

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Použití hnojiv s obsahem zeolitu u řepky ozimé  
Diplomová práce**

**Bc. Petr Bareš**

**Rostlinná produkce**

**Ing. David Bečka, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 14.4.2023

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Davidu Bečkovi, Ph. D. za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady a čas, který mi při psaní práce věnoval. Chtěl bych vyzdvihnout i jeho lidský, ale zároveň profesionální přístup. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za to, že mi umožnili tuto školu studovat a v první řadě za jejich podporu při mém studiu.

# Použití hnojiv s obsahem zeolitu u řepky ozimé

## Souhrn

Diplomová práce se zabývá vlivem aplikace minerálních hnojiv s obsahem zeolitů na růstové ukazatele (nadzemní a kořenová biomasa), výnos a kvalitu (olejnatost, HTS) řepky ozimé. Pokusy byly založeny na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu, která se nachází v okrese Praha-západ, kde byl založen v roce 2020/21 a 2021/22 maloparcelkový pokus s řepkou ozimou. Pokusný pozemek se nacházel na bonitně vysoce úrodných hnědozemích půd s vysokým obsahem živin. Pro pokus byla zvolena odrůda LG Architect, což je mimořádně výnosná hybridní odrůda řepky. Při pokusu byla použita hnojiva se zeolity: NPK Zeorit, Zenfert 24N. Pro porovnání výsledků byla ve zbylých variantách použita hnojiva: NPK 10-10-10, LAD 27, DASA 26-13, Lovogran B a listové hnojivo Lovo Can T. Celkem se jednalo o čtyři pokusné varianty, každá se čtyřmi opakováními – „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert 24N, Zenfert 24N); „Bez zeolitů“ (NPK 10-10-10, LAD, LAD); „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T); „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Cílem práce bylo porovnání jednotlivých variant z hlediska růstu podzemní a nadzemní biomasy, výnosu a kvalitou semen (HTS a olejnatost). Odběry kořenové a nadzemní biomasy v každém z pokusných let proběhly na jaře při inventarizaci porostů (25.3.2021 a 16.3.2022). Pro nadzemní biomasu se sledovaly znaky jako je délka a počet listů, hmotnost sušiny nadzemní biomasy a procentický obsah sušiny. Pro kořenovou biomasu se vyhodnocoval průměr kořenového krčku, délka kořene, hmotnost sušiny kořenů a procentický obsah sušiny.

Vyhodnocení výsledků přineslo velmi vyrovnané výsledky mezi jednotlivými variantami. Zejména ve znacích hodnocených po sklizni nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi variantami. V prvním sledovaném roce 2020/21 byl zaznamenán pouze jeden statisticky významný rozdíl ze všech sledovaných znaků, a to pro počet listů mezi variantou „Zeolity“ a „Bez zeolitů“. V druhém roce 2021/22 byly zaznamenány celkem čtyři statisticky významné rozdíly, vždy mezi variantou „Inovace“ a „Kontrola“. Jednalo se o rozdíly v počtu listů, hmotnosti sušiny nadzemní biomasy, průměru kořenového krčku a hmotnosti sušiny kořenové biomasy. Ukázalo se, že použití sloučené dávky dusíku se zeolity ve variantě inovace mělo během dvou let pozitivní vliv na nárůst kořenové biomasy, avšak bez statisticky průkazného rozdílu. Účinek hnojiv se zeolity ve variantě „Zeolity“ a sloučené dávky dusíku se zeolity v kombinaci s lisotvým hnojivem Lovo Can T ve variantě „Inovace“ na výnos semen se však neprokával. Je to dáno především dlouhodobým působením zeolitů, kvalitou půd pokusné stanice a průběhem počasí, proto lze jejich aplikaci doporučit na méně úrodné půdy, které mají nižší sorpční schopnost, a to opakovaně do všech plodin v rámci celého osevního postupu, aby se projevil jejich dlouhodobý účinek. Na závěr byl v mé práci vyhodnocen i ekonomický přínos sledovaných hnojiv vůči kontrole. Ekonomicky pokus příliš dobře nedopadl.

Díky vyšším nákladům na pořízení hnojiv se zeolity a vyrovnaným výnosům jednotlivých variant, ani jedna varianta ekonomicky nepředčila kontrolu a byly tak ve ztrátě.

**Hypotéza č. 1:** Po aplikaci hnojiv s obsahem zeolitu budou rostliny řepky dosahovat vyšší hmotnosti kořenů a výnosu semen než po jiných dusíkatých hnojivech.

**Tato hypotéza byla potvrzena jen částečně.** Hnojiva se zeolity dosahovala průměrně vyšší hmotnosti kořenů, konkrétně se jednalo o variantu „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T), nebyl však prokázán statisticky významný rozdíl mezi variantami. Avšak z hlediska výnosu semen tuto hypotézu potvrdit nelze, jelikož hnojiva se zeolity dosahovala nižších výnosů než ostatní varianty.

**Hypotéza č. 2:** Sloučení dávek dusíku u ledku s obsahem zeolitu v kombinaci s hnojivem LovoCan zvyšuje výnos semen.

**Tato hypotéza byla vyvrácena.** Varianta „Inovace“ ve které se tato hnojiva aplikovala, měla v obou sledovaných letech nejnižší výnos semen.

**Klíčová slova:** řepka, dusík, zeolity, hnojení, výnos, olejnatost

# Use of fertilizers containing zeolite in winter oilseed rape

## Summary

The thesis deals with the effect of mineral fertilizers containing zeolites on growth parameters (above-ground and root biomass), yield and quality (oil content, weight of a thousand seeds) of winter rape. The experiments were established at the Research Station in Červený Újezd, located in the Prague-West district, a small-plot experiment with winter rape was established in 2020/21 and 2021/22. The experimental plot was located on high fertility brown soils with high nutrient content. The variety chosen for the trial was LG Architect, which is an extremely high-yielding hybrid variety of rape. Zeolite fertilisers were used in the experiment: NPK Zeorit, Zenfert 24N. To compare the results, fertilizers were used in the remaining variants: NPK 10-10-10, LAD 27, DASA 26-13, Lovogran B and foliar fertilizer Lovo Can T. In total, there were four experimental treatments, each with four repetitions – „Zeolites“ (NPK Zeorit, Zenfert 24N, Zenfert 24N); „No zeolites“ (NPK 10-10-10, LAD, LAD); „Innovation“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T); „Control“ (LAD, DASA, LAD). The aim of the work was to compare the different variants in terms of below and above ground biomass growth, yield and seed quality (HTS and oil content). Root and aboveground biomass sampling in each of the experimental years was carried out in the spring during stand inventory (25 March 2021 and 16 March 2022). For aboveground biomass, traits such as leaf length and number of leaves, dry weight of aboveground biomass, and dry weight percentage were monitored. For root biomass, root collar diameter, root length, root dry weight and percent dry weight content were evaluated.

The evaluation of the results gave very balanced results between the variants. In particular, no statistically significant differences between the variants were found in the traits evaluated after harvest. Only one statistically significant difference was observed in the first year of observation, 2020/21, for all traits studied, namely for the number of leaves between the „Zeolites“ and „No zeolites“ variants. In the second year, 2021/22, a total of four statistically significant differences were recorded, always between the „Innovation“ and „Control“ variants. These were differences in number of leaves, dry weight of aboveground biomass, root collar diameter and dry weight of root biomass. It showed that the use of the combined nitrogen and zeolite rate in the Innovation variant had a positive effect on the increase in root biomass over the two years, but without a statistically significant difference. However, the effect of fertiliser with zeolites in the „zeolites“ variant and the combined dose of nitrogen with zeolites in combination with the foliar fertiliser Lovo Can T in the „innovation“ variant on seed yield was not demonstrated. This is mainly due to the long-term effect of the zeolites, the quality of the soils of the experimental station and the weather pattern, therefore their application can be recommended on lower quality soils, which have lower sorption capacity, and repeatedly to all crops throughout the crop rotation to show their long-term effect. Finally, the economic benefit of the fertilizers studied relative to the control was also evaluated in my work. Economically, the experiment did not work very well. Due to the higher costs of fertilizer acquisition with zeolites and the balanced yields of the different variants, neither variant outperformed the control economically and were thus in the red.

**Hypothesis 1:** After application of zeolite fertilisers, rape plants will achieve higher root weight and seed yield than after other nitrogen fertilisers.

**This hypothesis was only partially confirmed.** Fertilisers with zeolites achieved on average higher root weights, specifically the „Innovation“ variant (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T), but no statistically significant difference was found between the variants. However, in terms of seed yield, this hypothesis cannot be confirmed as the fertilisers with zeolites had lower yields than the other variants.

**Hypothesis 2:** Combining the nitrogen rates of the zeolite containing ammonium nitrate in combination with LovoCan fertiliser increases seed yield.

**This hypothesis was refuted.** The „Innovation“ variant in which these fertilisers were applied had the lowest seed yield in both years studied.

**Keywords:** winter oilseed rape, nitrogen, zeolites, fertilization, yield, oil content

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Řepka olejka</b>	<b>12</b>
3.1.1	Historie pěstování	12
3.1.2	Morfologie a anatomie řepky ozimé	13
3.1.3	Hospodářský význam	15
3.1.4	Výnosotvorné prvky a tvorba výnosu	17
3.1.5	Šlechtění	18
<b>3.2</b>	<b>Agrotechnika</b>	<b>19</b>
3.2.1	Osevní postup	19
3.2.2	Výběr stanoviště	19
3.2.3	Zpracování půdy	20
<b>3.3</b>	<b>Chemická ochrana řepky</b>	<b>22</b>
3.3.1	Ochrana proti plevelům	22
3.3.2	Ochrana proti houbovým chorobám	22
3.3.3	Ochrana proti škůdcům	24
3.3.4	Regulátory růstu	25
<b>3.4</b>	<b>Výživa řepky ozimé</b>	<b>26</b>
3.4.1	Výživa dusíkem	26
3.4.2	Výživa sírou	29
3.4.3	Výživa fosforem	31
3.4.4	Výživa draslíkem	32
3.4.5	Výživa hořčíkem	34
3.4.6	Výživa bórem	35
<b>3.5</b>	<b>Sklizeň</b>	<b>37</b>
<b>3.6</b>	<b>Hnojiva s přídavkem zeolitu</b>	<b>37</b>
3.6.1	Vznik a ložiska přírodních zeolitů	38
3.6.2	Stavba zeolitu	38
3.6.3	Využití zeolitu	39
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis stanoviště</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Popis pokusu</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Varianty pokusu</b>	<b>42</b>
<b>4.4</b>	<b>Popis použitých pevných minerálních hnojiv</b>	<b>43</b>
4.4.1	ZEORIT NPK 8-10-10+9 S	43
4.4.2	ZENFERT 24 N	44



4.4.3	LOVOGRAN B .....	45
4.4.4	NPK 10-10-10.....	45
4.4.5	LAD 27 .....	46
4.4.6	DASA 26-13 .....	46
<b>4.5</b>	<b>Popis použitých listových hnojiv .....</b>	<b>47</b>
4.5.1	LOVO CAN T .....	47
4.5.2	BOROSAN HUMINE .....	47
4.5.3	LOVOHUMINE NP+Zn.....	47
4.5.4	LOVOHUMINE K .....	48
<b>4.6</b>	<b>Agrotechnika pokusu .....</b>	<b>49</b>
<b>4.7</b>	<b>Průběh počasí .....</b>	<b>50</b>
4.7.1	Průběh počasí 2020/21 .....	50
4.7.2	Průběh počasí 2021/22 .....	52
<b>4.8</b>	<b>Odběry a měření sledovaných znaků .....</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>Kořenová biomasa.....</b>	<b>55</b>
5.1.1	Délka kořenů .....	55
5.1.2	Průměr kořenového krčku.....	56
5.1.3	Sušina kořenů.....	57
<b>5.2</b>	<b>Nadzemní biomasa .....</b>	<b>59</b>
5.2.1	Počet listů.....	59
5.2.2	Délka listů .....	60
5.2.3	Sušina nadzemní biomasy.....	61
<b>5.3</b>	<b>Posklizňové hodnocení.....</b>	<b>63</b>
5.3.1	Hmotnost tisíce semen .....	63
5.3.2	Olejnatost .....	64
5.3.3	Výnos semen při 8% sušině .....	65
<b>5.4</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>66</b>
5.4.1	Vegetační rok 2020/21 .....	66
5.4.2	Vegetační rok 2021/22.....	68
5.4.3	Souhrnné vyhodnocení všech ročníků .....	70
<b>5.5</b>	<b>Ekonomické vyhodnocení pokusu .....</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>78</b>

# 1 Úvod

V osevních postupech jsou olejninu významně zastoupeny a patří k ceněným plodinám. Nejpěstovanější olejninou v České republice je řepka olejná, která se pěstuje zejména v ozimé formě. Její převaha nad ostatními pěstovanými olejninami je mimořádná, a to jak v roce 2022, kdy se pěstovala na 343 tis. ha v České republice, tak i letos, kdy se odhaduje pěstební plocha na 363 tis. ha. Plocha řepky olejné meziročně vzrostla o 19 tis. ha (+5,5 %). Přesto nedosahuje průměru ploch předchozích 10 let, který činí 381 tisíc hektarů (ČSÚ 2023).

V mnoha zemědělských podnicích je řepka nenahraditelnou plodinou v osevních postupech, kde poskytuje stabilní ekonomický přínos, navzdory neustále rostoucím nákladům. Rentabilita pěstování řepky je hlavně ovlivněna cenou vstupů a dalšími faktory, jako jsou půdní a klimatické podmínky a celková efektivita hospodaření v podnicích. Řepka je zlepšující plodina s vynikající předplodinovou hodnotou, což znamená, že pomáhá dosáhnout vyšších výnosů u jiných plodin, například u obilovin. Dostatečný obsah živin v půdě a dostatečné hnojení jsou nezbytné pro tvorbu výnosu řepky. Pro dosažení tohoto cíle je nutné pravidelně vrátit odebrané živiny zpět do půdy.

Řepka patří mezi velmi intenzivně pěstované plodiny, které jsou náročné na živiny. Vedle větší potřeby hnojení dusíkem je třeba dbát i na ostatní prvky, jako je bór, fosfor, hořčík a další. Dobře zvládnutá chemická ochrana je pro řepku důležitá stejně jako její náročnost na živiny. Výživa dusíkem je jedním ze základních předpokladů dosažení vysokých výnosů. Ztráty dusíku vyplavováním a únikem do ovzduší se všeobecně zvyšují se zvyšující se intenzitou hospodaření a pokud nebudou nalezeny účinné mechanismy, které by minimalizovaly tyto ztráty, mohou se stát limitujícím faktorem rostlinné produkce. Vyplavování dusičnanů ze zemědělské půdy snižuje kvalitu vody a je jednou z největších globálních hrozeb ohrožující životní prostředí. Nitrifikace aplikovaných dusíkatých hnojiv vede ke ztrátám dusíku ve formě dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) anebo skleníkového plynu oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Tyto ztráty snižují využitelnost dusíku rostlinami. Proto se hledají různé cesty, jak těmto ztrátám zabránit nebo je alespoň omezit. Jednou z možností je využití inhibitorů nitrifikace. Mezi tyto látky patří bezesporu také zeolity. Díky svým jedinečným fyzikálním a chemickým vlastnostem (vysoká sorpční kapacita, iontová výměna a selektivita, strukturní a tepelná stabilita) je lze použít, mimo jiné, i při výrobě minerálních hnojiv. U zeolitů je popisován příznivý vliv také na vyšší využitelnost dalších živin, jako je fosfor, draslík či síra.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem diplomové práce je zpracování literární rešerše na téma: řepka, dusík, zeolity a dusíkaté hnojení. Součástí práce bude experimentální část s vyhodnocením víceletých maloparcekových pokusů na VS Červený Újezd. Sledován bude i vliv použitých hnojiv na růst nadzemní biomasy a biomasy kořenů a v neposlední řadě bude vyhodnocena ekonomika jednotlivých variant pokusu.

### **Hypotézy:**

1. Po aplikaci hnojiv s obsahem zeolitu budou rostliny řepky dosahovat vyšší hmotnosti kořenů a výnosu semen než po jiných dusíkatých hnojivech.
2. Sloučení dávek dusíku u ledku s obsahem zeolitu v kombinaci s hnojivem LovoCan zvyšuje výnos semen.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Řepka olejka

#### 3.1.1 Historie pěstování

O počátcích řepky olejky je nutno uvažovat společně s řepicí, protože do konce 18. století se tyto blízké druhy nerozlišovaly. Je známo, že v minulosti se ve velkém rozsahu pěstovaly brukvovité zeleniny a krmné plodiny (Baranyk et al. 2007). Jak zmiňuje Hejný et al. (1992) původní výskyt řepky je vázán na středomořské gencentrum, kde jsou také lokalizovány brukev zelná a řepice.

Vašák et al (2000) zmiňuje, že brukev řepka nemá planého předka. Jde fylogeneticky o velmi mladý a dosud značně proměnlivý a vitální druh, který vznikl jako amfitetraploid s 38 chromozomy po křížení brukeve zelné *B. oleracea* s 20 chromosomy a brukeve řepice *B. campestris* s 18 chromosomy.

Počátek pěstování brukvovitých olejnin je pravděpodobně třeba hledat v oblastech, kde se nedařilo pěstování olivy anebo jiných, z hlediska kvality významných druhů olejnin. Olivový olej byl oblíbený v antickém Římě (Fábry 1992). Vyobrazení druhů z rodu *Brassica* se našla na malbách v městech antického Říma, Pompeje a Herkulaneum (Baranyk et al.2007).

Brukvovité druhy se pěstovaly také ve starém Egyptě a zbytky semen se našly i ve starogermánských hrobech a ve švýcarských kúlových stavbách (Baranyk et al. 2007). Velký vliv na jejich rozšíření měli Nizozemci, kteří znalosti o jejich pěstování přinesli nejen na Britské ostrovy, ale též do západní části Německa. Není bez zajímavosti, že v Mattioliho herbáři z roku 1596 se uvádí i řepka kolník (Venclová 2020).

Pokud jde o pěstování řepky olejky na území Čech, Moravy a Slovenska, se dle výkazu pražského gubernátu z r. 1779 řepka pěstovala hlavně ve východních Čechách (Kolín, Brandýs, Bydžov atd.). O řepici se můžeme dočíst v hospodářské knížce „J. Lycea“, která byla v r. 1707 vydána v Trnavě. Koncem 18. století autoři zemědělských knih již rozlišují ozimou i jarní formu řepky olejky a řepice (Fábry et al. 1992).

Zásadní rozmach pěstování řepky nastal růstem velkých měst, manufaktur, moderního hutnictví a lehkého průmyslu. Vzrostla potřeba surovin rostlinného původu, a tedy i rostlinných tuků. Cestou zemědělské osvěty bylo usilování o rozšíření pěstování řepky. Ovšem sedláci neměli řepku v oblibě, protože vyžadovala vysokou prasnost, proto raději svítili loučemi a pokrmy mastili sádlem a máslem (Baranyk et al. 2007).

Od roku 1868 až dodnes jsou již známy každoročně osevní plochy, výnosy a sklizně řepky. Vlivy, které na rozšiřování pěstování řepky působily, anebo naopak, byly v úzké souvislosti s používáním řepkového oleje ke svícení, mazání strojů a k potravinářským účelům. Kolem 50. let 19. století dosáhla spotřeba řepkového oleje největšího uplatnění ve svícení v olejových lampách. Doba rozkvětu pěstování řepky ustala se začátkem používání minerálních olejů k mazání strojů, rozvojem svítíplynu a používáním petroleje ke svícení. Také nárůst osevních ploch cukrové řepy zatlačoval řepku do pozadí (Fábry et al. 1992).

Za existence Československé republiky nastal rozvoj ve výzkumu pěstitelské technologie a částečně i šlechtění řepky. V roce 1935 se uskutečnily významné aktivity věnované pěstování olejnin, za nimiž stála Československá zemědělská akademie. Díky rozhodnutí vlády se řepka

od roku 1935 začala vykupovat za pevné ceny 235 Kč za 100 kg. Ovšem tato cena se týkala pouze omezeného množství semene (Baranyk et al. 2007).

### 3.1.2 Morfologie a anatomie řepky ozimé

Řepka olejná *Brassica napus L. var. Napus* z rodu brukev *Brassica* patří do čeledi brukvovitých – *Brassicaceae*, kam náleží dalších 170 rodů s asi 2000 druhy (Vašák et al. 2000).

Areál pěstování řepky zasahuje do celé oblasti mírného pásma Země s významnými pěstitelskými oblastmi na Indickém subkontinentu, v Číně, západní Sibiři, Kazachstánu, severním Kavkaze, evropské oblasti od řeky Dněpru až po Britské ostrovy včetně Skandinávie, Pobaltí a Bílé Rusi, v Severní Americe zvláště v Kanadě, v Argentině i v severní Africe, Austrálii a na Novém Zélandu (Baranyk & Kazda 2005).

Řepka olejka se stala v podmínkách mírného pásma jednou z nejznámějších olejnin a je zde pěstována buď ve formě ozimé, nebo jarní. V západní a střední Evropě převažuje forma ozimá díky větší výnosnosti. Jarní forma se zde uplatňuje jako náhradní plodina za vyzimovanou ozimou řepku (Baranyk et al. 2007).

Ozimá řepka má v našich podmínkách délku vegetační doby 300 až 340 dnů, nejčastěji 320 až 330 dnů, ojedinele ve vyšších nadmořských výškách nad 600 m i celý rok (Hosnedl et al. 1998).

Řepce se nejlépe daří na stanovištích s ročním průměrem teplot kolem 8 °C (6,5 – 8,5 °C) a ročním úhrnem srážek 500 – 750 mm. Těmto podmínkám nejvíce odpovídá bramborařský a řepařský výrobní typ (Baranyk & Kazda 2005).

#### 3.1.2.1 Kořenový systém

Kořeny rostou již při +1,9 °C, začínají vznikat množstvím meristematických buněk a jeho tvorba je ovlivněna energetickou výkonností zásobní látky – oleje (Baranyk et al. 2010).

Řepka vytváří mohutný kulový kořen, který je asi z 87 % rozložen v ornici (Hosnedl et al. 1998), zbylých 13 % se nachází v hlubších vrstvách od 22,5 do 45 cm (Fábry et al. 1992).

Kořeny rostlin plní další důležité funkce. Nejen že zajišťují ukotvení rostliny v půdě, ale také zajišťují přísun vody a živiny do rostliny. Rozložení kořenového systému je definováno prostorovou distribucí kořenů v půdě. Prostorová distribuce kořenů je schopnost rostliny, která umožňuje lépe získávat půdní živiny a vodu. A také se mění se v reakci na dostupnost dusíku. (Smith & De 2012).

Dlouhé kořenové vlášení umožňuje prokořenění i nejmenších půdních částic, jsou tak vázány živiny, především dusík a díky tomu je zabráněno jejich vyplavování a kontaminace spodních vod. Hloubka zakořeňování je silně variabilním znakem a pohybuje se v rozmezí od 110 do 275 cm (Fábry et al. 1992). Že je hloubka zakořeňování silně variabilní dokazuje i (Baranyk et al. 2007), který uvádí že se hloubka prokořenění pohybuje v rozmezí od 110 do 175 cm. Kořenový systém působí na utváření jednotlivých výnosotvorných prvků, na zdravotní stav a v konečném efektu rozhodujícím způsobem ovlivňuje uplatnění výnosového potenciálu.

### 3.1.2.2 Klíčení, utváření asimilačních orgánů a lodyhy

Semeno řepky pro klíčení vyžaduje 60 hmotnostních procent vody. Minimální teplota pro klíčení je +1 °C, optimální teplota +20 až +25 °C (Baranyk 2010).

Nadzemní biomasa ozimé řepky se objevuje ve dvou proměnách: v podzimní fázi listové růžice (vegetativní fáze) a v jarní fázi prodlužovací nebo rychlého růstu (generativní fáze). Roste již při + 5 °C (Hosnedl et al. 1998).

Do nástupu zimy je ideální takový stav, kdy se vytvoří mohutný kořenový systém, ale poměrně malé, avšak kompaktní množství nadzemní hmoty (Fábry et al. 1992). Podzimní vegetace řepky má končit vývojem vegetačního vrcholu ve 4. – 6. etapě (Vašák et al. 2000). Předpokladem správného přezimování řepky je, že hmotnost sušiny nadzemní biomasy by neměla přesáhnout hmotnost 1,5 – 2,5 tuny z jednoho hektaru. Ideálně by řepka měla být ve fázi listové růžice s minimálně 8-10 listy a o průměru kořenového krčku minimálně 8-10 mm. Jak zmiňuje (Fábry et al. 1992) počet listů ozimých forem řepky závisí na odrůdě, době setí a délce podzimní vegetace. Mezi počtem listů na podzim a výnosovou schopností byla experimentálně zjištěna pozitivní korelace. Značná část těchto listů do zimy však opadá.

Řepka má lyrovitě peřenodílné listy, lodyhové listy objímají lodyhu ze 2/3 (Baranyk et al. 2007). Lodyha má výšku 120 - 220 cm, nejčastěji 140 – 160 cm (Hosnedl et al. 1998). Výška rostlin je ovlivněna odrůdou, ročníkem, ekologickými a pěstitelskými vlivy (Fábry et al. 1992). Významným pěstitelským úspěchem bylo vyšlechtění trpasličích a polotrpasličích odrůd (Baranyk et al. 2007). (Fábry et al. 1992) dále zmiňuje, že podle provedených pokusů výška lodyhy nekoreluje s výnosností. Na lodyze vyrůstá v úžlabí lyrovitých listů zpravidla 6 – 8 větví prvního řádu, které se dále větví (Hosnedl et al. 1998). Celkový počet plodných větví, je silně proměnlivým znakem. To se týká i větví 2. a 3. řádu a dalších řádů (Fábry et al. 1992).

### 3.1.2.3 Květenství, stavba květu, plodu – šesule a semene

Řepka má květy oboupohlavní, bisymetrické se čtyřmi kališními žlutozelenými lístky; barva je podmíněna geneticky a v rámci rodu brukev se vyskytují značné rozdíly. Kvetení začíná naspodu květenství, jeho začátek se ukazuje dva dny před vlastním otevřením kvítků (tzv. prosvítání korunních lístků); čtyři tyčinky s delšími nitkami jsou částečně obrácené k blizně a podporují opylení vlastním pylem, dvě tyčinky s kratšími nitkami jsou částečně od blizny odsunuté (Baranyk et al. 2010). Řepka je fakultativně cizosprašná rostlina, která se opyluje cizím pylem pomocí hmyzu (včely, vosy a také v omezeném množství blýskáček řepkový) a částečně působením větru v závislosti na velikosti honů, na průběhu počasí v období květu a biologických zvláštěnostech odrůdy (Fábry et al. 1992). (Bommarco et al. 2012) uvádí, že díky pokusu s opylováním řepky, se ukázalo, že hmyz zvýšil hmotnost semen na rostlinu o 18 % a tržní hodnotu o 20 %. Opylováním hmyzem byla zvýšena kvalita semen, díky čemuž byla semena těžší, stejně tak byl i vyšší obsah oleje, což jasně ukazuje, že pro dosažení vysokého výnosu a kvality semen řepky olejky je vyžadováno opylování hmyzem.

Rostliny řepky mají zpravidla 300 až 500 květů, ze kterých do sklizně obvykle zůstane 80 až 120 šesulí. Solitérní rostliny mají 3000 až 5000 květů a výjimečně i více než 1000 šesulí (Hosnedl et al. 1998).

Plod je oblá šesule délky 50 – 100 mm, složená ze dvou chlopní a z blanité přepážky na jejíž okrajích vznikají semena. Semeno je kulovité, někdy široce elipsoidní, červenohnědé až modročerné, někdy hnědočerné. Jeho velikost se pohybuje v rozmezí od 1,5 do 2,8 mm, hmotnost tisíce semen je v rozmezí 3,75 až 6,50 g (Baranyk et al. 2010).

### **3.1.3 Hospodářský význam**

Řepka olejka (*Brassica napus L.*) je zásadním zdrojem jedlého oleje a krmiva pro hospodářská zvířata a je perspektivní plodinou pro výrobu biopaliv. Rostoucí poptávka po řepce olejce vyžaduje strategie ke zvýšení výnosu se současným zachováním kvality (Tian et al. 2020).

Je jedním z primárních zdrojů rostlinného oleje pro lidskou výživu a průmyslové produkty. Pro průmysl je hlavní hodnota řepky olejky spojena s obsahem oleje ve sklizených semenech, a to i přes určitou hodnotu bílkovinné složky pro krmení zvířat (Delourme 2006).

#### **3.1.3.1 Oleochemie**

U řepky olejky, stejně jako u většiny olejnatých plodin, je obsah oleje v semenech hlavním kvalitativním determinantem, který určuje její ekonomickou hodnotu ve sklizni (Delourme 2006).

Pro oleochemii je významná možnost rozkladu olejů a tuků buď hydrolyzou nebo alkoholýzou (Hosnedl et al. 1998).

Z procesu výroby bionafty vznikají dva vedlejší produkty: surový glycerol a nečistá bionafta. Při konvenčním procesu transesterifikace se surový glycerol čistí, což vyžaduje použití chemikálií a energie. Dvě až tři procenta vyrobeného paliva jsou považována za příliš nečistá na to, aby vyhovovaly specifikacím pro použití jako bionafta; místo toho může být použit v průmyslových pecích, kde se předpokládá náhrada lehkého nebo těžkého topného oleje, kde je energetická hodnota o 2–3 % nižší než u čisté bionafty (Herrmann et al. 2013).

