hnojivo LAD	30
4.2.7	Hnojivo DASA	30
4.2.8	Hnojivo Thiotrac.....	30
4.2.9	Sledované znaky	31
4.2.10	Statistické hodnocení	32
5	Výsledky	33
5.1	Jarní hodnocení.....	33
5.1.1	Délka kořene	33
5.1.2	Hmotnost kořene.....	34
5.1.3	Průměr kořenového krčku.....	35
5.1.4	Sušina podzemní biomasy	36
5.1.5	Délka lodyhy.....	37
5.1.6	Hmotnost nadzemní biomasy	38
5.1.7	Sušina nadzemní biomasy.....	39
5.2	Předsklizňové hodnocení	40
5.2.1	Výška porostu	40
5.2.2	Počet větví	42
5.3	Posklizňové hodnocení.....	44
5.3.1	Výnos.....	44
5.3.2	Olejnatost.....	46
5.3.3	HTS.....	48
5.4	Ekonomické zhodnocení.....	50
5.5	Souhrnné hodnocení výsledků	52
6	Diskuze	53
7	Závěr.....	55
8	Literatura.....	56
9	Seznam tabulek, grafů a obrázků	61
9.1	Seznam tabulek	61

9.2	Seznam grafů	62
9.3	Seznam obrázků	63

1 Úvod

Řepka patří mezi nejvýznamnější olejninu světa (Liao et al. 2019). Jedná se o nejpěstovanější olejninu v České republice s výměrou 379 778 ha (ČSÚ 2019). V našich podmínkách se pěstuje ozimá forma (Baranyk et al. 2007) oproti celosvětově rozšířené jarní formě (Vašák et al. 2000). V rámci ozimé řepky se u nás nejvíce pěstují hybridní odrůdy (Volf & Zeman 2018).

Česká republika je plně soběstačná v produkci řepkového semene a významnou část také vyváží (Baranyk et al. 2007).

Řepka ozimá je významnou plodinou pro potravinářství, krmivářství, oleochemii a jako zdroj obnovitelné energie (Baranyk et al. 2007).

Patří mezi velmi intenzivně pěstované plodiny, které jsou náročné na živiny (Bečka et al. 2007). Vedle větší potřeby hnojení dusíkem je třeba dbát i na ostatní prvky, jako je bór, fosfor, hořčík a další (Vašák et al. 2000).

Nedostatek síry v zemědělských půdách se v posledních letech zhoršil. Především díky používání vysoce koncentrovaných hnojiv bez obsahu síry (Santos et al. 2020) a výraznému poklesu spadů síry z atmosféry (Vaněk et al. 2016). Nejen ale z těchto důvodů se ve výživě řepky stále více hovoří o potřebě dodat tento prvek v minerálních hnojivech. Hnojení sírou by v dnešní době mělo být samozřejmostí. Vedle snížení spadů došlo také k poklesu dodávky organické hmoty do půdy, která patřila mezi významný zdroj síry (Baranyk et al. 2007). Hnojení řepky ozimé sírou spolu nese spoustu problémů. Nejvýznamnější je například její velmi nízká výnosová odezva (Černý et al. 2017).

Vedle náročnosti na živiny je pro řepku také důležitá dobře zvládnutá chemická ochrana. Pěstování řepky ozimé se v podstatě bez herbicidů, fungicidů a insekticidů neobejde (Vašák et al. 2000). Důležitá je hlavně prevence, kam patří například uznané osivo, orba, dokonalé zapravení posklizňových zbytků nebo vhodný osevní postup. Všechny tyto operace výrazně omezují šíření patogenů (Bečka et al. 2007). Baranyk et al. (2007) uvádí, že fyto-sanitární účinky orby jsou nepopíratelné a pouze nákladně nahraditelné.

Spolu s náročností na pěstování je potřeba dodat, že se jedná o významnou kulturní plodinu s vysokou předplodinovou hodnotou. Obohacuje půdu o organickou hmotu a živiny v ní obsažené (Balík et al. 2007).

2 Vědecké hypotézy a cíl práce

2.1 Vědecké hypotézy

- 1) Hnojivo SAM dosahuje lepších výnosotvorných ukazatelů a výnosu u řepky ozimé než ostatní dusíkatá hnojiva.
- 2) Hnojivo SAM pozitivně ovlivňuje kvalitativní ukazatele u řepky ozimé.

2.1 Cíl práce

Cílem práce je ověřit možnost využití tekutého dusíkatého hnojiva s obsahem síry SAM pro jarní hnojení řepky ozimé a porovnat s jinými dusíkatými hnojivy.

Sledování hmotnosti kořenů a nadzemní biomasy.

Sledování výšky rostlin a počet větví.

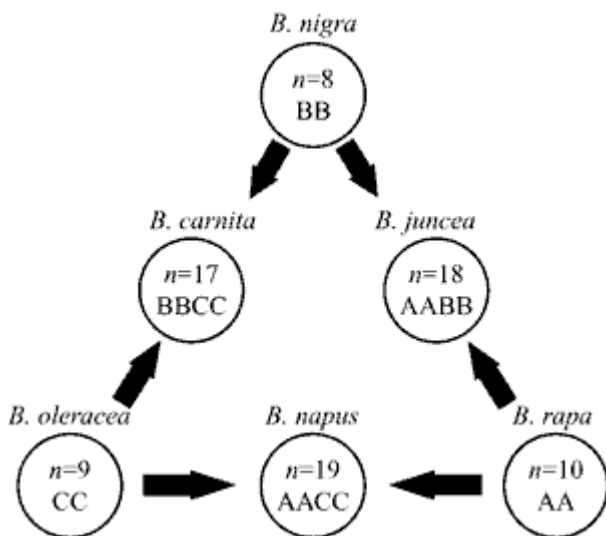
Sledování výnosu, olejnatosti a hmotnosti tisíce semen.

3 Literární rešerše

3.1 Původ řepky

Dle Vašáka et al. (2000) *Brassica napus* nemá planého předka.

Podle jedné z hypotéz druh *B. napus* vznikl zpětným křížením a zdvojením počtu chromozomů *Brassica campestris* L. syn. *rapa* L. (řepice) a *Brassica oleracea* L. (brukev zelná). Vzniká takzvaný amfidiploid s 38 chromozomy. Tímto způsobem tento druh vznikl v různých oblastech, jako je západní Evropa, či jihovýchodní Asie. Jedná se o allopolyploid (určitý typ polyploidu), který vzniká spojením a zmnožením genomu různého druhového původu (Baranyk et al. 2007). Genové vazby mezi druhy jsou znázorněny na Obrázku 1.



Obrázek 1 Genové vztahy mezi druhy *Brassicaceae*

Zdroj: (Raymer 2002)

3.2 Dějiny pěstování řepky ozimé

První zmínka spojovaná s řepkou pochází z 15. století. Jedná se o rukopisnou sbírku kuchařských předpisů v Národním muzeu v Praze, kde se dozvídáme o využití lampového oleje (Baranyk et al. 2007).

V Mathioliho herbáři z roku 1590 je možné se dočíst „O Řepe kolniku“, který se využíval k výrobě mýdla a olejů (Baranyk et al. 2007).

Dříve se nerozlišovalo pěstování řepky a řepice. Instrukce frýdlantská v roce 1682 poprvé rozděluje tyto dvě plodiny. Vedle prvního rozmachu pěstování řepky dochází k nárůstu velkých měst, manufaktur, moderního hutnictví a lehkého průmyslu (Baranyk et al. 2007).

První, kdo usiloval o širší pěstování řepky na území dnešní České republiky, byla Marie Terezie a Josef II. Sedláci však jejich názory nesdíleli. Pěstování řepky pro ně bylo velmi náročné. Vyžadovala více práce než například obilniny. Mezi další propagátory

pěstování řepky v 17. století se řadí F. X. Horský a Frádlý. Podněcovali zavádění střídání plodin, což mělo pozitivní vliv na pěstování řepky (Baranyk et al. 2007).

V 18. století dochází k navýšení spotřeby řepkového oleje, a to především díky zdokonalení lampového oleje, se kterým je spojován Švýcar Argandem (Baranyk et al. 2007).

První zaznamenané osevní plochy, výnosy a sklizeň řepky na území České republiky pochází až z roku 1868 (Baranyk et al. 2007).

Přelom 19. a 20. století hovoří o řepce jako o okopaninové kultuře, která byla primárně hnojena chlévským hnojem. Sklízela se stejně jako ostatní obiloviny. Důležitým bodem v pěstování bylo zvládnout ochranu proti blýskáčku řepkovém, který dokázal zdecimovat celou úrodu. Dochází zde k prvnímu úbytku ploch. Hlavní měrou se na to podílel rozvoj svítiplynu a petroleje (Baranyk et al. 2007).

20. století přináší velké změny v pěstování řepky. V roce 1930 dochází skoro k zániku řepky. Byla pěstována pouze na výměře 1.073 ha. O 5 let později přichází mírný nárůst díky cukrovarnické krizi a těžkostem s odbytem obilovin. Průměrné výnosy se pohybovaly od 2 do 2,5 t/ha. V roce 1944 došlo ke snížení průměrného výnosu řepky, ale pěstovala se v České republice na výměře 38.000 ha. Na Slovensku výměra řepky dosahovala pouze 4.000 ha. O rok později (1945) přichází kolektivizace, která negativně ovlivnila nejen pěstování řepky, ale měla vliv na celé zemědělství. Do roku 1970 se pěstovaly tzv. odrůdy „EG“. Měly nevyhovující kvalitu. Vyšší obsah kyseliny erukové a glukosinolátů zapříčinilo velmi úzké využití (Baranyk et al. 2007). Glukosinoláty jsou takzvané hořčičné silice, které výrazně zhoršují chuť a zdravotní vlastnosti řepky (Bečka et al. 2007). Můžeme říct, že se olej využíval pouze pro technické účely. Následně se začaly pěstovat tzv. „0“ odrůdy řepky. Měly snížený obsah kyseliny erukové (do 5 %). Pěstování těchto odrůd zapříčinilo rozšíření využití pro potravinářské účely. Dalším milníkem byl rok 1983. Došlo totiž ke vzniku Systému výroby řepky (SVŘ). Zdokonalila se ochrana v řepce a došlo k zpřesnění hnojení dusíkem (Vašák et al. 2000). Z důvodu vysokého obsahu glukosinolátů nebylo možné řepku využít v krmivářství. Tento problém měly vyřešit v roce 1985 tzv. „00“ řepky. Jednalo se o odrůdy s minimálním obsahem kyseliny erukové a nízkým obsahem glukosinolátů. Bezproblémové využití v potravinářství a využití řepky v krmných směsích zapříčinilo nárůst osevních ploch (Baranyk et al. 2007). Od roku 1992 se v ČR a na Slovensku pěstují pouze „00“ řepky (Bečka et al. 2007) Koncem 20. století přichází na trh hybridní odrůdy. Mají stejné uplatnění jako „00“ řepky. Využívají však heterozní efektu a díky tomu dosahují vyšších výnosů. Řepka je větší a nasazuje více šesulí. Vedle výnosu mají také pozitivní vliv na vitalitu, odolávají více suchu a mají lepší zimovzdornost. Nevýhodou je však dražší osivo, nestejně zrají, nebo problematická sklizeň díky velkému množství biomasy. Vyžadují intenzivní pěstování, jinak výnosově nepřekvapí (Baranyk et al. 2007).

Přelom 20. a následné 21. století je ve znamení nových trendů. Objevují se žlutosemenné odrůdy, polotrpasličí a trpasličí. V neposlední řadě GM odrůdy, které své využití nachází především mimo země EU, která se brání a je skeptická vůči pěstování těchto geneticky modifikovaných odrůd (Baranyk et al. 2007). Vzniká i nová technologie Clearfield, která je, podobně jako GM odrůdy, založena na toleranci k herbicidu. Nicméně se nejedná o uměle vytvořenou genetickou mutaci, a tak tyto odrůdy mohou být pěstovány i v zemích

Evropské unie (Rahman et al. 2011). Jedním z posledních trendů je pěstování trpasličí a polotrpasličí odrůdy, které měly usnadnit sklizeň, ale k výraznému rozšíření však nedošlo (Bečka et al. 2013).

3.3 Biologie řepky ozimé

Řepka olejka patří do čeledi *Brassicaceae*. Tato čeleď obsahuje na 170 rodů s přibližně 2000 známými druhy (Vašák et al. 2000).

Délka vegetace v našich podmínkách je 300 - 340 dní. V nadmořských výškách nad 600 m může vegetační doba být i 375 dní, tedy celý rok (Vašák et al. 2000).

Vašák et al. (2000) uvádí, že semena řepky klíčí při teplotě 1 °C.

Řepka má dlouhý kulový kořen s bohatým kořenovým vlášením (Vašák et al. 2000). Hloubka zakořenění dosahuje od 110 do 175 cm. Bohatý kořenový systém má pozitivní vliv na vyplavování živin a kontaminaci spodních vod (Baranyk et al. 2007). Díky velkému množství biomasy (kořenový systém), kterou řepka tvoří, má výbornou předplodinovou hodnotu (Fábry et al. 1992). Dobře vyvinutý kořenový systém společně s dobrým poměrem nadzemní a podzemní biomasy pozitivně ovlivňuje vitalitu (Baranyk et al. 2007). Pokud řepka dokáže na podzim vytvořit kořenový krček o tloušťce 8 mm, tak tyto rostliny jsou schopné odolat v půdě až holomrazům – 20 °C (Vašák et al. 2000).

Podzimní vývoj by měl být ideálně ukončen ve fázi listové růžice (Fábry et al. 1992).

Na jaře dochází k rychlému růstu lodyhy. Její délka se pohybuje nejčastěji od 125 – 200 cm. Variabilita výšky rostlin je však závislá na spousta faktorech, jako je například odrůda, ročník, či technologii pěstování (Fábry et al. 1992).

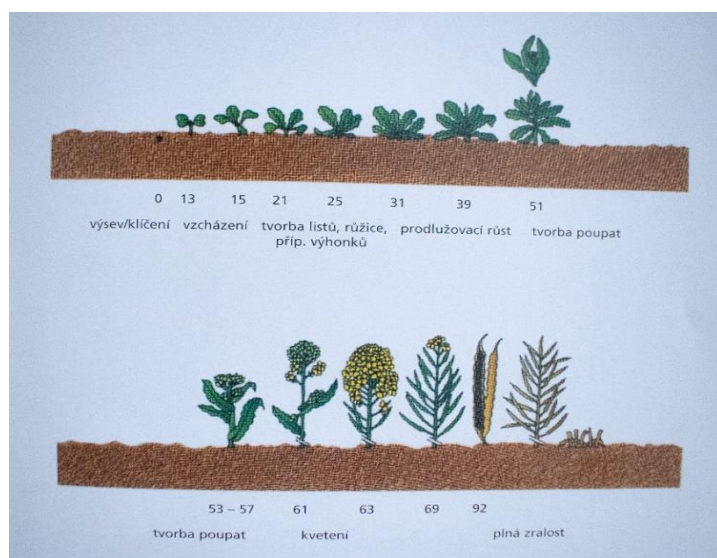
Listy jsou lyrovitě peřenodílné, stopkaté a na vrchní části listu mají vykrajovaný a nepravidelný zoubkovaný lalok (Fábry et al. 1992).

Z lodyhy vyrůstá 6 – 8 větví, které se dále rozvětvují (Vašák et al. 2000).

Rostliny vytváří 300 až 500 květů. Ve fázi tvorby šešulí však dochází k velké redukci a při sklizni se na rostlině obvykle nachází 80 – 120 šešulí (Vašák et al. 2000). Řepka je fakultativně cizosprašná rostlina (Baranyk et al. 2007). Je opylována hmyzem, který přenáší cizí pyl (Fábry et al. 1992). Vašák et al. (2000) uvádí, že k opylení může dojít i větrem, ale většinou tak dochází pouze u 10 % porostu.

Plodem, jak už bylo zmíněno, jsou šešule, které obsahují cca 20 tmavě zbarvených semen (Baranyk et al. 2007). Délka šešule je zpravidla 5 – 10 cm. Skládá se ze dvou chlopní a blanité přepážky (Fábry et al. 1992). Hmotnost tisíce semen (dále jen HTS) se pohybuje okolo 5 g (Baranyk et al. 2007). Olejnatost (obsah oleje v řepkovém semeni) je přes 40 % (Bečka et al. 2007).

Fenologickou stupnici řepky znázorňuje Obrázek 2.



Obrázek 2 Fenologická stupnice, BBCH – Řepka ozimá

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.4 Současnost pěstování řepky

Řepka je 3. nejvýznamnější olejnína světa (Liao et al. 2019) a patří mezi nejpěstovanější olejníny mírného pásu. Může se pěstovat jak ve formě ozimé, tak jarní. Pro naše podmínky převažuje pěstování ozimé formy. Jarní řepka se spíše uplatňuje pouze jako náhrada za vyhynulou řepku ozimou (Baranyk et al. 2007). Výměra, výnos a celková produkce jarní a ozimé řepky v ročníku 2017/18 je znázorněna v Tabulce 1 a vývoj osevní plochy ozimé řepky za rok 2018 a 2019 v Tabulce 2. V rámci EU největším pěstitelem je Německo. Mezi významné pěstitele řepky ozimé pak dále patří Francie a Polsko (Bečka et al. 2007). Celosvětově je však rozšířena jarní forma. Mluvíme o takzvané canole. Mezi významné pěstitele patří Kanada, Rusko, Švédsko, Finsko (Baranyk et al. 2007) a Čína (Yang et al. 2013).

Tabulka 1 Plocha, výnos a produkce řepky v ČR (2017/18)

	Plocha v ha	Výnos v t/ha	Produkce v tis. t
Řepka ozimá	410 802	3,42	1 404,9
Řepka jarní	1 000	1,30	13,0
Celkem	411 802	3,41	1 417,9

Zdroj: (Volf & Zeman 2018)

Tabulka 2 Osevní plochy řepky ozimé v roce 2018 a 2019

Plodina	2018	2019	Rozdíl
Řepka	411 802 ha	379 778 ha	-32 024 ha

Zdroj: (ČSÚ 2019)

Podle Volfa & Zemana (2018) převažuje pěstování hybridních odrůd, které v roce 2018 u členů SPZO dosáhly výnosu 107 % (3,69 t/ha) oproti liniovým odrůdám.