#### **3.1.3.2 Potravinářství**

Řepkový olej je po sójovém oleji druhým nejhojněji vyráběným jedlým olejem na světě s nízkým obsahem kyseliny erukové a nízkým obsahem glukosinolátů. Kvalita řepkového oleje tak přitáhla celosvětovou pozornost (Rękas et al. 2016). Za studena lisovaný řepkový olej se jeví jako lepší volba než rafinovaný olej, protože řepkový olej lisovaný za studena nevyžaduje žádná rozpouštědla a další zpracování. Za studena lisovaný řepkový olej nabízí zdravotní výhody díky svému zachovanému profilu mastných kyselin a bioaktivních sloučenin. Vysoký obsah fenolických sloučenin, tokoferolů, fytoosterolů a karotenoidů v řepkovém oleji poskytuje mnohé zdraví prospěšné výhody, jako je regulace krevního lipidového profilu, sníženou inzulinovou citlivost a kontrolu glykémii, stejně tak nabízí antioxidační a cytotoxickou aktivitu (Chew 2020).

Za studena lisovaný řepkový olej je vysoce kvalitní jedlý olej, který lze použít při vysokoteplotním vaření i nezahřívání do salátových dresinků (McDowell et al. 2017). Olej extrahovaný z řepkových semen s obsahem vlhkosti 7 až 9 % je vhodný ke konzumaci po dobu 6 - 9 měsíců (Siger 2017).

### 3.1.3.3 Zdroj obnovitelné energie, bionafta

Fosilní paliva z uhlí, zemního plynu a ropy jsou hlavními zdroji energie od poloviny 19. století. V roce 2005 se energie z fosilních paliv podílela asi 79 % na celkové spotřebě energie v zemích EU a 81 % na celém světě (Nath et al. 2016).

Existuje však velká globální hrozba nedostatku fosilních paliv kvůli neustálé těžbě těchto zdrojů. Proto je nutné vyvinout technologii a alternativní zařízení pro obnovitelné a zelené energie a také zajistit bezpečnost ve stále se rozšiřujícím energetickém sektoru pro naše nastupující generace. Těžba, zpracování a spalování fosilních paliv také produkují CO<sub>2</sub> a další plyny, které významně přispívají ke zvýšení koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub>, a nakonec skleníkovému efektu (Houghton 2001).

Bionafta je palivo definované jako metylestery (FAME) mastných kyselin s dlouhým řetězcem pocházejících z obnovitelných biologických zdrojů. Kompatibilita bionafty s minerálními oleji umožňuje jejich kombinaci za účelem získání stabilní palivové směsi (Dworakowska et al. 2011).

Biopaliva vyráběná v EU jsou většinou biopaliva první generace, vyráběná především ze zemědělských surovin. Rostlinné oleje patří k obnovitelným materiálům, které se v současnosti využívají také k výrobě bionafty. Výroba bionafty transesterifikací rostlinných olejů je v současnosti primárním zdrojem bionafty (Zentková 2013).

### 3.1.3.4 Krmivářství

Řepka by mohla mít v krmivářství široké uplatnění. Pokud tomu tak není, je to dáno určitou obavou zemědělců z účinků antinutričních faktorů např. glukosinolátů (Hosnedl et al. 1998).

V průběhu let obsah glukosinolátů v řepce trvale klesal a nyní je pouze asi na jedné dvanáctině obsahu starší řepky s vysokým obsahem glukosinolátů (Khajali & Slominski 2012). Glukosinoláty jsou sekundární metabolity syntetizované Brassicaceae (Hasan et al. 2008).

Extrakční šrot (a protein) ze zpracování oleje je dnes uznáván jako vysoce hodnotné krmivo pro zvířata, zejména pro přežvýkavce (skot), ale také pro monogastrická hospodářská zvířata (prasata, drůbež) (Friedt et al. 2018).

Zbytkový šrot po lisování semen řepky je cenným zdrojem bílkovin (Thobani & Diosady 1997). Koproducte řepkového šrotu z výroby řepkového oleje nahrazuje výrobu sójového šrotu (Herrmann et al. 2013). I když je obsah bílkovin v řepkovém šrotu nižší, je v porovnání se sójovým šrotem z hlediska obsahu aminokyselin příznivý. Protože řepkový šrot obsahuje více methioninu a cysteinu, ale méně lysinu, obě krmiva mají tendenci se vzájemně doplňovat, když se používají společně v krmné dávce pro drůbež. Kuřata nedokážou syntetizovat arginin a jsou vysoce závislé na potravinových zdrojích této aminokyseliny. Bylo prokázáno, že suplementace argininu do stravy v řepkovém šrotu částečně dokáže zajistit správný růst brojlerů. (Khajali & Slominski 2012).



### 3.1.4 Výnosotvorné prvky a tvorba výnosu

Výnos je produktem fotosyntetické výkonnosti porostu. Porost je složen z jedinců, rostlin a jiných organismů rozmístěných na ploše i v prostoru, mezi nimiž dochází k mezi i vnitrodruhové konkurenci. Prvotní snahou je minimalizovat negativní dopad soutěže o „místo na slunci“ a o živiny s vyloučením konkurenčního tlaku plevelných druhů a omezení dalších škodlivých činitelů, snižujících produktivní asimilaci (Vašák et al. 2000).

Proces, který nejvíce omezuje tvorbu výnosu, souvisí s malou fotosynteticky aktivní plochou, způsobenou velkým poklesem indexu listové plochy od začátku kvetení. Tento pokles nevyrovná ani nárůst plochy asimilujících šesulí, jelikož nárůst je příliš pomalý (Diepenbrock 2000).

Pro analýzu výnosu je nutné pochopit primární a sekundární složky, které určují výnos semene. Jednotlivé složky výnosu se řídí hustotou rostlin v porostu. Rovnoměrné rozložení rostlin na jednotku plochy je předpokladem stability výnosu. Pro výnos semene je rozhodující počet šesulí na rostlinu; tato vlastnost je podmíněna přežitím jednotlivých větví, pupenů, květů a mladých šesulí. Počet semen v šesuli koreluje s její délkou. Proto se dospělo k závěru, že délka šesulí je vhodnou vlastností pro nepřímou selekci ve šlechtění rostlin (Diepenbrock 2000).

Výnos je tvořen součinem počtu rostlin na jednotku plochy, počtem šesulí na rostlinu, průměrným počtem semen v šesuli a průměrnou hmotností tisíce semen (Diepenbrock 2000).

Analýza výnosu řepky ozimé odhalila značný potenciál pro další zlepšení výnosu. Doba růstu, rychlost produkce a index sklizně jsou rozhodující pro zvýšení biomasy a výnosu semen. Rozhodujícími faktory ovlivňujícími výnos jsou během růstového cyklu založení porostu, iniciace květu, využití radiace a dostupnost asimilátů pro násazení šesulí a plnění semeny (Diepenbrock 2000).

#### Počet rostlin na hektar

Počet rostlin má největší vliv na výnos semen a výnosové složky jednotlivých rostlin (Huehn 1998).

Nepřesné secí stroje, abiotické a biotické účinky vedou k nepravidelnému rozmístění rostlin na poli. Když jsou rostliny rovnoměrně rozmístěny, dochází k menším ztrátám v důsledku stresu jednotlivých rostlin. Z toho vyplývá, že výnos je nejstabilnější, když jsou rostliny rovnoměrně rozmístěny (Diepenbrock 2000). Jak uvádí Geisler & Henning (1981) zvýšení hustoty rostlin z 9 na 50 rostlin (normálně) na metr čtvereční vedlo k dramatickému poklesu počtu plodných větví na 28 % z potenciálního počtu plodných větví.

#### Počet šesulí na rostlinu

Výnos semen úzce souvisí s počtem šesulí na rostlinu. V průběhu růstu rostlin, je tato vlastnost ovlivněna snížením počtu větví, pupenů a květů, které je ovlivněno dostupností živin a vody. Jednotlivé rostliny mohou mít 20 až 25 primárních větví, z nichž mnohé nenasazují šesule kvůli konkurenci mezi rostlinami. Opakovaně bylo prokázáno, že počet šesulí na rostlinu negativně koreluje s počtem rostlin na jednotku plochy. Omezená tvorba šesulí fyziologicky

souvisí se špatným růstem plodin. Dusík obecně stimuluje růst rostlin, zápojení listové plochy a rychlejší růst listů, což má pozitivní vliv na počet šesulí (Diepenbrock 2000).

### 3.1.5 Šlechtění

K nárůstu ploch i produkce řepky dochází po roce 1960, v Evropě po roce 1970. Tehdy do praxe nastupují „0“ odrůdy řepky s minimálním obsahem kyseliny erukové. Tato mastná kyselina zhoršovala chuťové i zdravotní vlastnosti oleje. Později, v ČR od roku 1984, postupně přichází dvounulové odrůdy „00“ s minimálním obsahem kyseliny erukové a velmi sníženým obsahem glukosinolátů. Ty jako tzv. hořčičné silice výrazně zhoršovaly chuťové i zdravotní vlastnosti řepkových šrotů a výlisků (Bečka et al. 2007). Přitom v 50. letech byla řepka stejně málo prošlechtěná jako napr. Katrán habešský či Lnička setá, a podobné byly také jejich osevnické plochy v naší republice. Řepka však od té doby prodělala mimořádně rychlý pokrok, jenž byl umožněn její vynikající šlechtitelskou tvárností a přizpůsobivostí (Baranyk et al. 2007).

Dalšími velkými požadavky na moderní odrůdy řepky jsou výnos a různé agronomické vlastnosti zajišťující výnos semene, tj. odolnost proti houbovým chorobám a hmyzím škůdcům. Vzhledem k obavám o životní prostředí a postupným zakazováním agrochemikálií, jako jsou insekticidy (např. zákaz neonikotinoidů v EU), genetické přístupy k zakládání odolných kultivarů plodin neustále nabývají na významu. Šlechtění řepky bylo dlouhou dobu poměrně běžným procesem množení vylepšených populací a jejich uvádění na trh jako liniové odrůdy šlechtěné opakovanou selekcí na odolnost, kvalitu a výnos. Protože tento přístup není příliš účinný, chovatelé se místo toho zajímají o šlechtění hybridů. Dnes představují hybridy F1 hlavní odrůdový typ (Friedt et al. 2018). Hybridní odrůdy mají díky heteroznímu efektu o 5 – 10 % vyšší výnos než odrůdy liniové, ale jejich výroba je mnohem náročnější (Baranyk et al. 2007). Jsou produkovány genetickými systémy samčí sterility, většina z nich je založena na cytoplazmatických mutacích způsobujících samčí sterilitu (CMS Inra-ogura). Vyšší užitkovost hybridů je způsobena „heterozním efektem“, který do značné míry závisí na genetické vzdálenosti mezi rodiči. Pro vývoj samičích a samčích rodičů je proto třeba vytvořit vzdálené genetické zásoby. Potenciál budoucího odrůdového designu je určován užitečností genetických zdrojů a výkonností rodičů z nich extrahovaných (Friedt et al. 2018).

Šlechtění liniových odrůd v posledních letech prokázalo, že výnosový potenciál se dokáže vyrovnat výnosu hybridů. Jejich výhodou zůstává nižší cena osiva a možnost výroby farmářského osiva (Baranyk et al. 2007).

Dalšími směry s cílem zvýšení výnosu semene dle Baranyka et al. (2007) jsou:

- Rezistentní šlechtění – Využívá nárůstu výnosů pomocí zvýšené odolnosti rostlin vůči škodlivým činitelům např.: choroby a škůdci.
- Šlechtění na zvýšení obsahu oleje – Zvýšení obsahu oleje v semenech druhů brukvovitých a dalších hlavních olejnatých plodin má prvořadý význam pro zachování budoucích dodávek rostlinného oleje pro rostoucí globální populaci. V současné době byly všechny komerčně dostupné druhy Brassica se zvýšeným obsahem oleje ze semen vyvinuty šlechtěním rostlin (Rahman et al. 2013).

- Biologické vlastnosti odrůd – trpasličí odrůdy (odolné proti poléhání), nepukavost šesulí, zvýšení zimovzdornosti

## 3.2 Agrotechnika

### 3.2.1 Osevní postup

Spolu s okopaninami, luskovinami a organicky hnojenou kukuřicí patří řepka k nejvýznamnějším velkovýrobně pěstovaným jednoletým zlepšujícím předplodinám, které jsou v návaznosti na jeteloviny předpokladem k dosažení výkonnosti celého osevního postupu (Vašák et al. 1988).

Agronomicky je řepka vysoce hodnocená, protože jejím zařazením do osevního postupu dodáváme do půdy v rostlinných zbytcích 10-15 t sušiny, to odpovídá 40 až 60 t/ha chlévského hnoje (Zubal et al. 1998).

Dle Vašáka et al. (1988) mají rostlinné zbytky uspokojivou kvalitu s příznivým poměrem C:N a mají dobrou dispozici hmoty k rozkladu. Řada pokusů ukazuje, že rozkládající se kořenová hmota řepky působí stimulačně na růst následné obilniny, zejména pšenice. Zaoraná řepková sláma působí kladně v bilanci organické hmoty v osevním postupu.

Nejlepšími předplodinami pro ozimou řepku jsou rané brambory s ranou zeleninou, která je sklízena do poloviny července, dále to jsou ozimé směsky, jarní směsky a pícniny sklizené v červenci včetně obilovin, které se sklízí ve fázi mléčné zralosti formou GPS a posledními vhodnými předplodinami jsou kmín a hrách. Za přijatelné předplodiny můžeme považovat obiloviny, hlavně ozimou pšenici a ozimý ječmen. Problematickou předplodinou však může být jarní ječmen, který má agresivní výdrol. Dále zanechává půdu nestrukturní a chudou živinami (Vašák et al. 2000).

### 3.2.2 Výběr stanoviště

Řepka ocení zejména hluboké a činné půdy s dobrou půdní strukturou, vysokou vodní kapacitou a neutrální až slabě alkalickou půdní reakcí. Na půdách s nižší půdní úrodností a kyselější půdní reakcí je pro pěstování důležitá vysoká intenzita pěstování. Podmínkou pro vysokou intenzitu pěstování je zlepšení poměru půdní vody a vzduchu, dále je to úprava půdní reakce a dodání organické hmoty do půdy (Baranyk et al. 2007).

Hluboké a strukturní půdy, které jsou schopny zadržet více vláhy a mají lepší schopnost poskytovat živiny, snižují částečně závislost řepky na pravidelném rozložení srážek v průběhu vegetace. Na lehkých a písčítých půdách je tvorba výnosu ovlivněna množstvím a rozdělením srážek během vegetace. Na těžších půdách je řepka stresována nedostatkem vláhy zejména díky těžší zpracovatelnosti půdy v období zakládání porostů (Baranyk et al. 2007).

V bramborářské výrobní oblasti je také zaručeno dosažení vysokých výnosů. Předností bramborářské výrobní oblasti je nižší tlak škůdců a tím i nižší redukce počtu šesulí. Dosažený výnos je tak na úrovni výnosů půdně a klimaticky příznivějších oblastí (Vašák et al. 1988). Tím, že jsme zvýšili pěstitelskou úroveň vyšší intenzitou hnojení, výkonější zemědělskou technikou, již nemusíme řepku pěstovat na nejlepších a neúrodnějších humózních a hlinitých půdách. Výjimkou jsou pouze těžké, zamokřené, extrémně lehké, skeletové a oglejené půdy s vysokou hladinou spodní vody (Baranyk et al. 2007).

### 3.2.3 Zpracování půdy

Zpracování půdy je definováno jako mechanická manipulace s půdou za účelem pěstování plodin, která významně ovlivňuje vlastnosti půdy, jako je ochrana půdní vody, teplota půdy, infiltrace a evapotranspirace (Corsi et al. 2012).

Vliv zpracování půdy na výnos plodin souvisí s jeho vlivem na růst kořenů Boone & Veen (1994), efektivitu využití vody a živin, a nakonec na agronomický výnos (Busari et al. 2015).

V posledních letech v ČR postupně rostou plochy s ozimou řepkou, která byla zasetá do neorané půdy. K tomu přispívají častější přísušky v době zpracování půdy a setí řepky, používání nových technologických postupů při zakládání porostů řepky (pásové zpracování půdy, setí do širších řádků s hlubokým kypřením pod řádky, přímé setí do strniště apod.) a nové legislativní požadavky na protierozní zpracování půdy na svažitých pozemcích. Kypření půdy a její vysoká teplota přispívá k mineralizaci organických látek v půdě a také ke ztrátě vody (Růžek et al. 2016).

Bečka et al. (2007) uvádí, že technologické postupy přípravy půdy pro setí řepky ozimé jsou obdobné postupům pro zakládání porostů obilnin. Používá se stejná mechanizace a podle intenzity a hloubky kypření můžeme tyto technologie rozdělit na tradiční zpracování půdy s využitím radličného pluhu a minimalizační technologii, kde se orba vynechává.

Nevhodné využívání půdy a systémy hospodaření vedou k erozi půdy, vyčerpání organické hmoty a dalších živin, což vede k trvalé degradaci půdy a ztrátě úrodnosti (Ramos et al. 2011)

### Konvenční technologie

Pokud je po sklizni předplodiny a setím řepky zhruba měsíční odstup, je možné pro rovnoměrnější rozmístění posklizňových zbytků pozemek podmínit do hloubky 8-12 cm. Toto opatření nám také pomůže s rychlejším vzejití výdrolu předplodiny, zejména obilnin. Po podmínce většinou následuje orba, která přináší určitá pravidla. Hloubka orby před setím řepky by neměla přesáhnout 22 cm. Nejlépe by měla být provedena 2-3 týdny před setím nebo maximálně do 24 hodin před setím z důvodu přeschnutí horní vrstvy půdy a následné vysoké hrudovitosti povrchu po zasetí, které nám komplikuje vzcházení řepky i následné preemergentní herbicidní ošetření (Vašák 2000, Baranyk 2007).

Ponechání pozemku po orbě k přirozenému slehnutí nebývá v praxi zpravidla možné, proto se upřednostňuje setí do čerstvé brázd. Úskalím tohoto typu zpracování půdy může být nedostatečné obnovení půdní kapilarity, které ovlivňuje vzcháživost. Semena řepky při tomto způsobu zpracování rychle bobtnají a klíčí. A právě díky nedostatečnému obnovení půdní kapilarity a nedostatečnému množství srážek, mohou tyto naklíčená semena v půdě zaschnout (Vašák 2000, Baranyk 2007).

Konvenční způsoby obdělávání půdy mohou negativně ovlivnit dlouhodobou produktivitu půdy v důsledku eroze a úbytku organické hmoty v půdě (Hobbs et al. 2008). Zpracování půdy orbou pomáhá při regulaci plevelů tím, že semena plevelů a vzešlé plevele jsou uloženy do větší

hloubky a je zanechán hrubý povrch, který brání v klíčení novým plevelům (Subbulakshmi et al. 2009).

### **Minimalizační technologie**

Systémy konzervačního zpracování půdy jsou systémy hospodaření se zbytky plodin na povrchu půdy s minimálním nebo žádným zpracováním půdy (Unger & McCalla 1980).

Pokud se provádí minimalizace správně a za vhodných podmínek, může zlepšit strukturu půdy, zvýšit obsah organického uhlíku v půdě, minimalizovat rizika eroze půdy, šetřit půdní vodu, snížit výkyvy teploty půdy a zlepšit kvalitu půdy a její ekologickou regulační schopnost (Busari et al. 2015). Studie provedené v široké škále klimatických podmínek, půdních typů a systémů střídání plodin ukázaly, že půdy obdělávané bez obdělávání a s redukováním zpracováním půdy mají ve srovnání s konvenčně obdělávanými půdami výrazně vyšší obsah organické hmoty (Alvarez 2005).

Jak uvádí Arvidsson et al. (2014), posklizňové zbytky po předplodině, zejména obilná sláma, mohou mít i svá negativa. Způsobují větší problémy při vzcházení a v počátečních fázích růstu ozimým plodinám než jarním. Nejvíce se tento problém projevuje u technologie bez zpracování půdy, kdy jsou všechny zbytky ponechány na povrchu půdy. Díky tomu mohou zapříčinit nekvalitní seťové lůžko. V závislosti na těchto poznatcích bylo zjištěno, že dochází k redukcí výnosů ve srovnání s orbou o 9 %. Naopak jak uvádí Růžek et al. (2016), na základě dvouletého pokusu bylo zjištěno, že při nedostatku srážek, u omezeného zpracování půdy, byla lepší a vyrovnanější vzcháživost než u orby, kde dochází k větším ztrátám půdní vláhy. Dále zmiňuje, že olejnatost semen se v obou letech zvyšovala s klesající intenzitou zpracování půdy.

Munkholm et al. (2003) uvádí, že největším problémem, který způsobuje redukcí výnosů při minimalizaci ve srovnání s orbou, je utužení půdy. Dalšími problémy, dle Baranyka et al. (2007), mohou při omezeném zpracování půdy být vyšší tlak výdrolu, zvýšené riziko přenosu houbových chorob z posklizňových zbytků, které se mohou vyskytovat na okolních pozemcích a nedostatečné omezení životního cyklu škůdců řepky ozimé. Ekeberg & Riley (1997), naopak tvrdí, že výnosy brukvovitých plodin byly výrazně ovlivněny intenzitou zpracování půdy, a to díky výraznému snížení nádorovitosti kořenů (*Plasmodiophora brassicae*) při redukováném zpracování půdy.

### **Předseťová příprava a setí**

Předseťová příprava likviduje vzcházející plevele, vytváří optimální podmínky pro uložení osiva do optimální hloubky. Pomocí předseťové přípravy můžeme také zapravit průmyslová hnojiva nebo pesticidy do půdy. Úspěšnost a rovnoměrnost vzcházení je přímo ovlivněna kvalitou předseťové přípravy (Bečka et al. 2007). Předseťová příprava je zabezpečována stroji, které půdu urovnávají, drobí a utužují. Jedná se o stroje s pasivními nebo aktivně poháněnými pracovními nástroji. Mezi pasivně poháněné nástroje můžeme zařadit např.: kompaktoři, smyky, brány, válce. Mezi nástroje, které jsou poháněny vývodovým hřídelem traktoru, zařazujeme kývavé brány, rotační brány, půdní frézy a rotavátory (Vašák et al. 2000).

Při pěstování řepky je optimální termín setí velmi důležitý. Dobře založený porost je dobrým předpokladem pro dobré přezimování, uspokojivý zdravotní stav a využití plné výnosové schopnosti řepky. Lze konstatovat, že řepka je v našich podmínkách vysévána do poloviny do konce srpna. Dle termínu setí a použité odrůdy volíme výsevek od 40 do 60 semen/m<sup>2</sup>. Osivo je standardně prodáváno na výsevní jednotky. Výsevní jednotka představuje 500-700 tisíc klíčivých semen (Bečka et al. 2007, Vašák et al. 2000).

Řepku vyséváme do hloubky 1,5 - 2 cm secími stroji vybavenými běžnými, kotoučovými a radličkovými secími botkami na meziřádkovou vzdálenost 12,5 - 45 cm (Bečka et al. 2007, Vašák et al. 2000).

### **3.3 Chemická ochrana řepky**

#### **3.3.1 Ochrana proti plevelům**

Řepka má dobrou konkurenční schopnost vůči celé řadě plevelů. Přesto je vhodné použití herbicidů jedním z primárních předpokladů jejího úspěšného pěstování (Bečka et al. 2007).

Vzhledem k relativně brzkému výsevu je vystavena konkurenci plevelů již od počátečních fází růstu. Mezi nejdůležitější plevele patří zejména výdrol předplodiny, nejčastěji obilnin, který dokáže porosty řepky doslova zdevastovat. Dobře prosperující porost řepky má již ke konci podzimu vysokou konkurenceschopnost vůči plevelům. Naopak v nezapojených a řídkých porostech systémy regulace plevelů selhávají a v jarním období nastávají problémy s herbicidní regulací již silně vzrostlých plevelů. Spektrum herbicidních přípravků proti jednoletým plevelům je poměrně rozsáhlé, přípravky vybíráme dle plevelného spektra, které se v porostu vyskytuje. Problematické jsou plevele z čeledi brukvovitých, které v mnoha případech po aplikaci herbicidů v porostech zůstávají. Proti jednoděložným a dvouděložným jednoletým plevelům jsou cíleny preemergentní aplikace herbicidů, které je doporučeno aplikovat ihned po zasetí, nejpozději do tří dnů. (Kazda et al. 2010).

#### **3.3.2 Ochrana proti houbovým chorobám**

V poslední době dochází k masivnímu rozšíření houbových chorob u řepky olejné. Choroby mohou zapříčinit snížení výnosu semene až o 20 - 50 %. Nejčastějšími houbovými chorobami řepky jsou: fomová hniloba, verticiliové vadnutí, sklerotiniová hniloba, plíseň šedá. Základním opatřením pro omezení výskytu chorob jsou preventivní opatření: odstranění posklizňových zbytků, výběr odolných odrůd, moření osiva, ochrana proti stokovým škůdcům (Bečka et al. 2007).

##### **3.3.2.1 Nejdůležitější choroby řepky**

###### **3.3.2.1.1 Sklerotiniová hniloba – *Sclerotinia sclerotiorum***

V potaz bychom měli brát zejména sklerotiniovou hnilobu stonku, způsobenou fytopatogenní houbou *Sclerotinia sclerotiorum*, která je významnou chorobou řepky olejky. Během infekce se na stoncích hostitelské rostliny tvoří velké bílé/šedé léze, které narušují vývoj semen a snižují výnos. Díky své schopnosti vytvářet dlouhodobé zásobní struktury zvané sklerocia může inokulum *S. sclerotiorum* přetrvávat v půdě po dlouhou dobu. Současná ochrana

proti sklerotinii je do značné míry závislá na kulturních postupech a ošetření fungicidy. Cílem kontrolních postupů je snížit počet sklerocií v půdě nebo vytvořit podmínky nepříznivé pro rozvoj choroby (Derbyshire & Denton-Giles 2016).

Jedním z opatření pro vytvoření nepříznivých podmínek je hluboká orba, kdy dochází k zaklopení velkého množství sklerocií do hloubky, ve které ztrácejí životaschopnost. Dalším možným opatřením je aplikace biologického přípravku, jehož účinnou složku tvoří houba *Coniothyrium minitans*, která je parazitem sklerocií patogenu (Kazda et al. 2010).

#### 3.3.2.1.2 Fómová hniloba – *Leptosphaeria maculans* (anamorfa: *Phoma lingam*)

Fómové černání stonků řepky neboli černá noha je jednou z nejvýznamnějších chorob a je spojena se ztrátami na výnosech v rozmezí 5 až 50 %. Mechanické poškození a poškození žírem květilky zelné a stonkových krytonosců může zvýšit výskyt choroby, objem napadených pletiv a závažnost fómové hniloby u náchylných odrůd. V Evropě je doba přežívání inokula na zbytcích méně než 2 roky. Askospory přenášené vzduchem jsou hlavním zdrojem inokula pro zahájení epidemie choroby (Zheng et al. 2020). Uvolňování askospor se v teplotním rozmezí od 5 do 20 °C příliš neliší, ale je výrazně ovlivněno srážkami (Huang et al., 2005). Podle odhadu se askospory pomocí srážek šíří v omezené vzdálenosti, převážně do 14 cm (Travadon et al. 2007). Spory se však mohou přenášet větrem na vzdálenost až 10 km (Piliponyte-Dzikiene et al. 2014).

#### 3.3.2.1.3 Verticiliové vadnutí – *Verticillium longisporum*, *Verticillium* spp.

Původci verticiliového vadnutí jsou celosvětově rozšířené patogeny, které každoročně způsobují značné ztráty na úrodě. Většinu onemocnění způsobuje *Verticillium dahliae*, který je patogenní pro širokou škálu rostlinných hostitelů, zatímco jiné patogenní druhy *Verticillium* mají omezenější rozsahy hostitelů. Naproti tomu se zdá, že *Verticillium longisporum* dává přednost brukvovitým rostlinám a představuje stále větší problém v produkci řepky olejky. Všechny v současnosti známé druhy verticilia jsou houby, které se přenáší půdou (Depotter et al. 2016). Ačkoli se symptomy mohou mezi rostlinnými hostiteli značně lišit, mezi nejčastěji pozorované symptomy onemocnění patří vadnutí, zakrnění, chloróza, změna barvy cév a časně stárnutí (Fradin & Thomma 2006). Proti verticiliovému vadnutí neexistuje žádné účinné ošetření fungicidy. Preferovanou strategií proti rozvoji choroby je rezistentní šlechtění. Bylo však identifikováno pouze několik genů odolnosti proti verticiliu a monogenní rezistence proti *V. longisporum* nebyla dosud nalezena (Depotter et al. 2016).

#### 3.3.2.1.4 Plíseň šedá – *Botryotinia fuckeliana* (anamorfa: *Botrytis cinerea*)

Patogen *Botrytis cinerea* způsobuje vážné ztráty u více než 200 druhů plodin po celém světě. Nejničivější je na zralých nebo stárnoucích pletivech dvouděložných hostitelů, ale obvykle se do těchto pletiv dostává v mnohem ranější fázi vývoje a zůstává v klidu po značnou dobu, než pletiva začnou rychle hnít (Williamson et al. 2007).

U řepky napadá všechny části rostliny. Příznakem jsou šedé, přibližně okrouhlé skvrny, které se rychle zvětšují, zbarvují se pískově, dochází k odumírání listů. Na napadených stoncích se ve spodní části rostliny tvoří podlouhlé hnědavé, popř. šedohnědé skvrny. Šedohnědé skvrny se objevují i na šešulích. Následkem napadení jsou nedostatečně vyžralá semena. Při vyšší

vlhkosti je napadené pletivo pokryté vzdušným sytě šedým povlakem mycelia. Při extrémně silném napadení se mohou rostliny i lámat (Prokinová 2014).

### 3.3.3 Ochrana proti škůdcům

Porosty řepky olejky v Evropě jsou napadány šesti hlavními škůdci, které musí pěstitelé často k ochraně výnosu semen regulovat: dřepčící, blýskáček řepkový, krytonosec řepkový, krytonosec čtyřzubý, krytonosec šešulový a bejlomorka kapustová. Ty napadají plodinu postupně v různých fázích růstu a poškozují různé části rostliny. Všichni jsou široce rozšířeni, ale jejich relativní význam se liší podle země a roku. Jejich regulace se stále provádí především pomocí aplikace insekticidů, často aplikovaných preventivně. Blýskáčci řepkovi si vyvinuli rozsáhlou rezistenci vůči pyretroidům, hlavní skupině nyní používaných insekticidů, což zvyšuje potřebu alternativních strategií regulace. V posledním desetiletí jsme zaznamenali značný pokrok v našich znalostech o parazitoidech, predátorech a patogenech, kteří přispívají k biologické regulaci škůdců, a o tom, jak začlenit biologickou ochranu do systémů integrované ochrany rostlin. Účinnějšího zacílení insekticidů v čase a prostoru lze dosáhnout pomocí ekonomických prahů škodlivosti, monitorování plodin a počítačových systémů, které nám pomáhají při rozhodování (Williams 2010).

Významnými škůdci mohou být i plži, zejména slimáček síťkovaný (Alford et al. 2003).

#### 3.3.3.1 Nejdůležitější škůdci řepky

##### 3.3.3.1.1 Dřepčící – *Phyllotreta* spp.

Dřepčící jsou známými škůdci brukvovitých rostlin, některé druhy napadají i porosty řepky. Na řepce se nejčastěji vyskytují dřepčící rodu *Phyllotreta* a dřepčík olejkový (Williams 2010).

K největšímu poškození rostlin těmito škůdci dochází ve fázi děložních listů rostlin během prvních dvou týdnů po vzejití. Požerky na děložních listech způsobují odumírání tkáně v míst poškození, díky tomu vzniká na rostlinách poškození, které má vzhled průstřelu a je lemováno nekrotou. V důsledku poškození je negativně ovlivněna schopnost rostlin provádět fotosyntézu, což často způsobuje vadnutí a odumírání rostlin. Teplé a suché počasí podporuje výskyt dřepčících rodu *Phyllotreta* a zvyšuje jejich aktivitu. Naopak chladné, vlhké a větrné podmínky způsobují, že se brouci stahují k okrajům polí, kde je poškození rostlin většinou nižší (Knodel & Reddy 2017).

Rostliny můžeme chránit pomocí insekticidně mořeného osiva, alternativní ochranou u nemořeného osiva nebo v pozdějším období je aplikace pyretroidů. Postřik vyhubí pouze zasažené jedince, ale nově přilétající jedince už nehubí. Vzhledem k rychlosti vznikajících škod je nutné aplikaci opakovat často i v kratším intervalu než 48 hodin

Brouci dřepčíka olejkového nalétávají do porostu během podzimu, kde také perforují listy. Samičky kladou vajíčka až do poklesu teplot pod 5 °C. Vylíhlé larvy z vajíček se zavrtávají do řepíků. Larvy poškozují žírem kořenový krček a lodyhu. Rostliny s poškozeným srdéčkem mohou snadněji vymrzat (Kazda 2014).

##### 3.3.3.1.2 Stonkoví krytonosci – *Ceutorhynchus* spp.



Významnějšími škůdci řepky se stali stonkoví krytonosci, krytonosec řepkový (*Ceutorhynchus napi*) a krytonosec čtyřzubý (*Ceutorhynchus pallidactylus*). Krytonosec řepkový se vyskytuje ve středoevropských a západoevropských zemích a krytonosec čtyřzubý se vyskytuje téměř ve všech evropských zemích. Nejdůležitějším morfologickým rozdílem mezi dospělci je barva jejich nohou. Biologické a ekologické charakteristiky těchto dvou škůdců jsou podobné, stonkoví krytonosci jsou pozorováni jako jedna skupina škůdců. Rozdíly v biologii jsou příčinou odlišného přístupu v boji proti škůdcům. Oba druhy mají každoročně jednu generaci. Larvy se živí uvnitř řapíků a stonků řepky. K regulaci dospělců stonkových krytonosců se používají pyrethroidy (Juran et al. 2011).

#### 3.3.3.1.3 Blýskáček řepkový – *Meligethes aeneus* (Fabricius)

Dospělí brouci se objevují brzy na jaře, vylétávají z přezimujících stanovišť v lesích a travnatých oblastech (Rusch et al. 2012). Živí se květy mnoha různých rostlin, pro další žír a kladení vajíček vyhledávají porosty řepky ozimé a další druhy rodu brukvovitých ve fázi butonizace. Poškození žírem způsobuje opadání květních pupenů řepky, což často vede k rozsáhlým ztrátám na výnosu, které se mohou blížit k 80 % (Hansen 2004). Po nakladení vajíček do pupenů se vyvíjející se larvy živí cca. 2 týdny, než spadnou do půdy, aby se zakuklily. Nová generace dospělců se objevuje v létě a před přezimováním se opět živí pyllem rostlin několika čeledí (Skellern & Cook 2018).

#### 3.3.3.1.4 Bejlmorka kapustová – *Dasineura brassicae*

Bejlmorka kapustová je hospodářsky významný škůdce řepky olejky ve střední a severní Evropě. V důsledku napadení dochází k přerušení vývoje semen, šešule zasychají, a nakonec předčasně pukají, což způsobuje ztrátu semen (Hughes & Evans 2003). Tato malá, choulostivá muška má slabé kladélko a s výjimkou případů, kdy jsou šešule mladé a křehké, se obvykle má za to, že není schopna klást v nepoškozených šešulích řepky. Vajíčka jsou kladena v šešuli ve shlucích a nejsou viditelná pouhým okem. Larvy jsou zpočátku velmi drobné a průhledné, brzy však dorůstají délky kolem 2 mm a v každé šešuli jich může být až 50. Larvy bejlmorky kapustové se živí asi 4 týdny, poté se kuklí v půdě. Dospělci bejlmorky se z kukel v půdě vylihnou přibližně v polovině května. Ochrana se provádí v období maximální letové aktivity dospělců, která se zjišťuje pomocí žlutých pastí, což v praxi odpovídá růstovému stádiu BBCH 66-67 (Pavela et al. 2009).

### 3.3.4 Regulátory růstu

Regulace růstu rostlin je důležitou problematikou současné zemědělské praxe. Je třeba věnovat hlavní pozornost systémům, které určují a koordinují procesy růstu v celé rostlině a jejich jednotlivých orgánech. Fytohormony patří mezi nejdůležitější faktory určující růst a vývoj rostlin. Fyziologie růstu stonků je úzce spojena s funkcí fytohormonů – auxinu a gibberelinů. Růst a vývoj celé rostliny v různých stupních organogeneze je předurčen určitou rovnováhou fytohormonů, jejich poměrem v rostlině a v jejich dalších orgánech (Miliuvenė et al. 2007).

Běžné regulátory růstu, jako je *chlormequat*, lze použít ke zkrácení a zahuštění porostu a napomáhají tomu, aby rostlina zůstala vzpřímená během dozrávání a růstu semen (Williams 2010). Současný výzkum však ukázal, že regulátory růstu rostlin jsou nejen prostředky proti poléhání, ale také látky, které do značné míry umožňují plné využití potenciálu rostlin i v případě, že k poléhání nedochází. Odhaduje se, že regulátory růstu rostlin představují v celosvětovém měřítku pouze 3-4 % všech přípravků na ochranu rostlin. Řepka je velmi náchylná k výskytu chorob. Choroby mohou způsobit snížení výnosu semen až o 1 t/ha. K ochraně řepky proti těmto houbovým chorobám se běžně používají triazolové fungicidy. Některé z těchto fungicidů mají navíc vlastnosti regulátorů růstu rostlin (Matysiak & Kaczmarek 2013).

Azoly také zabraňují přerůstání a vyzimování řepky, posilují růst kořenů, zesilují kořenový krček, zlepšují ozelenění tzv. „green effect“, zpomalují stárnutí listů a pletiv a zvyšují počet větví (Bečka et al. 2007).

### 3.4 Výživa řepky ozimé

Řepka se považuje za plodinu s poměrně dobrou osvojovací schopností pro živiny. Je schopna využívat i méně dostupné formy živin, a to díky svému kořenovému systému, který dokáže prokořenit půdní profil mnohem lépe než obilniny (Vaněk et al. 2016).

Pro zajištění plné produkční schopnosti řepky je nutný dostatek živin v půdě. Při souladu s ostatními vegetačními faktory je dostatečná výživa ozimé řepky hlavním nástrojem pro zvýšení produkce (Ivanič et al. 1984).

Pro řepku ozimou je stejně jako pro všechny ostatní zelené vyšší rostliny zásadních třináct minerálních živin (Mengel & Kirkby 2012). Všechny tyto prvky jsou stejně důležité a nemohou být nahrazeny jinou živinou, ačkoli přijaté množství a potřeba se u jednotlivých živin značně liší. Při úplném nedostatku nebo nedostatečném přísunu pouze jedné živiny nemůže dojít k normálnímu růstu rostlin. Odběr živin řepkou ozimou značně závisí na typu odrůdy, výnosu, vývoji sušiny a zásobení živinami a vodou. Ve vysoce výnosných oblastech, kde se pěstují ozimé odrůdy řepky, se již na podzim před začátkem zimy vytvoří vysoké množství sušiny, 2 - 3 t/ha sušiny. Aby k takovému vývoji mohlo dojít, musí být kromě všech ostatních růstových faktorů zajištěn dostatečný přísun vody a živin z půdy nebo z minerálních hnojiv. Příjem živin před zimou činí asi 50 – 100 kg/ha dusíku a draslíku a 20 - 40 kg/ha vápníku a fosforu. Téměř všechny ostatní živiny jsou přijímány poměrně rovnoměrně od jara až do zralosti. Ve srovnání s obilovinami je celkové množství živin přijímaných řepkou olejnou následující výrazně vyšší: 200-300 kg/ha N, 90-130 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg/ha MgO. Dobře známá je vysoká potřeba síry u řepky a vysoká citlivost této plodiny na nedostatek síry je zřejmá z vysokého příjmu 50-70 kg/ha S (Orlovius & Kirkby 2003).

#### 3.4.1 Výživa dusíkem

Dusík je nedílnou součástí aminokyselin a nukleových kyselin, proteinů, nukleotidů, chlorofylu, chromozomů, genů, ribozomů a také složka všech enzymů. Tato široká škála různých rostlinných sloučenin obsahujících dusík vysvětluje důležitou roli dusíku pro růst rostlin. Nedostatek dusíku v rané fázi vývoje inhibuje vegetativní růst, snižuje produktivitu nižším indexem listové plochy (Orlovius & Kirkby 2003). Protože všechny rostlinné enzymy

jsou vyrobeny z proteinů, je dusík potřebný pro všechny enzymatické reakce v rostlině. Dusík je hlavní část molekuly chlorofylu a je proto nezbytný pro fotosyntézu. Je nezbytnou složkou několika vitamínů, dále zlepšuje kvalitu a množství bílkovin v obilných plodinách (Uchida 2000).

Účinnost použití dusíkatých hnojiv v zemědělství je obecně nízká (Raun & Johnson 1999). Dávky dusíku pro řepku olejnou jsou nezbytné pro zajištění dostatečně vysokých výnosů. Stejně jako všechny brukvovité rostliny má řepka olejná vysoké nároky na dusík (asi 200-300 kg/ha N), v závislosti na druhu, poddruhu a výnosu. Úspěšné dosahování vysokých výnosů semene spočívá v určování optimálního množství dusíkatých hnojiv a načasování jejich aplikace (Orlovius & Kirkby 2003). Málo se však ví o nízkém využití dusíku, přestože řepka ozimá potřebuje hodně dusíku a dostupný dusík je v mnoha oblastech světa limitujícím faktorem. Na produkci 0,1 t semen nashromáždí řepka přibližně 6 kg dusíku. Využití dusíku pro správný růst řepky ozimé, je definováno jako sušina vyprodukovaného semene na jednotku akumulovaného dusíkatého hnojiva, je tedy relativně nízké (Rathke et al. 2006).

Na podzim má řepka ozimá obzvláště vysoký potenciál růstu a příjmu dusíku. V mnoha situacích vede nedostatečné množství N v půdě k různě intenzivnímu projevu nedostatku N (Colnenne et al. 2002). Pro srovnání s jarními aplikacemi je však zjevná míra využití hnojiva poněkud nízká. Část podzimních hnojiv, která není plodinou přijata, může zvýšit vyplavování dusíku a denitrifikaci během zimy (Dejoux et al. 2003).

Pro představu řepka ozimá přijme asi 25-30 % z celkového objemu dusíku (40-80 kg N/ha) z půdy během podzimu (Cramer 1993). Následný příjem dusíku je vysoký během prodlužovacího růstu až do fáze kvetení. Nízký příjem je však během reprodukční fáze, což souvisí s neúplnou translokací dusíku z vegetativních orgánů do semen (Rathke et al. 2006).

Behrens (2002) upozorňuje na fakt, že časně setí a vysoký přísun dusíku na podzim urychlují vývoj rostlin a prodlužují délku stonku, což vede k vyšší náchylnosti k poškození mrazem.

Slabé a opožděně vzešlé řepky můžeme podpořit zhruba 40-50 kg N/ha během měsíce září, a to hnojivem ledek amonný s vápencem, ledek vápenatým, dusičnan amonný nebo kapalným hnojivem DAM 390. Vhodné je tyto hnojiva zkombinovat s azolovými regulátory. Porosty, které jsou silné a nadějně hnojíme v druhé polovině října močovinou, která obsahuje stabilizátory, protože dochází k postupnému uvolňování živin a snižuje se tak riziko vyplavení nebo volatilizace (Vašák et al. 2016; Bečka et al. 2013). Boyles et al. (2006) tvrdí, že podzimní hnojení může podpořit řepku před zimou a tím zajistit její lepší přezimování.

Jarní přihnojení na list je vhodné aplikovat v dělených aplikacích brzy na jaře, jakmile nám to půdní a klimatické podmínky, případně nitrátová směrnice dovolí. Jarní aplikace dusíku jsou pro výnos semen zcela rozhodující. První dávkou bychom měli podpořit kořenový systém, zejména jeho regeneraci po zimním období. Dále podporujeme růst nadzemní biomasy řepky. První aplikace by měla být opravdu včasná, jelikož kořenový systém regeneruje při nízkých teplotách přibližně při +2 °C. Obsah minerálního dusíku v půdě je rovněž zpravidla nízký. K zajištění vysokých výnosů řepka vyžaduje velký obsah dusíku v biomase v počátečních fázích jarního růstu. Pokud je výživa dusíkem nízká, reaguje na to řepka redukcí počtu šesulí (Ivanič et al. 1984; Vašák et al. 2016).

Druhá jarní dávka se aplikuje v počátku prodlužovacího růstu. Běžná dávka se pohybuje okolo 50-80 kg N/ha. Dávku přizpůsobujeme podle stavu porostu, u silných porostů nad 30

rostlin/m<sup>2</sup> hnojíme dávkou vyšší, a to zhruba o 20 kg N/ha. Vhodným hnojivem pro toto přihnojení je DAM 390, který lze zkombinovat s případným insekticidním ošetřením (Vašák et al. 2016).

Třetí dávku směřujeme do fáze žlutého poupěte. Toto hnojení je vhodné, pokud chceme dosáhnout rekordních výnosů po předchozím bezchybném vedení porostu. Potřebné je na lehkých a chudých půdách v přísudkových oblastech, kde mají v pozdních fázích růstu rostliny problémy s odběrem dusíku z půdy (Vašák et al. 2016).

### **3.4.1.1 Projevy nedostatku dusíku**

Dusík používaný při syntéze chlorofylu pomáhá vizuálně diagnostikovat nedostatek dusíku tím, že ovlivňuje barvu rostlin. Nedostatek dusíku u rostlin může být různě závažný, od mírného bez vizuálních příznaků až po akutní s velmi zjevnými změnami vzhledu. Vizuální příznaky nedostatku dusíku jsou charakterizovány chlorózou, což je změna zbarvení listů (Tucker 1984).

V dobrých půdních podmínkách se ukázalo, že podzimní nedostatek dusíku nemá na výnos žádný vliv. V kvalitních půdách se přirozenou mineralizací uvolní dostatek dusíku, aby byl na podzim umožněn dostatečný růst, i když nebylo aplikováno žádné hnojivo. Dočasný intenzivní nedostatek dusíku na podzim nepředstavuje problém pro dosažení dobrých výnosů u ozimé řepky: je to dáno její velkou schopností, dobře regenerovat během jara (Jeuffroy & Bouchard 1999). Jak uvádí Béréš et al. (2016) nejčastěji jsou symptomy nedostatku dusíku, vidět v měsíci říjnu. Často se můžeme setkat s fialově a jinak zbarvenými listy řepky, které trpí především nedostatkem dusíku. Jedná se většinou o porosty, které nebyly na podzim hnojené. Toto zbarvení je dáno reutilizací dusíku ze starších listů do nových. Starší listy většinou nepřežijí zimu a opadnou. Jak tvrdí Waalen et al. (2013), bylo prokázáno, že počet listů má pozitivní vliv na přezimování ozimé řepky. Rostliny, které nevytvoří potřebný počet listů, jsou slabší a nemusí přežít zimu (Liu et al. 2019).



Obrázek 1 - Projevy nedostatku dusíku na listech řepky (Zdroj: Černý et al. 2020)

### 3.4.2 Výživa sírou

Síra je základním makroelementem pro zdravý růst rostlin a má četné biologické funkce (Leustek et al. 2000). Rostliny ji přijímají v anorganické síranové formě z půdy nebo ve formě oxidu siřičitého a sirovodíku z atmosféry. Rostliny asimilují a redukují síran na sulfid, který se zabudovává do cysteinu a dále se přeměňuje na methionin. Sloučeniny obsahující síru hrají klíčovou roli v řadě buněčných procesů, jako jsou redoxní reakce, detoxikace těžkých kovů a xenobiotik a metabolismus sekundárních produktů (Saito 2000; Nikiforova et al. 2003).

Síra je důležitou živinou pro řepku ozimou, protože souvisí s výnosem a také s řadou kvalitativních faktorů. Spolu s dusíkem je potřebná pro produkci, řepka totiž obsahuje poměrně velké množství síry v aminokyselinách ve srovnání s jinými plodinami. Síru potřebuje také pro syntézu sirných sloučenin, glukosinolátů. Potřeba síry u řepky je v porovnání s ostatními plodinami vysoká - 20-30 kg S/ha, zatímco u obilovin je to pouze 5-15 kg/ha. (Klessa & Sinclair 1989).

Řepka je obzvláště citlivá na jakýkoli nedostatek v dodávkách síry. Byla zaznamenána interakce mezi dusíkem a sírou, což naznačuje, že pro získání optimální odezvy na hnojení je nutné aplikaci těchto živin vyvážit. Řepka reaguje na aplikaci síry spíše zvýšením výnosu než nárůstem obsahu oleje v semenech, nárůst obsahu oleje v semenech se zdá být větší naopak tam, kde je stav síry v půdě nízký. Může dojít k malým změnám ve složení mastných kyselin. Rozdíly v obsahu bílkovin v závislosti na aplikaci síry jsou obvykle malé a souvisejí

s nedostatkem síry. Obsah aminokyselin obsahujících síru může být při nízkém obsahu síry snížen (Walker & Booth 2003).

### 3.4.2.1 Projevy nedostatku síry

Teprve nedávno získal tento prvek pozornost, kterou si zaslouží jako rostlinná živina. Na základě skutečnosti, že v posledních několika letech byly celosvětově hlášeny nedostatky této živiny v zemědělských plodinách, se zvýšila pozornost na důležitost tohoto prvku ve výživě rostlin. Tyto nedostatky síry se vyskytují pravděpodobně z důvodu zvýšeného používání hnojiv neobsahujících síru, sníženého používání síry jako fungicidu a insekticidu a v neposlední řadě zvýšené výnosy plodin, což znamená zvýšení požadavků na množství všech základních rostlinných živin (Coleman 1966).

Snížení znečištění ovzduší oxidem siřičitým z tepelných elektráren, způsobuje v Evropě rostoucí problémy s nedostatkem síry v plodinách náročných na síru. Elementární síra a mnoho sloučenin obsahujících síru, jako jsou antifungální proteiny bohaté na cystein, glukosinoláty (GSL) a fytoalexiny, hrají důležitou roli v odolnosti rostlin vůči chorobám (Dubuis et al. 2005).

Při nedostatku síry se v rostlinách omezuje syntéza bílkovin a snižuje se aktivita enzymů, např. nitrátoreduktázy. Takže v rostlinách je omezena tvorba prvotních zdrojů organických látek, které obsahují dusík, tedy aminokyseliny a bílkoviny. Nízká produkce hlavních složek rostlin se projeví zhoršenou kvalitou produkce a nízkou nutriční hodnotou. Podle velikosti deficitu dochází i k poklesům výnosů. Ze všech typů poruch minerálních živin je nedostatečné zásobení řepky olejky sírou pravděpodobně jedinou poruchou, která vyvolává charakteristické a nezaměnitelné příznaky nedostatku ve všech vývojových fázích plodiny. Typickým příznakem nedostatku síry je žloutnutí nejmladších listů, které se při trvajícím deficitu přesouvá i na listy nižších pater.

Doplnění síry většinou realizujeme minerálními dusíkatými hnojivy s obsahem síry v průběhu vegetace (Schnug & Haneklaus 2005; Vašák et al. 2016).



*Obrázek 2 - Projev nedostatku síry na listech řepky (Zdroj: Richter 2004)*

### **3.4.3 Výživa fosforem**

Ačkoli celkové množství fosforu v půdě může být vysoké, často je přítomen v nedostupných formách nebo ve formách, které jsou dostupné pouze mimo rhizosféru. Jen málo nehněných půd uvolňuje fosfor dostatečně rychle na to, aby podpořily vysokou rychlost růstu rostlinných druhů (Holford 1997). Půdní fosfor se vyskytuje v různých formách, jako je organický a minerální. Je důležité zdůraznit, že 20 až 80 % fosforu se v půdě nachází v organické formě, jejíž hlavní složkou je obvykle kyselina fytová (Schachtman et al. 1998). Zbytek se nachází v anorganické frakci obsahující 170 minerálních forem fosforu (Holford, 1997). Půdní mikrobi uvolňují imobilní formy fosforu do půdního roztoku a jsou také zodpovědní za jeho imobilizaci. Nízká dostupnost fosforu v půdě omezuje příjem rostlinami. Rozpusťnější minerální látky, jako je například draslík, se pohybují půdou prostřednictvím objemového toku a difúze, ale fosfor se pohybuje hlavně difúzí. Protože rychlost difúze fosforu je pomalá, vytváří vysoká rychlost příjmu rostlinami ochuzenou zónu fosforu kolem kořenů (Schachtman et al. 1998). V rostlinách je klíčovou složkou energetického metabolismu a biosyntézy nukleových kyselin a membrán, je přítomen v molekulách ATP, ADP, AMP a pyrofosfátů. Nedostatek fosforu je považován za jedno z hlavních omezení rostlinné výroby zejména v zemědělských systémech po celém světě, kde jsou nízké vstupy fosforu. (Ali & Majeed 2016).

### 3.4.3.1 Projevy nedostatku fosforu

Na rostlinách nejsou v polních podmínkách projevy nedostatku fosforu zpravidla příliš nápadné a jsou dosti nespecifické, protože deficiencie fosforu vyvolává účinky, které jsou v mnoha směrech podobné příznakům nedostatku dusíku (Ivanič et al. 1984). Při déletrvajícím výrazném nedostatku fosforu reagují rostliny již vnějšími příznaky (Vaněk et al. 2016). Rostliny zaostávají v růstu, jsou malé, zakrslé a mají podobné vzpřímené postavení jako při nedostatku dusíku. Starší listy jsou šedozelené, zčásti i načervenalé. Kořeny se vyvíjejí slabě a stonky jsou tenké a načervenalé. U obilnin je omezeno odnožování. Generativní vývoj je zpovědován a redukován. Je omezena tvorba plodů a semen (Baier & Baierová 1985).



Obrázek 3 - Projevy nedostatku fosforu na listech řepky (Zdroj: Richter 2005)

### 3.4.4 Výživa draslíkem

Draslík je pro rostliny nezbytnou makroživinou, která se podílí na mnoha fyziologických procesech. Je důležitý pro výnosy plodin i pro kvalitu konzumních částí plodin, protože je potřebný i v lidské výživě. Přestože K není asimilován do organické hmoty, má jeho nedostatek silný vliv na metabolismus rostlin. Významně přispívá k přežití rostlin, které jsou vystaveny různým biotickým a abiotickým stresům (Artmann & Rubio 2012). Draslík může ovlivňovat vodní poměry, fotosyntézu, transport asimilátů a aktivaci enzymů (Prajapati & Modi 2012).

V půdě jsou čtyři různé zdroje draslíku. Největší podíl draslíku v půdě, 90 až 98 %, tvoří půdní minerály, jako je živec a slída. Z tohoto zdroje draslíku je jen velmi malá část dostupná pro rostliny. Druhým zdrojem draslíku v půdě je nevyměnitelný draslík, 1 až 10 %, ten je spojen s jílovými minerály v poměru 2:1. Nevýměnný zdroj draslíku funguje jako rezervní zdroj draslíku v půdě. Třetí půdní zdroj draslíku, 1 až 2 %, se nazývá výměnný nebo snadno vyměnitelný. A nachází se na kationtových výměnných místech nebo v půdním roztoku. Čtvrtým zdrojem draslíku v půdě je draslík obsažený v organické hmotě a v tělech půdních



mikroorganismů. Tento zdroj draslíku v půdě poskytuje jen velmi málo draslíku potřebného pro růst rostlin. Celkový obsah K v půdě často přesahuje 20 000 ppm (Prajapati & Modi 2012).

#### 3.4.4.1 Projevy nedostatku draslíku

Reakce rostlin na nízký obsah K zahrnují změny v koncentraci mnoha metabolitů a změny v transkripčních úrovních mnoha genů a v aktivitě mnoha enzymů (Artmann & Rubio 2012). Nedostatek draslíku může vést ke snížení jak počtu listů, tak i jejich velikosti. Spojení tohoto sníženého množství fotosyntetického zdrojového materiálu se snížením rychlosti fotosyntézy na jednotku listové plochy a výsledkem je celkové snížení množství fotosyntetických asimilátů dostupných pro růst. Produkce menšího množství fotosyntetických asimilátů a snížený transport asimilátů z listů do vyvíjejících se plodů značně přispívá k negativním důsledkům, které má nedostatek draslíku na výnos a kvalitu produkce (Pettigrew 2008).

Draslík je v rostlině vysoce mobilní prvek a je přemísťován ze starších do mladších tkání. V důsledku toho se příznaky nedostatku draslíku obvykle objevují nejprve na spodních listech rostliny a postupují směrem k vrcholu podle závažnosti nedostatku. Jedním z nejčastějších příznaků nedostatku draslíku je žluté zbarvení (chloróza) podél okraje listů. V těžkých případech nedostatku draslíku může žlutý okraj listu odpadnout. Plodiny s nedostatkem draslíku rostou pomalu a mají špatně vyvinutý kořenový systém. Stébla jsou slabá a může docházet k poléhání. Semena rostlin s nedostatkem draslíku jsou malá, scvrklá a jsou více náchylná k napadení chorobami (Prajapati & Modi 2012).



Obrázek 4 - Projev nedostatku draslíku na listech řepky (Zdroj: Yara agri 2023)

### 3.4.5 Výživa hořčíkem

Hořčík přijímají rostliny jako kationt  $Mg^{2+}$  na základě elektrochemického gradientu (uvnitř buňky převládá záporný elektrický náboj a je snaha o jeho vyrovnání kationty). Příjem závisí na koncentraci jednotlivých iontů v půdním roztoku. Největší antagonistou pro hořčík je draslík. Synergicky naopak působí nitratový aniont, který podporuje příjem všech kationtů a dále podporuje příjem hořčíku fosfor. Důležitým opatřením pro dobrý příjem hořčíku rostlinou je vápnění, protože tím odstraňujeme z kyselých stanovišť antagonisticky působící  $H^+$  (Vašák et al. 2016).

Hořčík je v rostlinách přítomen ve sloučeninách, jako jsou chlorofyl, fytyl, oxaláty apod. (Baranyk et al. 2007).