Nejpěstovanějšími hybridními odrůdami pro rok 2018 byli DK EXCEPTION (23 973 ha, 3,85 t/ha), ATORA (15 895 ha, 3,82 t/ha) a ALICANTE (13 674 ha, 3,78 t/ha). Co se týká liniových odrůd, tak nejlepšího výnosu dosáhla odrůda SIDNEY (3,63 t/ha). Největší plochu mezi liniovými odrůdami měla Arabella (7 202 ha) (Volf & Zeman 2018).

3.5 Význam pěstování řepky

3.5.1 Krmivářství

Větší využití pro krmivářské účely přichází s „00“ odrůdami, které mají nízký obsah antinutričních látek (glukosinolátů). Pro toto využití hovoříme hlavně o extrahovaných šrotech, výliscích nebo drcených semenech. Jedná se o významnou bílkovinnou součást krmných směsí (Baranyk et al. 2007). Zuo et al. (2016) uvádí, že jejich kvalita je dána obsahem bílkovin a aminokyselin. Extrahované šroty z řepky obsahují zhruba 38 % hrubých bílkovin. Mají i příznivý podíl esenciálních aminokyselin (Fábry et al. 1992). Podle Schone (1993) z výživářského hlediska je lepší, aby řepkový tuk obsahoval více kyseliny olejové místo linoleové a linolenové. Řepku však je možné nahradit šroty ze sóji, která je k nám ve velkém množství importována ze zahraničí (Baranyk et al. 2007). Iqbal et al. (2018) uvádí, že dobré krmivo vznikne například smísením semen řepky s ovsem v poměru 40:60.

Maenz (2007) uvádí, že řepka je vhodná nejen pro výživu hospodářských zvířat, ale také ryb.

Nesmíme však zapomenout ani na včely. Řepka hraje ve výživě včel velkou roli. Jedná se o velmi bohatou a významnou medonosnou rostlinu (Novák & Skalický 2012) pro mnoho hmyzích druhů konzumujících květinový nektar (Carruthers et al. 2017).

3.5.2 Potravinářství

V potravinářství má řepka široké využití. Řepkový olej je možné využít jak pro teplou, tak studenou kuchyni. Velmi dobře snáší vysoké teploty a má vyšší oxidační stabilitu oproti ostatním rostlinným olejům. Tím pádem je vhodné ho využít při smažení, nebo jako zálivky do salátů, výrobu dresingu a podobně. Vůči sójovému oleji obsahuje méně nasycených mastných kyselin, které mají negativní vliv na cholesterol v krvi. Řadí se mezi velmi kvalitní oleje (Baranyk et al. 2007).

Vašák et al. (2000) uvádí, že řepka je významným zdrojem bílkovin pro lidskou výživu.

Čistý řepkový olej obsahuje 6 - 8 % nasycených mastných kyselin, 50 – 60 % nenasyčených kyselin (podobně jako olivový olej), 20 – 22 % kyseliny linolové, 9 – 10 % alfa-linolenové kyseliny, příznivý poměr kyseliny linolenové a linolové (2:1) a přijatelný poměr vitamínu E a tokoferolů (Baranyk et al. 2007)

3.5.3 Oleochemie

V oleochemii se tuky a olej rozkládají hydrolyzou, nebo alkoholýzou. Produkty tohoto rozkladu jsou mastné kyseliny, glycerol a estery mastných kyselin (Baranyk et al. 2007). Velmi významným vedlejším produktem je glycerol. Jedná se o trojsytný alkohol, díky kterému je vhodné řepku využít i ve výživě hospodářských zvířat (Vašák et al. 2000).

Řepkový olej je možné využít pro výrobu maziva, vazelíny, laku, fermeže. Hojně se využívá také v kosmetice a farmacii. V neposlední řadě se může využít při výrobě výbušnin (Baranyk et al. 2007).

3.5.4 Zdroj obnovitelné energie

Mezi hlavní energetické využití řepky patří bionafta. Reakcí řepkového oleje a metylalkoholu vzniká metylester řepkového oleje, který je označován jako MEŘO (Baranyk et al. 2007). Mezi hlavní výhody bionafty patří dobrá biologická rozložitelnost a lepší složení emisí. Při využití bionafty motory mají zhruba poloviční kouřivost (Vašák et al. 2000). Obecně však platí, že s využitím bionafty mírně stoupá spotřeba, vykazuje vyšší agresivitu vůči plastům a horší chladové vlastnosti. Z tohoto důvodu je nutná doaditivace ve studených zimních měsících (Baranyk et al. 2007). Parametry řepkového oleje znázorňuje Tabulka 3.

Tabulka 3 Palivářské parametry řepkového oleje

Parametry	Jednotka	Řepkový olej
Hustota	kg/m ³ při 15 °C	920
Viskozita	mm ² /s při 40 °C	35,89
Cetanový index		50
Bod vzplanutí	°C	327
Výhřevnost	V % vůči N. M.	87
Obsah vázané síry	ppm	méně než 10
Popeloviny	mg/kg	méně než 100
Nečistoty	mg/kg	podle použité filtrace
Bod zákalu	°C	-4
Ztráta filtrovatelnosti	°C	-10
Voda	ppm	více než 200 (podle sušení)
Karbonizační zbytek podle Conradsona	%	0,64

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

Mezi další energetické využití patří například spalování řepkových šrotů, pokrutin a slámy. Ideální je vše spalovat ve směsi s hnědým uhlím (Baranyk et al. 2007). Nejlepší výhřevnost mají semena, nejnižší pak stonky. Problémem jsou však emise, které jsou mnohem vyšší, než při spalování černého uhlí (Siemek et al. 2020).

3.6 Dusík v přírodě

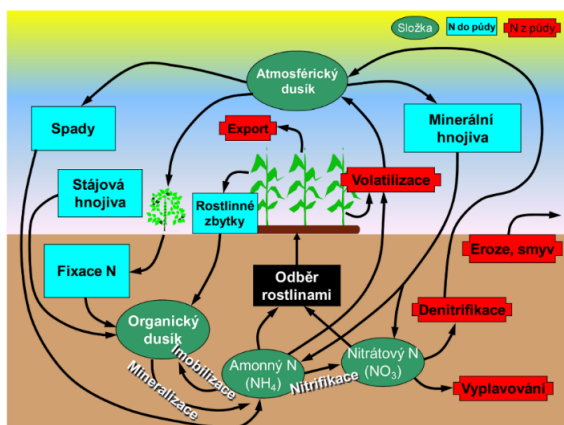
Sloučeniny dusíku a dusík samotný mají nezastupitelné postavení ve veškerých živých sloučeninách (Balík et al. 2012).

Dusík tvoří cca 78 % atmosféry. Nachází se zde převážně ve formě N_2 (Vitousek & Horwath 1991). 98 % z celkového dusíku se nachází v litosféře, 2 % v atmosféře a malé množství v hydrosféře a biosféře. Většina dusíku na naší planetě je pevně vázaná. Pouze 2,5 % se nachází v přístupných formách (Balík et al. 2012).

Z celkového N v půdě je pouze 1 – 2 % přístupného pro rostliny. Mezi přístupné formy N patří NH_4^+ (amonná) a NO_3^- (nitratová). Dalším významným zdrojem dusíku, hlavně pro většinu ekosystémů, je organická hmota. Organický dusík je však většinou pro rostliny těžko přijatelný a podléhá rozkladným procesům. Při mineralizaci dochází k přeměně organického dusíku na dusík minerální. Jedná se tedy o půdní proces rozkladu organické hmoty, díky kterému se uvolňují živiny, které rostliny mohou využít. Opačným dějem je imobilizace. Dalším procesem je nitrifikace, díky které v půdě dochází k přeměně amonné formy dusíku na formu nitratovou (Balík et al. 2012). Přijatelné formy dusíku dále mohou vznikat fixací vzdušného N mikroorganismy. Toho využívají například bobovité rostliny, které mají symbiotické bakterie rodu *Rhizobium* na kořenech (Lellák & Kubíček 1992). Dalšími možnostmi je suchá a mokrá disperze. V případě suché disperze mluvíme o N obsaženého v prachu a při mokré disperzi N obsaženého ve srážkách. Nesmíme však zapomenout na využití stájových a minerálních hnojiv, která za pomoci člověka vstupují do koloběhu (Balík et al. 2012). Wendeborn (2020) uvádí, že pouze 30 - 50 % aplikovaného dusíku je asimilováno rostlinami a zbylých 50 – 70 % jde do biologických procesů, jako je nitrifikace. Dykyjová et al. (1989) uvádí, že fixaci dusíku ve vodách způsobují sinice a mezi významné fixátory N v půdě jsou aerobní bakterie rodu *Azotobacter*. Lellák & Kubíček (1992) uvádí, že mezi významné sinice patří rody *Anabaena* a *Aphanizomenon*. V přírodě dochází vedle fixace i ke ztrátám dusíku z půdy. Na tom se podílí vyplavování, eroze a smyv (Balík et al. 2012).

K přeměně zpět na atmosférický dusík dochází díky denitrifikaci a volatilizaci (Balík et al. 2012).

Kompletní koloběh dusíku se všemi pochody je znázorněn na Obrázku 3.



Obrázek 3 Koloběh dusíku v přírodě

Zdroj: (Balík et al. 2012)

3.7 Síra v přírodě

Vaněk et al. (2016) uvádí, že síra se v ovzduší nachází ve formě SO_2 , kterou i částečně (30 %) rostliny využívají. Během posledních 20 let došlo k výraznému poklesu spadu síry do půdy. Výrazně se na tom podílelo odsíření elektráren a nižší spotřeba uhlí. Uvádí se, že v 90. letech minulého století docházelo ke spadu 50 – 100 kg S/ha za rok. V roce 2017 tyto spady byly pouze 5 – 10 kg S/ha za rok. Tím pádem tyto spady jsou nedostačující i pro plodiny méně náročné na síru (Černý et al. 2017).

Síra se v půdě vyskytuje v oxidované formě, vázaná v organických sloučeninách (redukována forma) a v mikroorganismech. Díky mineralizaci se pak síra přemění na formu SO_4^{2-} , která je přijatelná pro rostliny (Vaněk et al. 2016). Síranový aniont není poután sorpčním komplexem. Je velmi mobilní a snadno podléhá vyplavení. Dalším vstupem síry do půdy jsou stájová hnojiva. Využitelnost síry z hnoje je však velmi malá (5 – 15 %). Co se týká využitelnosti u tekutých stájových hnojiv, tak je až 3× vyšší. Z důvodu nízkého obsahu sušiny jsou však tyto hnojiva slabým zdrojem síry. Z 30 t kejdy je do půdy dodáno pouze 12 kg S. Bohužel i tyto vstupy za poslední roky klesly. Hlavní důvodem je úbytek živočišné výroby a s tím snížená produkce stájových hnojiv (Černý et al. 2017).

Jak již bylo řečeno, tak hlavním zdrojem pro řepku jsou sírany. Z půdního roztoku jsou aktivně přijímány kořeny pomocí síranových přenašečů. V rostlině jsou pak přenášeny transpiračním proudem v xylému. Síra se převážně vyskytuje u nadzemní biomasy v chloroplastech a u kořenů v plastidech, kde je redukována na sulfid (S^{2-}), který je asimilován do organických sloučenin. Zhruba polovinu přijaté a asimilované síry rostlinou tvoří bílkoviny. Zbytek je uložen ve vakuolách (zásobní anorganické sírany SO_4^{2-}). Nicméně například u starých listů může být podíl síry až 70 – 90 %. Obsah síry totiž závisí na výživě a konkrétní části rostliny. Velmi malý podíl síry se také vyskytuje v organických látkách (aminokyseliny cystein a methionin, glutathion, sulfolipidy a glukosinoláty). Problémem u řepky je však malá mobilita síranů ze starých listů. Mobilizace je pomalejší oproti rychlému růstu biomasy (Černý et al. 2017).

3.8 Výživa a hnojení řepky ozimé

Řepka patří mezi intenzivní plodiny. Jedná se o velmi náročnou plodinu na živiny (viz Tabulka 4) (Baranyk et al. 2007). Pro dosažení vysokých výnosů a nejlepšího ekonomického výnosu je nezbytná vyvážená výživa (Ma et al. 2019). Fallahpour et al. (2020) dodává, že vhodná výživa může rostlinám pomoci kompenzovat poškození od patogenů. Podle Bečky et al. (2007) je řepka 2 – 3× náročnější než běžně pěstované obilniny. Řepka se dříve pěstovala na nejúrodnějších půdách. Dnes se však stala plodinou méně náročnou na podmínky stanoviště, a to hlavně díky intenzitě hnojení (Baranyk et al. 2007). Long et al. (2016) uvádí, že kromě živin se v některých oblastech limitujícím faktorem stává voda. Hammac et al. (2017) dále uvádí, že dalším významným faktorem je teplo.

Tabulka 4 Odběrový normativ na výnos 1 t semene řepky ozimé.

Jednotka	kg/t						g/t					
Živina	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Mo	B
Potřeba	52	11	40	30	4	12	140	60	60	18	2	75
	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až
	59	18	50	38	6	16	170	80	100	25	6	110

Zdroj: (Balík et al. 2007)

Velkou výhodou ve výživě a hnojení řepky ozimé je návratnost živin do půdy. V nezanedbatelné míře se živiny využití rostlinou vrací do půdy s posklizňovými zbytky (viz Tabulka 5) (Vašák et al. 2000).

Tabulka 5 Návratnost živin do půdy z posklizňových zbytků

Živina	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Fe	Zn	Cu	Mo
Návratnost v %	30	20	75	83	45	70	45	75	50	40	80	80
	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až	až
	45	45	88	88	55	78	60	85	70	60	85	90

Zdroj: (Balík et al. 2007)

3.8.1 Dusík

Dusík je jak pro rostliny, tak pro všechny živé organismy, nepostradatelnou živinou (Bessa et al. 2019).

Nedostatek se projevuje snížením tvorby stavebních a funkčních bílkovin. Dochází k omezení růstu a tvorby všech orgánů, jako jsou listy, větve, opad květních pupenů a květů, nebo redukce větví a šišulí. Rostliny jsou nižšího vzrůstu, slabší a světlejší. Porosty také často vykazují nevyrovnanost při růstu (Baranyk et al. 2007). Při nižší dostupnosti dusíku na začátku vegetace je podpořena tvorba kořenů (Seepaul et al. 2016).

Nadbytek dusíku se projevuje sytě zelenou barvou. Rostliny jsou velmi dobře vyvinuté a robustní. Při nadbytku dusíku u řepky dochází k horšímu přezimování, prerůstání, většímu větvení a nevyrovnanému kvetení. Husté porosty mají také negativní vliv na světlené podmínky a vlhkost. Dochází k vytváření ideálního mikroklima pro škodlivé organismy (Baranyk et al. 2007).

Ma et al. (2015) uvádí, že hnojením dusíkem získáme vyšší výnos. Podle Ferguson et al. (2016) je potřeba dávat pozor na přehnojení, protože při nadměrném hnojení dusíkem na jaře se snižuje olejnatost. Hnojení dusíkem má také své opodstatnění v zasoleném prostředí, kde snižuje jeho nepříznivé účinky (Ebrahimian et al. 2017). Podobně na zasolení působí křemík (Hashemi et al. 2010, Farshidi et al. 2012).

3.8.2 Fosfor

Fosfor má nezastupitelné postavení v celé řadě biochemických reakcích a přenosu energie. Důležitou roli u řepky hraje v období tvorby květů. Řepka zakládá větší květenství, má více květů a tvoří více semen. Má pozitivní vliv i na klíčivost semen (Baranyk et al. 2007).

Při jeho nedostatečném příjmu dochází k narušení procesů, které úzce souvisejí s fotosyntézou. Dále rostliny dříve přecházejí do generativní fáze. Celkové se zkracuje vegetační období. Díky zvýšené tvorbě antokyanů jsou listy purpurové, až fialové (viz Obrázek 4) (Baranyk et al. 2007).

Černý et al. (2014) uvádí, že potřeba fosforu pro řepku ozimou je 40 – 60 kg P/ha a je během celé vegetace přijímán rovnoměrně.

Bolland & Brennan (2008) uvádí, že řepka má velmi dobrou odezvu na hnojení fosforem.

Vašák et al. (2000) uvádí, že na většině půd na území České republiky je nutné hnojit fosforem.



Obrázek 4 Deficit fosforu

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.3 Draslík

Draslík je velmi pohyblivý prvek v rostlině. Umožňuje transport i ostatních látek (Baranyk et al. 2007). Černý et al. (2014) dodává, že přes jeho dobrou pohyblivost je málo předáván do šišulí a semen. Ovlivňuje osmotický tlak (turgor), otevírání a zavírání průduchů, příjem vody kořeny a její průchod do xylému (Baranyk et al. 2007). Černý et al. (2014) uvádí, že draslík má vliv na transport asimilátů jak z listů do semen, tak do kořenů. Podle Cavalcante et al. (2020) může mít aplikace draslíku pozitivní vliv na plochu listů počet semen.

Při dostatku draslíku rostliny mají pevnější buněčné stěny, které pozitivně ovlivňují mrazuvzdornost řepky (Baranyk et al. 2007).

Nedostatek draslíku způsobuje zhoršení regenerace, mrazuvzdornosti. Rostliny jsou často napadány houbovými chorobami, jako je *Alternaria brassiceae*. Na listech se deficit projevuje nejprve zasycháním okrajů spodních listů (viz Obrázek 5) a může docházet až k opadu (Baranyk et al. 2007).

Celková potřeba draslíku pro řepku je 200 – 300 kg K/ha. Nejvíce draslíku, 70 % z celkové potřeby, přijme řepka v období regenerace až butonizace. V tomto období je řepka schopna každý den přijmout 5 – 10 kg K/ha (Černý et al. 2014).



Obrázek 5 Deficit draslíku

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.4 Vápník

Vápník je významný především pro stabilizaci buněčných stěn a membrán. Podílí se na tvorbě kořene a kořenového vlášení (Baranyk et al. 2007). Evans et al. (2016) uvádí, že vyšší koncentrace chloridů (například CaCl_2 nebo KCl) v řepce vede k vyšší toleranci k nízkým teplotám. Rezayian et al. (2018) ve své studii prokázal při hnojení vápníkem vyšší odolnost proti stresu způsobenou suchem a pozitivní vliv na kvalitu oleje. Při hnojení řepky vápníkem můžeme snížit vliv toxicity bóru, která vzniká nadměrným hnojením bórem (Metwally et al. 2018).

Jeho dostatek se projevuje bohatým kořenovým systémem, a díky tomu rostliny mají lepší příjmovou kapacitu pro živiny. Dále při dostatku vápníku v pletivech zvyšuje celkovou odolnost proti negativním vlivům, jako je teplota, nebo napadení škůdci a chorobami (Baranyk et al. 2007).