Hořčík se podílí na tvorbě chlorofylu a je nezbytným prvkem pro normální stavbu chloroplastu. Jeho podíl tvoří asi 2,7 % molekulové hmotnosti chlorofylu. Hořčík je rostlinný aktivátor mnoha enzymů. Téměř všechny fosforylázy a kinázy vyžadují aktivaci hořčíkem. Hořčík také podporuje hydrolýzu ATP nebo ADP a uvolňuje kyselinu fosforečnou a energii. Aktivuje také ATPázy, podporuje fosforylaci a syntézu většího množství ATP (Yan & Hou 2018). Transport hořčíku v rostlině je poměrně dobrý. Hořčík bývá v rostlinách díky dobrému transportu reutilizován. Proto se nejčastěji nedostatky projevují na starších listech (Vašák et al. 2016).

#### 3.4.5.1 Projevy nedostatku hořčíku

Nedostatek hořčíku se většinou projevuje v latentní formě. Rostlina při nedostatečném příjmu mobilizuje rezervy, především z organických látek, a teprve při výraznějším nedostatku s projevují viditelné příznaky (Vašák et al. 2016).

Obecně se nedostatek projevuje kratšími kořeny, menšími listy a nekrotickými skvrnami na listech, což je způsobeno především abnormálními fyziologickými procesy, které se projevují zhoršeným metabolismem a fixací uhlíku a poklesem obsahu chlorofylu (Guo et al. 2016).

U dvouděložných rostlin se na starších listech mezi žilnatinou objevují světlejší zóny, zatímco žilnatina a zóny okolo ní zůstávají zelené (Vašák et al. 2016).



Obrázek 5 - Projev nedostatku hořčiku na listech řepky (Zdroj: Čermák et al. 2010)

### 3.4.6 Výživa bórem

Hnojení bórem u řepky ozimé je v dnešní době poměrně běžné pěstitelské opatření. Jeho potřeba vyjádřená odběrovým normativem na tvorbu hlavního výnosu tomu odpovídajícího množství slámy, se pohybuje v rozmezí 75-110 g/t semen. Řepka, zejména její vysoce výnosné ozimé odrůdy, patří mezi brukvovité plodiny s nejvyšším příjmem bóru (Camacho-Cristóbal et al. 2008, Zhang et al. 2014).

Bór hraje důležitou fyziologickou roli při tvorbě a strukturální integritě buněčné stěny (O'Neill et al. 2004). Bór je nezbytný pro zdravý růst rostlin řepky od vzejití, až po plný generativní vývoj (Jankowski et al. 2016). Bór má velký význam při tvorbě generativních orgánů (Dell & Huang 1997), hraje důležitou roli ve formaci pylu, ovlivňuje jeho sterilitu a je tedy důležitý pro tvorbu květů a semen (Škarpa et al. 2016). Vyšší obsah B v semenech přispívá k růstu, zvýšenému příjmu vody a akumulaci živin během klíčení. Délka kořenů a produkce biomasy se v počátečních fázích tvorby růžice vlivem dostatečného množství bóru postupně zvyšuje (Eggert & Wirén 2016).

#### 3.4.6.1 Projevy nedostatku bóru

Bylo zjištěno, že pouze dvě čeledi dvouděložných rostlin jsou citlivé na nedostatek *Brassicaceae* (*Brassica* spp. a *Raphanus* spp.) a *Chenopodiaceae* (*Beta* spp.) (Shorrocks 1997). U rostoucích rostlin B. napus se nedostatek bóru projevuje zpomaleným růstem kořenů (kořeny hnědnou a přestávají růst). První příznaky na listech se zpravidla objevují o dva dny později. Vývoj listů je inhibován, listy se zbarvují do tmavě zelené, a nakonec do fialové barvy (Xu et al. 2001). Dostupnost bóru pro rostliny závisí na vlastnostech půdy, povětrnostních podmínkách a provedených agrotechnických opatřeních. Bór je nejvíce dostupný v půdách s kyselým pH a vysokým obsahem půdní vlhkosti. Rostliny, které jsou pěstované v alkalických půdách nebo

silně vápněných kyselých půdách, mají menší pravděpodobnost, že budou bór přijímat. Vysušení půdy může také výrazně zhoršit dostupnost bóru pro rostliny, zejména v půdách, které jsou tímto prvkem deficitní (Sienkiewicz-Cholewa & Kieloch 2015). Při středně silném deficitu nevytváří funkční květy, které mohou přestat produkovat semena. Z uvedených důvodů je vhodné bórem hnojit v období dlouhivého růstu až do fáze kvetení (Škarpa et al. 2016 prosperující olejnině). Hnojiva s obsahem bóru mohou minimalizovat nedostatek bóru v půdě. Je však třeba poznamenat, že bór je neobnovitelný minerální zdroj, který může mít při aplikaci nadměrného množství negativní dopad na životní prostředí (Zhang et al. 2014). U druhů *Brassicaceae* a *Chenopodiaceae*, které snadno asimilují bór, může hnojení půd bórem vést k toxickým koncentracím tohoto mikroelementu v následných plodinách (v Evropě většinou obilovinách). Foliární aplikace bóru by mohla být účinnou a přesnou metodou pro naplnění požadavků rostlin a je bezpečnější technikou hnojení pro následné plodiny (Jankowski et al. 2016).



Obrázek 6 - Typický projev nedostatku bóru na kořeni řepky (Zdroj: Yara agri 2023)

### 3.5 Sklizeň

Sklizeň je poslední pracovní operací na zemědělském pozemku v rámci pěstitelské technologie. Řepka se sklízí v druhé polovině července běžnými sklízecími mlátičkami, které je nutno pro sklizeň předem upravit. Největší úpravou sklízecí mlátičky je prodloužení žacího stolu pomocí řepkového předválu s dvěma aktivními děliči, který pomáhá zachytit vypadaná semena. Dále je důležité mlátičku správně nastavit a to tím, že se upraví otáčky mlátícího bubnu a ventilátoru a seřídí se síta (Bečka et al. 2007).

Řepka nerovnoměrně kvete a zraje, to je jedna z příčin velkých sklizňových ztrát. Zráty při výmlatu řepky běžně dosahují 7 – 22 % (Hosnedl et al. 1998). U novějších mlátiček se ztráty pohybují v rozmezí 2 až 10 % (Baranyk et al. 2007).

Určení správné doby sklizně je také jedním z klíčových faktorů. Porost řepky by měl být ve sklizni v plné zralosti. To můžeme u řepky poznat tak, že lodyha se v horní a střední části hnědá nebo hnědošedá, je suchá a snadno se láme. U zdravého porostu může být ve spodní části světle zelená. Šešule při nárazu či tlaku snadno praskají a semena uvnitř mají černou barvu a jsou tvrdá (Baranyk et al. 2007).

### 3.6 Hnojiva s přidavkem zeolitu

Používání rozpustných dusíkatých hnojiv je jednou z hlavních příčin kontaminace povrchových a podzemních vod dusičnany na zemědělské půdě. Proto se v poslední době věnuje velká pozornost výzkumu výroby levných pomalu uvolňujících se hnojiv. Je to proto, že záporně nabitě dusičnany obvykle nemají velkou afinitu k povrchu půdních částic, a proto se na půdách nesnadno sorbují. K překonání problémů spojených s vyplavováním dusičnanů při aplikaci hnojiv byly použity různé přístupy ke kontrole uvolňování dusíku. Pomalu rozpustná hnojiva jsou však často drahá a uvolňování dusíku je v době vysoké potřeby pomalé. Ztráty dusíku lze také snížit přidáním zeolitů, jako kationtových výměníků, do hnojiv, které kontrolují uvolňování  $\text{NH}_4^+$ . Klinoptilolit, přirozeně se vyskytující zeolit, se díky své vysoké kationtové výměnné kapacitě často používá jako levný kationtový výměník k předzásobení  $\text{NH}_4^+$ . Smícháním klinoptilolitu nasyceného  $\text{NH}_4$  s fosfátovou horninou bylo zajištěno pomalé uvolňování fosforu i dusíku (Li 2003).

### 3.6.1 Vznik a ložiska přírodních zeolitů

Jak zmiňuje Černý et al. (2023) přírodní zeolity se obecně tvoří, když vulkanické horniny a vrstvy popela reagují s alkalickou povrchovou či podzemní vodou při rychlé tvorbě krystalů. Mohou také vznikat v nevulkanickém prostředí během interakce mezi půdními částicemi s bazickými roztoky nebo v postdepozičních prostředích v mělkých mořských pánvích. Z pohledu geologického jsou nejčastěji popisovány následující genetické typy tvorby zeolitu:

- krystaly z horkých pramenů nebo hydrotermální aktivity (reakce s proudy čedičové lávy);
- sedimenty pocházející z vulkanických ložisek ve slaných a alkalických jezerních systémech;
- ložiska pocházející z alkalické půdy z vulkanických sedimentů;
- ložiska vytvořená nízkoteplotní nebo hydrotermální změnou mořských sedimentů a útvary vzniklé přeměnou (metamorfózou).

V současné době je známo více než 50 různých druhů přírodních zeolitů, ale pouze některé jsou více využívány. Největší uplatnění v zemědělství nachází zeolit klinoptilolit, který má specifické vlastnosti (viz dále). Hojně se vyskytuje v ložiscích, kde může tvořit zastoupení 80–90 % horniny či sedimentu. Rozsáhlá ložiska klinoptilolitu se nacházejí v USA, Japonsku, Austrálii, Bulharsku, Maďarsku i na Slovensku (Černý et al. 2023).

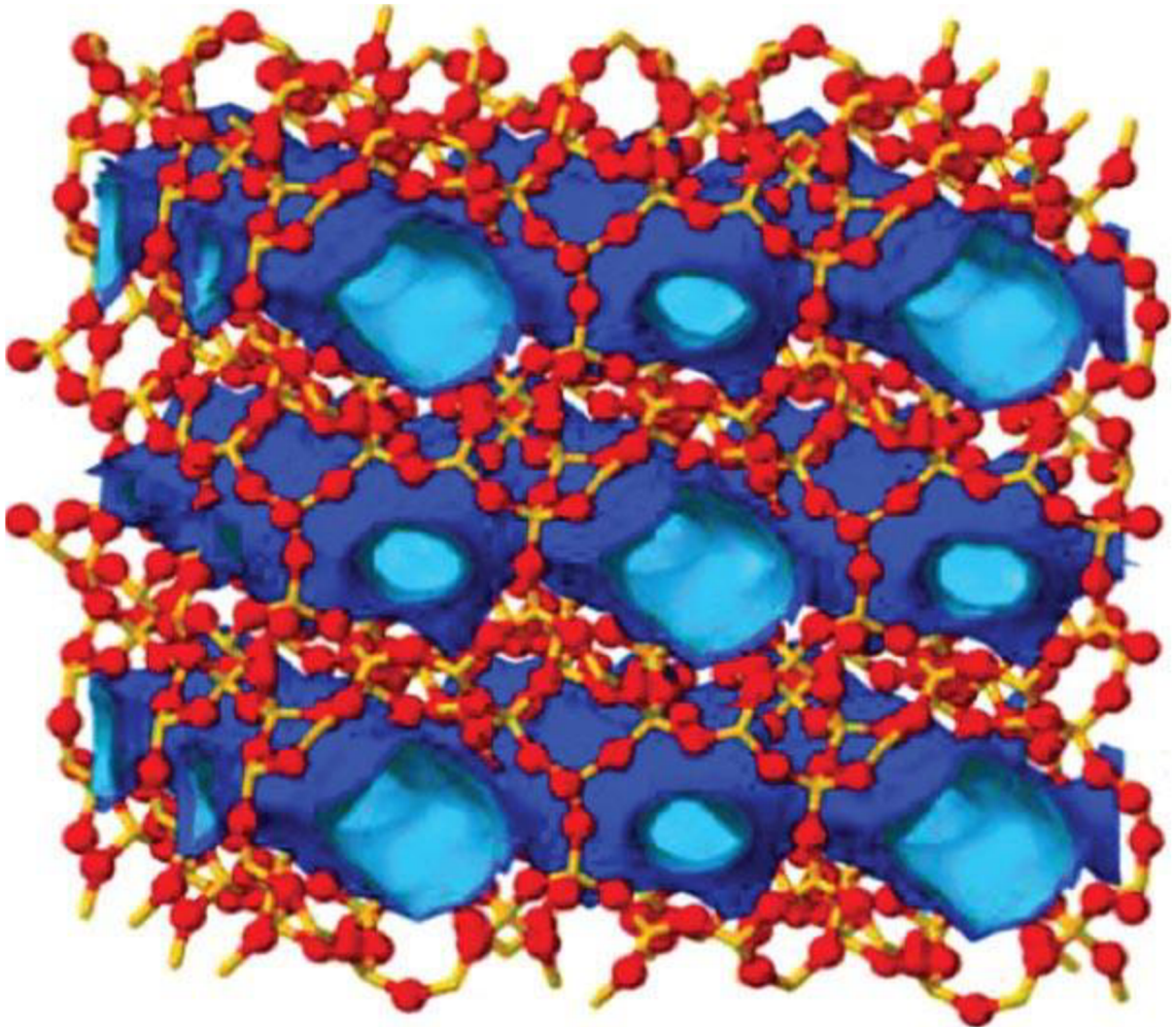
### 3.6.2 Stavba zeolitu

Zeolity jsou vulkanogenní sedimentární minerály složené převážně z hlinitokřemičitanů. Minerál má trojrozměrnou krystalovou mřížku s volně vázanými kationty, která je schopna hydratace a dehydratace bez změny krystalové struktury (Holmes 2011). Zeolity obecně vznikají v přírodě při interakci vody o vysokém pH a vysokém obsahu solí se sopečným popelem, což způsobuje rychlou tvorbu krystalů (Oste et al. 2002).

V kinetice iontové výměny v zeolitech byly identifikovány dva hlavní procesy, a to difúze částic a filmová difúze. Zeolity jsou jedním z největších kationtových výměníků a jejich kationtová výměnná kapacita je dvakrát až třikrát větší než u jiných typů minerálů vyskytujících se v půdách. Zeolity jsou díky schopnosti jejich mikroporézní struktury adsorbovat molekuly při relativně nízkém tlaku (Kamarudin et al., 2003). Kationtově výměnná kapacita zeolitů se značně liší v důsledku rozdílné povahy různých struktur mřížek zeolitů, přirozených strukturních defektů, adsorbovaných iontů a s nimi spojených minerálů. Stručně řečeno, zeolity jsou tedy přírodní materiály se schopností vyměňovat ionty, absorbovat plyny a páry, působit jako molekulární síta a katalyzovat reakce díky pevným rozměrům pórů a aktivním místům v krystalové mřížce. Velikost kanálků klinoptilolitu řídí velikost molekul nebo iontů, které jimi mohou procházet, a proto zeolit jako klinoptilolit může fungovat jako chemické síto, které umožňuje průchod některých iontů, zatímco jiné blokuje (Mumpton, 1999).

Obecně jsou zeolity řazeny mezi silikáty, resp. tektosilikáty. Silikáty jsou velkou skupinou minerálů, u nichž je z pohledu chemické stavby základem pravidelný křemíko-kyslíkový tetraedr (čtyřstěn). Silikáty tvoří až 75 % zemské kůry a jsou důležitou skupinou

nerostných surovin. Silikáty, jejichž tetraedry mají prostorovou síť, ve které je každý atom křemíku vázán na všechny čtyři sousední atomy kyslíku, jsou označovány jako tektonosilikáty. Část křemíku ve struktuře však může být nahrazena hliníkem (Al), což je charakteristické právě pro zeolity, a také např. živce. Tyto minerály tak vytváří trojrozměrnou vazbu tetraedrů  $\text{SiO}_4$  a  $\text{AlO}_4$ , které jsou navzájem propojené sdílením vrcholových kyslíků. Výsledkem je poměrně pevná a stabilní struktura (Černý et al. 2023).



Obrázek 7 - Zeolit klinoptilolit, základní struktura iontů (Si/Al a O) vyznačena červeno-žlutě a vnitřní (modrý) prostor kanálů (Zdroj: Černý et al. 2023)

### 3.6.3 Využití zeolitu

Jak zmiňuje Reháková et al. (2004), přírodní zeolit typu klinoptilolit je jedním z celosvětově nejhojněji se vyskytujících a používaných zeolitických minerálů. V současné době je široce používán v mnoha oblastech průmyslové techniky, zemědělské výroby, ekologie, ale i v jiných oblastech jako je medicína a farmacie.

Struktura přírodního klinoptilolitu je ideální pro sorpční a iontoměničové procesy. Díky své struktuře a vlastnostem může být tento přírodní, inertní a netoxický materiál použit jako

pomalu se uvolňující nosič hnojiva. Přírodní zeolit lze také použít ke zlepšení fyzikálních vlastností půd. Mezi ně patří např. velká vnitřní pórovitost, která vede k zadržování vody, rovnoměrná distribuce velikosti částic, která umožňuje jejich snadné zabudování, a vysoká kationtová výměnná kapacita, která zadržuje živiny (Ok et al. 2003). Přídavek zeolitu zlepšil stav živin v kořenových zónách na písčítých půdách, zejména selektivní zadržování iontů  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{K}^+$  (Ramesh & Reddy 2011).

O zeolitu je obecně známo, že podporuje pěstování plodin zlepšením stavu půdy prostřednictvím zvýšení účinnosti využití živin a vody, biologické aktivity, úrodnosti a minimalizací těkání amoniaku a zasolení půdy (Lateef et al. 2016). Další výhodou zeolitu je to, že zvyšuje schopnost půdy zadržovat živiny, což vede ke zvýšené dostupnosti živin pro rostliny po delší dobu díky jeho pomalému rozpadu a rychlosti rozkladu v půdě (Rai et al. 2012). Vzhledem ke všem těmto výhodám zeolitu si tento materiál v poslední době získal velkou pozornost a po některých strukturálních úpravách se používá k pomalému dodávání hnojiv do rostlin (Lateef et al. 2016). Jakmile je amoniak sorbován uvnitř kationtových výměnných míst v klinoptilolitu, není pravděpodobné, že se při pohybu vody snadno vyplaví. Je pravděpodobnější, že se bude pomalu uvolňovat ven a bude v malém množství přijímán rostlinami, podobně jako to funguje u hnojiv s inhibitor (Ramesh & Reddy 2011).

He et al. (2002) zmiňuje, že doplnění zeolitu klinoptilolitu do písčítých půd snižuje koncentraci dusíku ve vodním výluhu a zvyšuje vlhkost a obsah živin v půdě díky zvýšení půdního povrchu a kationtové výměnné kapacity.

Aplikace zeolitů snižuje nitrifikaci a ztráty vyplavením, klinoptilolit snížil nitrifikaci přibližně o 11 %. Toto snížení bylo způsobeno zadržováním  $\text{NH}_4^+$  klinoptilolitem v místech, kde nitrifikační bakterie nemohly  $\text{NH}_4^+$  oxidovat (Ramesh & Reddy 2011).

Ve studii, kterou provedl Wiedenfeld (2003) dospěl k závěru, že nepatrný účinek aplikace zeolitu pozorovaný ve studii naznačuje, že jeho potenciální přínos by se mohl projevit pouze v horších podmínkách na horších půdách, kde je potřeba zlepšit retenci živin a schopnost zadržování větší půdní vlhkosti.



## 4 Metodika

### 4.1 Popis stanoviště

Pokus probíhal na výzkumné stanici v Červeném Újezdu, která slouží od roku 1974 jako výzkumné pracoviště kateder fakulty potravinových a přírodních zdrojů z České zemědělské univerzity v Praze. Stanice obhospodařuje 30 ha pozemků, pro pokusy je vyčleněno zhruba 6 ha půdy. Zbytek slouží jako vyrovnávací plochy, které obhospodařuje Školní zemědělský podnik Lány. Na stanici se provádějí pokusy s plodinami, jakými jsou např. řepka olejka, kukuřice, mák setý, proso seté, čirok zrnový.

Stanice Červený Újezd náleží do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Bonitovaná půdně ekologická jednotka spadá do čtvrtého klimatického regionu. Průměrná doba slunečního svitu (údaje stanice Praha - Karlov 1926 - 1950) je 1902 hodin, za vegetační období 1396 hodin.

Klimatické podmínky podmiňují vznik hnědozemí, hnědozemí illimerizovaných, vyluhování vrchních půdních horizontů a posun koloidních částic do spodiny.

Zájmové území je součástí Bělohorské plošiny mírně zvlněné. Terén pokusných ploch je jednoduchý, převážně s jižní expozicí, průměrná nadmořská výška je 405 m n.m. (nejvyšší bod 420 m n.m. je vrchol mírného svah na jižním okraji území). Na území jsou hluboké kvarterní pokryvy, rovinný terén podmiňuje dobrý zásak srážkových vod, substráty mají dobrou vododržnost i dobrou vnitřní drenáž.

Zájmové území je geologicky tvořeno opukami křídového stáří, překrytými sprašemi a sprašovými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápnité, se štěrkovým rozpadem. Spraše a nevápnité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním druhem.

Pokusné plochy jsou situovány na východní straně katastru obce Červený Újezd. Genetickým půdním představitelem je hnědozem, sprašový pokryv. dochází k okyselování povrchových vrstev půdního profilu, peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny. Tím se vytvořily charakteristické horizonty.

Chemické vlastnosti půdy: mírný obsah humusu, reakce neutrální, střední sorpční kapacita, koloidní komplex je nasycen. Na sprašových pokryvech uhličitán vápenatý vyloužen. Obsah P, K je střední až dobrý.

## 4.2 Popis pokusu

Pokus byl proveden v ročnících 2020/21 a 2021/22, jedná se tedy o dvouletý pokus. Jednalo se o výzkum, kde byl porovnáván vliv minerálních hnojiv s obsahem zeolitu s běžně používanými dusíkatými hnojivy na sledované znaky, kterými byly: výnos, HTS a olejnatost, hmotnost kořenů se zkoumala vůči kontrolní variantě. Dále byl zkoumán vliv sloučení dávek dusíku u ledku s obsahem zeolitu a listového hnojiva LovoCan na výnos semen. Pokus obsahoval celkem 4 varianty s 4 opakováními, jednalo se tedy o 16 pokusných parcel. Jednotlivé parcelky měly rozměr 11,875 m<sup>2</sup> (1,25 x 9,5 m).

K pokusu byla využita odrůda řepky LG Architect. Jedná se o mimořádně výnosnou, středně ranou hybridní odrůdu, která dosahuje vyrovnaných výnosů ve všech oblastech pěstování. Jejími přednostmi jsou rezistence vůči viru žloutenky vodnice TuYV, odolnost vůči fómové hnilobě, vynikající přezimování, odolnost vůči pukání šesulí a velmi dobrá odolnost proti poléhání.

## 4.3 Varianty pokusu

V tabulce č. 1 můžeme vidět celkový souhrn všech 4 variant pokusu, které měly v roce 2020/21 a 2021/22 celkem 4 opakování.

První varianta představuje variantu, kde byly použity hnojiva ledkového typu s obsahem zeolitu. Ve druhé variantě pokusu byla použita stejná technika hnojení jako ve variantě první, s tím rozdílem, že hnojiva neobsahovali přídavek zeolitu. Třetí variantou je použití inovativní technologie, kde došlo ke sloučení jednotlivých dávek hnojení do jedné dávky, a to při regeneračním hnojení, dále bylo použito hnojivo LOVO CAN T ve fázi kvetení v dávce 200 l/ha. Poslední čtvrtou variantou pokusu byla varianta kontrolní, kde byla použita běžná technologie, která se praktikuje v mnoha podnicích napříč celou Českou republikou.

Varianty 1-3 byly hnojeny i na podzim. Hnojení mělo zajistit dostatečnou zásobu živin v půdě pro podzimní růst řepky. Řepka má na podzim velký odběr živin, zejména minerálního dusíku. Což v posledních letech, kdy je nástup zimy velmi pomalý, způsobuje vyčerpání minerálního dusíku v půdě a typické fialové zbarvení listů, které je běžným projevem nedostatku dusíku. Tento nedostatek s největší pravděpodobností způsobuje ztrátu většiny listové plochy během zimního období. U všech variant byla na podzim použita celková dávka 40 kg N/ha. Ve variantě 1 bylo použito hnojivo s obsahem zeolitu NPK ZEORIT 8-10-10+9 S. Na variantu 2 bylo aplikováno NPK 10-10-10. Ve variantě 3 bylo použito hnojivo LOVOGRAN B, které obsahuje kromě dusíku a síry i bór.

Tabulka 1 - souhrn variant pokusu

	Varianta	Pozdní podzimní hnojení (konec října)	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I.	Produkční hnojení II.	Aplikace do květu
1	ZEOLITY	NPK ZEORIT 40 kg N/ha (500 kg/ha)	ZENFERT 24N (350 kg/ha)	ZENFERT 24N (350 kg/ha)		
2	BEZ ZEOLITŮ	NPK 10-10-10 40 kg N/ha (400 kg/ha)	LAD (300 kg/ha)	LAD (300 kg/ha)		
3	INOVACE	Lovogran B 40 kg N/ha (200 kg/ha)	ZENFERT 24N (458 kg/ha)			Lovo Can T (200 l/ha)
4	KONTROLA		LAD (200 kg/ha)	DASA (300 kg/ha)	LAD (200 kg/ha)	

#### 4.4 Popis použitých pevných minerálních hnojiv

##### 4.4.1 ZEORIT NPK 8-10-10+9 S

Jedná se o kombinované NPK hnojivo s obsahem síry, vápníku a přírodního zeolitu, které se používá pro základní předset'ové hnojení polních plodin a na jarní hnojení trvalých travních porostů a zeleniny. Kromě postupného uvolňování živin napomáhá fixaci amonného dusíku a zlepšuje hospodaření s vodou v průběhu sucha. Zeolit má také schopnost opakovaného poutání a uvolňování živin a vody. Pozitivně ovlivňuje vodní režim v půdě (zvláště u lehčích půd), u těžkých půd pomáhá jejich provzdušnění a zlepšuje tak podmínky pro rozvoj půdní mikroflory. Živiny dodává postupně v průběhu celé vegetace, navíc fixuje do své mřížkové struktury těžké kovy a další látky čímž přispívá k vyšší kvalitě produkce.

Technické parametry hnojiva:

○ Obsah amonného dusíku	8,0 %
○ Fosforečnan rozpustný ve vodě jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,0 %
○ Draslík rozpustný ve vodě jako K <sub>2</sub> O	10,0 %
○ Sířany jako S	9,0 %
○ Vápník jako CaO	2,5 %
○ Částice od 2 mm do 6,3 mm (min.)	90,0 %
○ Částice pod 1 mm (max.)	3,0 %
○ Částice nad 10 mm	0 %

#### 4.4.2 ZENFERT 24 N

ZENFERT 24 N neboli „ledek pro 21. století“ je povrchově upravené granulované dusíkaté hnojivo s významným obsahem jemně mletého zeolitu, který propůjčuje hnojivu unikátní vlastnosti. Jedná se o spolehlivé univerzální dusíkaté hnojivo s vyváženým poměrem dusičnanového a amonného dusíku, které najde uplatnění téměř ve všech kulturách. Hnojivo lze aplikovat před založením porostů i pro přihnojení v průběhu celé vegetace.

Technické parametry hnojiva:

○ Dusík celkový jako N	24,0 %
○ Dusík amonný jako N	12,0 %
○ Dusík dusičnanový jako N	12,0 %

#### 4.4.3 LOVOGRAN B

Používá se ke všem plodinám při jarní přípravě půdy. Do půdy by se hnojivo mělo zapravit ihned po rozhození. Je vhodná jeho kombinace s fosforečnými a draselnými hnojivy. Je velmi vhodný pro pěstování brambor a plodin vyžadujících vysoký obsah síry jako je cibulová zelenina, košťálová zelenina a křen. Hnojivo má kyselou reakci. Díky přidavku boru je hnojivo vhodné pro plodiny náročné na tuto živinu, jako je řepka olejka, cukrovka, slunečnice, mák, sója, ale i obilniny pšenice ozimá a kukuřice.

Technické parametry hnojiva:

○ Dusík celkový jako N	20,0 %
○ Dusík amonný jako N	18,6 %
○ Dusík dusičnanový jako N	1,4 %
○ Síra rozpustná ve vodě jako S	20,5 %
○ Bór jako B	0,2 %
○ Obsah částic nad 10 mm	0 %
○ Obsah částic od 2 mm do 6,3 mm (min.)	90,0 %
○ Obsah částic pod 1 mm (max.)	3,0 %

#### 4.4.4 NPK 10-10-10

NPK 10-10-10 S je granulované směsné hnojivo. Je vyráběno granulací jednosložkových hnojiv se základními živinami jako je dusík, fosfor a draslík. Hnojivo je určeno k základnímu hnojení před setím či sázením plodin. Je nezbytné jej mělce až středně hluboko zapravit do půdy 7-14 dní před setím. Použití tohoto hnojiva během vegetace je omezené. Vysokou účinnost lze očekávat na slabě kyselých a neutrálních půdách.

Technické parametry hnojiva:

○ Amonný dusík jako N	10,0 %
○ Fosforečnany rozpustné ve vodě jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,0 %
○ Fosforečnany rozpustné v citranu amonném jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,0 %
○ Draslík rozpustný ve vodě jako K <sub>2</sub> O	10,0 %
○ Síra jako S	13,0 %
○ Částice od 1 mm do 5 mm	90,0 %
○ Částice pod 1 mm	3,0 %
○ Částice nad 10 mm	0,0 %

#### 4.4.5 LAD 27

LAD 27 neboli ledek amonný s dolomitem je granulované dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % dusíku a 4 % MgO. Tvoří jej směs dusičnanu amonného s jemně mletým dolomitem ve formě bělavých až světle hnědých granulí o velikosti 2 až 5 mm. Jejich vynikající fyzikálně-mechanické vlastnosti zaručují výbornou skladovatelnost. Výrobek je povrchově upraven proti spékání.