Nedostatek vápníku způsobuje špatný růst kořenů, opad květů a u řepky dále způsobuje lámání vegetačního vrcholu (viz Obrázek 6) (Baranyk et al. 2007).



Obrázek 6 Deficit vápníku

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.5 Hořčík

Hořčík se v rostlinách nachází v chlorofylu, fytinu, oxalátů, či sorpčně vázaný, ve formě chelátů, nebo ve formě volných iontů. V chlorofylu se nachází asi 15 – 20 % veškerého Mg v rostlině (Baranyk et al. 2007). Černý et al. (2016) uvádí, že hořčík působí na tvorbu ATP v chloroplastech a má vliv na zabudování nitrátového dusíku a síry do organických vazeb.

Nedostatek hořčíku negativně ovlivňuje tvorbu chlorofylu a chloroplastů. Na starších listech dochází k chlorózám (viz Obrázek 7). Podobně jako u nedostatku fosforu, listy často mají purpurové zbarvení. Může docházet až k odumírání poškozených chlorotických částí (Baranyk et al. 2007). Černý et al. (2016) dodává, že nedostatek Mg inhibuje transport látek floémem.

Potřeba hořčíku pro řepku ozimou je 15 – 40 kg Mg/ha v závislosti na výnosu. Příjem je během celé vegetace poměrně rovnoměrný (Černý et al. 2016).

Vašák et al. (2000) uvádí, že podobně jako u fosforu většina našich půd trpí nedostatkem hořčíku.



Obrázek 7 Deficit hořčíku

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.6 Síra

Síra je pro rostliny nepostradatelným prvek. Je nezbytná v syntéze esenciálních aminokyselin, jako je cystein, cystin, nebo metionin. Dále je důležitá pro tvorbu bílkovin a podporuje tvorbu glykosidů. V rostlině se nachází ve formě síranu, který má funkci zásobní (Baranyk et al. 2007).

Nedostatek síry se projevuje omezením syntézy bílkovin a snižuje se aktivita enzymů (nitrátreduktázy). Typickým projevem je také žloutnutí od nejmladších listů (viz Obrázek 8). Dále deficit síry vede ke snížení počtu větví a opadu květů. Šešule se špatně vyvíjí a mají malá semena, či jsou úplně hluché (Baranyk et al. 2007). Deficit síry se může projevit během celé vegetace (Malhi & Gill 2002). Černý et al. (2017) uvádí, že krátký deficit síry na počátku vegetace může zvyšovat tvorbu kořenů, a to až o 40 %. Wang et al. (2017) uvádí, že u mladých rostlin řepky se nemusí vždy nedostatek síry ani projevit.



Obrázek 8 Deficit síry

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.7 Bór

Důležitou roli ve výživě řepky hraje také bór. Ovlivňuje a podílí se na procesech tvorby, transportu, ukládání energetických látek (sacharóza), stability buněčných stěn a ovlivňuje hospodaření s vodou (Baranyk et al. 2007). Bór má také pozitivní vliv na vitalitu semen (Eggert & Wiren 2016; Javadi et al. 2016). Ma et al. (2019) uvádí, že hnojení bórem zvyšuje jeho koncentraci ve slámě a má minimální vliv na výnos.

Nedostatek bóru se projevuje snížením kvality produkce (méně zásobních látek). Při výrazném nedostatku dochází ke snížení výnosu. Rostliny mají zpomalený růst kořenů i nadzemních částí. Zpočátku deficit bóru můžeme zjistit na vegetačním vrcholu a kořenové špičce (pomalý růst). Listy jsou zakrnělé a mají svinutý okraj. Typická je pro ně tmavé až šedozelené zbarvení (viz Obrázek 9). Stonek je silnější a může docházet k praskání. Společně s nedostatkem vápníku jsou projevy deficitu bóru větší (Baranyk et al. 2007).

Ideální dávka je 2 kg B/ha (Manaf et al. 2019). Přestože se nejedná o tak vysoké číslo jako v případě jiných prvků, tak správně zvládnutá výživa B u řepky může mít významný vliv na výnos (Černý et al. 2015). Při vyšších dávkách, například 4 kg B/ha, dochází ke snížení výnosu a olejnatosti. Vysoké dávky B také mohou vést k toxicitě (jednoděložné rostliny) (Černý et al. 2015). Vašák et al. (2000) dodává, že je nutné ideální dávku dodržet, protože u bóru je velmi malé rozmezí mezi nadbytkem a nedostatkem. Nejúčinnější pro zlepšení vitality semen a podporu klíčení je aplikace bóru do půdy (Eggert & von Wiren 2016).

Siede et al. (2013) uvádí, že bór má insekticidní účinek. Aplikace bóru v kvetoucí řepce však není nebezpečna pro včely.



Obrázek 9 Deficit bóru

Zdroj: (Baranyk et al. 2007)

3.8.8 Hnojení řepky ozimé dusíkem

3.8.8.1 Hnojení před setím

Vaněk et al. (2016) uvádí, že základní hnojení slouží k zajištění dobrého růstu a přezimování. Vašák et al. (2000) uvádí, že hnojení N před setím podporuje růst nadzemní biomasy a nemusí docházet k dostatečné tvorbě kořenového systému.

Hnojením před setím volíme pouze v případě, pokud nebylo použito organické hnojení, ve vyšších polohách, pokud předplodinami byly dvě obilniny pěstované po sobě, nebo pokud zaoráváme slámu a je potřeba upravit poměr C : N (Baranyk et al. 2007).

Doporučená dávka je 20 – 30 kg N/ha v hnojivech, jako jsou NPK, Amofos, NP roztoky, LAV, DASA, DAM, močovina, apod. (Baranyk et al. 2007). Bečka et al. (2007) uvádí, že pro předset'ové hnojení je vhodné využít granulovaný síran amonný. Crusciol et al. (2019) uvádí, že dobré hnojivo je také močovina, obsahující S.

3.8.8.2 Hnojení na podzim

Vašák et al. (2000) uvádí, že podzimní hnojení volíme jen v případě, pokud nebylo využito předset'ové hnojení a na chudých půdách.

Bečka et al. (2007) uvádí, že je vhodné hnojit koncem září až začátkem října. Hnojení v pozdějším termínu nese řadu problémů. Tato aplikace by narušila přirozený růst a vývoj porostu. Došlo by k oddálení přesunu asimilátů do kořenového systému. Vedle toho by porosty přerůstaly, a díky tomu by byly rostliny více náchylné na vyzimování (Baranyk et al. 2007).

Mírný nedostatek N v podzimních obdobích je často prospěšný. Rostliny řepky tvoří mohutnější kořenový systém, mají větší kořenový krček a hlouběji zakořeňují (Baranyk et al. 2007).

Baranyk et al. (2007) uvádí, že vhodná dávka je 20 – 30 kg N/ha a lze využít hnojivo LAV, LV, DAM 390, SAM, DASA a DA.

3.8.8.3 Hnojení na jaře

Řepka ozimá vyžaduje na jaře velké množství dusíku (Lorin et al. 2016). Jarní hnojení řepky je vhodné rozdělit do tří až čtyř dávek. Rozestupy mezi těmito dávkami by měly být ideálně 14 – 18 dnů (Bečka et al. 2007). Celková dávka dusíku aplikovaná v minerálních hnojivech by se měla pohybovat od 120 do 200 kg N/ha (Baranyk et al. 2007). Dle výzkumu, který provedli Vareniova & Ducsay (2015), nejvyššího výnosu a olejnatosti lze dosáhnout při dávce 200 kg N/ha.

První dávkou na jaře je regenerační hnojení (únor/březen). Tuto dávku je vhodné rozdělit na dvě dílčí (Bečka et al. 2007.) První dílčí dávka slouží k regeneraci kořenového systému, který začíná výrazně regenerovat již při 2 °C (Baranyk et al. 2007). Druhá dílčí dávka je nazývána jako takzvaná srdéčková výživa (Bečka et al. 2007). Celková dávka regeneračního hnojení by měla činit 60 – 100 kg N/ha. V případě rozdělení této dávky by

první dávka na podporu kořenů měla být 30 – 40 kg N/ha a druhá srdéčková výživa by měla dosahovat dávky 30 – 60 kg N/ha. Vhodnými hnojivy je například SAM, DAM, DASA, LAV. V případě využití hnojiva SAM a DAM pro první regenerační dávku je potřeba si dávat pozor na mrazy a celková dávka by neměla překročit 100 l hnojiva/ha (Baranyk et al. 2007).

Další dávka hnojení dusíkem přichází v dlouhivého růstu kolem 1. – 10. dubna. Termín této aplikace se však často řídí podle insekticidní ochrany, která lze použít s hnojivem DAM. Při několikanásobném posunutí aplikace nedochází k výraznějšímu vlivu na výnos. Dávka dusíku, která se běžně používá, je 50 – 80 kg N/ha. Doporučenými hnojivy jsou LAV, DA, LV, SAM, DASA a již zmiňovaný DAM (Baranyk et al. 2007).

Poslední dávku volíme v období žlutých pupat. Podobně jako u předchozí dávky můžeme využít stejná hnojiva. Musíme však dávat pozor při aplikaci hnojiva DAM, aby nedocházelo k popálení. Důležitým pravidlem je neaplikovat DAM za intenzivního slunečního svitu. Velikost dávky činí 20 – 40 kg N/ha. Při volbě vyšší dávky může docházet k negativnímu ovlivnění dozrávání (vyšší podíl zelených semen) (Baranyk et al. 2007).

3.8.9 Organické hnojení řepky ozimé

Stájová hnojiva mají nenahraditelnou roli v zemědělství. Díky jejich aplikaci se do půdy dostávají makroelementy i mikroelementy, organické látky, mikroorganismy, látky růstové, stimulační a hormonální. Jedná se tedy o univerzální hnojiva, které mají většinou pozvolné a dlouhodobé působení v půdě. Pozitivně ovlivňují úrodnost půdy. Zlepšují fyzikální vlastnosti, příjem vody, zadržení živin, odolnost k výkyvům pH a využití živin rostlinami (Baranyk et al. 2007).

Bečka et al. (2007) uvádí, že dříve byla výživa ozimé řepky založena na hnojení organickými hnojivy, ale v současné době je z důvodu jeho nedostatku využití omezené.

Mezi základní statková hnojiva patří hnůj (obsah živin viz Tabulka 6). Hnojíme buď k předplodině, nebo přímo k řepce. Důležité při aplikaci hnoje je jeho zapravení do 48 hodin. V nejlepším případě by k zaorání hnoje mělo docházet okamžitě, protože jinak se snižuje jeho účinnost: po šesti hodinách 3 – 16 %, po jednom dnu o 6 – 21 %. Při ponechání hnoje na pozemku se jeho účinnost snižuje až o 14 – 36 % (Baranyk et al. 2007).

Tabulka 6 Průměrný obsah látek a živin v hnoji

Druh	sušina	OL	N	P	K	Ca	Mg
Skotu	24 %	17 %	0,48 %	0,11 %	0,52 %	0,37 %	0,08 %
Skotu (hluboká podestýlka)	25 %	20 %	0,70 %	0,15 %	0,66 %	0,50 %	0,13 %
Koňský	25 %	20 %	0,65 %	0,13 %	0,52 %	0,21 %	0,11 %

Zdroj: (Vaněk et al. 2007)

Mezi další stájové hnojivo, které můžeme využít je kejda (obsah živin viz Tabulka 7). Jedná se o kvalitní hnojivo, na které řepka velmi dobře reaguje (Baranyk et al. 2007). Bečka et al. (2007) uvádí, že kejdu můžeme využít jak před setím, tak během vegetace. Při aplikaci

před setím volíme dávku u kejdy skotu maximálně 35 t/ha, u kejdy drůbeže maximálně 15 t/ha a u kejdy prasat maximálně 30 t/ha. Aplikace během vegetace se provádí na podzim ve fázi 4. – 6. pravého listu. Při aplikaci kejdy během vegetace se nemusíme bát popálení. Díky typickému charakteru povrchu listů řepky kejda rychle stéká a nijak rostliny nepoškozuje (Baranyk et al. 2007). Bečka et al. (2007) dodává, že kejdou můžeme hnojit i časně na jaře při regeneraci rostlin.

Tabulka 7 Průměrný obsah látek a živin v kejdě

Druh	sušina	OL	N	P	K	Ca	Mg
Skotu	7,80 %	6,00 %	0,32 %	0,07 %	0,40 %	0,14 %	0,04 %
Prasat	6,80 %	5,30 %	0,50 %	0,13 %	0,19 %	0,24 %	0,04 %
Drůbeže	11,8 %	8,10 %	0,96 %	0,28 %	0,32 %	0,94 %	0,06 %

Zdroj: (Vaněk et al. 2007)

3.8.10 Hnojení řepky ozimé sírou

Řepka patří mezi náročné plodiny na síru (Baranyk et al. 2007). Černý et al. (2017) uvádí, že pro výnos 1 t řepka potřebuje 16 – 17 kg S. Hnojení sírou u řepky by v dnešní době mělo být téměř samozřejmostí u každé pěstební technologie. S nedostatkem síry se setkáváme nejčastěji na lehkých a středních půdách, kde je nízká hladina podzemní vody, nedostatečné organické hnojení (Baranyk et al. 2007) a při hnojení řepky hnojivy, jako je LAV, LAD, močovina a DAM. Hnojením sírou můžeme zvýšit i účinnost využití dusíku. Tyto prvky se navzájem pozitivně ovlivňují. K tomuto jevu však dochází pouze při optimálním poměru těchto dvou prvků. Při nadbytku síry nebo dusíku se projevuje i antagonistické působení (Černý et al. 2017). Muneer et al. (2014) zjistili, že hnojení sírou má významnou roli při zmírňování poškození fotosyntetického aparátu způsobeného nedostatkem železa. Ma et al. (2019) dále uvádí, že aplikace síry zvyšuje její celkový příjem rostlinou a koncentraci v semenu. Studie, kterou provedl Muhammad et al. (2017), poukazuje na to, že při hnojení sírou dochází ke zvýšení výšky porostu. Nicméně může také dojít k výraznému okyselení půdy (Filipek-Mazur et al. 2019).

Síru lze aplikovat jako základní hnojení, na podzim, nebo na jaře. Pro základní hnojení volíme dávku asi 20 kg S/ha. Doporučenými hnojivy jsou: síran draselný, síran amonný, kieserit, DASA a jednoduchý superfosfát. Podzimní hnojení přichází v úvahu pouze při projevech nedostatku síry. Tato aplikace by měla být provedena koncem září až začátkem října hnojivy, jako je hořká sůl, kieserit, popřípadě využít listová hnojiva. Hnojení sírou však spíše směřuje do časného jara (březen), kdy je využití S z hnojiv největší, a i projevy deficitu síry jsou nejzřetelnější. Ideální dávka je 20 – 40 kg S/ha v N – S hnojiv, jako je DASA, Hydrosulfan a SAM. Možné je i využití listových hnojiv, které není zcela optimální vzhledem k ceně 1 kg síry v těchto hnojivech (Baranyk et al. 2007).

Černý et al. (2017) dodává, že je obtížné určit dávku síry pro ozimou řepku a její výnosová odezva může být velmi nízká.

Malhi (2005) uvádí, že účinnost hnojiv obsahující síru závisí na rychlosti jejich oxidace na sírany v půdě. Kar et al. (2019) ve své studii uvádí, že v půdách po aplikaci síranem

amonným je první týden dominantní vysoce oxidovaná forma S sulfátů a následně se její podíl snižuje. Dále zjistil, že při aplikaci elementární S a thisíranu amonného podíl v oxidovaných formách roste až do 8. týdne. Například u kukuřice je možné tento proces ovlivnit. Očkování *Thiobacillus* spolu s elementární sírou zvyšuje oxidaci elementární síry (Pourbabae et al. 2020).

Minerální hnojiva obsahující síru jsou uvedena v Tabulce 8.

Tabulka 8 Vybraná minerální hnojiva s obsahem síry

Hnojivo		Obsah síry v %	Obsah hlavní živiny v %
Název	Chemické složení		
Síran amonný	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	22 - 24	21 (N)
DASA, Ensin	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	11 - 13	20 - 24 (N)
SAM 19 N - 5	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	5	19 (N)
Ledek amonný se sírou	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaSO}_4$	6	24 (N)
Kamex	$\text{KCl} + \text{MgSO}_4$	4	33 (K)
Kainit	$\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	4 - 8	8 - 9 (K)
Superfosfát jednoduchý	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$	8 - 16	7 - 8 (P)
Fosmag		7	11 (P)
Kieserit	$\text{MgSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	19 - 21	15 - 16 (Mg)
Hořká sůl	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	11 - 13	10 (Mg)
WIGOR S	Element. S + bentonit	85	-

Zdroj: (Černý et al. 2017)

Dobrym zdrojem síry jsou také statková hnojiva (viz Tabulka 9). Pravidelnou aplikací hnoje, kejdy apod., se vytváří rezerva síry v půdě. Jeden z nejnižších obsahů síry ze stájových hnojiv má digestát, a to díky odsíření v bioplynové stanici (Černý et al. 2017).