Technické parametry hnojiva:

○ Celkový dusík jako N	27,0 %
○ Dusík amonný	13,5 %
○ Dusík dusičnanový	13,5 %
○ Celkový hořčík jako MgO	4,0 %
○ částice od 2 mm do 5 mm (min.)	90,0 %
○ částice pod 1 mm (max.)	3,0 %
○ částice nad 10 mm	0,0 %

#### 4.4.6 DASA 26-13

DASA 26+13 S je dusíkaté hnojivo s obsahem síry, tvořené směsí dusičnanu a síranu amonného. Hnojivo má podobu bělavých až nažloutlých granulí o velikosti 2 až 5 mm. Výrobek je povrchově upraven proti spékání. Používá se k základnímu hnojení nebo přihnojování v době vegetace. Hnojivo je vhodné zejména pro rostliny s velkou spotřebou síry (řepka, hořčice, zelí, cibule, česnek pícíny, brambory).

Technické parametry hnojiva:

○ Celkový dusík jako N	26,0 %
○ Dusík amonný	17,3 %
○ Dusík dusičnanový	8,7 %
○ Celková síra jako S	13,0 %
○ Částice od 2 do 5 mm (min.)	90,0 %
○ Částice pod 1 mm (max.)	3,0 %
○ Částice nad 10 mm	0,0 %

## 4.5 Popis použitých listových hnojiv

### 4.5.1 LOVO CAN T

Lovo CaNT je kapalné hnojivo medové barvy obsahující dusík a vápník v rychle působící vodrozpuštěné formě. Dusík je přítomen ve formě amonné, dusičnanové a močovinové. Hnojivo se uplatňuje při předset'ovém hnojení a k přihnojení obilnin dusíkem, především na kyselějších půdách a v chladnějších podmínkách. Velmi dobře účinkuje při regeneračním hnojení obilnin, hlavně potravinářské pšenice, kde kromě výnosu zlepšuje i pekařské parametry, jako je obsah N – látek a objemovou hmotnost. Vhodné použití je též při aplikacích na podzim u pozdně setých porostů či nevyrovnaných porostů v důsledku nedostatku srážek a teplotního stresu.

Technické parametry hnojiva:

- |                              |           |
|------------------------------|-----------|
| ○ Celkový dusík jako N       | 13,0 %    |
| ○ Celkový vápník jako CaO    | 13,0 %    |
| ○ pH zředěného roztoku (1:5) | 6 - 8     |
| ○ Hustota při 20 °C          | 1,41 kg/l |

### 4.5.2 BOROSAN HUMINE

Používá se k preventivnímu nebo kurativnímu odstraňování nedostatku využitelného boru v rostlinách a jako prevence vůči stresovým podmínkám (sucho, mráz, předávkování chemikáliemi), stimuluje tvorbu kořenových vláken. Hnojivo celkově zlepšuje vlastnosti půdy, přijatelnost a vstřebávání boru. Obsažené huminové látky, které jsou ve vodorozpuštěné formě, pozitivně ovlivňují příjem živin, které hnojivo obsahuje. Kromě rychlosti jejich příjmu současně ovlivňují též jejich využití. Zlepšují účinnost fotosyntézy při nižší intenzitě světla, čímž napomáhají k vyrovnané energetické bilanci v rostlinách. Následkem toho je stimulována tvorba kořenového vlášení a dochází k lepšímu příjmu živin kořeny. Ve výsledku pak dochází k intenzivnímu růstu stonků a následně ke zvyšování hmotnosti sušiny rostlin. Při kurativní aplikaci formou postřiku na list odstraňuje fyziologické anomálie způsobené nedostatkem tohoto prvku v rostlině. Preventivně se aplikuje do porostů na stanovištích s vysokým deficitem boru. Preventivní aplikaci lze též doporučit také u kultur náročných na dostatečnou zásobu boru.

Technické parametry hnojiva:

- |                              |               |
|------------------------------|---------------|
| ○ Bór jako B                 | 8,0 %         |
| ○ pH zředěného roztoku (1:5) | 7-9           |
| ○ Hustota při 20 °C          | cca 1,25 kg/l |

### 4.5.3 LOVOHUMINE NP+Zn

Lovohumine NP+Zn je univerzálním hnojivem s obsahem huminových látek. Aplikuje se zálivkou nebo postřikem. Po zředění se používá k základnímu hnojení při pěstování většiny plodin a kultur. Je vhodné pro kořenovou i mimokořenovou aplikaci. V hnojivu obsažený zinek aktivuje řadu enzymových reakcí. Je nezbytný při syntéze bílkovin a výrazně ovlivňuje

metabolismus glycidů. To má ve finále dopad na dlouhivý růst rostlin, proto se nedostatek zinku může projevit v podobě kadeřavostí a deformací vegetačního vrcholu rostlin. Složení hnojiva napomáhá zvyšování odolnosti rostlin tím, že rostlina snáze překonává období jarních mrazíků a přísušků. Při použití podle požadavků na hnojení rostlin je hnojivo beze zbytku spotřebováno a nedochází k zasolování půdy. U vytrvalých kultur lze provádět hnojení i po sklizni. Používá se i k dodatečnému mimokořenovému hnojení rostlin, zejména v případech, kdy je příjem živin kořeny ztížen. To může být např. za nepříznivého počasí. Hnojivo se aplikuje v ranních nebo večerních hodinách. Za intenzivního slunečního záření hrozí u citlivých kultur nebezpečí popálení. Mimokořenová výživa se provádí během hlavní vegetační doby v dílčích dávkách v nejméně čtrnáctidenních odstupech.

Technické parametry hnojiva:

○ Celkový dusík jako N	7,0 %
○ Fosfor jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22,0 %
○ Zinek jako Zn	1,0 %
○ pH zředěného roztoku (1:5)	6,0 – 8,0
○ Hustota při 20 °C	cca 1,27 kg/l

#### 4.5.4 LOVOHUMINE K

Vysoký obsah draslíku má vliv na zvýšení odolnosti rostlin proti poškození mrazem. Menší část draslíku je ve formě humátu draselného. Tato forma draslíku je lépe využívána rostlinami. Síra je obsažena v thiosíranové formě. Doprovodným účinkem této formy síry je zvýšení odolnosti rostlin proti houbovým onemocněním a některým savým škůdcům. Hnojivo nenahrazuje přípravek na ochranu rostlin.

Technické parametry hnojiva:

○ Celkový dusík jako N	3,0 %
○ Fosfor jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,0 %
○ Draslík jako K <sub>2</sub> O	18,0 %
○ Síra jako S	9,0 %
○ Zinek jako Zn	0,005 %
○ Měď jako Cu	0,005 %
○ Molybden jako Mo	0,002 %
○ Železo jako Fe (min.)	0,02 %
○ Mangan jako Mn (min.)	0,01 %
○ Bor jako B v % (min.)	0,01 %
○ pH zředěného roztoku (1:5)	6,5 – 8,5
○ Hustota při 20 °C	cca 1,36 kg/l



## 4.6 Agrotechnika pokusu

Tabulka 2 – Agrotechnika pro vegetační rok 2020/21

<b>Podzim</b>	
28.07.2020	sklizeň předplodiny (jarní ječmen) – sláma byla rozdrčena
30.07.2020	podmítka (10 cm)
23.08.2020	seťová orba (22 cm)
24.08.2020	předseťová příprava půdy kompaktozem
24.08.2020	výsev, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 kl. semen na m <sup>2</sup>
25.08.2020	Stutox lokálně do děr (zpočátku 2-3x týdně, pak dle potřeby)
27.08.2020	Butisan Complete (2,5 l/ha)
08.09.2020	Nexide (0,08 l/ha)
15.09.2020	Mospilan (100 g/ha) + Vaztak (0,1 l/ha) + Gallant (0,5 l/ha)
07.10.2020	<b>listové hnojivo Borosan Forte (3 l/ha) u variant 1 až 4</b>
<b>Jaro</b>	
26.03.2021	insekticid Nexide (0,08 l/ha)
30.03.2021	<b>listové hnojivo Borosan Humine (3 l/ha) u variant 1 až 4</b>
31.03.2021	insekticid Nexide (0,08 l/ha) + Gazelle (100 g/ha)
19.04.2021	<b>listové hnojivo Lovohumine NP + Zn (5 l/ha), u variant 1 až 4</b>
21.04.2021	insekticid Trebon (0,2 l/ha)
28.07.2021	sklizeň (maloparcelková sklízecí mlátička Wintersteiger)

Tabulka 3 - Agrotechnika pro vegetační rok 2021/22

<b>Podzim</b>	
16.08.2021	sklizeň předplodiny (hrách) – sláma rozdrčena
17.08.2021	podmítka (10 cm)
23.08.2021	seťová orba (22 cm)
25.08.2021	předseťová příprava půdy (kompaktor)
02.09.2021	výsev, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 kl. semen na m <sup>2</sup>
03.09.2021	Butisan Complete (2,5 l/ha)
09.09.2021	Stutox lokálně do děr (pak dle potřeby)
14.09.2021	Nexide (0,08 l/ha)
24.09.2021	Galera podzim (0,3 l/ha) + Nexide (0,08 l/ha) + Avaunt (0,2 l/ha)
13.10.2021	<b>listové hnojivo Borosan Forte (3 l/ha) u variant 1 až 4</b>
<b>Jaro</b>	
24.03.2022	<b>listové hnojivo Borosan Humine (3 l/ha) u var. 1 až 4</b>
29.03.2022	Karate Zeon (0,15 l/ha)
13.04.2022	<b>listové hnojivo Lovohumine NP + Zn (5 l/ha), u variant 1 až 4</b>
14.04.2022	Mospilan Mizu 120SL (0,35 l/ha) + Vodoo (0,15 l/ha)
27.04.2022	<b>listové hnojivo Lovohumine K (5 l/ha) u variant 1 až 4</b>
29.04.2022	Trebon (0,2 l/ha)
26.07.2022	sklizeň (maloparcelková sklízecí mlátička Wintersteiger)

## 4.7 Průběh počasí

### 4.7.1 Průběh počasí 2020/21

Řepka byla zasetá do čerstvé orby 24. srpna 2020. Dne 28. srpna napršelo 14 mm, během dalších dnů až do konce srpna napršelo přibližně dalších 6 mm srážek. Srpen byl v roce 2020 teplotně nadprůměrný, poslední dekáda srpna byla s průměrnou teplotou 19,2 °C teplotně normální. Pro vzcházení řepky to byly takřka ideální podmínky, řepka začala vzcházet okolo 3. září. První pravý list se objevil kolem 10. září. Až do poloviny třetí dekády září téměř nepršelo. Měsíc září byl teplotně nadnormální, což byla příležitost pro silný výskyt dřepčičků. V první polovině září tedy byly použity 2 isekticidní zásahy proti tomuto škůdci. Dne 26. září spadlo 41 mm, v té době již měla řepka 3 pravé listy. Koncem první dekády října to bylo již 6 listů. Porosty byly decimovány extrémním výskytem hrabošů, proti kterým byl opakovaně do nor aplikován rodenticid Stutox. Deštivý mimořádně nadnormální říjen podpořil růst řepky, především nadzemní biomasy, řepka měla tendenci k přerůstání. Výsledkem bylo velmi rychlé vyčerpání minerálního dusíku z půdy a nutnost podzimního hnojení dusíkem. Teplé počasí trvalo až do Vánoc, kořeny stále rostly, měsíc prosinec byl teplotně nadprůměrný. Leden a únor byly teplotně normální, nejchladnější dny byly mezi 12. a 15. únorem, kdy teploty klesaly v noci až k -15°C. Řepka však byla pod sněhem a velmi dobře přezimovala. Otevření jara bylo velmičasné, avšak první dávka dusíku přišla až 3. března. Jaro můžeme celkově charakterizovat jako studené s periodami občasného krátkodobého oteplení. Přezimování rostlin bylo bezproblémové, úbytky rostlin prakticky žádné. Brzké ale rozvleklé byly i nálety stonkových krytonosců.

Tabulka 4 – Průměrné měsíční teploty za vegetaci 2020/21

rok 2020/21	teplotní normál (°C)	prům. teplota (°C)	odchylka od normálu	hodnocení
Srpen	18,7	20,51	1,8	nadnormální
Září	13,9	15,74	1,8	nadnormální
Říjen	8,7	9,71	1,0	normální
Listopad	3,8	4,24	0,4	normální
Prosinec	0,4	2,15	1,8	nadnormální
Leden	-0,7	-0,31	0,4	normální
Únor	0,3	0,19	-0,1	normální
Březen	4,0	4,6	0,6	normální
Duben	9,2	6,26	-3,0	podnormální
Květen	13,6	11,25	-2,4	podnormální
Červen	17,0	19,86	2,9	mimořádně nadnormální
Červenec	18,9	19,75	0,8	normální
Za hosp. rok	9,0	9,5	0,5	normální

Tabulka 5 – Průměrné měsíční srážkové úhrny za vegetaci 2020/21

rok 2020/21	srážkový normál (mm)	srážky (mm)	% normálu	hodnocení
Srpen	66	110,9	168	nadnormální
Září	39	58,1	150	nadnormální
Říjen	34	87,8	258	mimořádně nadnormální
Listopad	29	12,9	45	normální
Prosinec	26	13,3	52	normální
Leden	21	42,5	204	silně nadnormální
Únor	18	36,2	201	silně nadnormální
Březen	28	24,2	85	normální
Duben	27	9,3	34	silně podnormální
Květen	60	101,9	169	nadnormální
Červen	71	83,1	117	normální
Červenec	77	82,1	107	normální
Za hosp. rok	495	662,3	134	nadnormální

#### 4.7.2 Průběh počasí 2021/22

Řepka byla zaseta po orbě, která byla provedena 23.8., konec srpna však nebyl příliš příznivý z hlediska podmínek pro setí. Poslední dekáda srpna byla deštivá, proto se setí řepky posunulo až do září, konkrétně na 2.9.. Měsíc září byl s celkovou dešťovou srážkou 8,4 mm silně podnormální, dosáhl pouze 22 % svého srážkového normálu, který je 39 mm. Vzcházení a celkový stav porostu byl díky setí po agrotechnické lhůtě a nedostatku srážek opožděný. Dalším důsledkem nedostatku srážek byla snížená účinnost půdního herbicidu, proto musel být použit opravný postemergentní zásah společně s druhým insekticidním ošetřením proti dřepčikům, kteří byli díky nadnormálně teplému měsíci září velmi aktivní. Říjen se dal ohodnotit s průměrnou teplotou 8,8 °C jako normální, avšak z hlediska srážek se jednalo opět o měsíc podnormální, jelikož napršelo pouze 16,4 mm, což představuje 48 % normálu. Opět bylo u některých variant pokusu v měsíci říjnu použito hnojení dusíkem na podzim, aby se podpořil růst opožděných porostů. Měsíc listopad byl teplotně i srážkově normální, i když by se druhá polovina měsíce mohla hodnotit jako silně srážkově podnormální. Na začátku měsíce napršela většina celkového úhrnu srážek, kdy spadlo téměř 31 mm z celkových 39 mm. Od konce druhé dekády do konce měsíce napršely pouze 3 mm srážek. I když byly porosty řepky opožděné, nakonec dokázaly dosáhnout optimálního množství nadzemní i podzemní biomasy k bezpečnému přezimování. Prosinec byl teplotně i srážkově normální. Vesměs se teploty pohybovaly od 5 do -5 °C. Konec prosince přinesl oteplení, kdy teploty dosahovaly až 10 °C.

Měsíc leden navázal teplotami na konec prosince, celkově byl leden teplotně i srážkově nadnormální, takže nehrozilo poškození mrazy. Únor byl také teplotně silně nadnormální, teploty přes den se šplhaly až přes 10 °C. Srážkově únor můžeme hodnotit jako normální, kdy dosáhl 84 % srážkového normálu, srážky byly rozloženy rovnoměrně do celého měsíce.

V první dekádě března přišlo ochlazení, kdy průměrné teploty klesly pod bod mrazu. Po druhé dekádě března se začalo otevírat jaro, teploty narůstaly přes den až ke 20 °C. Toto oteplení s sebou přineslo i první nálet stonkových krytonosců a první ošetření insekticidem. Jaro můžeme charakterizovat jako teplé s občasnými teplotními výkyvy do nižších hodnot. V měsíci červnu a červenci docházelo k častým srážkám, kdy se střídaly periody deště a sucha, což nepříspělo zdravotnímu stavu porostů řepky. Díky častým srážkám a nadnormálně teplému počasí v červnu docházelo k opakovanému zapaření porostů řepky a rozvoji houbových chorob, zejména bílé hnilobě řepky.

Tabulka 6 – Průměrné měsíční teploty za vegetaci 2021/22

rok 2021/22	teplotní normál (°C)	prům. teplota (°C)	odchylka od normálu	hodnocení
Srpen	18,7	16,98	-1,7	<i>silně podnormální</i>
Září	13,9	15,75	1,8	<i>nadnormální</i>
Říjen	8,7	8,82	0,1	<i>normální</i>
Listopad	3,8	3,97	0,2	<i>normální</i>
Prosinec	0,4	1,21	0,9	<i>normální</i>
Leden	-0,7	1,55	2,2	<i>nadnormální</i>
Únor	0,3	3,78	3,4	<i>silně nadnormální</i>
Březen	4,0	4,57	0,6	<i>normální</i>
Duben	9,2	7,52	-1,7	<i>podnormální</i>
Květen	13,6	15,63	2,0	<i>nadnormální</i>
Červen	17,0	19,91	2,9	<i>mimořádně nadnormální</i>
Červenec	18,9	19,6	0,7	<i>normální</i>
Za hosp. rok	9,0	9,9	1,0	<i>normální</i>

Tabulka 7 - Průměrné měsíční srážkové úhrny za vegetaci 2021/22

rok 2021/22	srážkový normál (mm)	srážky (mm)	% normálu	hodnocení
Srpen	66	101,9	155	<i>nadnormální</i>
Září	39	8,4	22	<i>silně podnormální</i>
Říjen	34	16,4	48	<i>podnormální</i>
Listopad	29	39,3	137	<i>nadnormální</i>
Prosinec	26	30,5	119	<i>normální</i>
Leden	21	26,1	125	<i>nadnormální</i>
Únor	18	18,4	102	<i>normální</i>
Březen	28	16,3	57	<i>normální</i>
Duben	27	44,6	164	<i>silně nadnormální</i>
Květen	60	41,9	70	<i>normální</i>
Červen	71	139,1	196	<i>silně nadnormální</i>
Červenec	77	57,5	75	<i>normální</i>
Za hosp. rok	495	540	109	<i>normální</i>

## 4.8 Odběry a měření sledovaných znaků

### Jarní hodnocení:

- počet listů
- délka listů
- délka kořenů
- průměr kořenového krčku
- hmotnost kořenů
- hmotnost nadzemní biomasy
- sušina kořenů a nadzemní biomasy

Odběry rostlin probíhaly při jarní inventarizaci 25.3. v roce 2021 a 16.3. v roce 2022. Odebíralo se 10 rostlin z každé pokusné parcelky. Rostliny se důkladně omyly, aby se zbavily veškerých zbytků půdy. Dále se spočítal počet listů a změřila se délka nejdelšího listu. Po změření se oddělil kořen pomocí nože. Pravítkem se pak změřila délka kořenů a posuvným měřítkem se změřil průměr kořenového krčku. Dalším úkonem bylo zvážení kořenů a nadzemní biomasy na přesných váhách. Po zvážení se jednotlivé rostliny a kořeny vložily do plechové krabičky, které se pak přesunuly do sušárny, aby se po vysušení mohla vyhodnotit sušina kořenů a nadzemní biomasy.

### Hodnocení po sklizni:

Při sklizni se měřila vlhkost semen. Sklizeň proběhla pomocí maloparcelkové sklízecí mlátičky Wintersteiger. Dále se vyhodnotil výnos jednotlivých variant, přepočítal se na 8% vlhkost a 2 % nečistot. Hmotnost tisíce semen byla měřena laboratorně pomocí přístroje čítač semen a laboratorích vah. Odměřilo a zvážilo se celkem 500 semen, a to celkem dvakrát. Olejnatost byla zjištěna metodou MNR, podle ČSN EN ISO 10565 (461040). Olejnatá semena – Souběžné stanovení obsahuje 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.

### Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu statistica 12 od firmy statsoft. Byla provedena analýza rozptylu (ANOVA) a podrobné vyhodnocení bylo vyhotoveno pomocí Tukeyho HSD testu.

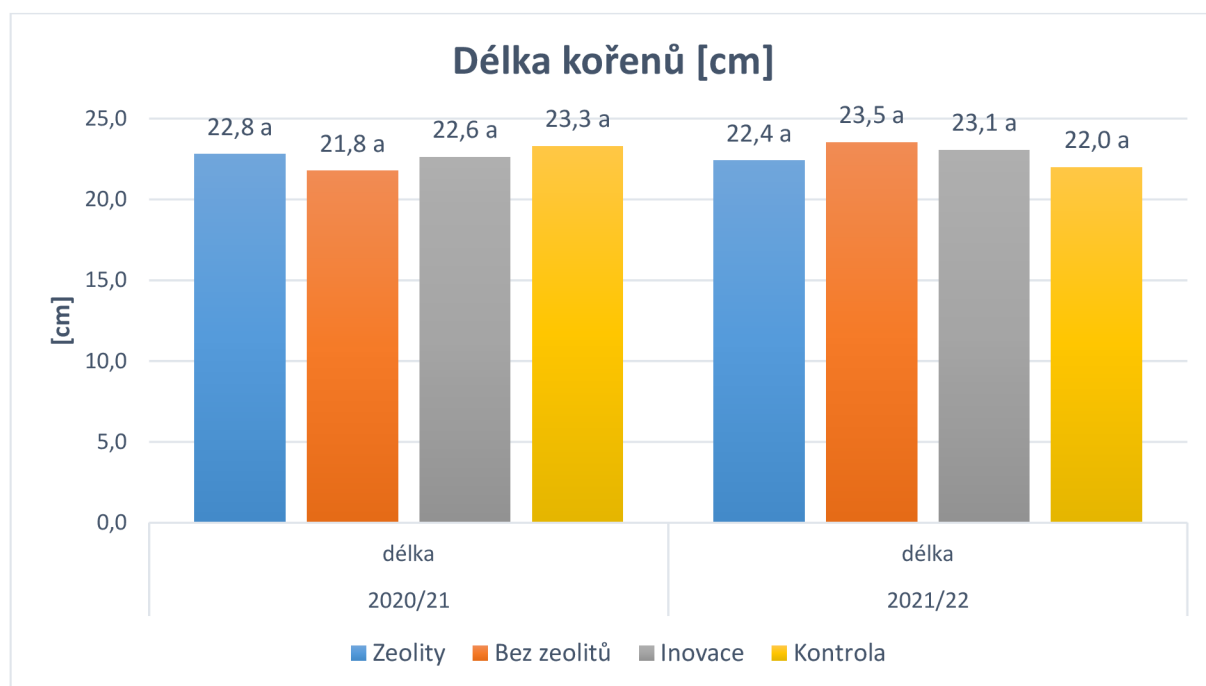
## 5 Výsledky

### 5.1 Kořenová biomasa

#### 5.1.1 Délka kořenů

Jedním ze sledovaných znaků, který byl v rámci pokusu hodnocený, byla délka kořenů. Průměr délky kořenů všech variant byl při měření v roce 2020/21 22,63 cm. V níže uvedeném Grafu 1 můžeme vyčíst, že nejlépe dopadla v prvním sledovaném roce varianta č. 4 – „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD) s průměrnou délkou 23,3 cm. Nejhůře skončila varianta č. 2 – „bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) s průměrnou délkou 21,8 cm.

Průměrná délka kořenů všech variant v druhém sledovaném roce 2021/22 byla 22,75 cm. Nejdelší kořeny měla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“, kořeny dosahovaly průměrné délky 23,5 cm. Nejkratší kořeny měla varianta č. 4 – „kontrola“ s délkou 22,0 cm. Rozdíly mezi variantami v obou sledovaných letech jsou však velmi malé. Při statistickém vyhodnocení nebyl mezi jednotlivými variantami v tomto sledovaném znaku prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.

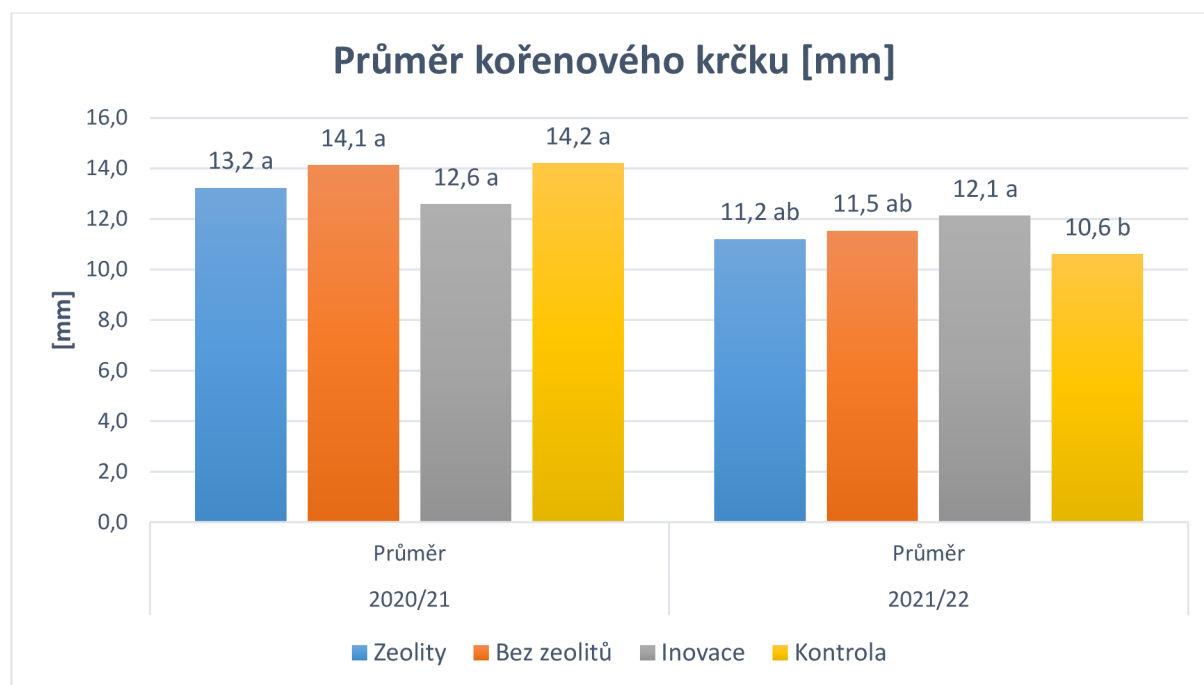


Graf 1 - Délka kořenů, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

### 5.1.2 Průměr kořenového krčku

Dalším ze sledovaných znaků, byl průměr kořenového krčku. Průměrná hodnota, kterou dosahoval průměr kořenového krčku v roce 2020/21 byla 13,5 mm. Dle Grafu 2 v prvním sledovaném roce dopadly nejlépe 2 varianty, a to varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD) s průměrem 14,2 mm a varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) s průměrem 14,1 mm. V prvním vegetačním roce nebyl mezi variantami statisticky významný rozdíl.

Ve vegetačním roce 2021/22 byl průměrný rozměr kořenového krčku 11,35 mm. Největšího průměrného rozměru kořenového krčku dosáhla varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T), a to 12,1 mm. Naopak nejnižšího rozměru kořenového krčku dosahovala varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Zde byl průměr kořenového krčku 10,6 mm. Mezi těmito variantami vznikl dle statistického vyhodnocení statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl je v grafu označen rozdílnými písmeny.



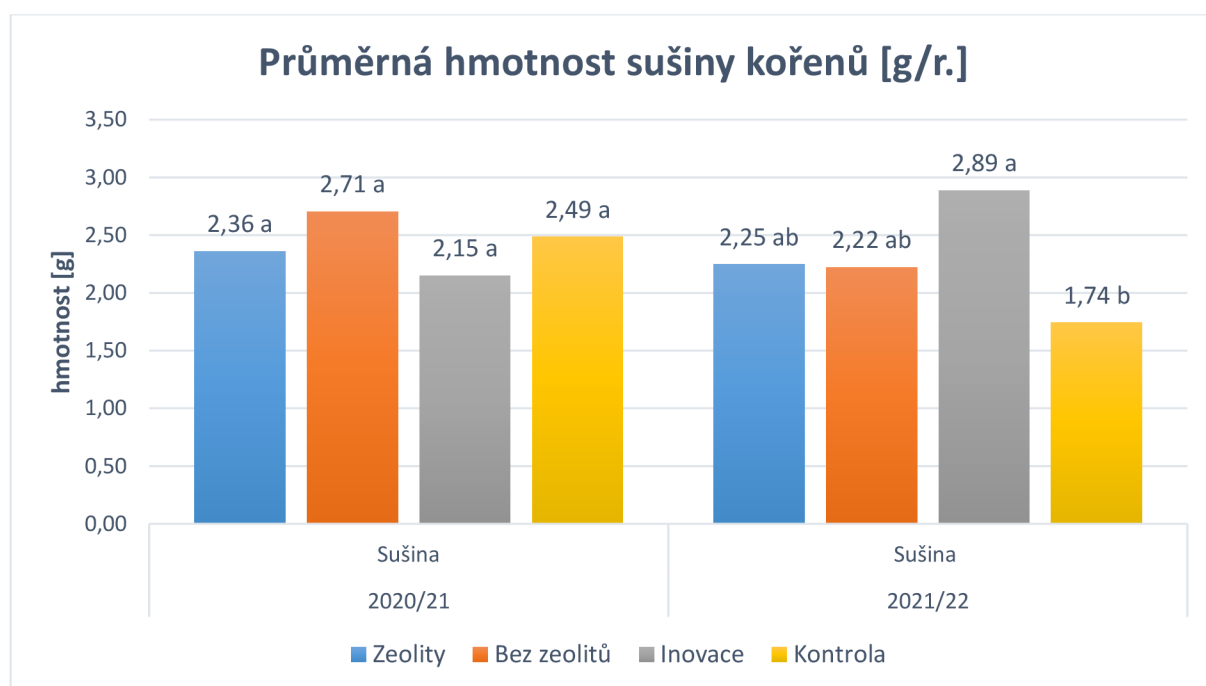
Graf 2 - Průměr kořenového krčku, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test



### 5.1.3 Sušina kořenů

V Grafu 3 je zobrazena průměrná hmotnost sušiny kořenů. V roce 2020/21 dosahovaly všechny varianty průměrné hmotnosti sušiny kořenů 2,43 g. Nejlépe dopadla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) s hodnotou 2,71 g/r. Nejhůře dopadla varianta č. 3 – „inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T) s průměrem 2,15 g/r. Mezi variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

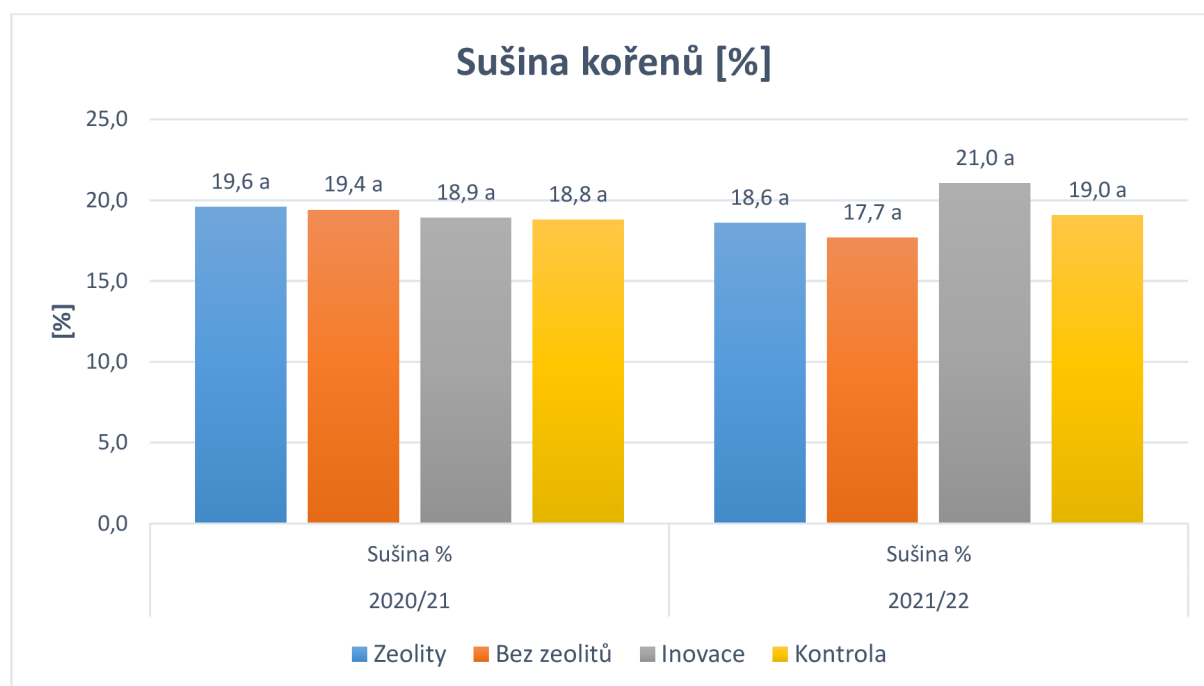
V následujícím vegetačním roce 2021/22 nejvyšší hmotnosti kořenů v sušině 2,89 g/r., dosáhla varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T). Naopak nejnižší průměrné hmotnosti sušiny kořene 1,74 g/r., dosáhla varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Mezi těmito dvěma variantami vznikl statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl je v grafu označen rozdílnými písmeny.



Graf 3 - Průměrná hmotnost sušiny kořenů, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

V Grafu 4 je zobrazena procentuální sušina kořenů. V roce 2020/21 dosahovaly všechny varianty průměrné sušiny kořenů 19,2 %. Z hlediska tohoto sledovaného znaku byly jednotlivé varianty velice vyrovnané. Nejlépe dopadla varianta č. 1 – „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert, Zenfert) s hodnotou 19,6 %. Nejhůře dopadla varianta č. 4 – „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD) se sušinou 18,8 %. Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl.

V následujícím vegetačním roce 2021/22 nejvyšší sušiny kořenů 21,0 %, dosáhla varianta č. 3 – „inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T). Naopak nejnižší průměrné sušiny kořene 17,7 %, dosáhla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD). Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.



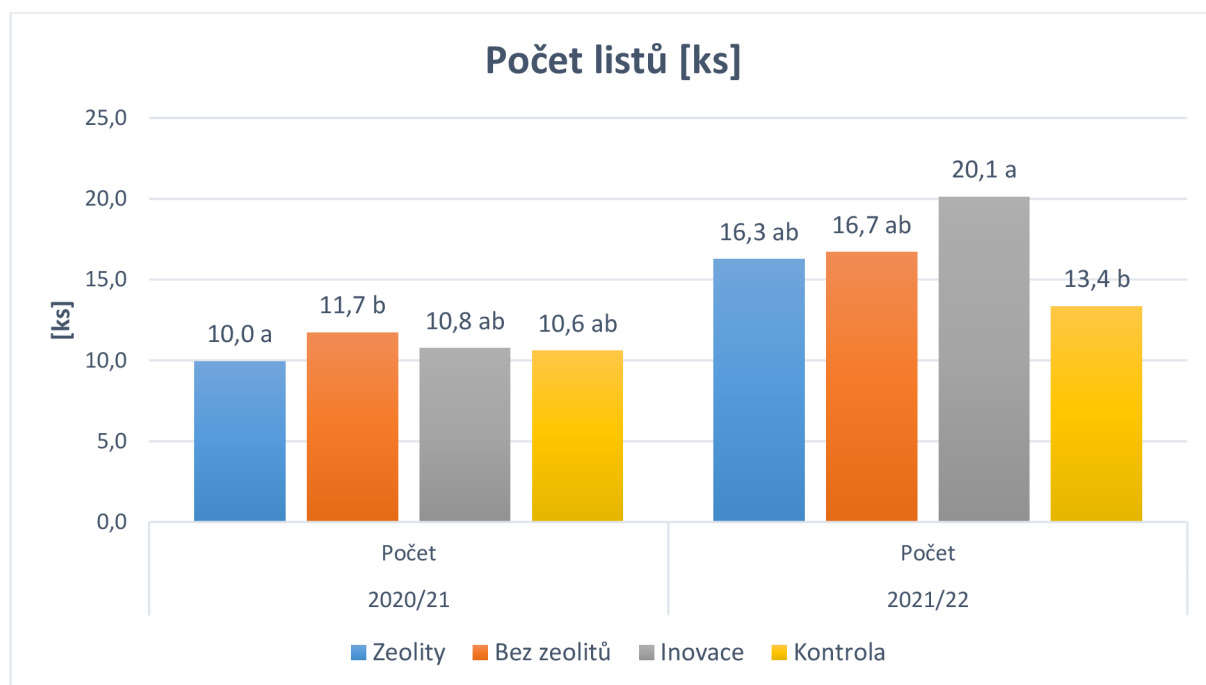
Graf 4 - Sušina kořenů, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

## 5.2 Nadzemní biomasa

### 5.2.1 Počet listů

Průměrný počet listů všech variant byl při měření v roce 2020/21 10,8 ks. V níže uvedeném Grafu 5 můžeme vidět, že nejvíce listů měla v prvním sledovaném roce varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) s průměrným počtem listů 11,7 ks. Nejméně listů měla varianta č. 1 – „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert, Zenfert) s průměrným počtem 10 ks. Mezi těmito dvěma variantami vznikl statisticky významný rozdíl.

Průměrný počet listů všech variant v druhém vegetačním roce 2021/22 byl 16,6 ks. Nejvíce listů měla varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T), s průměrným počtem 20,1 ks. Nejméně listů měla varianta č. 4 – „kontrola“ s průměrným počtem 13,4 ks. Při statistickém vyhodnocení byl mezi těmito dvěma variantami prokázán statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl je v grafu označen rozdílnými písmeny.

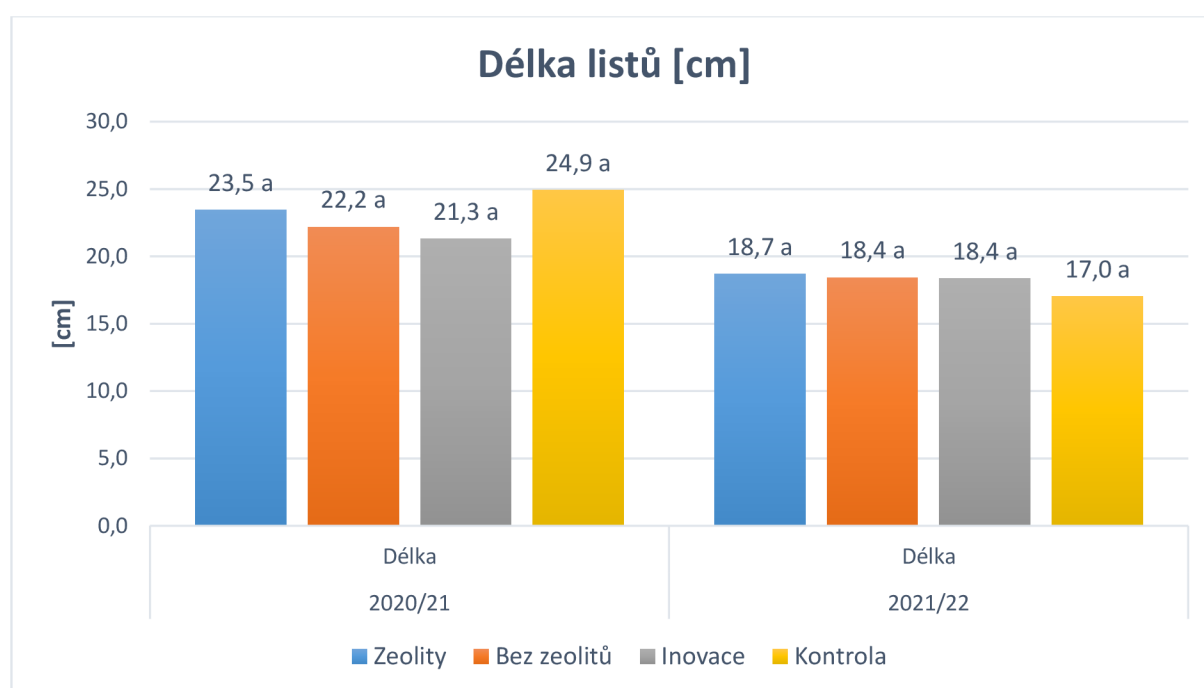


Graf 5 - Počet listů, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

### 5.2.2 Délka listů

Průměr délky listů všech variant byl při měření v roce 2020/21 22,98 cm. V níže uvedeném Grafu 6 je vidět, že nejdelší délku listů v prvním sledovaném roce měla varianta č. 4 – „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD) s průměrnou délkou 24,9 cm. Nejkratší délku listů měla varianta č. 3 – „inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T) s průměrnou délkou 21,3 cm. Mezi variantami v tomto vegetačním roce nebyl statisticky významný rozdíl.

Průměrná délka listů všech variant v druhém sledovaném roce 2021/22 byla 18,1 cm. Nejdelší listy měla varianta č. 1 – „Zeolity“, listy dosahovaly průměrné délky 18,7 cm. Nejkratší listy měla varianta č. 4 – „kontrola“ s délkou 17,0 cm. Při statistickém vyhodnocení nebyl mezi variantami v tomto vegetačním roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.

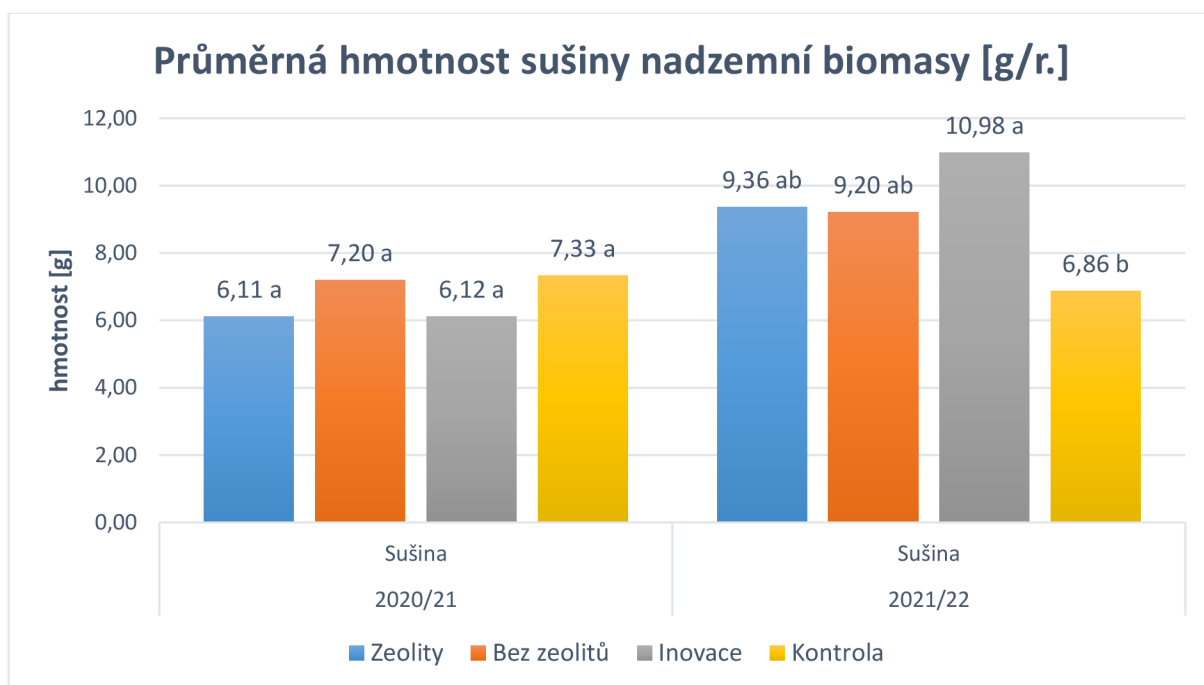


Graf 6 - Délka listů, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

### 5.2.3 Sušina nadzemní biomasy

V Grafu 7 je zobrazena průměrná hmotnost sušiny nadzemní biomasy. V roce 2020/21 dosahovaly všechny varianty průměrné hmotnosti sušiny nadzemní biomasy 6,69 g/r. Nejvyšší hmotnosti nadzemní biomasy dosáhla varianta č. 4 – „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD) s průměrnou hmotností 7,33 g/r. Nejnižší hmotnost nadzemní biomasy měla varianta č. 1 – „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert, Zenfert) s průměrem 6,11 g/r. a varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T) s průměrnou hmotností nadzemní biomasy 6,12 g/r. Mezi variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

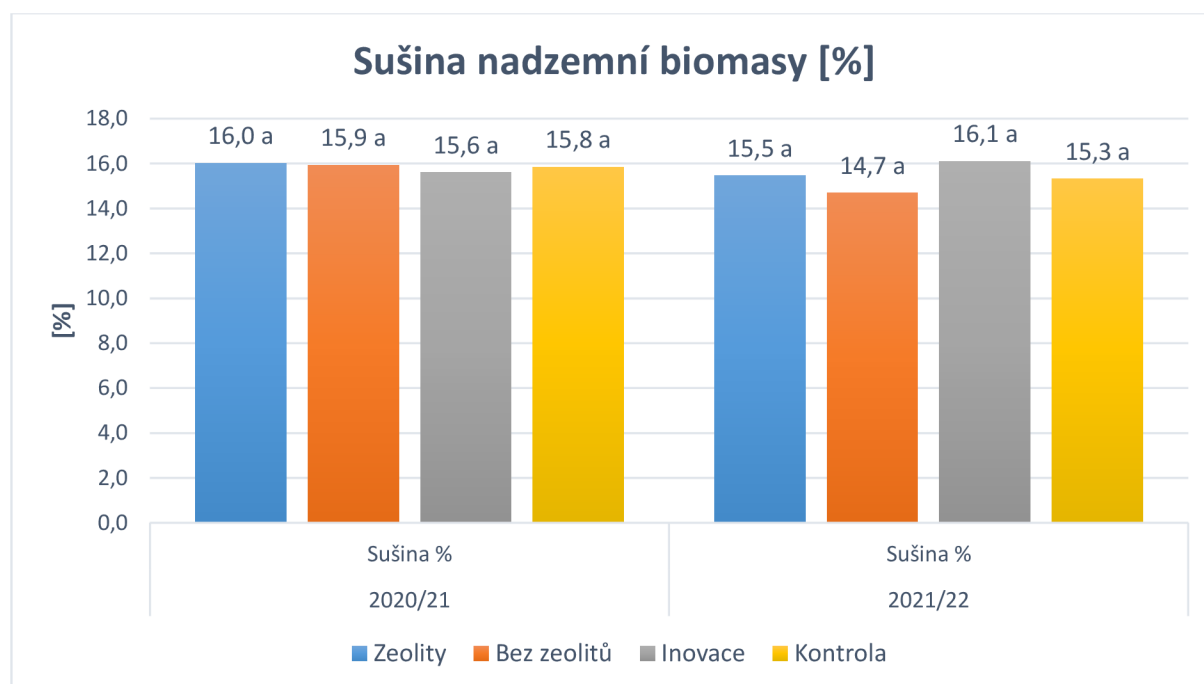
V následujícím vegetačním roce 2021/22 nejvyšší hmotnosti nadzemní biomasy v sušině 10,98 g/r., dosáhla varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T). Naopak nejnižší průměrné hmotnosti sušiny nadzemní biomasy 6,86 g/r., dosáhla varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Mezi těmito dvěma variantami vznikl statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl je v grafu označen rozdílnými písmeny.



Graf 7 - Průměrná hmotnost sušiny nadzemní biomasy, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

V Grafu 8 je zobrazena procentuální sušina nadzemní biomasy. V roce 2020/21 dosahovaly všechny varianty průměrné sušiny 15,8 %. Z hlediska tohoto sledovaného znaku byly jednotlivé varianty velice vyrovnané. Nejvyšší sušiny dosáhla varianta č. 1 – „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert, Zenfert) s hodnotou 19,6 %. Nejnižší sušinu nadzemní biomasy 15,6 % měla varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T). Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl.

V následujícím vegetačním roce 2021/22 nejvyšší sušiny nadzemní biomasy 16,1 %, dosáhla varianta č. 3 – „inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T). Naopak nejnižší průměrné sušiny nadzemní biomasy 14,7 %, dosáhla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD). Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.



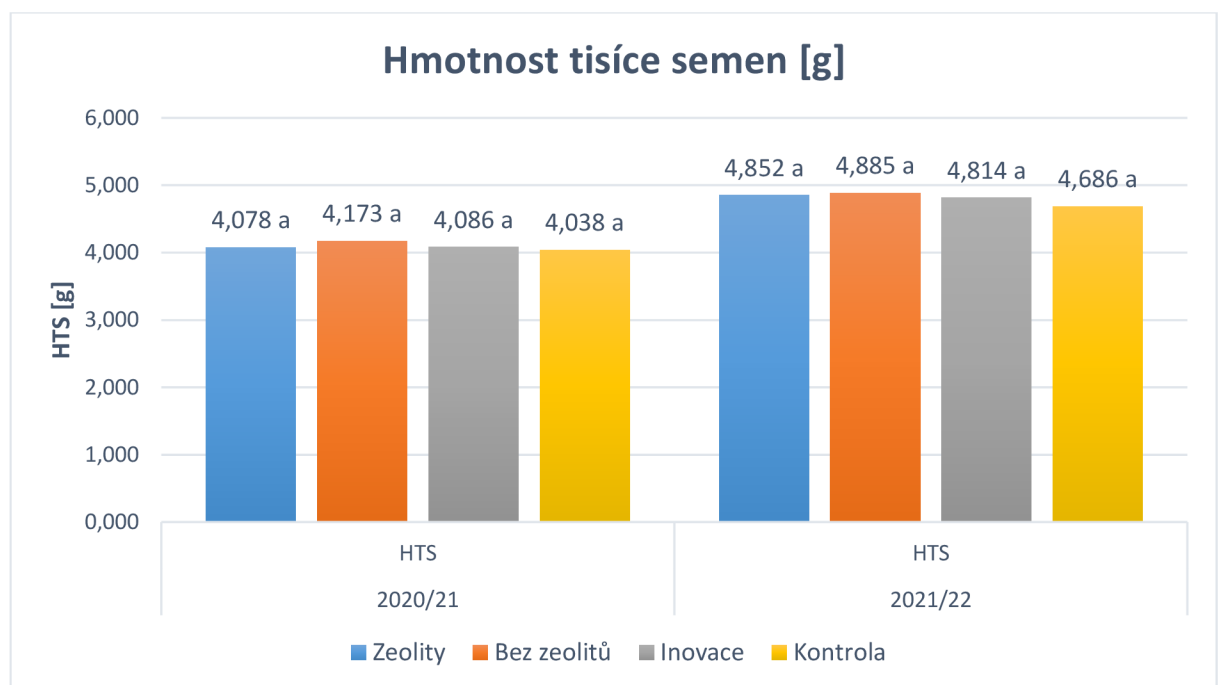
Graf 8 - Sušina nadzemní biomasy, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

## 5.3 Posklizňové hodnocení

### 5.3.1 Hmotnost tisíce semen

Průměrná hmotnost, kterou dosahovala hmotnost tisíce semen v roce 2020/21 byla 4,093 g. V Grafu 9 je znázorněno, že v prvním sledovaném roce dosáhla nejvyšší HTS varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) s průměrnou HTS 4,173 g. Nejnižší HTS byla naměřena u varianty č. 4 – „Kontrola“. Její hodnota činila 4,038 g. V prvním vegetačním roce nebyl mezi variantami statisticky významný rozdíl.

Ve vegetačním roce 2021/22 byla průměrná HTS 4,809 g. Nejvyšší průměrné HTS dosáhla opět varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD), a to 4,885 g. Naopak nejnižší HTS měla varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Zde byla HTS 4,686 g. Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.

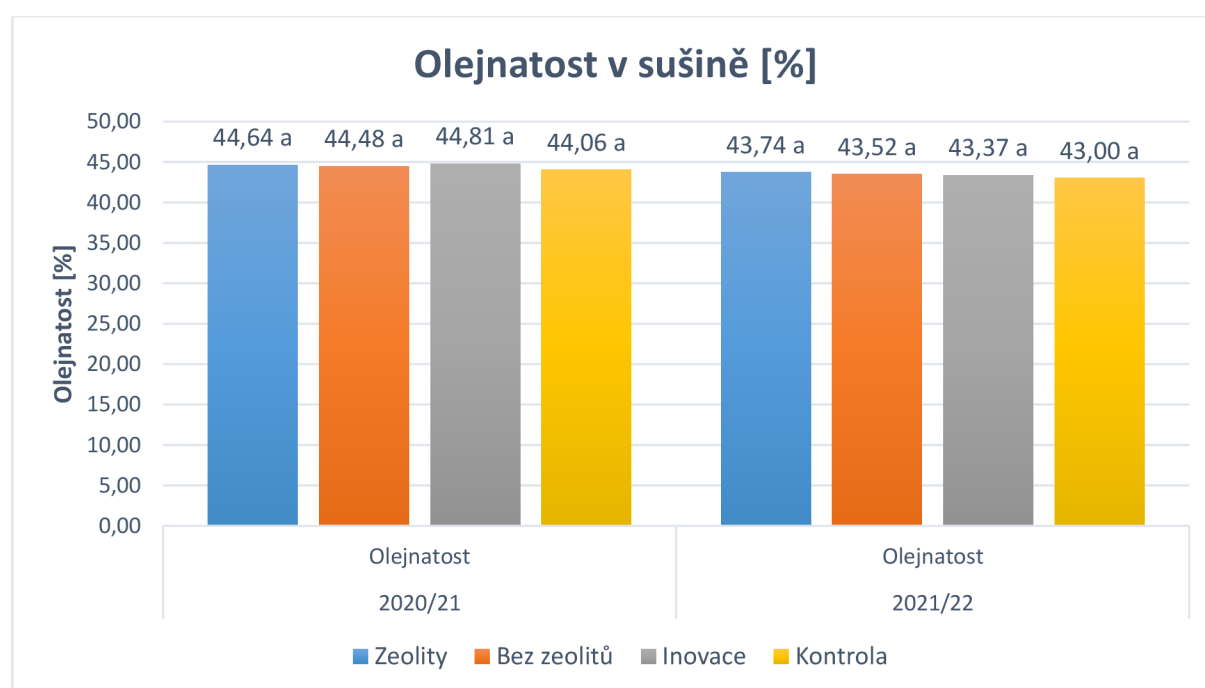


Graf 9 - Hmotnost tisíce semen, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

### 5.3.2 Olejnatost

Průměrná olejnatost, kterou dosahovala řepka v roce 2020/21 byla 44,50 %. V Grafu 10 je znázorněno, že v prvním sledovaném roce dosáhla nejvyšší olejnatosti varianta č. 3 – „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert, Lovo Can T) s průměrem 44,81 %. Nejnižší olejnatost byla naměřena u varianty č. 4 – „Kontrola“. Její hodnota činila 44,06 %. V prvním vegetačním roce nebyl mezi variantami statisticky významný rozdíl.

Ve vegetačním roce 2021/22 byla průměrná olejnatost 43,41 %. Nejvyšší olejnatosti dosáhla varianta č. 1 – „Zeolity“ (NPK zeorit, Zenfert, Zenfert), a to 43,74 %. Naopak nejnižší olejnatost měla varianta č. 4 – „kontrola“ (LAD, DASA, LAD). Zde byla olejnatost 43,00 %. Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.



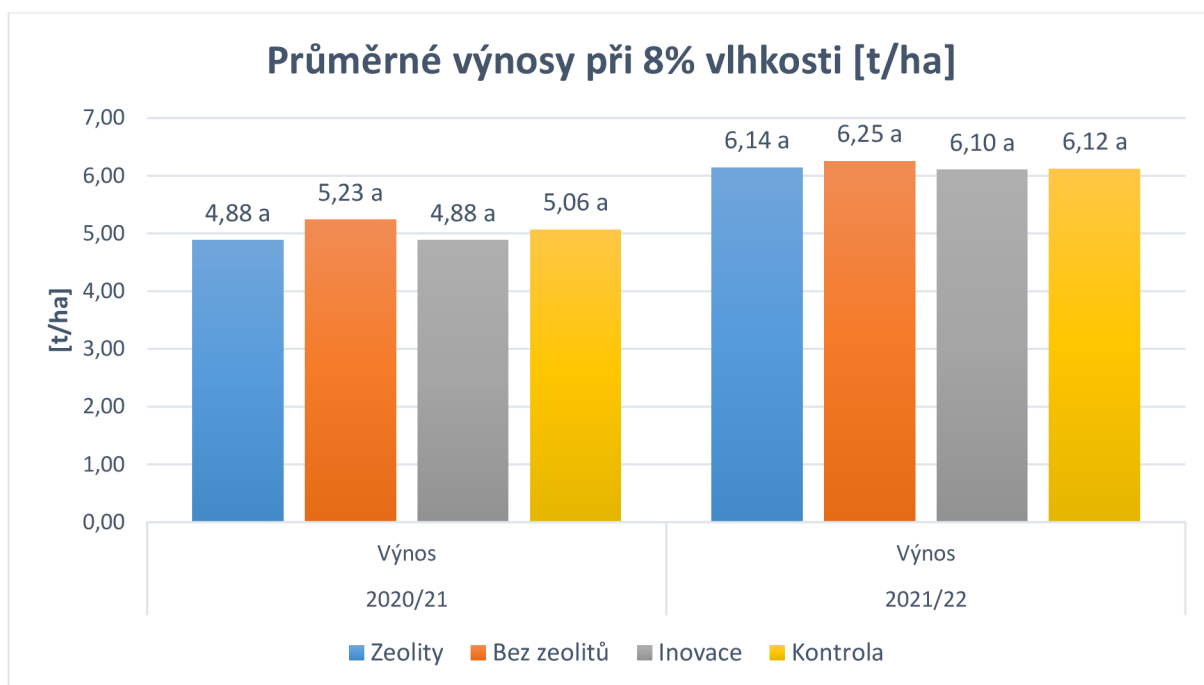
Graf 10 - Olejnatost v sušině, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test



### 5.3.3 Výnos semen při 8% sušíně

Průměrný výnos semen ve vegetačním roce 2020/21 byl 5,01 t/ha. Dle Grafu 11 nejvyšší výnos 5,23 t/ha měla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“ (NPK, LAD, LAD) a varianta č. 4 – „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD). U varianty č. 2 byl výnos oproti kontrole navýšen o 0,17 t/ha. V prvním vegetačním roce nebyl mezi variantami statisticky významný rozdíl.