Tabulka 9 Obsah síry v organických hnojivech a její využitelnost v 1. roce

Hnojivo	Obsah síry v kg/t	Využitelný podíl síry (1.rok)
Hnůj skotu	0,7 - 1,4	10 %
Hnůj drůbeže	0,7 - 1,4	až 25 %
Kejda	0,15 - 0,7	35 %
Digestát	0,10 - 0,7	40 %
Čistírenské kaly	2,2 - 3,4	60 %

Zdroj: (Černý et al. 2017)

4 Metodika

4.1 Výzkumná stanice Červený Újezd

Výzkumná stanice Červený Újezd se nachází asi 7 km západně od Prahy. Stanice byla otevřena v roce 1974. Aktuálně slouží jako experimentální pracoviště pro některé katedry České zemědělské univerzity, jako je například katedra agroekologie a rostlinné produkce, nebo katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin. Vedle toho se zde provádí také komerční pokusy pro osivařské a chemické firmy. Jsou zde zakládány pokusy s plodinami, jako je řepka olejka, ječmen jarní, kukuřice, pšenice ozimá, mák setý, cukrovka, širok zrnový, hořčice bílá a sarepská, vojtěška a celá řada strniskových meziplodin, nebo také světlice barvířská a proso seté. Hospodaří na výměře 30 ha. Z této výměry je vyčleněno zhruba 6 ha na samotné pokusy. Vedoucím stanice je pan Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

4.1.1 Povětrnostní podmínky

4.1.1.1 Rok 2016/17

Tabulka 10 Průměrné denní teploty za vegetaci 2016/17

Měsíc a rok	Průměrná denní teplota	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	Hodnocení
Srpen 2016	18,48 °C	17,30 °C	+ 1,18 °C	Teplý
Září 2016	17,64 °C	13,40 °C	+ 4,24 °C	Mimořádně teplý
Říjen 2016	8,45 °C	8,40 °C	+ 0,05 °C	Normální
Listopad 2016	2,68 °C	3,00 °C	- 0,32 °C	Normální
Prosinec 2016	0,67 °C	- 0,50 °C	+ 1,17 °C	Normální
Leden 2017	- 5,13 °C	- 2,30 °C	- 2,83 °C	Studený
Únor 2017	1,90 °C	- 0,80 °C	+ 2,70 °C	Teplý
Březen 2017	7,19 °C	2,90 °C	+ 4,29 °C	Mimořádně teplý
Duben 2017	7,75 °C	7,60 °C	+ 0,15 °C	Normální
Květen 2017	14,70 °C	12,90 °C	+ 1,80 °C	Teplý
Červen 2017	18,69 °C	16,20 °C	+ 2,49 °C	Silně teplý
Červenec 2017	19,79 °C	17,60 °C	+ 2,19 °C	Silně teplý
Srpen 2017	19,46 °C	17,30 °C	+ 2,16 °C	Silně teplý

Tabulka 11 Úhrn srážek za vegetaci 2016/17

Měsíc a rok	Úhrn srážek	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	% normálu	Hodnocení
Srpen 2016	34,6 mm	67,5 mm	- 32,9 mm	51,26 %	Suchý
Září 2016	23,7 mm	33,0 mm	- 9,3 mm	71,82 %	Normální
Říjen 2016	56,9 mm	26,5 mm	+ 30,4 mm	214,72 %	Silně vlhký
Listopad 2016	23,0 mm	29,9 mm	- 6,9 mm	76,92 %	Normální
Prosinec 2016	16,5 mm	22,3 mm	- 5,8 mm	73,99 %	Normální
Leden 2017	13,8 mm	21,6 mm	- 7,8 mm	63,89 %	Suchý
Únor 2017	13,9 mm	21,4 mm	- 7,5 mm	64,95 %	Normální
Březen 2017	33,4 mm	26,3 mm	+ 7,1 mm	127,00 %	Normální
Duben 2017	51,3 mm	34,9 mm	+ 16,4 mm	146,99 %	Vlhký
Květen 2017	16,5 mm	67,2 mm	- 50,7 mm	24,55 %	Silně suchý
Červen 2017	85,8 mm	63,5 mm	+ 22,3 mm	135,12 %	Vlhký
Červenec 2017	84,3 mm	58,7 mm	+ 25,6 mm	143,61 %	Vlhký
Srpen 2017	55,5 mm	67,5 mm	- 12,0 mm	82,22 %	Normální

4.1.1.2 Rok 2017/18

Tabulka 12 Průměrné denní teploty za vegetaci 2017/18

Měsíc a rok	Průměrná denní teplota	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	Hodnocení
Srpen 2017	19,46 °C	17,30 °C	+ 2,16 °C	Silně teplý
Září 2017	12,78 °C	13,40 °C	- 0,62 °C	Normální
Říjen 2017	10,64 °C	8,40 °C	+ 2,24 °C	Silně teplý
Listopad 2017	4,44 °C	3,00 °C	+ 1,44 °C	Teplý
Prosinec 2017	1,31 °C	- 0,50 °C	+ 1,81 °C	Teplý
Leden 2018	2,78 °C	- 2,30 °C	+ 4,48 °C	Silně teplý
Únor 2018	- 3,81 °C	- 0,80 °C	- 3,01 °C	Studený
Březen 2018	1,76 °C	2,90 °C	- 1,14 °C	Normální
Duben 2018	13,56 °C	7,60 °C	+ 5,96 °C	Mimořádně teplý
Květen 2018	16,72 °C	12,90 °C	+ 3,82 °C	Mimořádně teplý
Červen 2018	18,33 °C	16,20 °C	+ 2,13 °C	Silně teplý
Červenec 2018	20,64 °C	17,60 °C	+ 3,04 °C	Mimořádně teplý
Srpen 2018	21,76 °C	17,30 °C	+ 4,46 °C	Mimořádně teplý

Tabulka 13 Úhrn srážek za vegetaci 2017/18

Měsíc a rok	Úhrn srážek	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	% normálu	Hodnocení
Srpen 2017	55,5 mm	67,5 mm	- 12,0 mm	82,22 %	Normální
Září 2017	25,0 mm	33,0 mm	- 8,0 mm	75,76 %	Normální
Říjen 2017	61,6 mm	26,5 mm	+ 35,1 mm	232,44 %	Silně vlhký
Listopad 2017	29,1 mm	29,9 mm	- 0,8 mm	97,32 %	Normální
Prosinec 2017	22,0 mm	22,3 mm	- 0,2 mm	98,65 %	Normální
Leden 2018	27,6 mm	21,6 mm	+ 6,0 mm	127,78 %	Vlhký
Únor 2018	6,3 mm	21,4 mm	- 15,1 mm	29,44 %	Silně suchý
Březen 2018	35,8 mm	26,3 mm	+ 9,5 mm	136,12 %	Normální
Duben 2018	14,0 mm	34,9 mm	- 20,9 mm	40,11 %	Suchý
Květen 2018	24,4 mm	67,2 mm	- 42,8 mm	36,31 %	Silně suchý
Červen 2018	74,7 mm	63,5 mm	+ 11,2 mm	117,64 %	Normální
Červenec 2018	12,1 mm	58,7 mm	- 46,6 mm	20,61 %	Silně suchý
Srpen 2018	21,9 mm	67,5 mm	- 45,6 mm	32,44 %	Silně suchý

4.1.1.3 Rok 2018/19

Tabulka 14 Průměrné denní teploty za vegetaci 2018/19

Měsíc a rok	Průměrná denní teplota	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	Hodnocení
Srpen 2018	21,76 °C	17,30 °C	+ 4,46 °C	Mimořádně teplý
Září 2018	16,03 °C	13,40 °C	+ 2,63 °C	Silně teplý
Říjen 2018	10,61 °C	8,40 °C	+ 2,21 °C	Silně teplý
Listopad 2018	4,26 °C	3,00 °C	+ 1,26 °C	Teplý
Prosinec 2018	2,58 °C	- 0,50 °C	+ 3,08 °C	Silně teplý
Leden 2019	- 0,47 °C	- 2,30 °C	+ 1,83 °C	Normální
Únor 2019	3,08 °C	- 0,80 °C	+ 3,83 °C	Silně teplý
Březen 2019	7,04 °C	2,90 °C	+ 4,14 °C	Mimořádně teplý
Duben 2019	10,22 °C	7,60 °C	+ 2,62 °C	Silně teplý
Květen 2019	11,31 °C	12,90 °C	- 1,59 °C	Studený
Červen 2019	21,68 °C	16,20 °C	+ 5,48 °C	Mimořádně teplý
Červenec 2019	20,09 °C	17,60 °C	+ 2,49 °C	Silně teplý
Srpen 2019	20,00 °C	17,30 °C	+ 2,70 °C	Mimořádně teplý

Tabulka 15 Úhrn srážek za vegetaci 2018/19

Měsíc a rok	Úhrn srážek	Dlouhodobý normál	Odchylka od normálu	% normálu	Hodnocení
Srpen 2018	21,9 mm	67,5 mm	- 45,6 mm	32,44 %	Silně suchý
Září 2018	38,7 mm	33,0 mm	+ 5,7 mm	117,27 %	Normální
Říjen 2018	24,2 mm	26,5 mm	- 2,3 mm	91,32 %	Normální
Listopad 2018	12,7 mm	29,9 mm	- 17,2 mm	42,47 %	Suchý
Prosinec 2018	41,8 mm	22,3 mm	+ 19,5 mm	187,44 %	Silně vlhký
Leden 2019	24,8 mm	21,6 mm	+ 3,2 mm	114,81 %	Normální
Únor 2019	17,4 mm	21,4 mm	- 4,0 mm	81,31 %	Normální
Březen 2019	33,1 mm	26,3 mm	+ 6,8 mm	125,86 %	Normální
Duben 2019	22,1 mm	34,9 mm	- 12,8 mm	63,32 %	Normální
Květen 2019	55,3 mm	67,2 mm	- 11,9 mm	82,29 %	Normální
Červen 2019	41,4 mm	63,5 mm	- 22,1 mm	65,20 %	Suchý
Červenec 2019	52,6 mm	58,7 mm	- 6,1 mm	89,61 %	Normální
Srpen 2019	97,5 mm	67,5 mm	+ 30 mm	144,44 %	Vlhký

4.1.2 Půdní podmínky

Obhospodařované půdy jsou hnědozemě se sprašovým pokryvem. Dochází zde k vyloužení uhličitane vápenatého. Převažuje rovinatý povrch s jižní expozicí. Probíhá zde illimerizace, která okyseluje půdní profil, peptizace koloidů a jejich vyplavování do spodiny. Sorpční kapacita půd je střední a koloidní komplex nasycený.

Tabulka 16 Agrochemické vlastnosti půd na pokusech řepky v Červeném Újezdu

	2016	2017	2018
Obsah humusu	1,8 % (N)	1,8 % (N)	-----
pH	5,7	6,4	6,5
Obsah P	60 ppm (S)	76 ppm (S)	78 ppm (S)
Obsah K	176 ppm (D)	208 ppm (D)	185 ppm (D)
Obsah S	7,1 ppm (VN)	10,2 ppm (VN)	22,1 ppm (S)
Obsah Ca	2 110 ppm (D)	2 670 ppm (D)	2 340 ppm (D)
Obsah Mg	130 ppm (S)	117 ppm (S)	103 ppm (N)

Obsah prvků (Mehlich III) a humusu:

- VN - velmi nízký
- N - nízký
- S - střední
- D - dobrý
- V - vysoký
- VV - velmi vysoký

4.1.3 Osevní postup

Na obhospodařované výměře, která činí 30 ha, je zaveden 5 honný osevní postup. Tento osevní postup se skládá z jarní obiloviny, ozimé obiloviny, jeteloviny a samotných pokusů.

1. Pokusy
2. Jarní obilovina
3. Jetelovina
4. Jetelovina
5. Ozimá obilovina

4.2 Metodika pokusu

4.2.1 Metodika hnojení dusíkem

Pro výzkum byly využity hnojiva LAD, DAM, SAM, DASA a Thiotrac. Celková dávka dusíku činila 180 kg N/ha za vegetaci ve 4 dávkách. Varianty, dávky dusíku a termín aplikace v jednotlivých letech (3 roky) nalezneme v Tabulce 17 a 18.

Tabulka 17 Metodika hnojení dusíkem

Varianta	1 a	1 b	2	3
Dávka	40 kg N/ha	50 kg N/ha	60 kg N/ha	30 kg N/ha
1	LAD	LAD	LAD	LAD
2	LAD	LAD	DAM	DAM
3	LAD	LAD	SAM	SAM
4	LAD	LAD	DAM	LAD
5	LAD	LAD	SAM	LAD
6	LAD	LAD	DAM + Thiotrac (5 l/ha)	LAD
7	DASA	LAD	LAD	LAD
8	LAD	DASA	LAD	LAD

Tabulka 18 Termíny aplikace hnojiv v jednotlivých letech

Varianta	1 a	1 b	2	3
Dávka	40 kg N/ha	50 kg N/ha	60 kg N/ha	30 kg N/ha
2016 / 2017	27.2.2017	13.3.2017	28.3.2017	14.4.2017
2017 / 2018	16.2.2018	15.3.2018	30.3.2018	20.4.2018
2018 / 2019	23.2.2019	15.3.2019	2.4.2019	12.4.2019

4.2.2 Agrotechnika

Pokusy byly zakládány s hybridní odrůdou Marathon v 8 variantách hnojení a 4 opakování. Celkem tedy pokus zaujímal 32 parcel o velikosti 1,25 x 9,5 m. Během tří let nebylo provedeno před založením samotného pokusu s řepkou hnojení fosforem, draslíkem, vápníkem a hořčíkem.

4.2.2.1 Rok 2016/17

- 16.8.2016 Sklizeň předplodiny (jarní ječmen) a rozdrčení slámy.
- 19.8.2016 Seťová orba na hloubku 22 cm.
- 20.8.2016 Předseťová příprava půdy kompaktozem.
- 22.8.2016 Setí na hloubku 1,5 – 2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 klíčivých semen na m².
- 24.8.2016 Aplikace herbicidu Circuit (2 l/ha) a Colzamid (1 l/ha).
- 27.8.2016 Aplikace moluskocidu Vanish Slug Pellets.
- 27.8.2016 Aplikace rodenticidu Stutox lokálně do děr s opakováním dle potřeby.
- 30.8.2016 Aplikace graminicidu Gallant (0,5 l/ha) a insekticidu Karate Zeon (0,1 l/ha).
- 9.9.2016 Aplikace insekticidu Karate Zeon (0,1 l/ha).
- 16.9.2016 Aplikace graminicidu Targa (1 l/ha) a insekticidu Nexide (0,1 l/ha).
- 31.3.2017 Aplikace insekticidu Proteus (0,7 l/ha).
- 17.5.2017 Aplikace insekticidu Proteus (0,7 l/ha).
- 17.7.2017 Aplikace desikantu Reglone (4 l/ha).
- 26.7.2017 Sklizeň maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

4.2.2.2 Rok 2017/18

- 1.8.2017 Sklizeň předplodiny (ozimá pšenice) a rozdrčení slámy.
- 21.8.2017 Seťová orba na hloubku 22 cm.
- 22.8.2017 Předseťová příprava půdy kompaktozem.
- 22.8.2017 Setí na hloubku 1,5 – 2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 klíčivých semen na m².
- 25.8.2017 Aplikace herbicidu Circuit.
- 28.8.2017 Aplikace moluskocidu Vanish Slug Pellets.
- 28.8.2017 Aplikace rodenticidu Stutox lokálně do děr s opakováním dle potřeby.
- 5.9.2017 Aplikace graminicidu Targa 10 EC (0,5 l/ha) a insekticidu Nurelle D (0,6 l/ha).
- 17.4.2018 Aplikace insekticidu Proteus (0,7 l/ha).
- 13.7.2018 Sklizeň maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

4.2.2.3 Rok 2018/19

- 26.7.2018 Sklizeň předplodiny (hrách setý) a rozdrčení slámy.
- 1.8.2018 Podmítka na hloubku 10 cm.
- 20.8.2018 Seťová orba na hloubku 22 cm.
- 20.8.2018 Předseťová příprava půdy kompaktozem.
- 20.8.2018 Setí na hloubku 1,5 – 2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 klíčivých semen na m².
- 23.8.2018 Aplikace herbicidu Quantum (2 l/ha) a Command 36 SC (0,2 l/ha)
- 27.8.2018 Aplikace rodenticidu Stutox lokálně do děr s opakováním dle potřeby.
- 11.9.2018 Aplikace insekticidu Nurelle D (0,6 l/ha).
- 18.9.2018 Aplikace insekticidu Karate Zeon (0,1 l/ha).
- 29.3.2019 Aplikace insekticidu Nurelle D (0,6 l/ha).
- 25.4.2019 Aplikace insekticidu Proteus (0,6 l/ha).
- 27.7.2019 Sklizeň maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

4.2.3 Odrůda Marathon

Pro pokusy byla využita hybridní odrůda Marathon. Jedná se o odrůdu firmy Rapool CZ s.r.o. (udržovatelem je Deutsche Saatveredelung AG). Průměrná velikost rostlin se pohybuje v rozmezí od 138 cm do 148 cm. Vyznačuje se dobrou výnosovou stabilitou za různých pěstebních podmínek, dobrou výtěžností oleje z hektaru a vysokou efektivitu příjmu dusíku. Dále se vyznačuje odolností vůči poléhání, dobrým zdravotním stavem a bezproblémovém přezimování. Z pohledu zdravotního stavu je odolná plísní šedé, řepkové černi a hlízence obecné. Ideální pro odrůdu Marathon jsou střední půdy. V neposlední řadě se jedná o odrůdu vhodnou jak pro intenzivní, tak extenzivní pěstování. Velmi dobře snáší i využití minimalizace nebo dalších půdoochranných technologií.

4.2.4 Hnojivo SAM

Hnojivo SAM je vodný roztok síranu amonného a močoviny. Je vhodné k základnímu hnojení, přihnojování během vegetace, nebo k urychlení rozkladu slámy. Aplikací hnojiva SAM se zvýší využití síry a dusíku rostlinou. Optimální dávka pro základní hnojení u řepky ozimé je 300 l/ha.

Technické parametry:

- Obsah celkového dusíku v % min. 19,0
- Podíl močovinného dusíky v % min. 65,0
- Obsah síry v % min. 5,0
- Hodnota pH 6,0 – 8,0

4.2.5 Hnojivo DAM

Hnojivo DAM je roztok dusičnanu amonného a močoviny. Obsahuje rychle i pozvolně působící formy dusíku. Celkový obsah dusíku je 30,0 %, z toho ¼ ve formě amonné, ¼ ve formě dusičnanové a ½ ve formě močovinnové. Hnojivo DAM je vhodné k základnímu hnojení, přihnojování během vegetace, urychlení rozkladu slámy, přípravě široké palety NPK suspenzí a k společné aplikaci s povolenými přípravky na ochranu rostlin. Orientační dávka pro ozimou řepku je 250 – 350 l/ha.

Technické parametry:

- Obsah celkového dusíku v % 30,0 %
- Obsah močovinného dusíku 15,0 %
- Hodnota pH 7,2 – 7,9
- Biuret v % max. 0,5 %
- Hustota při 25 °C 1 300 kg/m³
- Vysolovací teplota - 10 °C

4.2.6 Hnojivo LAD

Ledek amonný s dolomitem je granulované hnojivo. Jedná se o směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitickým vápencem. Granule o velikosti 2 – 5 mm jsou šedě až narůžověle zbarveny. Vyznačuje se velmi dobrou skladovatelností. LAD je vhodný pro základní hnojení a k přihnojování během vegetace. Orientační dávka pro řepku ozimou je 180 – 600 kg/ha.

Technické parametry:

- Obsah celkového dusíku v % 27,0 %
- Obsah dusičnanového dusíku v % 13,5 %
- Obsah amonného dusíku v % 13,5 %
- Obsah MgO 4,0 %
- Sypná hmotnost 950 – 1 000 kg/m³
- Sypný úhel 30°

4.2.7 Hnojivo DASA

Hnojivo DASA je směs dusičnanu a síranu amonného. Granule o velikosti 2 – 5 mm mají bělavou až bílou barvu. Je vhodné pro základní hnojení, nebo přihnojení během vegetace. Nejvíce se používá pro plodiny s velkou potřebou síry, jako je řepka, zelí, česnek, píceiny a brambory. Orientační dávka pro řepku ozimou na jaře je 120 – 150 kg/ha (180 – 250 kg /ha během celé vegetace).

Technické parametry:

- Obsah celkového dusíku v % 26,0 %
- Obsah síry v % 13,0 %
- Částice od 2 mm do 4 mm v % min. 90,0 %
- Částice pod 1 mm v % max. 3,0 %
- Částice nad 10 mm v % 0 %

4.2.8 Hnojivo Thiotrac

Thiotrac je vysoce koncentrované kapalné hnojivo od firmy Yara obsahující 100 % rozpuštěnou síru, která je dobře přijatelná pro rostliny. Vedle síry, obsahuje rovněž dusík. Vyznačuje se širokou mísitelností s jinými agrochemikáliemi a tím dochází k úspoře času a nákladů. Optimální dávka pro řepku ozimou je 5 l/ha (200 l/ha vody) ve fázi 4 – 6 listů a na začátku dlouhivého růstu. Hnojivo Thiotrac není vhodné aplikovat v době květu.

Technické parametry:

- Celkový obsah N 200 g/l
- Obsah amonného N 138 g/l
- Celkový obsah S 300 g/l

4.2.9 Sledované znaky

Jarní hodnocení:

- Délka kořene
- Hmotnost kořene
- Průměr kořenového krčku
- Délka lodyhy
- Hmotnost nadzemní biomasy
- Sušina

Jarní hodnocení bylo provedeno 20.4.2017, 30.4.2018, 7.5.2019. V prvním roce se jednalo o fázi před kvetením. V následujících dvou letech se hodnocení provádělo v době květu z důvodu častých srážek koncem dubna. Sušiny v jednotlivých letech byly hodnoceny 21.4.2017, 2.5.2018 a 9.5.2019.

Z každé parcely se odebíralo 5 rostlin, které byly pod proudem vody zbaveny veškerých nečistot. Následovalo oddělení kořene od lodyhy pomocí nože. Za pomoci pravítka byl změřen průměr kořenového krčku, délka kořene a délka lodyhy. V neposlední řadě došlo ke zvážení kořene a nadzemní biomasy. Veškerá biomasa roztříděná dle variant (kořeny a nadzemní biomasa zvlášť) se vložila do sušárny a posléze se vyhodnotila na váze.

Předsklizňové hodnocení:

- Výška porostu
- Počet větví

Předsklizňové hodnocení bylo provedeno 20.6.2017, 26.6.2018 a 19.6.2019. Za využití měrné latě byla změřena výška porostu. Společně s výškou se hodnotil počet větví, a to vždy u 5 rostlin dané parcely.

Posklizňové hodnocení:

- Výnos
- HTS
- Olejnatost

Při sklizni byla stanovena vlhkost semen. Výnos byl přepočítán na 8 % vlhkost a 2 % nečistot. V roce 2019 byla vyřazena vždy jedna extrémní hodnota výnosu, která se nejvíce odlišovala od průměru daného roku, u každé z variant.

Hmotnost tisíce semen byla zjišťována v laboratoři pomocí čítače semen C21 a laboratorní váhy na 3 des. místa. Vždy se vážilo 500 semen a to dvakrát.

Olejnatost byla zjištěna metodou MNR, podle ČSN EN ISO 10565 (461040). Olejnatá semena – Souběžné stanovení obsahu oleje a vody – Metoda pulzní jaderné magnetické rezonanční spektroskopie. Tato mezinárodní norma určuje rychlou metodu stanovení obsahu oleje a vody v obchodovatelných olejnatých semen pulzní jadernou magnetickou rezonancí (NMR) Olejnatost byla měřena v sušině semen.

4.2.10 Statistické hodnocení

Data byla statisticky hodnocena v programu Statistica 12 od firmy StatSoft. Byla provedena analýza rozptylu (ANOVA) s intervalem spolehlivosti 0,95 a úrovní významnosti 0,05. Pro práci byly využity tabulkové výstupy. Pro ostatní vyhodnocení dat byl využit program Microsoft Excel a Word.

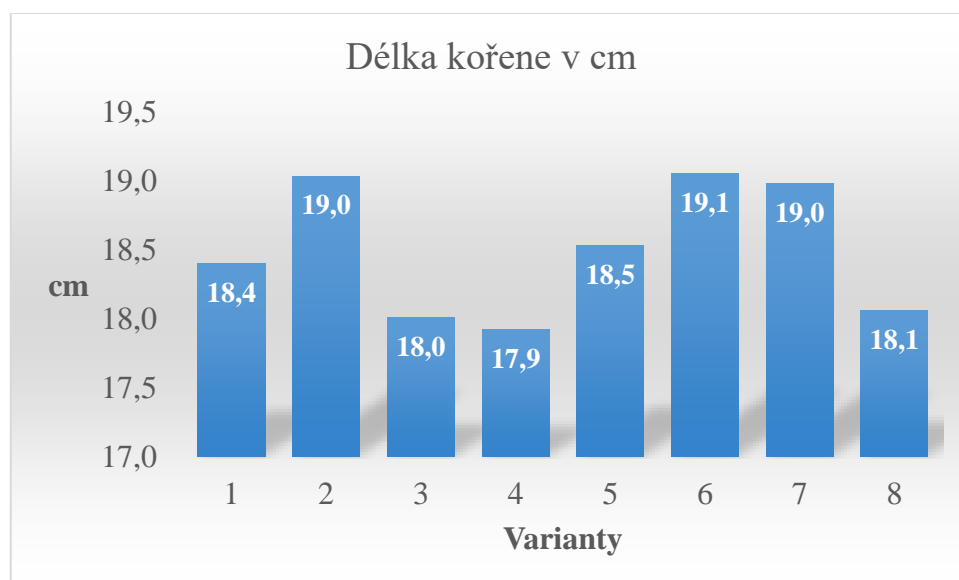
5 Výsledky

Data byla získávána během tříletého pokusu. Veškeré grafy jsou průměrem tříletých výsledků.

5.1 Jarní hodnocení

5.1.1 Délka kořene

Jeden z parametrů hodnotících na jaře byla délka kořene. Jak můžeme z Grafu 2 vyčíst, tak nejlépe dopadly varianty 2 (LAD, LAD, DAM, DAM), 6 (LAD, LAD DAM + Thiotrac, LAD) a 7 (DASA, LAD, LAD, LAD). Rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou však velmi malé. Při statistickém hodnocení nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, jak je patrné z Tabulky 19, mezi žádnou z variant.



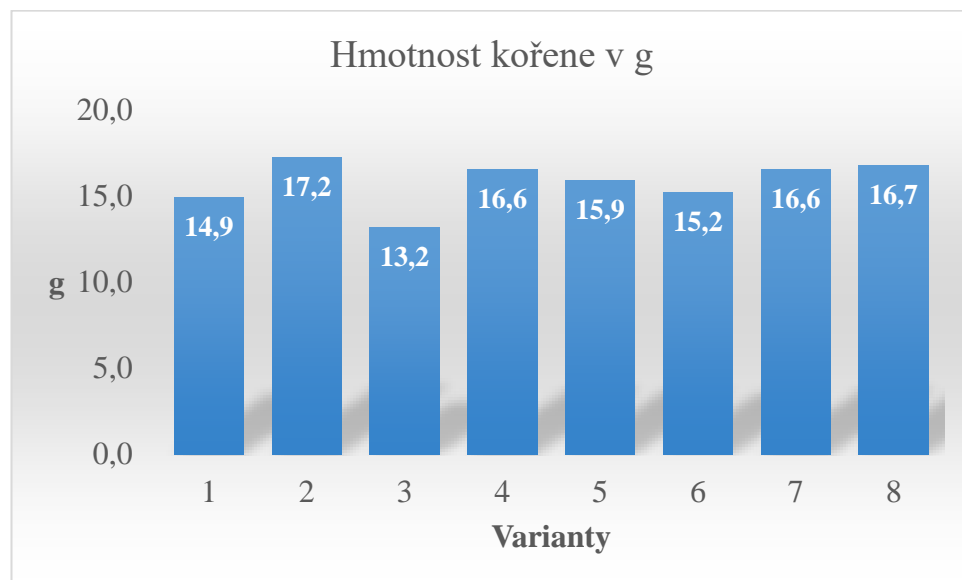
Graf 1 Délka kořene v cm

Tabulka 19 Statistické hodnocení u délky kořene

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro délku kořene Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	164268,9	1	164268,9	10801,54	0,000000
Varianty	96,5	7	13,8	0,91	0,501421
Chyba	7178,1	472	15,2		

5.1.2 Hmotnost kořene

Při hodnocení hmotnosti kořene dosahovaly lepších výsledků oproti kontrole všechny varianty kromě varianty 3 (LAD, LAD, SAM, SAM), u které průměrná hmotnost kořene činila pouze 13,2 g (88,6 %). U kontroly (4x LAD) je tato hodnota 14,9 g. Veškeré ostatní varianty jsou velmi vyrovnané (viz Graf 2). Při statistickém hodnocení nebyl shledán žádný rozdíl mezi jednotlivými variantami (viz Tabulka 20).



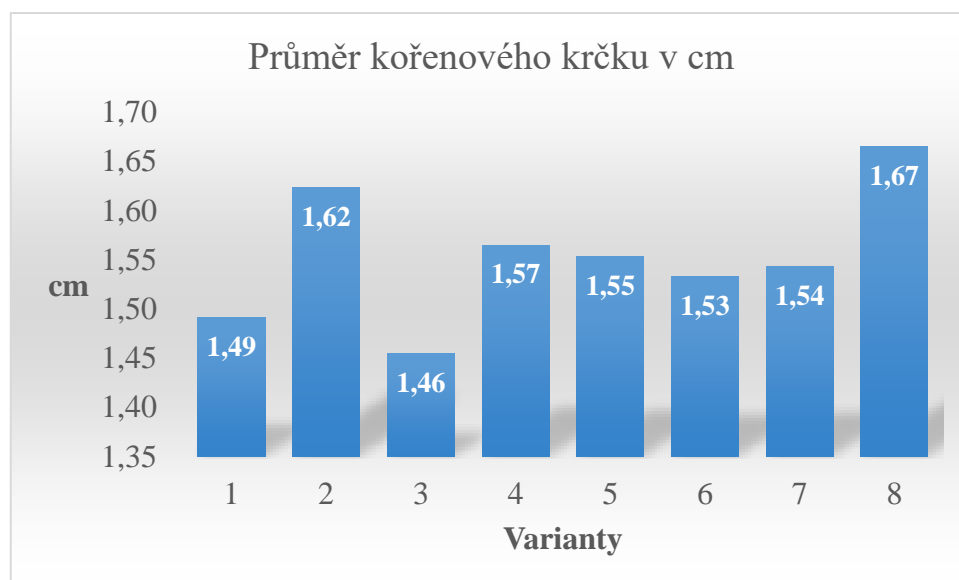
Graf 2 Hmotnost kořene v g

Tabulka 20 Statistické hodnocení u hmotnosti kořene

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hmotnost kořene Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	119574,5	1	119574,5	1004,475	0,000000
Varianty	728,1	7	104,0	0,874	0,527053
Chyba	56187,8	472	119,0		

5.1.3 Průměr kořenového krčku

Dalším parametrem hodnotícím na jaře byl průměr kořenového krčku. Většího průměru dosahovala varianta 2 (LAD, LAD, DAM, DAM) a 8 (LAD, DASA, LAD, LAD). Nejhůře dopadal kontrola (4x LAD) a varianta 3 (LAD, LAD, SAM, SAM). I přesto, že z Grafu 3 jsou rozdíly zřetelné, jednotlivé varianty se výrazně neliší. Rozdíl mezi nejhorší variantou a nejlepší je pouze 0,21 cm. Při analýze rozptylů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl (viz Tabulka 21).



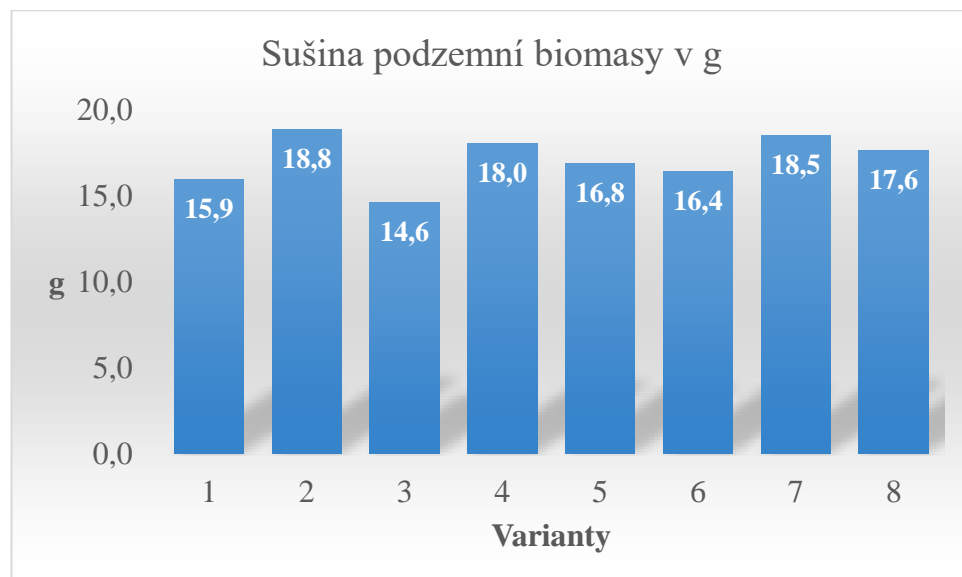
Graf 3 Průměr kořenového krčku v cm

Tabulka 21 Statistické hodnocení u průměru kořenového krčku

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro průměr kořenového krčku Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1158,787	1	1158,787	4442,224	0,000000
Varianty	1,889	7	0,270	1,034	0,406047
Chyba	123,125	472	0,261		

5.1.4 Sušina podzemní biomasy

Graf 4 týkající se sušiny podzemní biomasy kopíruje rozdíly jako při hodnocení hmotnosti kořene (Graf 2). Jednotlivé varianty jsou velmi vyrovnané a statisticky neexistuje rozdíl (viz Tabulka 22). Kromě varianty 3 (LAD, LAD, SAM, SAM) dosahovaly ostatní varianty vyšší sušiny oproti kontrole (4x LAD).



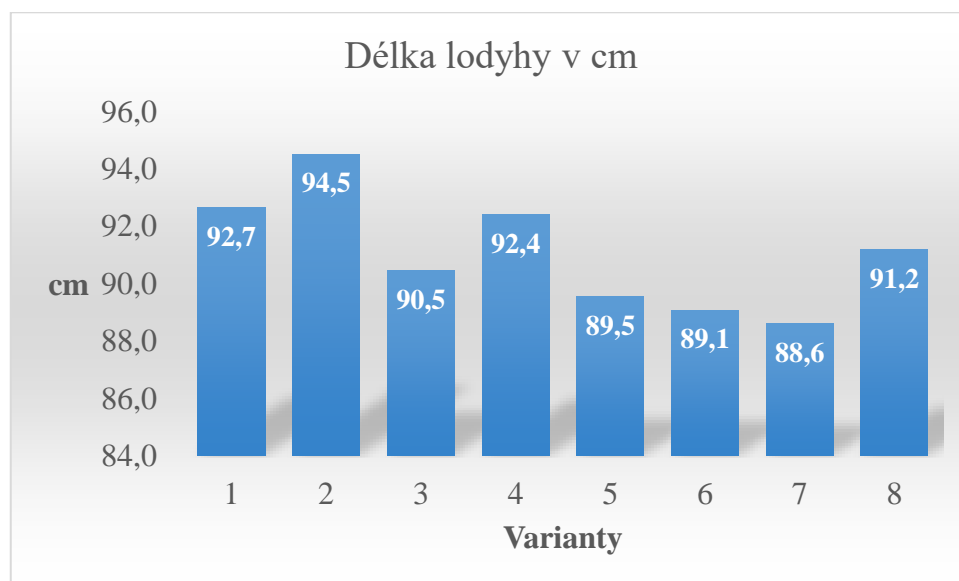
Graf 4 Sušina podzemní biomasy v g

Tabulka 22 Statistické hodnocení u sušiny podzemní biomasy

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro sušinu podzemní biomasy Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	28061,10	1	28061,10	702,6845	0,000000
Varianty	173,14	7	24,73	0,6194	0,738566
Chyba	3514,20	88	39,93		

5.1.5 Délka lodyhy

Co se týká nadzemní biomasy byla hodnocena délka lodyhy. Lepších výsledků oproti kontrole (4x LAD) dosahovala pouze varianta 2, hnojena v regenerační dávce hnojivem LAD a poté hnojivem DAM (LAD, LAD, DAM, DAM). Nejhůře dopadla varianta 7, při které je využito hnojiva DASA v první dílčí dávce regeneračního hnojení. Při využití hnojiva DASA v druhé dílčí dávce regeneračního hnojení (varianta 8) se dosáhlo téměř srovnatelné hodnoty jako při kontrole (4x LAD) (viz Graf 5). Jak ukázalo statistické hodnocení, statisticky nejsou žádné rozdíly mezi jednotlivými variantami (viz Tabulka 23).



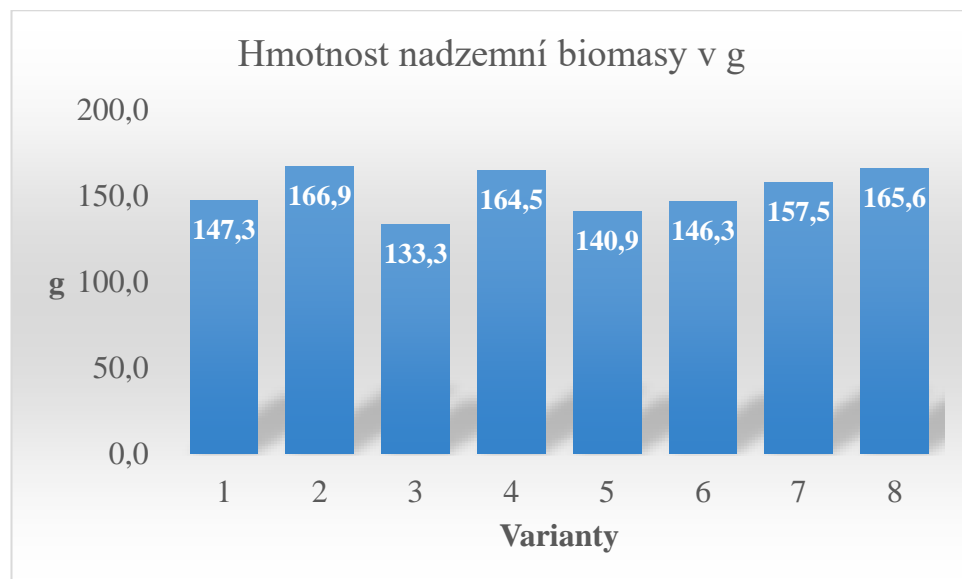
Graf 5 Délka lodyhy v cm

Tabulka 23 Statistické hodnocení u délky lodyhy

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro délku lodyhy Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3980069	1	3980069	6408,316	0,000000
Varianty	1731	7	247	0,398	0,903432
Chyba	293149	472	621		

5.1.6 Hmotnost nadzemní biomasy

Po délce lodyhy byla určena hmotnost nadzemní biomasy. Podle Grafu 6 můžeme říct, že jednotlivé varianty jsou celkem srovnatelné. Nejnižších hodnot dosahují varianty s hnojivem SAM a varianta 6 s hnojivem Thiotrac. Statisticky však nebyl shledán žádný rozdíl mezi jednotlivými variantami hnojení (viz Tabulka 24).



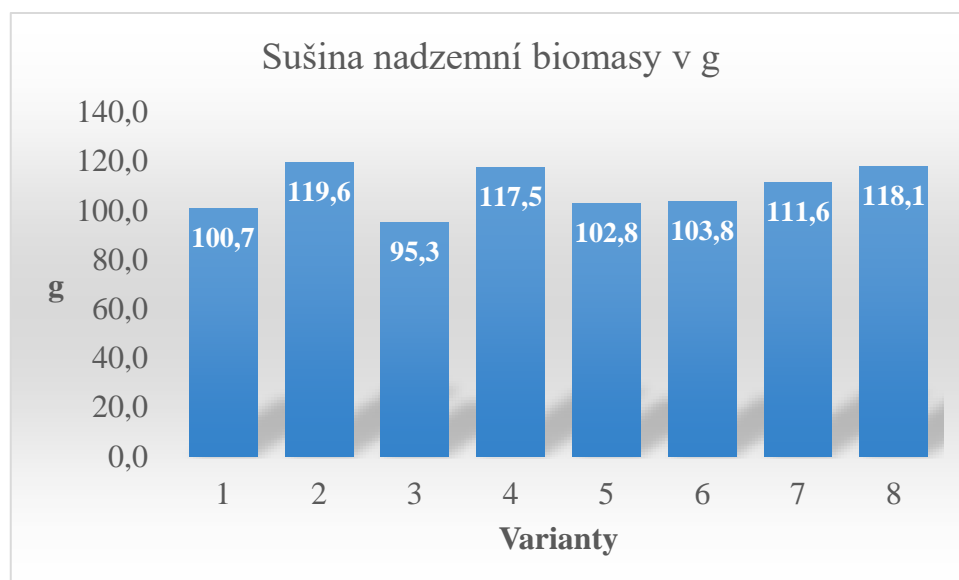
Graf 6 Hmotnost nadzemní biomasy v g

Tabulka 24 Statistické hodnocení u hmotnosti nadzemní biomasy

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hmotnost nadzemní biomasy Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	11204702	1	11204702	1330,697	0,000000
Varianty	66794	7	9542	1,133	0,340757
Chyba	3974322	472	8420		

5.1.7 Sušina nadzemní biomasy

Podobně, jako tomu bylo u hodnocení podzemní biomasy, rozdíly sušiny nadzemní biomasy (viz Graf 7) jsou téměř srovnatelné s Grafem 6 hodnotící hmotnost nadzemní biomasy. Hůře než kontrola (4x LAD) dopadla pouze jedna varianta, při které je využito hnojivo SAM (LAD, LAD, SAM, SAM). Varianta 5 s hnojivem SAM (LAD, LAD, SAM, LAD) dosáhla vyšší hodnoty než kontrola (4x LAD). Stejně, jako tomu je u hmotnosti nadzemní biomasy, tak i u sušiny nebyl sledován žádný statistický rozdíl (viz Tabulka 25).



Graf 7 Sušina nadzemní biomasy v g

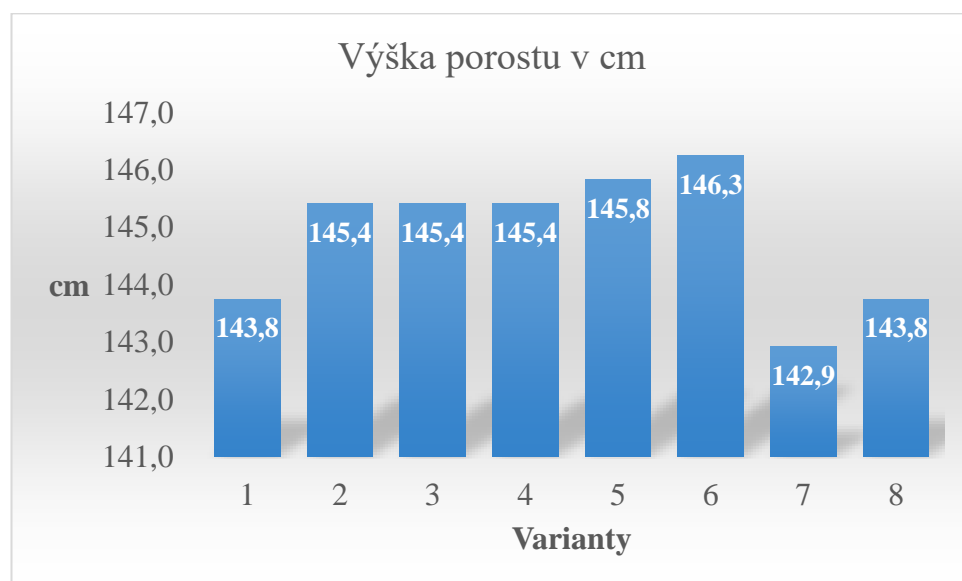
Tabulka 25 Statistické hodnocení u sušiny nadzemní biomasy

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro sušinu nadzemní biomasy Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1133328	1	1133328	755,1974	0,000000
Varianty	7140	7	1020	0,6796	0,688829
Chyba	132062	88	1501		

5.2 Předsklizňové hodnocení

5.2.1 Výška porostu

Jeden z parametrů hodnotících před sklizní je výška porostu. Pro lepší vizuální znázornění rozdílů v Grafu 8, byly údaje zaokrouhleny na jedno desetinné místo. Všechny varianty jsou srovnatelné a statisticky mezi nimi neexistuje rozdíl (viz Tabulka 26). Výška porostu se pohybovala od 142,9 cm po 146,3 cm. Ve všech letech byly porosty velmi vyrovnané a rozdíl minimální. V prvních dvou letech hodnocení se výška porostu pohybovala okolo 150 – 155 cm. V roce posledním pak jednotlivé varianty dosahovaly výšky porostu pouze 120 – 130 cm. Odlišnost posledního roku potvrdilo i statistické hodnocení znázorněné v Tabulce 27.



Graf 8 Výška porostu v cm

Tabulka 26 Statistické hodnocení u výšky porostu

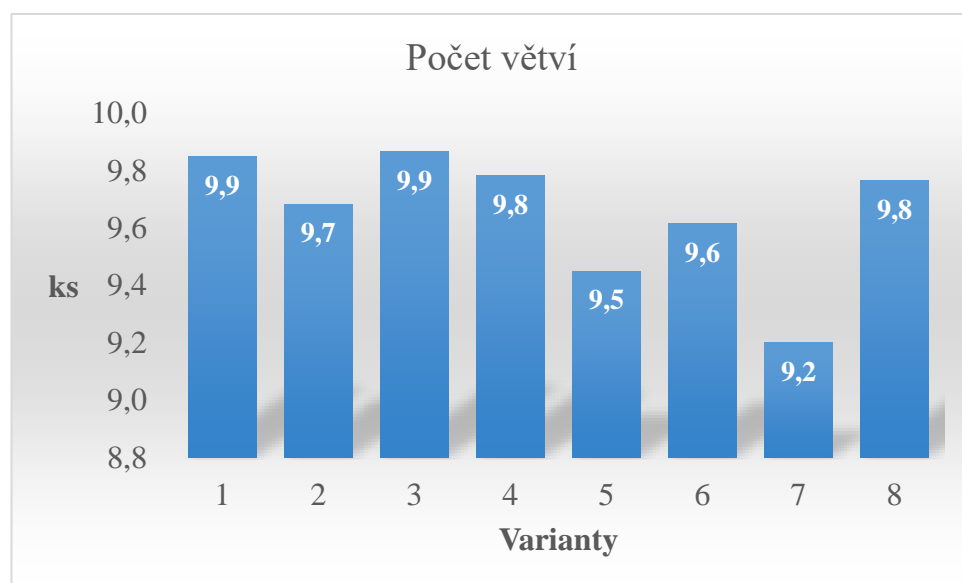
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro výšku porostu Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	2014052	1	2014052	9206,100	0,000000
Varianty	121	7	17	0,079	0,999173
Chyba	19252	88	219		

Tabulka 27 Statistické hodnocení u výšky porostu mezi jednotlivými roky

Č. buňky	Duncanův test; proměnná roky Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 41,406, sv = 72,000			
	roky	(1) 151,81	(2) 154,84	(3) 126,87
1	1		0,210872	0,000115
2	2	0,210872		0,000055
3	3	0,000115	0,000055	

5.2.2 Počet větví

Vedle výšky porostu byl před sklizní také hodnocen počet větví. Pro lepší vizuální porovnání byly údaje zaokrouhleny na jedno desetinné místo. Přestože z Grafu 9 by se mohlo zdát, že jednotlivé využití hnojiv má mezi sebou zřetelné rozdíly, tak tomu tak není. Počet větví je u všech variant téměř stejný a statisticky se neodlišují (viz Tabulka 28). Rostliny v průměru měly nejčastěji 9 nebo 10 větví. V rámci ročníků největší počet větví na rostlinu byl zaznamenán v poslední roce hodnocení (2019). Odrůda Marathon měla problém se suchem v době vzcházení. Porosty byly velmi řídké, a proto s největší pravděpodobností rostliny tvořily více větví. Prokazatelný rozdíl potvrdilo statistické hodnocení znázorněné v Tabulce 29.



Graf 9 Počet větví

Tabulka 28 Statistické hodnocení u počtu větví

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro počet větví				
	Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	44718,10	1	44718,10	13749,41	0,000000
Varianty	21,78	7	3,11	0,96	0,462386
Chyba	1535,12	472	3,25		

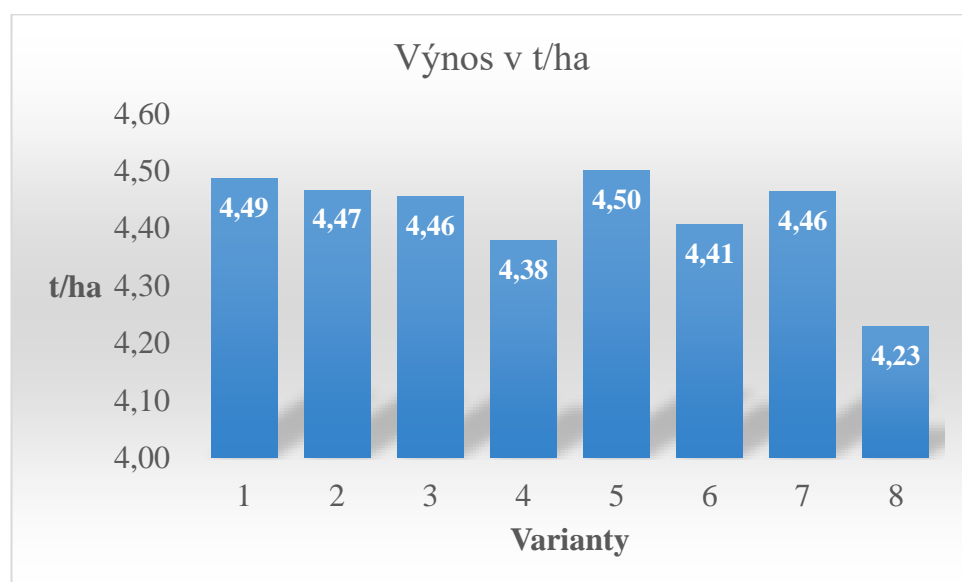
Tabulka 29 Statistické hodnocení u počtu větví mezi jednotlivými roky

Č. buňky	Duncanův test; proměnná roky Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,6611, sv = 456,00			
	roky	(1) 8,7875	(2) 9,5875	(3) 10,581
1	1		0,000020	0,000011
2	2	0,000020		0,000009
3	3	0,000011	0,000009	

5.3 Posklizňové hodnocení

5.3.1 Výnos

Nejvýznamnějším ukazatelem i pro zemědělce je výnos semen. Jak je z Grafu 10 patrné, nejvyššího výnosu dosáhla varianta 5 (LAD, LAD, SAM, LAD) s hnojivem SAM. Pouze o 0,01 t/ha horší byla kontrola hnojená pouze hnojivem LAD. Nejhůře dopadla varianta 8 s hnojivem DASA v druhé dílčí dávce regeneračního hnojení. Z důvodu velmi rozkolísaných údajů ve třetím roce hodnocení, byla vyřazena vždy jedna extrémní hodnota dané varianty pro tento rok. I přesto se nepovedlo statisticky prokázat rozdíly mezi jednotlivými hnojivy (viz Tabulka 30). V prvním roce se výnos pohyboval okolo 4,8 t/ha. Druhý rok pak výnosy činily až 5 t/ha. Podobně jako u počtu větví, ale negativně, se zde projevil výrazně slabý poslední ročník hodnocení (2018/19). V tomto roce výnosy dosahovaly nejčastěji do 3 t/ha. Statistické hodnocení (viz Tabulka 31) potvrdilo významné rozdíly mezi jednotlivými roky.



Graf 10 Výnos v t/ha

Tabulka 30 Statistické hodnocení u výnosu

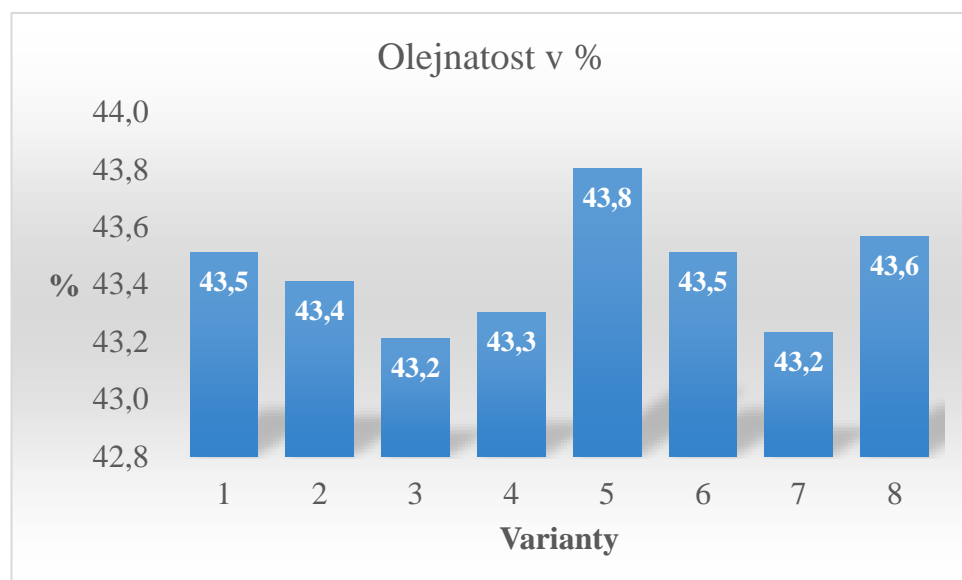
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro výnos Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1722,007	1	1722,007	1924,539	0,000000
Varianty	0,599	7	0,086	0,096	0,998430
Chyba	71,581	80	0,895		

Tabulka 31 Statické hodnocení u výnosu mezi jednotlivými roky

		Duncanův test; proměnná roky Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,15017, sv = 64,000		
Č. buňky	roky	(1) 4,8039	(2) 5,0507	(3) 3,0804
1	1		0,018610	0,000108
2	2	0,018610		0,000057
3	3	0,000108	0,000057	

5.3.2 Olejnatost

Olejnatost znázorňující Graf 11 je pro všechny varianty téměř stejná. Pohybuje se od 43,2 % po 43,8 %. Tak jako tomu bylo u výnosu a počtu větví, tak i olejnatost se v poslední roce oproti předchozím výrazně lišila. Olejnatost v prvních letech byla okolo 44 %. V třetím roce hodnocení však klesla v průměru o cca 4 % na 40 %. Při statistickém hodnocení nebyly prokázány žádné rozdíly mezi jednotlivými variantami (viz Tabulka 32). Prokazatelně se odlišoval pouze poslední rok oproti předchozím (viz Tabulka 33).



Graf 11 Olejnatost v %

Tabulka 32 Statistické hodnocení u olejnatosti

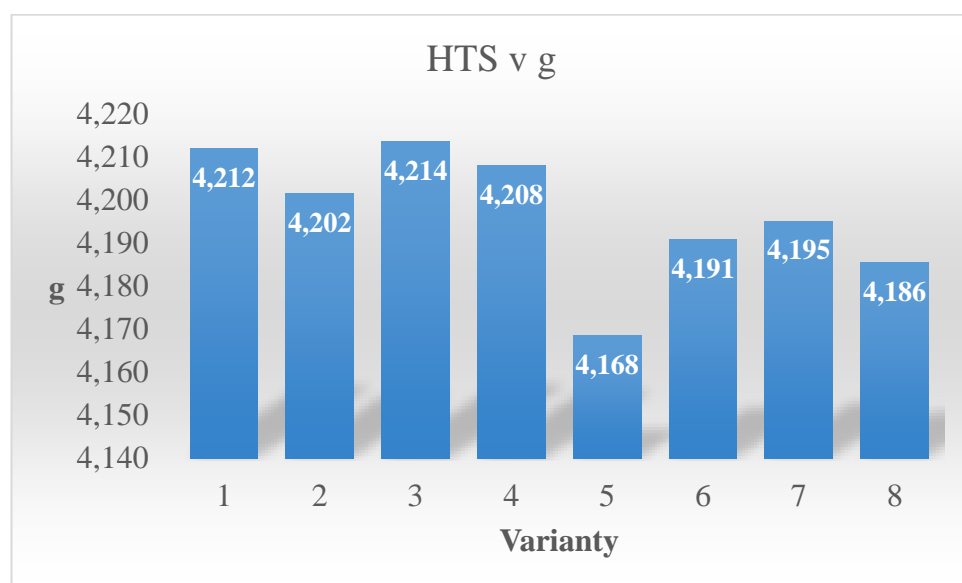
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro olejnatost Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	178558,2	1	178558,2	13757,03	0,000000
Varianty	83,0	7	11,9	0,91	0,499666
Chyba	1142,2	88	13,0		

Tabulka 33 Statistické hodnocení u olejnatosti mezi jednotlivými roky

Č. buňky	Duncanův test; proměnná roky Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,33167, sv = 72,000			
	roky	(1) 44,838	(2) 44,955	(3) 40,537
1	1		0,420985	0,000115
2	2	0,420985		0,000055
3	3	0,000115	0,000055	

5.3.3 HTS

Z Grafu 12 můžeme pozorovat, že v rámci hmotnosti tisíce semen nejhůře dopadla varianta 5 (LAD, LAD, SAM LAD). Přestože u výnosu a olejnatosti dosahovala nejvyšších hodnot, tak u hmotnosti tisíce semen dopadla nejhůře. Rozdíl oproti ostatním je však minimální. Tak, jako tomu bylo u předchozích hodnocení, ani zde se nepovedlo statisticky prokázat rozdíl mezi jednotlivými variantami (viz Tabulka 34). Mezi jednotlivými roky oproti předchozímu hodnocení dopadl nejhůře ročník 2017/18, kdy stěží hodnoty atakovaly 4 g. To prokázalo i statistické šetření, které je znázorněno v Tabulce 35, kdy HTS se každý rok průkazně odlišovala.



Graf 12 HTS v g

Tabulka 34 Statistické hodnocení u HTS

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro HTS Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1671,902	1	1671,902	10587,52	0,000000
Varianty	0,019	7	0,003	0,02	0,999995
Chyba	13,738	87	0,158		

Tabulka 35 Statistické hodnocení u HTS mezi jednotlivými roky

Č. buňky	Duncanův test; proměnná roky Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,04366, sv = 71,000			
	roky	(1) 4,3040	(2) 3,7531	(3) 4,5363
1	1		0,000116	0,000147
2	2	0,000116		0,000056
3	3	0,000147	0,000056	

5.4 Ekonomické zhodnocení

Podle ekonomického zhodnocení, které je znázorněno v Tabulce 36, nejlepšího výsledku dosáhla varianta hnojená hnojivem LAD při regeneračních dávkách a hnojivem DAM při třetí a čtvrté dávce. Její náklady na hnojení přepočtené na 1 t semene jsou o 28,10 Kč nižší oproti kontrole. Z pohledu hnojiva SAM nejnižší náklady na hnojení přepočtené na 1 t semene vykazuje varianta 5 (LAD, LAD, SAM, LAD), která zaostává za kontrolou pouze o 2,3 Kč. Vyšší cena hnojiva DASA výrazně zvýšila náklady u variant s tímto hnojivem. Podobně tomu je u hnojiva Thiotrac, díky kterému má varianta 6 nejvyšší náklady na hektar. Nutno je však dodat, že pořizovací ceny jednotlivých komodit se pro zemědělskou praxi mohou odvíjet od spousty faktorů. Jedním z nich může být například odebírané množství, zda se jedná o volně ložený nebo balený materiál, ale také od jakého dodavatele si zemědělec hnojivo objedná apod. Z těchto důvodů pak může dojít k ovlivnění ekonomického zhodnocení pro daný podnik.

Tabulka 36 Ekonomické zhodnocení nákladů na hnojení

Varianta	Hnojivo	Náklady na hnojení mezisoučet (Kč/ha)	Náklady na hnojení celkem (Kč/ha)	Náklady na hnojení na 1 t semene (Kč)
1	LAD	2.886,70	2.886,70	642,90
2	LAD DAM	1.443,30 1.305,00	2.748,30	614,80
3	LAD SAM	1.443,30 1.468,40	2.911,70	652,80
4	LAD DAM	1.924,40 870,00	2.794,40	638,00
5	LAD SAM	1.924,40 978,90	2.903,30	645,20
6	LAD DAM Thiotrac	1.924,40 855,50 405,00	3.184,90	722,20
7	LAD DASA	2.245,20 892,30	3.137,5	703,50
8	LAD DASA	2.084,80 1.074,10	3.158,9	746,80

Ceny hnojiv využité při hodnocení:

LAD	4.330 Kč/t
DAM	4.350 Kč/t
DASA	5.800 Kč/t
SAM	3.100 Kč/t
Thiotrac	81 Kč/l

Cena hnojiva SAM byla zjištěna u firmy Draslovka a.s., LAD, DAM, DASA u firmy AgroZETA servis s.r.o. a Thiotrac u firmy MANSFELD AG s.r.o.

5.5 Souhrnné hodnocení výsledků

Podle jarního hodnocení nejlepších hodnot dosahovala varianta 2 hnojená hnojivem LAD při regeneračních dávkách a hnojivem DAM při třetí a čtvrté dávce jarního hnojení. Měla bohatý kořenový systém a nadzemní biomasu. Velmi dobrých výsledků také dosáhla varianta 8 s hnojivem DASA při druhé dílčí dávce regeneračního hnojení. Přestože délka kořene byla nižší, tak měla silný kořen s bohatou nadzemní biomasou. Nejhůře dopadla varianta 3 s hnojivem SAM při třetí a čtvrté dávce jarního hnojení. Zaostávala ve všech ukazatelích jarního hodnocení. Druhá varianta s hnojivem SAM při třetí dávce jarního hnojení pak zaostala pouze u délky lodyhy. Podobně dopadla i varianta s hnojivem Thiotrac.

Nejmenších rozdílů mezi jednotlivými variantami byly zaznamenány při předsklizňovém hodnocení. Porosty mezi sebou nevykazovaly žádné vizuální rozdíly. Výška i počet větví se lišil pouze ročníkově, kdy v třetím roce hodnocení díky suchu porosty řepky byly nižší a řidší, ale naopak tvořily více větví.

Co se týká posklizňového hodnocení, tak velmi dobře dopadla varianta 5 s hnojivem SAM při třetí dávce jarního hnojení. Byl u ní zaznamenán nejvyšší výnos a olejnatost ze všech variant. V rámci hmotnosti tisíce semen ale dopadla nejhůře. Je však potřeba konstatovat, že rozdíly mezi jednotlivými variantami v tomto ukazateli byly minimální. Z ekonomického pohledu byly náklady hnojení na 1 t semene pouze o 2,3 Kč vyšší oproti kontrole. Varianta 3 s hnojivem SAM měla nejvyšší hmotnost tisíce semen, dobrý výnos, ale nejnižší olejnatost. V rámci ekonomie hnojení zaostala za kontrolou o 9,9 Kč na 1 t semene. Nejnižšího výnosu a nejhorší ekonomiku měla varianta 8 hnojená hnojivem DASA při druhé dílčí dávce regeneračního hnojení. Podobnou ekonomiku má i varianta s hnojivem Thiotrac. Toto je zapříčiněno hlavně vyšší cenou těchto hnojiv. Nejlépe dopadly varianty s hnojivem DAM. Přestože nedosáhly nejvyšších výnosů a olejnatosti, tak jejich celkové náklady na hnojení a náklady na 1 t semene byly nejnižší.

Shrneme-li veškeré hodnocení v rámci výzkumu, tak můžeme konstatovat, že nevhodnější variantou do podmínek hospodaření v Červeném Újezdu je varianta 2 hnojená s hnojivem DAM při třetí a čtvrté dávce jarního hnojení. I přesto, že hnojivo SAM nedopadlo nejlépe v rámci jarního hodnocení, po posklizňovém a ekonomickém zhodnocení se ukázalo, že je možné toto hnojivo využít pro jarní hnojení řepky ozimé. Nesmíme však zapomenout na kontrolu, která je nejjednodušší cestou z pohledu aplikace hnojiv a vykazovala velmi dobrých výsledků napříč všemi hodnoceními.

Statistické hodnocení neukázalo v ani jednom ze sledovaných ukazatelů odlišnost jednotlivých variant. Největší měrou se na tom podílela velmi rozkolísaná data nejen mezi ročníky, ale také v rámci čtyř opakování pro každou z variant.

6 Diskuze

Baranyk et al. (2007) uvádí, že řepka je plodina náročná na síru, která pozitivně ovlivňuje tvorbu větví. K tomu došlo pouze v 3. roce hodnocení, a to u všech variant. Porosty byly řídké a měly více prostoru. Z tohoto důvodu řepka zvýšila svůj počet větví. Vliv síry na počet větví se nepovedl prokázat. Varianta 3 (LAD, LAD, SAM, SAM) sice dosáhla stejného počtu větví jako kontrola, ale u ostatních variant s hnojivem obsahující síru byl tento počet nižší. K podobného výsledku došel i Sikorska et al. (2020), který při foliární aplikaci síry neprokázal vliv na počet větví.

Urton et al. (2018) uvádí, že nejlepší odezvu na hnojení sírou je na chudších půdách. Přestože byly pokusy provedeny na stanovištích, kde obsah síry v půdě byl velmi nízký nebo střední, tak nedošlo k žádnému ovlivnění při dodání síry v minerálních hnojivech. Neprojevilo se vliv žádného použitého hnojiva s obsahem síry. Nicméně je potřeba zmínit, že se jedná o velmi úrodné půdy s velmi dobrou strukturou.

Černý et al. (2017) uvádí, že hnojení sírou můžeme zvýšit účinnost využití dusíku. Z tohoto tvrzení vyplývá, že pokud řepce dodáme síru, mělo by dojít ke zlepšení sledovaných ukazatelů. Toto tvrzení se nepodařilo v této práci prokazatelně potvrdit. Hnojivo DASA sice dopadlo v rámci jarního hodnocení lépe než kontrola, ale hůře než ostatní varianty, kde nebyla dodána síra.

Ve studii, kterou provedl Muhammad et al. (2017), se uvádí, že hnojením sírou se zvýší výška porostu. Z výsledků můžeme říct, že porosty u variant s hnojivem SAM a Thiotrac jsou vyšší oproti ostatním hnojivům. Síra dodaná v hnojivu DASA však výšku porostu nevlivnila. Svou studii provedl na univerzitě v Pákistánu, kde jsou oproti nám odlišné podmínky. To může být jeden z hlavních důvodů, proč se toto tvrzení nepotvrdilo v pokusech u všech variant, kde byla dodána síra. Dalším důvodem může být termín dodání síry. Při regeneračním hnojení se vliv síry nijak neprojevil, ale při dalších dávkách jarního hnojení již došlo k navýšení. Nicméně rozdíly mezi variantami byly velmi malé a statisticky neprokazatelné. Téměř stejných výsledků ve výšce porostu dosáhly i varianty s hnojivem DAM. Dále v rámci variant s hnojivem SAM dopadla lépe varianta 5 (LAD, LAD, SAM, LAD), kde byla nižší dávka tohoto hnojiva oproti variantě 3 (LAD, LAD, SAM, SAM). Z těchto důvodů nemůžeme toto tvrzení v této práci potvrdit.

Ma et al. (2019) došli k výsledku, že hnojení sírou zlepšilo výnos. V jejich studii se jim povedlo toto tvrzení prokázat v 6 z 9 let pokusů, který byl proveden v Kanadě. Na tuto studii se nepodařilo navázat. Jeden z důvodů může například být, že pokus byl proveden na jarní řepce (canole), která výnosovou odezvu podle jejich studie prokazatelně má. Dalším důvodem může být například odlišná dávka dusíku a síry. Nejvyšší účinnost dosahovali při ošetření v dávce 150 kg N/ha a 20 kg S/ha. V pokusu byly varianty hnojeny v dávce 180 Kg N/ha. Pokud by celková dávka jarního hnojení byla nižší, mohlo by dojít k lepší odezvě.

Sienkiewicz-Cholewa & Kieloch (2015) ve svém výzkumu uvádí, že při dávce 20 kg S/ha nedošlo k žádnému vlivu na výnos. Vliv síry prokázali až při dávce 40 a 60 kg S/ha, při které se zvýšil výnos o 11 – 12 %. Dodaná síra v hnojivu SAM, DASA a Thiotrac nemusela být dostačující.

Podle Černý et al. (2017) je velmi složité určit optimální dávku S pro dané podmínky. V jednom roce se může jevit jako optimální dávka 20 kg S/ha a v dalších letech to však může být jinak. Optimální dávka je ovlivněna spousty faktory, které toto stanovení ztěžují.

K pozitivnímu vlivu při hnojení sírou na výnos došel ve své studii i Santos (2010). Svůj výzkum však neprováděl na řepce, ale na jahodách. Stejných výsledků dosáhl i Moreira et al. (2020) na sóje, nebo Cui et al. (2020) na tabáku.

Vliv síry na výtěžek sušiny rostlin prokázal ve své studii Abou Hussien et al. (2020). Nevyužil však k tomu minerální hnojiva, ale kompost. V jednom případě dodal síru během kompostování a v tom druhé až po dokončení kompostu. Podobně jako ve studii, kterou provedl Santos (2010), využil jinou plodinu, než je řepka. Pro svůj pokus zvolil ječmen. Nelíší se pouze v plodině a způsobu dodání síry, ale také v podmínkách, které byly velmi odlišné. Jednalo se pouze o skleníkový pokus, a to na vápenatých půdách. Využijeme-li veškeré poznatky, tak k lepší odezvě na hnojení sírou může být právě na půdách s vyšším pH. Díky nepatrným změnám půdní reakce může dojít ke zlepšení podmínek pro růst a vývoj rostlin. Na okyselení půd po aplikaci síry upozornil i Filipek-Mazur et al. (2019).

Riffaft & Ahmad (2020) prokázali vliv síry v zasoleném prostředí na kukuřici. Po aplikaci síry rostliny měly delší kořeny, vyšší hmotnost čerstvé i suché biomasy a dalších růstových parametrů, které byly v rámci jejich práce hodnoceny. Odezva na hnojení sírou tedy nenastává pouze na půdách s vysokým pH, ale také při zasolení. Přestože se jedná o jinou plodinu, můžeme se domnívat, že odezva na síru se nejvíce projeví v nepříznivých podmínkách pro pěstování dané plodiny. Vezmeme-li v potaz půdní podmínky na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu, tak řepka ozimá byla vždy pěstována na půdách vyhovujících pro tuto plodinu. Vliv síry se tedy nijak výrazně nemusel projevit.

Ma et al. (2015) ve své studii z roku 2015 uvádí, že ke zlepšení výnosu by mohlo dojít hlavně v deštivých regionech. V České republice se v posledních letech setkáváme spíše se suchem. Srážky jsou nízké, popřípadě přichází ve formě přívalových dešťů. Nejen množství srážek, ale také jejich rozložení během celé vegetace není na většině území dostačující. V případě nedostatečných srážek rostliny nejsou schopny síru přijmout. Pokud pak dojde k přívalovým dešťům, tak může také docházet k velkému vyplavení síry, na které upozorňuje Černý et al. (2017).

Hammac et al. (2017) uvádí, že limitujícím faktorem může být voda a teplota. Ve třetím roce hodnocení sucho a teplo koncem června způsobilo pokles olejnatosti v průměru o 4 % na výsledných 40 %. Tyto faktory také výrazně ovlivnily vzcházení řepky v posledním roce. Jak se ukázalo, tak odrůda Marathon špatně snáší sucho po zasetí. Právě proto byl i výnos v posledním roce nižší, a to v některých případech až o 2 t/ha. Díky vyšším teplotám společně s nízkým množstvím srážek dochází k výraznému ovlivnění výsledků práce.

7 Závěr

Jarní hodnocení neprokázalo pozitivní vliv hnojiva SAM na délku kořene, hmotnost kořene, průměr kořenového krčku, sušiny podzemní biomasy, délku lodyhy, hmotnost lodyhy a sušinu nadzemní biomasy oproti ostatním dusíkatým hnojivům.

Předsklizňové hodnocení neprokázalo pozitivní vliv hnojiva SAM na počet větví a částečně prokázalo pozitivní vliv na výšku porostu oproti ostatním dusíkatým hnojivům.

Posklizňové hodnocení částečně prokázalo pozitivní vliv hnojiva SAM na výnos, olejnatost a HTS oproti ostatním dusíkatým hnojivům.

I přes úrodné půdy v Červeném Újezdu, kde však množství síry v půdě bylo velmi nízké nebo střední, se zde statisticky neprojevil vliv hnojení sírou. Změny nenastaly jak při využití hnojiva SAM, DASA, tak i Thiotrac. Jedním z důvodů, proč nebyla zjištěna odezva na hnojení sírou, může být stres suchem, se kterým se v některých obdobích řepka potýkala.

Nejlépe dopadla varianta 2 (LAD, LAD, DAM, DAM). Vykazovala velmi dobré výsledky jak při hodnocení podzemní, tak nadzemní biomasy. Přestože nedosáhla nejvyššího výnosu, jedná se o nejekonomičtější variantu hnojení.

Varianta 7 s hnojivem DASA při první dílčí dávce regeneračního hnojení dosáhla lepších výsledků u délky kořene a sušiny podzemní biomasy než varianta 8 při aplikaci v druhé dílčí dávce. U nadzemní biomasy tomu však bylo naopak a lepších výsledků dosáhla varianta 8. Z ekonomického pohledu těchto dvou variant nejlépe dopadla varianta 7, kde se aplikovalo hnojivo DASA v první dílčí dávce regeneračního hnojení.

Stanovisko k vědeckým hypotézám

- 1) Hnojivo SAM dosahuje lepších výnosotvorných ukazatelů a výnosu u řepky ozimé než ostatní dusíkatá hnojiva.

ČÁSTEČNĚ POTVRZENA

- 2) Hnojivo SAM pozitivně ovlivňuje kvalitativní ukazatele u řepky ozimé.

ČÁSTEČNĚ POTVRZENA

Přestože se varianty statisticky mezi sebou neodlišovaly, tak hypotézy byly částečně potvrzeny. Varianty s hnojivem SAM měly dobré předsklizňové a posklizňové hodnocení. V rámci jarních rozborů ve většině sledovaných ukazatelů varianta s hnojivem SAM ve třetí dávce jarního hnojení dopadla lépe než kontrola hnojená pouze hnojivem LAD.

Doporučení pro praxi

Z výsledků pokusů, které byly provedeny na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu, a statistického hodnocení hnojivo SAM pozitivně neovlivnilo ani jeden ze zkoumaných ukazatelů. Z ekonomického pohledu doporučuji pro hnojení řepky ozimé v dané lokalitě využívat hnojiva LAD a DAM ve stejném sledu jako u varianty 2. V případě špatných podmínek nedovolujících aplikaci hnojiva DAM (poškození popálením) je vhodné hnojit pouze hnojivem LAD. Pokud by se v porostech vyskytoval deficit síry, tak je možné využít hnojivo SAM při třetí, nebo třetí a čtvrté dávce jarního hnojení.

8 Literatura

- Abou Hussien EA, Nada WM, Elgezery MK. 2020. Influence of Sulphur Compost Application on Some Chemical Properties of Calcareous Soil and Consequent Responses of *Hordeum Vulgare* L. Plants. *Egyptian Journal of Soil Science* **60**:67-82.
- Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Balík J, et al. 2007. Principy výživy a hnojení ozimé řepky. Powerprint s.r.o., Praha.
- Baranyk P, et al. 2007. Řepak – pěstování – využití - ekonomika. ProfiPress s.r.o., Praha.
- Bečka D, Cihlář P, Mikšík V, Prokinová E, Šimka J, Vašák J, Zukalová H. 2013. Řepka ozimí: inovace pěstitelské technologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Bečka D, Mikšík V, Vašák J, Zukalová H. 2007. Řepka ozimá – Pěstitelský rádce. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Bessa LA, Moreira MA, Silva FG, Vitorino LC, Megguer CA. 2019. The influence of nitrogen in nutrient solution on growth, nutrient uptake and enzymatic activity of *Anacardium othonianum* Rizz. *Current Science* **117**:2023-2033.
- Bolland MDA, Brennan RF. 2008. Comparing the phosphorus requirements of wheat, lupin, and canola. *Australian Journal of Agricultural Research* **59**:983-998.
- Carruthers JM, Cook SM, Wright GA, Osborne JL, Clark SJ, Swain JL, Haughton AJ. 2017. Oilseed rape (*Brassica napus*) as a resource for farmland insect pollinators: quantifying floral traits in conventional varieties and breeding systems. *Global Change Biology Bioenergy* **9**:1370-1379.
- Cavalcante AR, de Lima WB, Chaves LHG, Fernandes JD, de Souza FG, Silva SA. 2020. Mineral fertilization with macronutrients in castor bean, lineage UFRB 222. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **24**:106-114.
- Crusciol CAC, Almeida DS, Alves CJ, Soratto RP, Krebsky EO, Spolidorio ES. 2019. Can Micronized Sulfur in Urea Reduce Ammoniacal Nitrogen Volatilization and Improve Maize Grain Yield? *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* **19**:701-711.
- Cui QE, Wu WM, Qi YC, Jing LL, Jiang CQ. 2020. Sulfur Application Improved Leaf Yield and Quality of Flue-Cured Tobacco by Maintaining Soil Sulfur Balance. *International Journal of Agriculture and Biology* **23**:357-363.
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Kovařík J, Sedlář O. 2015. Význam bóru (B) ve výživě ozimé řepky. Pages: 143-147 in SPZO s.r.o., editor. 32. vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Praha.
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Kovařík J, Sedlář O. 2016. Význam hořčíku (Mg) ve výživě ozimé řepky. Pages: 178-184 in SPZO s.r.o., editor. 33. vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Praha.

Černý J, Javor T, Kulhánek M, Sedlář O, Balík J. 2017. Specifika hnojení sírou u ozimé řepky. Pages: 91-97 in SPZO s.r.o., editor. 34. vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Praha.

Černý J, Balík J, Peklová L, Kulhánek M. 2014. Bilance živin při pěstování ozimé řepky. Pages: 164-169 in SPZO s.r.o., editor. 31. vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice. SPZO s.r.o., Praha.

Český statistický úřad. 2019. Český statistický úřad. ČSÚ. Available from https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&ds=ds489&pvo=ZEM02A&skupId=346&katalog=30840&evo=v533_%21_ZEM02A-2019_1&str=v443 (accessed January 2020).

Dykyjová SD, et al. 1989. Metody studia ekosystémů. Academia, Praha.

Ebrahimian E, Bybordi A, Seyyedi SM. 2017. How Nitrogen and Zinc Levels Affect Seed Yield, Quality, and Nutrient Uptake of Canola Irrigated with Saline and Ultra-Saline Water. Communications in Soil Science and Plant Analysis **48**:345-355.

Eggert K, von Wiren N. 2016. The role of boron nutrition in seed vigour of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Plant and Soil **402**:63-76.

Evans MA, Skinner DZ, Koenig RT, Hulbert SH, Pan WL. 2016. Effect of phosphorus, potassium, and chloride nutrition on cold tolerance of winter canola (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Nutrition **39**:1112-1122.

Fallahpout F, Ghorbani R, Nassiri-Mahallati M, Hosseini M. 2020. Plant fertilization helps plant to compensate for aphid damage, positively affects predator efficiency and improves canola yield. Journal of Pest Science **93**:251-260.

Farshidi M, Abdolzadeh A, Sadeghpour HR. 2012. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (*Brassica napus* L.) plants. Acta Physiologiae Plantarum **34**:1779-1788.

Fábry A, et al. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha.

Ferguson BT, Chastain TG, Garbacik CJ, Chastain BT, Wysocki DJ. 2016. Spring Nitrogen and Cultivar Affected Seed Production in Winter Canola. Agronomy Journal **108**:1124-1131.

Filipek-Mazur B, Tabak M, Koncewicz-Baran M, Bobowiec A. 2019. Mineral fertilizers with iron influence spring rape, maize and soil properties. Archives of Agronomy and Soil Science **65**:1575-1585.

Hammac WA, Maaz TM, Koenig RT, Burke IC, Pan WL. 2017. Water and Temperature Stresses Impact Canola (*Brassica napus* L.) Fatty Acid, Protein, and Yield over Nitrogen and Sulfur. Journal of Agricultural and Food Chemistry **65**:10429-10438.

Hashemi A, Abdolzadeh A, Sadeghipour HR. 2010. Beneficial effect of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. Soil Science and Plant Nutrition **56**:244-253.

- Iqbal A, Iqbal MA, Hussain I, Siddiqui MH, Nasir M, Ahmad J, Ali Y. 2018. Seed blending of oat (*Avena sativa*) and canola (*Brassica napus* L.) under variable seed proportions enhanced forage productivity and nutritional quality. *Pakistan Journal of Botany* **50**:1985-1990.
- Javadi A, Khomari S, Sofalian O. 2016. Seed vigor and boron and calcium nutrition influence oilseed rape germinability and seedling growth under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* **39**:1688-1696.
- Kar G, Schoenau JJ, Gillespie AW, Dhillon GS, Peak D. 2019. Sulfur Species Formed in the Seed Row of Sulfur-Fertilized Soils as Revealed by K-Edge X-ray Absorption Near-Edge Structure Spectroscopy. *Soil Science Society of American Journal* **83**:1324-1332.
- Liao P, Woodfield HK, Harwood JL, Chye ML, Scofield S. 2019. Comparative Transcriptomics Analysis of *Brassica napus* L. during Seed Maturation Reveals Dynamic Changes in Gene Expression between Embryos and Seed Coats and Distinct Expression Profiles of Acyl-Coa-Binding Proteins for Lipid Accumulation. *Plant and Cell Physiology* **60**:2812-2825.
- Long DS, Young FL, Schilinger WF, Reardon CL, Williams JD, Allen BL, Pan WL, Wysocki DJ. 2016. Development of Dryland Oilseed Production System in Northwestern Region of the USA. *Bioenergy Research* **9**:412-429.
- Lorin M, Jueffroy HM, Butier A, Valantin-Morison M. 2016. Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulch: Consequences for cash crop nitrogen nutrition. *Field Crops Research* **193**:24-33.
- Ma BL, Biswas DK, Herath AW, Whalen JK, Ruan SQ, Caldwell C, Earl H, Vanasse A, Scott P, Smith DL. 2015. Growth, yield, and yield components of canola as effected by nitrogen, sulfur, and boron application. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **178**:658-670.
- Ma BL, Zheng ZM, Whalen JK, Caldwell C, Vanasse A, Pageau D, Scott P, Ear H, Smith DL. 2019. Uptake and nutrient balance of nitrogen, sulfur, and boron for optimal canola production in eastern Canada. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **182**:252-264.
- Malhi SS. 2005. Influence of four successive annual applications of elemental S and sulphate-S fertilizers on yield, S uptake and seed quality of canola. *Canadian Journal of Plant Science* **85**:777-792.
- Malhi SS, Gill KS. 2002. Effectiveness of sulphate-S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. *Canadian Journal of Plant Science* **82**:665-674.
- Manaf A, Kashif M, Sher A, Qayyum A, Sattar A, Hussain S. 2019. Boron nutrition for improving the quality of diverse canola cultivars. *Journal of Plant Nutrition* **42**:2114-2120.
- Menz DD. 2007. Canola protein concentrate for use as a high-valued animal feed ingredient. Pages: 274-276 in Chunyun G, Tingdong F, editors. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*. Science Press USA Inc., USA.
- Metwally AM, Radi AA, El-Shazoly RM, Hamada AM. 2018. The role of calcium, silicon and salicylic acid treatment in protection of canola plants against boron toxicity stress. *Journal of Plant Research* **131**:1015-1028.

- Moreira A, Moraes LAC, Provenzano RS, Cabrera RAD. 2020. Effect of sulfur source and rates on yield and yield components of soybean in subtropical soils. *Journal of Plant Nutrition* **43**:2081-2091.
- Muhammad A, Younis M, Khan AA, Ahmad I. 2017. Management of sulphur and its application stages on canola phenology, maturity and biomass yield under Maize-Canola cropping system. *Bioscience Research* **14**:84-94.
- Muneer S, Lee BR, Kim KY, Park SH, Zhang Q, Kim TH. 2014. Involvement of sulphur nutrition in modulating iron deficiency responses in photosynthetic organelles of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Photosynthesis Research* **119**:319-329.
- Novák J, Skalický M. 2012. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Powerprint, Praha.
- Pourbabae AA, Dinekaboodi SK, Hosseini HMS, Alikhani HA, Emami S. 2020. Potential Application of Selected Sulfur-Oxidizing Bacteria and Different Sources of Sulfur in Plant Growth Promotion under Different Moisture Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **51**:735-745.
- Rahman H, Stringam GR, Degenhardt DF. 2011. 72P01 CL Clearfield herbicide-tolerant spring canola. *Canadian Journal of Plant Science* **91**:527-528.
- Raymer PL. 2002. Canola: An emerging oilseed crop. Pages 122-126 in Janick J, Whipkey A, editors. *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria.
- Rezayian M, Niknam V, Ebrahimzadeh H. 2018. Penconazole and calcium improves drought stress tolerant and oil quality in canola. *Soil Science and Plant Nutrition* **64**:606-615.
- Riffaft A, Ahmad MSA. 2020. Alleviation of adverse effects of salt stress on growth of maize (*Zea mays* L.) by sulfur supplementation. *Pakistan Journal of Botany* **52**:763-773.
- Santos LFD, et al. 2020. Effect of Sulfur Sources on Megathyrsus Maximus ‘Mombaca’ Grass Cultivated in a Typic Ultisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **51**:839-852.
- Santos BM. 2010. Effect of Preplant Nitrogen and Sulfur Fertilizer Sources on Strawberry. *Horttechnology* **20**:193-196.
- Schone F. 1993. Recommendations for rape breeding in regard to animal nutrition. *Fett wissenschaft technologie – fat science technology* **95**:147-154.
- Seepaul R, George S, Wright DL. 2016. Comparative response of *Brassica carinata* and *B. napus* vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition. *Industrial Crops and Products* **94**:872-883.
- Siede R, Dyrba W, Augustin T, Wiegand A, Ellinghaus R. 2013. Boron fertilizers in rape – a risk for honey bees? *Journal of Applied Entomology* **137**:661-667.
- Siemek J, Macuda J, Lukanko L, Nowak J, Zajac T. 2020. The Possibility of Using Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L. var. *Napus*) for Energy Purposes. *Problemy Ekorozwoju* **15**:169-177.

- Sienkiewicz-Cholewa U, Kieloch R. 2015. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seed (*Brassica napus* L.). *Plant Soil and Environment* **61**:164-170.
- Sikorska A, Gugala M, Zarzecka K. 2020. The impact of different types of foliar feeding on the architecture elements of a winter rape (*Brassica napus* L.) field. *Applied Ecology and Environmental Research* **18**:263-273.
- Urton R, Hangs RD, Schoenau JJ, Grant CA. 2018. The response of a high-yielding canola hybrid to sulfur fertilization in three contrasting. *Journal of Plant Nutrition* **41**:1957-1969.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. *Výživa a hnojení polních plodin*. ProfiPress s.r.o., Praha.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. ProfiPress s.r.o., Praha.
- Varenyiova M, Ducsay L. 2015. Effect of Nitrogen Nutrition on Yield, Oil content and Oil Production of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Pages: 55-59 in Bečka D, et al., editors. *Prosperující olejniný 2015*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Vašák J, et al. 2000. *Řepka*. Agrospoj, Praha.
- Vitousek PM, Gorwath RW. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: How can it occur? *Biogeochemistry* **13**:87-115.
- Volf M, Zeman J. 2018. Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2017/2018. Pages: 3-36 in SPZO s.r.o., editor. *35.vyhodnocovací seminář: Systém výroby řepky – Systém výroby slunečnice*. SPZO s.r.o., Praha.
- Wang L, Hampe A, Muhling KH, Erley GSA. 2017. Sulfur uptake and remobilization are differentially affected by N deficiency in winter oilseed rape. *Journal of Plant Nutrition* **40**:524-531.
- Wendeborn S. 2020. The Chemistry, Biology, and Modulation of Ammonium Nitrification in Soil. *Angewandte Chemie International Edition* **59**:2182-2202.
- Yang GZ, Zhou XB, Li CF, Nie YC, Zhang XL. 2013. Cotton stubble mulching helps in the yield improvement of subsequent winter canola (*Brassica napus* L.) crop. *Industrial Crops and Products* **50**:190-196.
- 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**:438-455.

9 Seznam tabulek, grafů a obrázků

9.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 Plocha, výnos a produkce řepky v ČR (2017/18).....	6
Tabulka 2 Osevní plochy řepky ozimé v roce 2018 a 2019.....	6
Tabulka 3 Palivářské parametry řepkového oleje.....	8
Tabulka 4 Odběrový normativ na výnos 1 t semene řepky ozimé.....	11
Tabulka 5 Návratnost živin do půdy z posklizňových zbytků.....	11
Tabulka 6 Průměrný obsah látek a živin v hnoji	20
Tabulka 7 Průměrný obsah látek a živin v kejďě	21
Tabulka 8 Vybraná minerální hnojiva s obsahem síry	22
Tabulka 9 Obsah síry v organických hnojivech a její využitelnost v 1. roce	22
Tabulka 10 Průměrné denní teploty za vegetaci 2016/17.....	23
Tabulka 11 Úhrn srážek za vegetaci 2016/17.....	24
Tabulka 12 Průměrné denní teploty za vegetaci 2017/18.....	24
Tabulka 13 Úhrn srážek za vegetaci 2017/18.....	25
Tabulka 14 Průměrné denní teploty za vegetaci 2018/19.....	25
Tabulka 15 Úhrn srážek za vegetaci 2018/19.....	26
Tabulka 16 Agrochemické vlastnosti půd na pokusech řepky v Červeném Újezdu	26
Tabulka 17 Metodika hnojení dusíkem	27
Tabulka 18 Termíny aplikace hnojiv v jednotlivých letech	27
Tabulka 19 Statistické hodnocení u délky kořene	33
Tabulka 20 Statistické hodnocení u hmotnosti kořene	34
Tabulka 21 Statistické hodnocení u průměru kořenového krčku	35
Tabulka 22 Statistické hodnocení u sušiny podzemní biomasy	36
Tabulka 23 Statistické hodnocení u délky lodyhy	37
Tabulka 24 Statistické hodnocení u hmotnosti nadzemní biomasy	38
Tabulka 25 Statistické hodnocení u sušiny nadzemní biomasy.....	39
Tabulka 26 Statistické hodnocení u výšky porostu	40
Tabulka 27 Statistické hodnocení u výšky porostu mezi jednotlivými roky	41
Tabulka 28 Statistické hodnocení u počtu větví	42
Tabulka 29 Statistické hodnocení u počtu větví mezi jednotlivými roky.....	43
Tabulka 30 Statistické hodnocení u výnosu	44
Tabulka 31 Statické hodnocení u výnosu mezi jednotlivými roky.....	45
Tabulka 32 Statistické hodnocení u olejnatosti	46
Tabulka 33 Statistické hodnocení u olejnatosti mezi jednotlivými roky.....	47
Tabulka 34 Statistické hodnocení u HTS	48
Tabulka 35 Statistické hodnocení u HTS mezi jednotlivými roky.....	49
Tabulka 36 Ekonomické zhodnocení nákladů na hnojení	50

9.2 Seznam grafů

Graf 1 Délka kořene v cm.....	33
Graf 2 Hmotnost kořene v g	34
Graf 3 Průměr kořenového krčku v cm	35
Graf 4 Sušina podzemní biomasy v g	36
Graf 5 Délka lodyhy v cm	37
Graf 6 Hmotnost nadzemní biomasy v g	38
Graf 7 Sušina nadzemní biomasy v g	39
Graf 8 Výška porostu v cm.....	40
Graf 9 Počet větví	42
Graf 10 Výnos v t/ha.....	44
Graf 11 Olejnatost v %	46
Graf 12 HTS v g	48

9.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 Genové vztahy mezi druhy <i>Brassicaceae</i>	3
Obrázek 2 Fenologická stupnice, BBCH – Řepka ozimá.....	6
Obrázek 3 Koloběh dusíku v přírodě.....	9
Obrázek 4 Deficit fosforu	13
Obrázek 5 Deficit draslíku.....	14
Obrázek 6 Deficit vápníku.....	15
Obrázek 7 Deficit hořčíku.....	16
Obrázek 8 Deficit síry	17
Obrázek 9 Deficit bóru	18