Ročník 2021/22 přinesl jednoznačně vyšší průměrný výnos všech variant než v prvním vegetačním roce. Průměrný výnos všech variant činil 6,15 t/ha. Nejvyššího výnosu dosáhla varianta č. 2 – „Bez zeolitů“. Výnos u této varianty dosáhl v průměru 6,25 t/ha. Nejnižší výnos byl zjištěn u porostu varianty č. 3 – „Inovace“, její výnos činil 6,10 t/ha. Výnosy jednotlivých variant se však od sebe příliš nelišily. Mezi variantami nebyl v tomto roce prokázán statisticky významný rozdíl. Pokud jsou písmena v grafu stejná, pak se nejedná o statisticky významný rozdíl.



Graf 11 - Průměrné výnosy při 8% vlhkosti, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

## 5.4 Statistické vyhodnocení

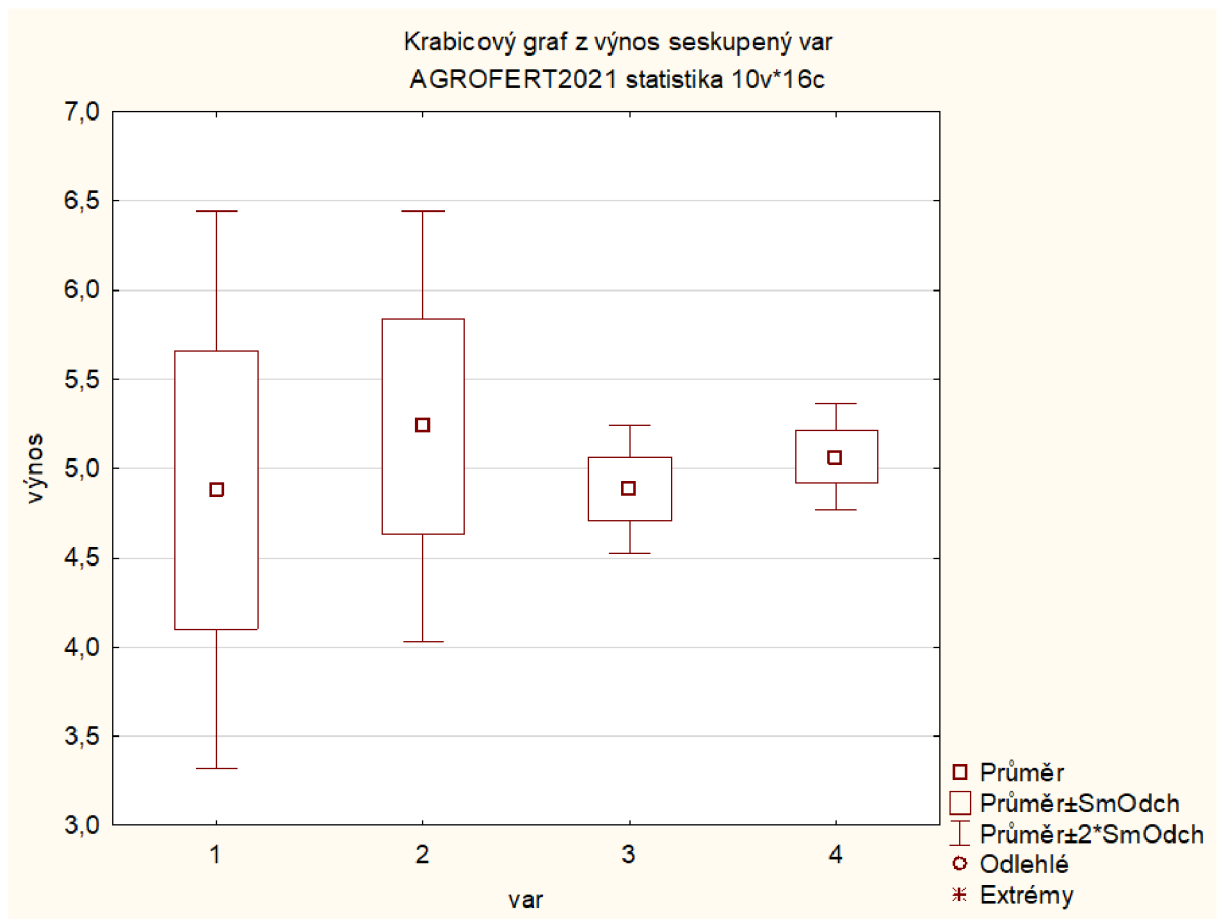
### 5.4.1 Vegetační rok 2020/21

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu Anova v programu Statistica 12, podrobnější vyhodnocení bylo provedeno pomocí testu Tukey HSD. U počtu listů se statisticky průkazně s 95% pravděpodobností lišila varianta 1 „Zeolity“ a varianta 2 „Bez zeolitů“. U zbytku sledovaných znaků, které byly sledovány v rámci nadzemní biomasy rostlin nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly mezi variantami. U sledovaných znaků pro podzemní biomasu jako je průměr kořenového krčku, délka kořene, hmotnost sušiny kořenů a sušina kořenů, v tomto roce nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. U znaků, které byly vyhodnocovány po sklizni pokusných parcel (HTS, olejnatost, výnos) nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi žádnými z variant. Statistické vyhodnocení je znázorněno v Tabulce 8. Pokud jsou v jednotlivých řádcích shodná písmena, znamená to, že mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl. Pokud jsou písmena odlišná, pak jsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 8 - Statistické vyhodnocení variant 2020/21

2020/21				
Varianty	Zeolity	Bez zeolitů	Inovace	Kontrola
<b>Měřený znak</b>				
Počet listů [ks]	10,0 a	11,7 b	10,8 ab	10,6 ab
Délka listů [cm]	23,5 a	22,2 a	21,3 a	24,9 a
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy [g]	6,11 a	7,2 a	6,12 a	7,33 a
Sušina listů [%]	16,0 a	15,9 a	15,6 a	15,8 a
Průměr kořenového krčku [mm]	13,2 a	14,1 a	12,6 a	14,2 a
Délka kořene [cm]	22,8 a	21,8 a	22,6 a	23,3 a
Hmotnost sušiny kořenů [g]	2,36 a	2,71 a	2,15 a	2,49 a
Sušina kořenů [%]	19,6 a	19,4 a	18,9 a	18,8 a
Výnos [t]	4,88 a	5,23 a	4,88 a	5,06 a
Olejnatost v sušině [%]	44,64 a	44,48 a	44,81 a	44,06 a
HTS [g]	4,078 a	4,173 a	4,086 a	4,038 a

= nejvyšší hodnota  = nejnižší hodnota



Graf 12 – Anova - výnos semen 2020/21, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

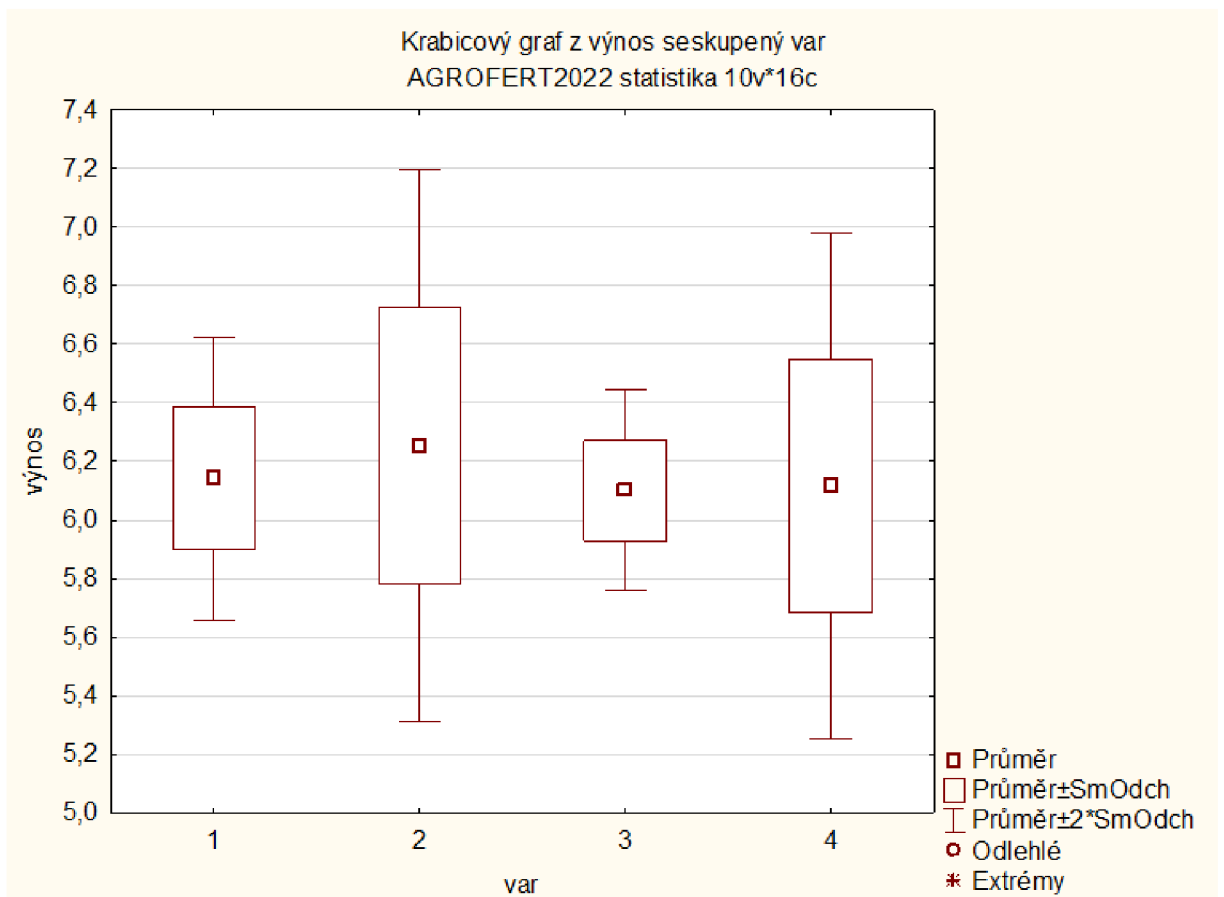
### 5.4.2 Vegetační rok 2021/22

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu Anova v programu Statistica 12, podrobnější vyhodnocení bylo provedeno pomocí testu Tukey HSD. U počtu listů se statisticky průkazně s 95% pravděpodobností lišila varianta 3 „Inovace“ a varianta 4 „Kontrola“. Dalším sledovaným znakem, u kterého byl zjištěn statisticky významný rozdíl, byla hmotnost sušiny nadzemní biomasy, u které se opět statisticky lišila varianta 3 „inovace“ a varianta 4 „kontrola“. U zbylých znaků, které byly sledovány v rámci nadzemní biomasy rostlin nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly mezi variantami. U sledovaných znaků pro podzemní biomasu, byl zjištěn statisticky významný rozdíl v průměru kořenového krčku. Lišila se varianta 3 „Inovace“ a varianta 4 „kontrola“. Dalším znakem podzemní biomasy, který se lišil, byla hmotnost sušiny kořenů. V tomto sledovaném znaku se lišila opět varianta 3 „Inovace“ a varianta 4 „kontrola“. U znaků, které byly vyhodnocovány po sklizni pokusných parcel (HTS, olejnatost, výnos) nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi žádnými z variant. Statistické vyhodnocení je znázorněno v Tabulce 9. Pokud jsou v jednotlivých řádcích shodná písmena, znamená to, že mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl. Pokud jsou písmena odlišná, pak jsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 9 - Statistické vyhodnocení variant 2021/22

2021/22				
Varianty	Zeolity	Bez zeolitů	Inovace	Kontrola
Měřený znak				
Počet listů [ks]	16,3 ab	16,7 ab	20,1 a	13,4 b
Délka listů [cm]	18,7 a	18,4 a	18,4 a	17,0 a
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy [g]	9,36 ab	9,20 ab	10,98 a	6,86 b
Sušina listů [%]	15,5 a	14,7 a	16,1 a	15,3 a
Průměr kořenového krčku [mm]	11,2 ab	11,5 ab	12,1 a	10,6 b
Délka kořene [cm]	22,4 a	23,5 a	23,1 a	22,0 a
Hmotnost sušiny kořenů [g]	2,25 ab	2,22 ab	2,89 a	1,74 b
Sušina kořenů [%]	18,6 a	17,7 a	21,0 a	19,0 a
Výnos [t]	6,14 a	6,25 a	6,1 a	6,12 a
Olejnatost v sušině [%]	43,74 a	43,52 a	43,37 a	43,00 a
HTS [g]	4,852 a	4,885 a	4,814 a	4,686 a

= nejvyšší hodnota  = nejnižší hodnota



Graf 13 – Anova - výnos semen 2021/22, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

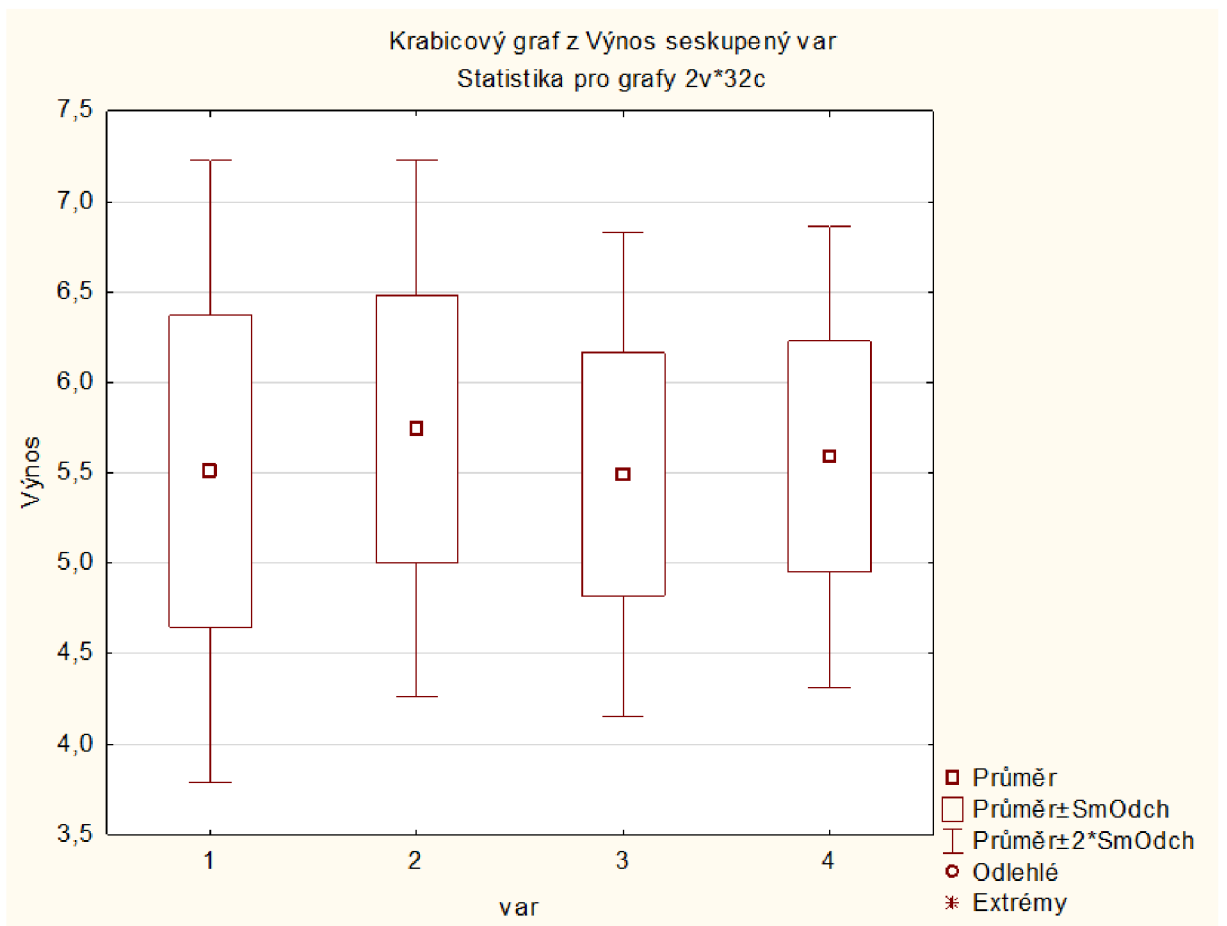
### 5.4.3 Souhrnné vyhodnocení všech ročníků

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu Anova v programu Statistica 12, podrobnější vyhodnocení bylo provedeno pomocí testu Tukey HSD. Pouze u jednoho sledovaného znaku byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi variantami, a to u počtu listů. Rozdíl byl mezi variantou 3 „Inovace“ a variantou 4 „kontrola“. Nejvyšší průměrnou délkou listů (21,1 cm) měla varianta „Zeolity“. Nejvyšší průměrnou hmotnost sušiny nadzemní biomasy (8,55 g) a sušinu nadzemní biomasy (15,8 %) měla varianta „Inovace“. Ve znacích, které byly sledovány pro podzemní biomasu, měla varianta „Inovace“ ve většině těchto znaků navrch, byly to znaky délka kořene (22,8 cm), hmotnost sušiny kořenů (2,52 g) a sušina kořenů (20,0 %). Největšího průměru kořenového krčku (12,8 mm) dosahovala varianta „Bez zeolitů“. V posklizňovém vyhodnocení měla nejlepší dvouleté průměry z hlediska výnosu (5,74 t) a HTS (4,529 g) varianta „Bez zeolitů“. Nejvyšší olejnatosti (44,19 %) dosahovala varianta „Zeolity“. Pokud jsou v jednotlivých řádcích shodná písmena, varianty se statisticky průkazně neliší. Pokud jsou písmena odlišná, pak jsou mezi variantami statisticky průkazně rozdíly na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .

Tabulka 10 - Statistické vyhodnocení všech ročníků

Porovnání průměrů za 2 ročníky				
Varianty	Zeolity	Bez zeolitů	Inovace	Kontrola
Měřený znak				
Počet listů [ks]	13,1 ab	14,2 ab	15,4 a	12,0 b
Délka listů [cm]	21,1 a	20,3 a	19,8 a	21,0 a
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy [g]	7,73 a	8,20 a	8,55 a	7,10 a
Sušina listů [%]	15,7 a	15,3 a	15,8 a	15,6 a
Průměr kořenového krčku [mm]	12,2 a	12,8 a	12,4 a	12,4 a
Délka kořene [cm]	22,6 a	22,7 a	22,8 a	22,6 a
Hmotnost sušiny kořenů [g]	2,30 a	2,46 a	2,52 a	2,11 a
Sušina kořenů [%]	19,1 a	18,6 a	20,0 a	18,9 a
Výnos [t]	5,51 a	5,74 a	5,49 a	5,59 a
Olejnatost v sušině [%]	44,19 a	44,00 a	44,09 a	43,53 a
HTS [g]	4,465 a	4,529 a	4,450 a	4,362 a

= nejvyšší hodnota  = nejnižší hodnota



Graf 14 – Anova průměr výnosu semen za 2 ročníky, ANOVA 95% pravděpodobnost, Tukey HSD test

## 5.5 Ekonomické vyhodnocení pokusu

Ceny použitých minerálních hnojiv:

- NPK Zeorit 8-10-10+9S – 16 250 Kč/t
- Zenfert 24 N – 9 900 Kč/t
- Lovogran B – 10 100 Kč/t
- NPK 10-10-10 – 14 800 Kč/t
- LAD 27 – 9 800 Kč/t
- Lovodasa 26-13 – 10 400 Kč/t

Ceny použitých kapalných hnojiv:

- Lovo Can T – 13 Kč/l \*

Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH a jsou poskytnuty firmou PRIMAGRA, a.s.

\*= Ceny u Lovo CaN T platí při odběru celé cisterny. V případě objednávky menších balení jsou ceny výrazně vyšší. U Lovo Can T je cena při malooběru do 1000 l - 62 Kč/l.

Cena řepkového semene je počítána jako 13 000 Kč/t. Pro všechny ročníky pěstování jsou použity stejné ceny. Do souhrnu nebyly započítány náklady na zpracování půdy, POR a listová hnojiva, které se mezi jednotlivými variantami neliší a nejsou uvedeny v Tabulce 1.

Náklady na použitá hnojiva, změny v tržbách, které jsou vztažené ke kontrolní variantě, náklady na aplikaci a celkový rozdíl v zisku či ztrátě po odečtení veškerých nákladů, jsou znázorněny v tabulkách (Tabulka 11, Tabulka 12 a Tabulka 13).

V ročníku 2020/21 byly všechny varianty vůči kontrolní variantě ve ztrátě. Vysoký rozdíl v zisku jednotlivých variant způsobil zejména nejvyšší výnos semene kontrolní náklady a vyšší cena hnojiv z ostatních variant.

Tabulka 11 - Ekonomické vyhodnocení výnosů 2021

Varianty 2020/21	Tržby za sklizenou řepku (Kč/ha)	Cena hnojiv (Kč/ha)	Náklady na aplikaci (Kč/ha)	Zisk/ztráta po odečtení nákladů na hnojiva a aplikaci (Kč/ha)	Rozdíl zisku vůči kontrole (Kč/ha)
Kontrola	65 780	7 040	750	57 990	0
Zeolity	63 440	15 055	750	47 635	-10 355
Bez zeolitů	67 990	11 800	750	55 440	-2 550
Inovace	63 440	9 154	800	53 486	-4 504



V roce 2021/22 se ztráta některých variant vůči kontrole snížila. Bylo to způsobeno lepšími výsledky z hlediska výnosu vůči kontrolní variantě, avšak vyšší cena použitých hnojiv oproti kontrole opět způsobila výraznou ztrátu.

Tabulka 12 - Ekonomické vyhodnocení výnosů 2022

Varianty 2021/22	Tržby za sklizenou řepku (Kč/ha)	Cena hnojiv (Kč/ha)	Náklady na aplikaci (Kč/ha)	Zisk/ztráta po odečtení nákladů na hnojiva a aplikaci (Kč/ha)	Rozdíl zisku vůči kontrole (Kč/ha)
Kontrola	79 560	7 040	750	71 770	0
Zeolity	79 820	15 055	750	64 015	-7 755
Bez zeolitů	81 250	11 800	750	68 700	-3 070
Inovace	79 300	9 154	800	69 346	-2 424

V tabulce 13 můžeme vidět průměrný zisk/ztrátu jednotlivých variant. Varianta „Zeolity“ měla nejvyšší ztrátu -9 055 Kč/ha. Varianta „Bez zeolitů“ vyšla z pokusu s průměrnou ztrátou -2 810 Kč/ha. Varianta „Inovace“ vykazovala také ztrátu a to -3 464 Kč/ha.

Tabulka 13 - Souhrnné ekonomické vyhodnocení všech ročníků

Varianty	Zisk/ztráta 2020/21 (Kč/ha)	Zisk/ztráta 2021/22 (Kč/ha)	Průměrný zisk/ztráta (Kč/ha)
Kontrola	0	0	0
Zeolity	-10 355	-7 755	-9 055
Bez zeolitů	-2 550	-3 070	-2 810
Inovace	-4 504	-2 424	-3 464

## 6 Diskuze

Výsledky maloparcelkových pokusů statisticky neprokázaly vliv jednotlivých variant na prvky hodnocené po sklizni tedy výnos, HTS, olejnatost. Průkazné rozdíly byly zaznamenány pouze u dílčích znaků pro nadzemní a podzemní biomasu hodnocených v jarním období, avšak průkaznost se lišila v závislosti na ročnících.

Karimi et al. (2013) uvádí, že na základě výsledků jeho výzkumu, který byl proveden na pokusných pozemcích Islámské azadské univerzity v roce 2011, aplikace zeolitů výrazně zvýšila počet lusků na hlavních větvích sóji. Pokus měl několik variant, hlavním cílem bylo prozkoumat, jak rostliny sóji reagují na běžné a stresové podmínky, pokud jsou hnojeny pomocí zeolitů. Výsledky naznačily, že aplikace zeolitů, zvýšila výnos semen při plném zavlažování rostlin. Aplikace zeolitů byla však účinnější za stresových podmínek než za normálních zavlažovacích podmínek. Mimo jiné bylo dosaženo vyššího výnosu oleje, když byly aplikovány zeolity za normálních zavlažovacích podmínek.

Výsledky našeho pokusu potvrzují i výsledky, kterých dosáhl ve svém výzkumu s řepkou olejnou Shamsavari (2019). Shamsavari uvádí, že aplikace zeolitu v dávce 15 t/ha pozitivně zvýšila sklizňový index, výnos semen a biologický výnos. Výnos semen se při aplikaci zeolitů oproti nehnojené kontrole zvýšil o 39,4 % (+ 1,04 t/ha). Aplikace ovlivnila i kvalitativní parametry, kdy došlo ke zvýšení olejnatosti semen u zeolitů o 1,089 % oproti kontrole, která měla olejnatost 41,211 %.

S výsledky tohoto výzkumu lze dle svých vlastních výsledků souhlasit jen částečně, jelikož výnos varianty č.1 – „Zeolity“ a varianty č.3 – „inovace“, kde byly použity hnojiva se zeolity, neodpovídaly výsledkům těchto dvou výzkumů. Ani v jednom sledovaném roce tyto dvě varianty nedosáhly vyššího výnosu semen než varianty bez aplikace hnojiv s obsahem zeolitu. Naopak lze souhlasit s tvrzením, že aplikace zeolitů zvyšuje olejnatost semen. V obou letech dosáhla nejvyšší olejnatosti varianta, kde byla použita hnojiva s obsahem zeolitu. V prvním sledovaném roce 2020/21 nejvyšší olejnatosti dosáhla varianta č.3 – „Inovace“, v druhém naopak nejvyšší olejnatosti dosáhla varianta č.1 – „Zeolity“. Avšak statisticky významný rozdíl mezi variantami prokázán nebyl. Je však nutno podotknout, že se lišila celková dávka aplikovaného zeolitu. V uvedených pokusech se dávky pohybují v rozmezí 10-20 t/ha, avšak v našem pokusu se jedná o stopové množství aplikovaného zeolitu, které se pohybuje v rámci desítek kilogramů na hektar (do 100 kg/ha).

Jak zmiňuje ve svém výzkumu Reháková et al. (2004) hnojivo na bázi zeolitu má několik výhod: jedná se o hnojivo připravené na bázi netoxického přírodního materiálu, snadno se aplikuje na začátku vegetačního období, ale poskytuje rovnoměrný hnojivý účinek po celé období vegetace. Je to ekologicky i ekonomicky výhodné, protože účinné látky a živiny jsou vyplavovány do půdy pomalu a postupně. Již v prvních fázích růstu bylo možné pozorovat pomalejší a pozvolnější uvolňování živin ze zeolitických hnojiv. V prvních dnech rostliny v nádobách se standardními NPK hnojivy rostly rychleji než rostliny se zeolitickým hnojivem. Postupné uvolňování živin zeolitickými hnojivy bylo dle výzkumu potvrzeno nižšími hodnotami pro znaky určující růst nadzemní biomasy, zejména v první fázi růstu, ve srovnání se standardním NPK hnojivem. Na druhou stranu obsah sušiny, zejména v kořenech, byl vyšší u hnojiv s obsahem zeolitu, průměrně došlo k nárůstu hmotnosti kořenné biomasy

u sledovaných plodin o 113 %. S tímto tvrzením lze souhlasit opět jen částečně. Na základě průměrů dvouletých výsledků, lze konstatovat, že po předseťové aplikaci hnojiva NPK Zeorit u varianty č.1 - „Zeolity“, dosahovaly rostliny u znaků pro nadzemní biomasu nižších hodnot oproti variantě č.2 – „Bez zeolitů“. Například byl nižší počet listů a nižší hmotnost sušiny nadzemní biomasy, avšak varianta se zeolity dosahovala průměrně větší délky listů. Dále lze částečně souhlasit s tvrzením, že obsah sušiny v kořenech je vyšší u hnojiv se zeolity. Sušina kořenů byla vyšší v průměru za 2 roky o 0,5 %, avšak hmotnost kořenů v sušině byla nižší o 0,16 g oproti variantě bez zeolitů. Rozdíl oproti výzkumu lze vysvětlit tím, že nárůst hmotnosti kořenové biomasy o 113 % byl způsoben vyšší dynamikou růstu kořenů oproti nadzemní biomase u sledovaných plodin oproti řepce ozimé, neboť se jednalo o kořenovou zeleninu (petržel zahradní, mrkev obecná, cibule kuchyňská).

Jak zmínil Karimi et al. (2013) na základě svých výsledků, že aplikace zeolitů je účinnější za stresových podmínek potvrzuje i tvrzení Ghooschiho et al. (2008), že zeolity můžou zvýšit schopnost půdy zadržovat vodu, tím pádem pomáhají překonat stresové podmínky pro rostliny v obdobích sucha a zlepšit tak jejich růst a výnos. Vzhledem k vlivům obou ročníků, které by se daly považovat za srážkově průměrné a k vlivu půdních vlastností je výnos do jisté míry ovlivněn vysokou půdní úrodností, kterou pozemky pokusné stanice v Červeném Újezdu mají velmi dobrou. Ve fázi tvorby šesulí omezuje sucho a vysoká okolní teplota růst řepky a olejnatost (Sharghi et al. 2011). Na základě výsledků pokusu, který provedl Shabsavari (2019), kde se v oblasti s průměrným ročním úhrnem srážek okolo 240 mm ročně podařilo, zvýšit výnos řepky po aplikaci zeolitů o již zmiňovaných 1,04 t/ha, lze mé tvrzení o vlivu ročníku na účinnost použití hnojiv s obsahem zeolitů potvrdit. Jak zmiňuje Bečka & Vašák (2023) účinek zeolitů se projeví při hnojení v rámci celého osevního postupu v horizontu několika let. Okamžitý efekt po jednom roce použití těchto hnojiv se nemusí vždy projevit. Při zařazení těchto hnojiv v rámci celého osevního postupu v dlouhodobějším časovém horizontu, se dá zároveň předejít výše zmiňovaným stresovým podmínkám z hlediska nedostatku srážek. Fáze tvorby šesulí je kritickou fází, ve které je dostatek vody zapotřebí. Pokud v tomto období dojde ke stresu suchem, sníží se počet šesulí a výnos semen (Shabsavari et al. 2014). Pritchard et al. (2000) ve své studii zjistil také pozitivní vztah mezi dostupností vody a obsahem oleje v rostlinách. Další výzkumné studie, kterou provedli Ahmadi & Bahrami (2009) a Shabsavari & Dadrasnia (2016), ukázaly, že sucho obecně snižuje výnos oleje u rostlin řepky. Proto se dá počítat i s pozitivním účinkem zeolitů na kvalitativní parametry řepky olejky.

Ve variantě č.3 – „Inovace“ bylo využito i listové hnojivo Lovo Can T. Příznivý efekt foliárního hnojení na pěstování řepky nebyl podle Chwila (2016) potvrzen. Podle Chwila (2016) se prokazatelně zvyšuje počet vytvořených šesulí díky aplikaci listových PK hnojiv a močoviny na řepku ozimou v období kvetení. S tímto tvrzením nelze na základě výsledků mého sledování souhlasit. Ani v jednom ročníku se nepodařilo zvýšit touto aplikací výnos vůči kontrole. Naopak byl výnos této varianty v obou letech nejnižší ze všech variant pokusu. Tvrzení autorů Košála & Kučery (2014), že hnojivo Lovo CaN T má výhodu v podobě nízké fytotoxicity, lze potvrdit. Při aplikaci doporučeného množství 50-200 l/ha nedochází k poškození listové plochy ošetřených plodin.

## 7 Závěr

Na základě výsledků pokusu, který byl založen na pozemcích Výzkumné stanice v Červeném Újezdu v ročnících 2020/21 a 2021/22, nelze s jistotou tvrdit, že by hnojení pomocí minerálních hnojiv s obsahem zeolitu mělo pozitivní vliv na všechny sledované parametry a ekonomiku pěstování oproti použití běžných minerálních hnojiv bez obsahu zeolitů.

Co se týče růstových parametrů, hnojiva se zeolity ve dvouletém průměru dosahovala velmi dobrých výsledků. Zejména varianta „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T), měla pozitivní vliv jak na růst nadzemní biomasy, tak na růst biomasy kořenů. Měla nejvyšší počet listů (15,4 ks), hmotnost sušiny nadzemní biomasy (8,55 g/r.), procentickou sušinu listů (15,8 %), délku kořene (22,8 cm), hmotnost sušiny kořenů (2,52 g/r.), procentickou sušinu kořenů (20,0 %). Největší délku listů (21,1 cm) měla varianta „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert 24N, Zenfert 24N).

Nejvyššího výnosu v prvním sledovaném ročníku dosáhla varianta „Bez zeolitů“ (5,23 t/ha), která byla hnojena pomocí NPK 10-10-10 při seti pod patu a dvěma dávkami LAD 27 v jarní vegetaci. V následujícím roce 2021/22 dosáhla nejvyššího výnosu opět varianta „Bez zeolitů“, tentokrát s vyšším výnosem oproti minulému ročníku (6,25 t/ha). Olejnatost v sušině byla naopak v obou ročnících nejvyšší u variant, kde byly použity hnojiva se zeolity. V prvním roce dosáhla nejvyšší olejnatosti (44,81 %) varianta „Inovace“, kde byla použita aplikace sloučené dávky dusíku v minerálním hnojivu Zenfert 24N v kombinaci s listovým hnojivem Lovo Can T, což je v podstatě roztok ledku vápenatého. Díky zeolitům a postupnému uvolňování živin toto hnojivo zajistí dostatek živin po celou dobu vegetace, aniž by docházelo k výrazným ztrátám dusíku. V druhém sledovaném roce byla nejvyšší olejnatost (43,74 %) u varianty „Zeolity“ (NPK Zeorit, Zenfert 24N, Zenfert 24N). Hmotnost tisíce semen byla nejvyšší opět u varianty „Bez zeolitů“ (NPK 10-10-10, LAD, LAD) a to v obou sledovaných ročnících. V prvním ročníku činila HTS (4,173 g), v ročníku druhém (4,885 g). Avšak ani jeden z těchto sklizňových parametrů nevykazoval statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami v žádném z jednotlivých ročníků.

### **Stanovisko k hypotézám:**

**Hypotéza 1: Po aplikaci hnojiv s obsahem zeolitu budou rostliny řepky dosahovat vyšší hmotnosti kořenů a výnosu semen než po jiných dusíkatých hnojivech. ČÁSTEČNĚ POTVRZENA**

Použití minerálních hnojiv se zeolity nemělo v průměru za dva ročníky statisticky průkazný vliv na nárůst hmotnosti sušiny kořenů, avšak byl vidět pozitivní trend u varianty „Inovace“ na nárůst hmotnosti sušiny kořenů. Průměrně dosahovala nejvyšší hmotnosti sušiny kořenů varianta „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T) (2,52 g/r.), kde byla použita hnojiva se zeolity, oproti ostatním variantám. Nejnižší hmotnosti sušiny kořenů dosáhla v průměru za dva ročníky varianta „Kontrola“ (LAD, DASA, LAD) (2,11 g/r.).

Z hlediska výnosu neměla aplikace hnojiv se zeolity vliv ani v jednom sledovaném ročníku. Varianty se zeolity dosahovaly v obou ročnících nižších výnosů než ostatní varianty.

Na základě dosažených výsledků lze tuto hypotézu potvrdit pouze částečně, a to z hlediska hmotnosti kořenů, kde byl zaznamenán statisticky neprůkazný nárůst hmotnosti, avšak z hlediska vlivu na výnos tuto hypotézu potvrdit nelze.

### **Hypotéza 2: Sloučení dávek dusíku u ledku s obsahem zeolitu v kombinaci s hnojivem LovoCan zvyšuje výnos semen. VYVRÁCENA**

Varianta „Inovace“ (Lovogran B, Zenfert 24N, Lovo Can T), kde byla použita tato technologie, měla v obou ročnících nejnižší výnos ze všech sledovaných variant. Proto tato hypotéza byla vyvrácena.

### **Doporučení pro praxi:**

Hnojiva s obsahem zeolitu mají určitě velký potenciál uplatnění. Aby se projevilo jejich dostatečný účinek, doporučím bych tyto hnojiva aplikovat v rámci celého osevního postupu v dlouhodobějším časovém horizontu. Jejich potenciál vidím i v budoucnu, z hlediska měnícího se klimatu, kdy můžeme počítat s delšími periodami suchých období v průběhu vegetace.

Minerál zeolit umí mimo živin i dobře poutat vodu, proto by měl pomoci rostlinám překonat tyto stresové období a měl by zamezit poklesům výnosů a kvalitativních parametrů jednotlivých plodin. Dále bych hnojiva se zeolity doporučil aplikovat na bonitně horší půdy, například do příuškových oblastí. Účinek těchto hnojiv se v tomto pokusu příliš neprojevil, vyrovnanost výsledků přisuzuji hlavně průběhu ročníku z hlediska srážkových úhrnů a jejich rozložení v průběhu vegetace, ale také půdám, kterými Výzkumná stanice Červený Újezd disponuje. Jedná se totiž o velmi kvalitní hnědozemně s vysokou půdní úrodností a dobrou zásobou živin. Za zmínku stojí i způsob aplikace zeolitů do půdy. U hnojiv s přídavkem zeolitu se jedná o pár desítek kilogramů aplikovaného zeolitu na hektar půdy. Tato hnojiva jsou nákladnější než klasická dusíkatá hnojiva. Proto bych zvážil aplikaci samotného zeolitu před intenzivnějším zpracováním půdy v dávkách, které se pohybují v rozmezí několika tun na hektar, aby došlo ke zlepšení zejména půdních vlastností jako je tomu například u vápnění. Poté bych volil k hnojení klasická minerální dusíkatá hnojiva, která by se následně sorbovala na již aplikovaný zeolit. Dále má určitě nepříznivý vliv na výsledky odlišná poloha pokusných parcel mezi jednotlivými ročníky, kde se dlouhodobější účinek zeolitů nemůže projevit. Proto bych účinek tohoto typu hnojiv zkoumal spíše ke konkrétní části pozemku a na více plodinách, které se na tomto pozemku budou střídát v rámci osevního postupu.

## 8 Literatura

- Ahmadi M, Bahrani MJ. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* **5(6)**:755-761.
- Alford DV, Nilsson, C, Ulber B. 2003. *Biocontrol of oilseed rape pests*. Blackwell science, Cornwall.
- Ali NS, Majeed NH. 2016. Rhizosphere Microorganisms And Phosphorus Availability For Plants. *Iraqi Journal of Agricultural Science* **47(2)**:635-646.
- Alvarez R. 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* **21(1)**:38-52.
- Amtmann A, Rubio F. 2012. Potassium in plants. *Els*.
- Arvidsson J, Etana A, Rydberg T. 2014: Crop yield in Sedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983-2012. *European Journal of Agronomy* **52**: 307-315.
- Baier J, Baierová V. 1985. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Baranyk P et al. 2007. *Řepka – pěstování – využití – ekonomika*. Profi Press, Praha.
- Baranyk P et al. 2010. *Olejniny*. Profi Press, Praha.
- Baranyk P, Kazda J. 2005. *Řepka olejka v českém zemědělství*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin, Praha.
- Bečka D, Šimka J, Cihlář P, Prokinová E, Mikšík V, Vašák J, Zupalová H. 2013. *Řepka ozimá – inovace pěstitelské technologie*. Katedra rostlinné výroby FAPPZ ČZU, Praha.
- Bečka D, Vašák J, Zupalová H, Mikšík V. 2007. *Řepka ozimá – Pěstitelský rádce*. Kurent, Praha.
- Bečka D, Vašák J. 2023. *Řepky zatím nadějně, rozhodne jaro*. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/repky-zatim-nadejne-rozhodne-jaro> (accessed April 2023).
- Bommarco R, Marini L, Vaissière BE. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia* **169(4)**:1025-1032.
- Boone FR, Veen, BW. 1994. Mechanisms of crop responses to soil compaction. In *Developments in Agricultural Engineering* **11**:237-264.
- Boyles M, Peeper T, Stamm M. 2006. *Great Plains Canola Handbook*. Kansas State University, Manhattan.

- Busari MA, Kukul SS, Kaur A, Bhatt R, Dulazi AA. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research* **3(2)**:119-129.
- Camacho-Cristóbal JJ, Rexach J, González-Fontes A. 2008. Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology* **50(10)**:1247-1255.
- Coleman R. 1966. The importance of sulfur as a plant nutrient in world crop production. *Soil Science* **101**:230-239.
- Colnenne C, Meynard JM, Roche R, Reau R. 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. *European journal of agronomy* **17(1)**:11-28.
- Corsi, S, Friedrich T, Kassam A, Pisante M, Sà JDM. 2012. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- ČSÚ. 2023. Osevní plochy ozimých plodin pro sklizeň v roce 2023. Český statistický úřad. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2023> (accessed April 2023)
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2020. Hnojení před setím ozimé řepky fosforem a dusíkem. *Agromanuál*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-pred-setim-ozime-repky-fosforem-a-dusikem> (accessed April 2023).
- Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2023. Využití zeolitů jako součást hnojiv. *Agromanuál*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vyuziti-zeolitu-jako-soucast-hnojiv> (accessed April 2023).
- Dejoux JF, Meynard JM, Reau R, Roche R, Saulas P. 2003. Evaluation of environmentally-friendly crop management systems based on very early sowing dates for winter oilseed rape in France. *Agronomie* **23(8)**:725-736.
- Dell B, Huang L. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and soil* **193(1)**:103-120.
- Delourme R, Falentin C, Huteau V, Clouet V, Horvais R, Gandon B, Renard M. 2006. Genetic control of oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics* **113(7)**:1331-1345.
- Depotter JR, Deketelaere S, Inderbitzin P, Von Tiedemann A, Höfte M, Subbarao KV, Thomma BP. 2016. *Verticillium longisporum*, the invisible threat to oilseed rape and other brassicaceous plant hosts. *Molecular plant pathology* **17(7)**:1004.
- Derbyshire MC, Denton-Giles M. 2016. The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities. *Plant Pathology* **65(6)**:859-877.
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field crops research* **67(1)**:35-49.

- Dubuis PH, Marazzi C, Städler E, Mauch F. 2005. Sulphur deficiency causes a reduction in antimicrobial potential and leads to increased disease susceptibility of oilseed rape. *Journal of Phytopathology* **153(1)**:27-36.
- Dworakowska S, Bednarz S, Bogdal D. 2011. Production of biodiesel from rapeseed oil. In *Proceedings of the 1st World Sustainability Forum* **1**:30.
- Eggert, K, Wirén VN. 2016. The role of boron nutrition in seed vigour of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant and Soil* **402(1)**:63-76.
- Fábry A et al. 1992. *Olejníny*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- Fradin EF, Thomma BP. 2006. Physiology and molecular aspects of *Verticillium* wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Molecular plant pathology* **7(2)**:71-86.
- Friedt W, Tu J, Fu T. 2018. Academic and economic importance of *Brassica napus* rapeseed. *Compendium of Plant Genomes* 1-20.
- Ghooshchi F, Seilsepour M, Jafari P. 2008. Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize (SC 301). *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci* **4(3)**:302-305.
- Guo W, Nazim H, Liang Z, Yang D. 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal* **4(2)**:83-91.
- Hansen LM. 2004. Economic damage threshold model for pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) crops. *Crop Protection* **23(1)**:43-46.
- Hasan M, Friedt W, Pons-Kühnemann J, Freitag NM, Link K, Snowdon RJ. 2008. Association of gene-linked SSR markers to seed glucosinolate content in oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *napus*). *Theoretical and applied genetics* **116(8)**:1035-1049.
- He ZL, Calvert, DV, Alva AK, Li, YC, Banks DJ. 2002. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. *Plant and soil* **247(2)**:253-260.
- Herrmann IT, Jørgensen A, Bruun S, Hauschild MZ. 2013. Potential for optimized production and use of rapeseed biodiesel. Based on a comprehensive real-time LCA case study in Denmark with multiple pathways. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **18(2)**:418-430.
- Hobbs PR, Sayre K, Gupta R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **363(1491)**:543-555.
- Holford ICR. 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Soil Research*, **35(2)**:227-240.



Holmes A. 2011. Synthetic and Atomic Force Microscopy Studies of Offretite/Erionite Family Zeolites. The University of Manchester, Manchester.

Hosnedl V, Vašák J, Mečiar L. 1998. Rostlinná výroba – II (luskoviny, olejniny). Agronomická fakulta ČZU, Praha.

Houghton JT, Ding YDJG, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Johnson CA. 2001. Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge university press.

Huang YJ, Fitt BD, Jedryczka M, Dakowska S, West JS, Gladders P, Li ZQ. 2005. Patterns of ascospore release in relation to phoma stem canker epidemiology in England (*Leptosphaeria maculans*) and Poland (*Leptosphaeria biglobosa*). European Journal of Plant Pathology **111(3)**:263-277.

Hughes JM, Evans KA. 2003. Lygid bug damage as a pod access mechanism for *Dasineura brassicae* (Dipt., Cecidomyiidae) oviposition. Journal of applied entomology **127(2)**:116-118.

Chew SC. 2020. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. Food Research International **131**:65-80.

Chwil S. 2016. The effect of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities **19(3)**.

Ivanič J, Havelka B, Knop K. 1984. Výživa a hnojenie rastlín. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, n. p., Bratislava.

Jankowski KJ, Sokólski M, Dubis B, Krzebietke S, Żarczyński P, Hulanicki P, Hulanicki PS. 2016. Yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds in response to foliar application of boron. Agricultural and Food Science **25(3)**:164-176.

Jeuffroy MH, Bouchard C. 1999. Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number. Crop science **39(5)**:1385-1393.

Juran I, Gothlin Čuljak T, Grubišić D. 2011. Rape stem weevil (*Ceutorhynchus napi* Gyll. 1837) and cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh. 1802) (Coleoptera: Curculionidae) –important oilseed rape pests. Agriculturae Conspectus Scientificus **76(2)**:93-100.

Kamarudin KS, Hamdan H, Mat H. 2003. Methane adsorption characteristic dependency on zeolite structures and properties. In The 17th Symposium of Malaysian Chemical Engineers 1-6.

Karimi S, Nasri M, Ghoshchi F. 2013. Effects of zeolite application on yield components and yield of sunflower grown under water deficit stress. *Research on Crops* **14(1)**:162-168.

Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha.

Kazda J. 2014. *Škůdci polních plodin*. Profi Press, Praha.

Khajali F, Slominski BA. 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry science* **91(10)**:2564-2575.

Klessa DA, Sinclair AH. 1989. *Sulphur in soils, fertilisers and crops*. Scottish Agricultural Colls.

Knodel JJ, Reddy VPG. 2017. Flea beetles (*Phyllotreta spp.*) and their management. Integrated management of insect pests on canola and other brassica oilseed crops. CABI, Wallingford.

Košál R, Kučera J. 2014. Užitečné novinky v sortimentu hnojiv. Pages 193-196. Sborník z konference Prosperující olejniný 2014. ČZU, Praha.

Lateef A, Nazir R, Jamil N, Alam S, Shah R, Khan MN, Saleem M. 2016. Synthesis and characterization of zeolite based nano-composite: An environment friendly slow release fertilizer. *Microporous and Mesoporous Materials* **232**:174-183.

Leustek, T, Martin MN, Bick JA, Davies JP. 2000. Pathways and regulation of sulfur metabolism revealed through molecular and genetic studies. *Annual review of plant biology* **51(1)**:141-165.

Li Z. 2003. Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. *Microporous and mesoporous materials* **61(1-3)**:181-188.

Liu Q, Ren T, Zhang Y, Li X, Cong R, White PJ, Lu J. 2019. Yield loss of oilseed rape (*Brassica napus L.*) under nitrogen deficiency is associated with under-regulation of plant population density. *European Journal of Agronomy* **103**:80-89.

Matysiak K, Kaczmarek S. 2013. Effect of chlorocholine chloride and triazoles—tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus var. oleifera L.*) in response to the application term and sowing density. *Journal of plant protection research* **53(1)**:1-10.

McDowell D, Elliott CT, Koidis A. 2017. Characterization and comparison of UK, Irish, and French cold pressed rapeseed oils with refined rapeseed oils and extra virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* **119(8)**:1295-1306.

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2012). *Principles of plant nutrition*. Springer Science & Business Media, Dordrecht.

- Miliuvienė L, Novickienė L, Jurevičius J. 2007. Oilseed Rape Growth Regulation By Compounds 3-Dec And 17-Dmc. *Botanica Lithuanica* **13(2)**:115-121.
- Mumpton FA. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **96(7)**:3463-3470.
- Munkholm LJ, Schjønning P, Rasmussen KJ, Tanderup K. 2003. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil and Tillage Research* **71(2)**:163-173.
- Nath UK, Kim HT, Khatun K, Park JI, Kang KK, Nou IS. 2016. Modification of fatty acid profiles of rapeseed (*Brassica napus* L.) oil for using as food, industrial feed-stock and biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology* **4(2)**:123-134.
- Nikiforova V, Freitag J, Kempa S, Adamik M, Hesse H, Hoefgen R. 2003. Transcriptome analysis of sulfur depletion in *Arabidopsis thaliana*: interlacing of biosynthetic pathways provides response specificity. *The Plant Journal* **33(4)**:633-650.
- Ok CH, Anderson SH, Ervin EH. 2003. Amendments and Construction Systems for Improving the Performance of Sand-Based Putting Greens. *Agronomy Journal* **95(6)**:1583-1590.
- O'Neill MA, Ishii T, Albersheim P, Darvill AG. 2004. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. *Annual review of plant biology* **55**:109.
- Orlovius K, Kirkby EA. 2003: Fertilizing for High Yield and Quality. Switzerland: IPI Bulletin **16**:125.
- Oste LA, Lexmond TM, Van Riemsdijk WH. 2002. Metal immobilization in soils using synthetic zeolites. *Journal of Environmental Quality* **31(3)**:813-821.
- Pavela R, Kazda J, Herda G. 2009. Effectiveness of Neem (*Azadirachta indica*) insecticides against Brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.). *Journal of Pest Science* **82(3)**:235-240.
- Pettigrew WT. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia plantarum* **133(4)**:670-681.
- Piliponytė-Dzikienė A, Kaczmarek J, Petraitiienė E, Kasprzyk I, Brazauskienė I, Brazauskas G., Jędryczka M. 2014. Microscopic and molecular detection of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* ascospore content in air samples. *Zemdirbyste-Agriculture* **101(3)**:303-312.
- Prajapati K, Modi HA. 2012. The importance of potassium in plant growth—a review. *Indian Journal of Plant Sciences* **1(02-03)**:177-186.

Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury PA, Nicolas M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **40(5)**:679-685.

Prokinová E. 2014. *Choroby polních plodin*. Profi Press, Praha.

Rahman H, Harwood J, Weselake R. 2013. Increasing seed oil content in Brassica species through breeding and biotechnology. *Lipid Technology* **25(8)**:182-185.

Rai V, Acharya S, Dey N. 2012. Implications of Nanobiosensors in Agriculture. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology* **3**:315-324.

Ramesh, K, Reddy DD. 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture. *Advances in agronomy* **113**:219-241.

Ramos ME, Robles AB, Sanchez-Navarro A, Gonzalez-Rebollar JL. 2011. Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil and Tillage Research* **112(1)**:85-91.

Rathke GW, Behrens T, Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agriculture, ecosystems & environment* **117(2-3)**:80-108.

Raun WR, Johnson GV. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy journal* **91(3)**:357-363.

Rehakova M, Čuvanová S, Dzivak M, Rimár J, Gaval'ová Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* **8(6)**:397-404.

Rękas A, Wroniak M, Szterk A. 2016. Characterization of some quality properties and chemical composition of cold-pressed oils obtained from different rapeseed varieties cultivated in Poland. *Polish Journal of Natural Sciences* **31(2)**:249-261.

Richter R. 2004. Symptomy nedostatku a nadbytku síry. *Výživa rostlin*. Available from [https://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/biogenni\\_prvky/ssymptomy.htm#top](https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/ssymptomy.htm#top) (accessed April 2023).

Richter R. 2005. Význam živin. *Hnojení plodin*. Available from [https://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/html/olejniny/repka\\_ozima.htm](https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejniny/repka_ozima.htm) (accessed April 2023).

Rusch A, Valantin-Morison M, Roger-Estrade J, Sarthou JP. 2012. Local and landscape determinants of pollen beetle abundance in overwintering habitats. *Agricultural and Forest Entomology* **14(1)**:37-47.

Růžek P, Kusá H, Vavera R. 2016. Vliv způsobu zpracování půdy na výnos a olejnatost semen ozimé řepky. Pages 1-12. Sborník konference Prosperující olejniný 2016. ČZU, Praha.

Saito K. 2000. Regulation of sulfate transport and synthesis of sulfur-containing amino acids. *Current opinion in plant biology* **3(3)**:188-195.

Shahsavari N, Jais HM, Shirani Rad AH. 2014. Responses of canola morphological and agronomic characteristics to zeolite and zinc fertilization under drought stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **45(13)**:1813-1822.

Shahsavari N. 2019. Effects of zeolite and zinc on quality of canola (*Brassica napus* L.) under late season drought stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **50(9)**:1117-1122.

Shahsavari, N, Dadrasnia A. 2016. Effect of zeolites and zinc on the physiological characteristics of canola under late-season drought stress. *Communications in soil science and plant analysis* **47(18)**:2077-2087.

Sharghi Y, Rad AHS, Band AA, Noormohammadi G, Zahedi H. 2011. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology* **10(46)**:9309-9313.

Shorrocks VM. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and soil* **193(1)**:121-148.

Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant physiology* **116(2)**:447-453.

Schnug, E, Haneklaus S. 2005. Sulphur deficiency symptoms in oilseed rape (*Brassica napus* L.)-the aesthetics of starvation. *Phyton-Horn* **45(3)**:79-95.

Sienkiewicz-Cholewa U, Kieloch R. 2015. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment* **61(4)**:164-170.

Siger A, Józefiak M, Górnaś P. 2017. Cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil: The effects of roasting and seed moisture on the antioxidant activity, canolol, and tocopherol level. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* **16(1)**:69-81.

Skellern MP, Cook SM. 2018. The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions* **12(6)**:867-879.

- Slavík B, Hejný S. 1992. Květena České republiky 3. Academia, Praha.
- Smith S, De Smet I. 2012. Root system architecture: insights from Arabidopsis and cereal crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **367(1595)**:1441-1452.
- Subbulakshmi S, Saravanan N, Subbian P. 2009. Conventional tillage vs conservation tillage-a review. *Agric. Rev* **30(1)**:56-63.
- Škarpa P, Richter R, Antošovský J. 2016. Účinnost aplikovaného bóru u řepky ozimé. Pages 60-64. *Sborník konference Prosperující olejniný 2016*. ČZU, Praha.
- Thobani M, Diosady LL. 1997. Two-phase solvent extraction of canola. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **74(3)**:207-214.
- Tian C, Zhou X, Liu Q, Peng J, Zhang Z, Song H, Abou-Elwafa SF. 2020. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science* **71(12)**:1010-1019.
- Travadon R, Bousset L, Saint-Jean S, Brun H, Sache I. 2007. Splash dispersal of *Leptosphaeria maculans* pycnidiospores and the spread of blackleg on oilseed rape. *Plant Pathology* **56(4)**:595-603.
- Tucker TC. 1984. Diagnosis of nitrogen deficiency in plants. *Nitrogen in crop production* 247-262.
- Unger PW, McCalla TM. 1980. Conservation tillage systems. *Advances in Agronomy* **33**:1-58.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press s.r.o, Praha.
- Vašák J, et al. 2000. *Řepka*. Agrospoj, Praha.
- Venclová B. 2020. Jak se dříve pěstovala řepka. *Úroda*. Available from <https://uroda.cz/jak-se-drive-pestovala-repka/> (accessed May 2020).
- Waalén W, Øvergaard SI, Åssveen M, Eltun R, Gusta LV. 2013. Winter survival of winter rapeseed and winter turnip rapeseed in field trials, as explained by PPLS regression. *European journal of agronomy* **51**:81-90.
- Walker KC, Booth EJ. 2003. Sulphur nutrition and oilseed quality. In *Sulphur in plants*. Springer 323-339.

- Wiedenfeld B. 2003. Zeolite as a soil amendment for vegetable production in the lower Rio Grande valley. *Subtropical Plant Sci* **55**:7-10.
- Williams IH. 2010. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview. *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests* 1-43.
- Williamson B, Tudzynski B, Tudzynski P, Van Kan JA. 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular plant pathology* **8(5)**:561-580.
- Xu FS, Wang YH, Meng J. 2001. Mapping boron efficiency gene (s) in *Brassica napus* using RFLP and AFLP markers. *Plant Breeding* **120(4)**:319-324.
- Yan B, Hou Y. 2018. Effect of soil magnesium on plants: a review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **170(2)**:1-9.
- Yara agri. 2023. Deficit bóru – Řepka olejka. Yara agri. Available from <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/plodiny/repka/deficiencie-epka-olejka/deficit-boru-epka-olejka/> (accessed April 2023).
- Yara agri. 2023. Nedostatek draslíku – Řepka olejka. Yara agri. Available from <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/plodiny/repka/deficiencie-epka-olejka/nedostatek-drasliku-epka-olejka/> (accessed April 2023).
- Zentková I, Cvenegrošová E. 2013. The utilization of rapeseed for biofuels production in the EU. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development* **2(1)**:11-14.
- Zhang D, Zhao H, Shi L, Xu F. 2014. Physiological and genetic responses to boron deficiency in *Brassica napus*: a review. *Soil Science and Plant Nutrition* **60(3)**:304-313.
- Zheng X, Koopmann B, Ulber B, von Tiedemann A. 2020. A global survey on diseases and pests in oilseed rape—current challenges and innovative strategies of control. *Frontiers in Agronomy* **2**.
- Zubal P et al. 1998. Pestovanie olejní. Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany.