

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Využití dusíkatých hnojiv se stabilizátory  
ve výživě řepky ozimé (*Brassica napus* L.)**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Lukáš Beneš**

**Obor studia: Výživa a ochrana rostlin**

**Vedoucí práce: Ing. David Bečka, Ph.D.**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Využití dusíkatých hnojiv se stabilizátory ve výživě řepky ozimé (*Brassica napus* L.)" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.7. 2020

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Davidu Bečkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

# Využití dusíkatých hnojiv se stabilizátory ve výživě řepky ozimé (*Brassica napus* L.)

## Souhrn

Řepka olejná je dominantní olejninou Evropy a na světě zaujímá 3. místo po palmě olejné a sóje luštinaté. Poslední roky se řepka pěstuje na ploše okolo 400 tis. ha se sestupnou tendencí každý rok (ČSÚ, 2017).

Cílem tohoto pokusu bylo zhodnotit vliv běžným dusíkatých hnojiv a hnojiv se stabilizovaným dusíkem na výnos řepky ozimé. Pokus byl založen v šesti variantách (každá po 4 opakováních) ve Výzkumné stanici v Červeném Újezdu, okres Praha – západ v letech 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019. Do pokusu byly zařazeny následující hnojiva: 1. močovina, 2. UREASTABIL, 3. ALZON 46, 4. DASA, 5. ENSIN a 6. LAV. Hnojivo bylo každý rok aplikováno ve čtyřech termínech v dávkách: 1a – 60 kg N/ha, 1b – 60 kg N/ha, 2. 70 kg N/ha a 3. – 30 kg N/ha. Celková dávka dusíku činila u všech variant shodně 220 kg N/ha. V pokusech byly sledovány následující znaky: počet rostlin na m<sup>2</sup>, hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy, délka kořenů a lodyhy, průměr kořenového krčku, výška rostlin, počet větví s minimálně jednou šesulí, olejnatost, hmotnost tisíce semen (HTS) a výnos semen. Pro pokusy byla vybrána hybridní odrůda Marathon od firmy Rapool.

Z našich tříletých průměrů výnosu dopadla nejlépe močovina s průměrným výnosem 4,35 t/ha. Jako další se umístily varianty hnojené ledkem amonným s vápencem a ENSINEM s výnosem 4,30 t/ha. Na čtvrtém místě s průměrným výnosem 4,23 t/ha se umístila varianta hnojená UREASTABIL. Na pátém místě se umístila varianta hnojená DASOU s výnosem 4,17 t/ha. Na šestém místě skončila varianta hnojená Alzonem 46 s průměrným výnosem 4,14 t/ha.

Získané výsledky jsem vyhodnotil také po ekonomické stránce. Od tržby za řepkové semínko jsem odečetl náklady na hnojivo a navýšení zisku (popřípadě ztráty) porovnal s kontrolní variantou (LAV). K navýšení zisku došlo pouze u varianty hnojené močovinou o 1122 Kč vůči kontrolní variantě (LAV). Nejnižší ztráta byla u varianty hnojené UREASTABIL v průměru 714 Kč/ha. Alzon 46 byl ve ztrátě 1740 Kč/ha. Dále se umístilo hnojivo ENSIN se ztrátou 1860 Kč/ha a hnojivo DASA se ztrátou 1911 Kč/ha. Ztráta u hnojiv obsahující síru je dána vyšší cenou hnojiva než horšími výnosy.

Z tohoto porovnání vyplývá, že varianta hnojená klasickou močovinou je výnosově (102,3 %) i ekonomicky nejvýhodnější (+1122 Kč). Na druhém místě se umístila kontrolní varianta (LAV) s průměrným výnosem 101,2 %. Stabilizované močoviny (UREASSTABIL a

Alzon 46) dopadly hůře než klasická močovina. ENSIN dopadl v průměru výnosu o 3 % lépe než DASA.

Pro danou zemědělskou oblast bych pro hnojení ozimé řepky doporučil močovinu a ledek amonný s vápencem. Vzhledem ke špatné ekonomice bych nedoporučoval hnojivo DASA.

**Hypotéza č. 1: Po aplikaci stabilizovaných dusíkatých hnojiv je dosaženo srovnatelných nebo lepších parametrů výnosotvorných prvků, výnosu a kvality sklizených semen.**

Hypotéza č. 1 byla částečně potvrzena. Stabilizované močoviny nejsou ve tříletém průměru lepší než klasická močovina, ale hnojivo ENSIN je lepší než DASA.

**Hypotéza č. 2: V suchých letech lépe vycházejí hnojiva s inhibítorem ureázy než nitrifikace.**

Tuto hypotézu jsem hodnotil ve vztahu s pokusným rokem 2017/2018, který byl srážkově podprůměrný s jarním úhrnem srážek 195 mm (dlouhodobí jarní úhrn srážek pro toto území činí 294 mm).

Hypotéza se nám částečně potvrdila. Hnojivo UREASTABIL s inhibítorem ureázy vyšlo lépe než hnojivo Alzon 46 s inhibítorem nitrifikace. Hnojivo ENSIN s inhibítorem nitrifikace vyšlo lépe než obě stabilizované močoviny (UREASTABIL, Alzon 46). Pokud bych hodnotil pouze druhý pokusný rok, kdy bylo nejsušší jaro vyšlo lépe hnojivo s inhibítorem ureázy než nitrifikace.

**Hypotéza č. 3: Použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv je ekonomicky výhodné především v suchých ročnících.**

Tuto hypotézu bych částečně potvrdil, použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv v suchých letech je někdy ekonomicky výhodné. V roce 2018 kdy bylo nejsušší jaro vyšlo ekonomicky lépe hnojivo ENSIN než DASA, ale klasická močovina po ekonomické stránce překonala svoje stabilizované formy UREASTABIL a Alzon 46.

**Klíčová slova:** řepka ozimá, dusíkatá hnojiva, inhibitory ureázy, inhibitory nitrifikace, výnos

# Use of nitrogen fertilizers with stabilizers in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) nutrition

## Summary

Oilseed rape is the dominant oilseed in Europe and ranks 3rd in the world after oil palm and soybeans. In recent years, oilseed rape has been grown on an area of about 400 thousand ha with a declining trend every year (CZSO, 2017).

The aim of this experiment was to evaluate the effect of conventional nitrogen fertilizers and fertilizers with stabilized nitrogen on winter oilseed rape yield. The experiment was established in six variants (each of 4 repetitions) at the Research Station in Červený Újezd, Prague - West District in 2016/2017, 2017/2018 and 2018/2019. The following fertilizers were included in the experiment: 1. urea, 2. UREASTABIL, 3. ALZON 46, 4. DASA, 5. ENSIN and 6. LAV. The fertilizer was applied every year in four terms in doses: 1a - 60 kg N / ha, 1b - 60 kg N / ha, 2. 70 kg N / ha and 3. - 30 kg N / ha. The total nitrogen dose was 220 kg N / ha for all variants. The following characteristics were observed in the experiments: number of plants per m<sup>2</sup>, dry weight of roots and aboveground biomass, length of roots and stems, diameter of root neck, height of plants, number of branches with at least one silique, oil content, weight of thousands of seeds (HTS) and seed yield. The hybrid variety Marathon from Rapool was selected for the experiments.

Of our three-year yield averages, urea with the average yield of 4.35 t / ha was the best. Next, variants fertilized with ammonium nitrate with limestone and ENSIN with a yield of 4.30 t / ha were placed. In the fourth place with an average yield of 4.23 t / ha was the variant fertilized UREASTABIL. In fifth place was the variant fertilized by DASA with a yield of 4.17 t / ha. The variant fertilized with Alzon 46 finished in sixth place with an average yield of 4.14 t / ha.

I also evaluated the obtained results from the economic point of view. From the sales of rapeseed, I subtracted the cost of fertilizer and compared the increase in profit (or loss) with the control variant (LAV). The profit increased only for the urea fertilized variant by CZK 1,122 compared to the control variant (LAV). The lowest loss was in the variant fertilized UREASTABIL on average 714 CZK / ha. Alzon 46 was at a loss of 1740 CZK / ha. Furthermore, ENSIN fertilizer with a loss of CZK 1,860 / ha and DASA fertilizer with a loss of CZK 1,911 / ha were placed. The loss for sulfur-containing fertilizers is due to the higher price of the fertilizer than the worse yields.

This comparison shows that the variant fertilized with conventional urea is the most profitable (102.3%) and economically most advantageous (+1122 CZK). In second place was the control variant (LAV) with an average yield of 101.2%. Stabilized ureas (UREASSTABIL and Alzon 46) performed worse than conventional urea. ENSIN performed on average 3% better than DASA.

For a given agricultural area, I would recommend urea and ammonium nitrate with limestone for fertilizing winter oilseed rape. Due to the high price of DASA fertilizer, I would not recommend it.

**Hypothesis No. 1: After the application of stabilized nitrogen fertilizers, comparable or better parameters of yield-producing elements, yield and quality of harvested seeds are achieved.**

Hypothesis No. 1 was partially confirmed. Stabilized ureas are not better than conventional urea on a three-year average, but ENSIN fertilizer is better than DASA.

**Hypothesis No. 2: In dry years, fertilizers with a urease inhibitor are better than nitrification.**

I evaluated this hypothesis in relation to the experimental year 2017/2018, which was below average in terms of precipitation with a spring total precipitation of 195 mm (long-term spring total precipitation for this area is 294 mm).

The hypothesis was partially confirmed. UREASTABIL urease inhibitor fertilizer performed better than Alzon 46 nitrification inhibitor fertilizer. ENSIN fertilizer with a nitrification inhibitor performed better than both stabilized ureas (UREASTABIL, Alzon 46). If I evaluated only the second experimental year, when it was the driest spring, a fertilizer with a urease inhibitor came out better than nitrification.

**Hypothesis No. 3: The use of stabilized nitrogen fertilizers is economically advantageous especially in dry years.**

I would partially confirm this hypothesis, the use of stabilized nitrogen fertilizers in dry years is sometimes economically advantageous. In 2018, when it was the driest spring, ENSIN fertilizer was economically better than DASA, but classical urea economically surpassed its stabilized forms of UREASTABIL and Alzon 46.

**Keywords:** winter oilseed rape, nitrogen fertilizers, urease inhibitors, nitrification inhibitors, yield



# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>14</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Řepka olejná .....</b>	<b>15</b>
3.1.1 Taxonomické zařazení řepky olejky .....	15
3.1.2 Šlechtění řepky .....	15
3.1.3 Botanická charakteristika řepky.....	16
3.1.3.1 Kořenový systém.....	16
3.1.3.2. Lodyha.....	17
3.1.3.3 Listy.....	17
3.1.3.4 Květenství .....	17
3.1.3.5 Semeno.....	17
3.1.4 Výnosotvorné prvky řepky .....	17
3.1.5 Význam pěstování řepky .....	18
3.1.5.1 Potravinářství .....	18
3.1.5.2 Krmivářství .....	19
3.1.5.3 Oleochemie .....	19
3.1.5.4 Energetické využití.....	20
3.1.6 Pěstování řepky ve světě.....	21
3.1.7 Pěstování řepky olejky na území České republiky v historii.....	21
3.1.8 Pěstování řepky v České republice .....	22
<b>3.2 Dusík.....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Dusík v půdě .....	22
3.2.2 Dusík v rostlině.....	23
3.2.3 Cyklus dusíku .....	23
3.2.3.1 Mineralizace .....	24
3.2.3.2 Nitrifikace .....	24
3.2.3.3 Amonizace.....	25
3.2.3.4 Denitrifikace.....	25
3.2.3.5 Fixace N .....	25
3.2.3.6 Volatilizace .....	26
3.2.4 Nitrátová směrnice 91/676/EHS .....	26
3.2.5 Nadbytek dusíku .....	27
3.2.6 Nedostatek dusíku.....	28
<b>3.3 Dusíkatá hnojiva.....</b>	<b>28</b>

3.3.1	Rozdělení hnojiv podle formy dusíku.....	28
3.3.2	Ledek amonný s vápencem (LAV).....	29
3.3.3	Močovina .....	29
3.3.4	Dusičnan amonný se síranem amonným (DASA).....	30
3.3.5	ENSIN.....	30
3.3.6	Alzon 46.....	30
3.3.7	UREAStabil .....	30
3.3.8	Lovogran IN.....	31
3.3.9	Alzon neo-N.....	31
<b>3.4</b>	<b>Stabilizovaná hnojiva a používané inhibitory .....</b>	<b>31</b>
3.4.1	Inhibitory ureázy.....	32
3.4.2	Inhibitory nitrifikace .....	32
3.4.5	Kontrola hnojiv .....	33
3.4.6	Přehled hnojiv s inhibitory dusíku .....	34
3.4.7	Přehled stabilizátorů do tekutých hnojiv .....	35
<b>3.5</b>	<b>Síra.....</b>	<b>35</b>
3.5.1	Cyklus síry .....	35
3.5.2	Nadbytek síry .....	36
3.5.3	Nedostatek síry .....	36
<b>3.6</b>	<b>Bór .....</b>	<b>36</b>
3.6.1	Nadbytek bóru .....	37
3.6.2	Nedostatek bóru .....	37
<b>3.7</b>	<b>Hnojení řepky.....</b>	<b>37</b>
3.7.1	Základní hnojení a hnojení na podzim.....	38
3.7.2	Jarní hnojení řepky .....	38
3.7.2.1	1. dávka dusíku – regenerační hnojení.....	38
3.7.2.2	2. dávka dusíku: fáze dlouhivého růstu.....	39
3.7.2.3	3. dávka dusíku: fáze žlutého květu.....	39
<b>3.8</b>	<b>Agroekologické požadavky.....</b>	<b>40</b>
3.8.1	Odběr živin řepkou ozimou .....	40
3.8.2	Střídání plodin .....	40
3.8.3	Zařazení řepky v osevním postupu .....	40
3.8.4	Nároky na prostředí .....	41
3.8.5	Komplikace v pěstování řepky .....	41
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis pokusného stanoviště.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Popis pokusu.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Schéma pokusu.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4</b>	<b>Technologie pěstování.....</b>	<b>45</b>
4.4.1	Technologie pěstování 2016/2017.....	45

4.4.2	Technologie pěstování 2017/2018.....	46
4.4.3	Technologie pěstování 2018/2019.....	46
<b>4.5</b>	<b>Průběh počasí .....</b>	<b>47</b>
4.5.1	Průběh počasí v sezóně 2016/2017.....	47
4.5.2	Průběh počasí v sezóně 2017/2018.....	48
4.5.3	Průběh počasí v sezóně 2018/2019.....	48
4.5.4	Shrnutí srážek 2016-2019.....	49
<b>4.5</b>	<b>Sledované znaky .....</b>	<b>50</b>
<b>4.6</b>	<b>Statistické metody .....</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>Počet rostlin na m<sup>2</sup> .....</b>	<b>55</b>
5.1.1	Počet rostlin na m <sup>2</sup> v sezóně 2016/2017 .....	55
5.1.2	Počet rostlin na m <sup>2</sup> v sezóně 2017/2018 .....	55
5.1.3	Počet rostlin na m <sup>2</sup> v sezóně 2018/2019 .....	55
<b>5.2</b>	<b>Hmotnost sušiny nadzemní části.....</b>	<b>56</b>
5.2.1	Hmotnost sušiny nadzemní části 2016/2017 .....	56
5.2.2	Hmotnost sušiny nadzemní části 2017/2018 .....	56
5.2.3	Hmotnost sušiny nadzemní části 2018/2019 .....	57
<b>5.3</b>	<b>Hmotnost sušiny kořenů .....</b>	<b>57</b>
5.3.1	Hmotnost sušiny kořenů 2016/2017 .....	57
5.3.2	Hmotnost sušiny kořenů 2017/2018 .....	57
5.3.3	Hmotnost sušiny kořenů 2018/2019 .....	58
<b>5.4</b>	<b>Výška rostlin .....</b>	<b>58</b>
5.4.1	Průměrná výška rostlin 2016/2017 .....	58
5.4.2	Průměrná výška rostlin 2017/2018 .....	59
5.4.3	Průměrná výška rostlin 2018/2019 .....	59
<b>5.5</b>	<b>Počet větví na rostlinu.....</b>	<b>60</b>
5.5.1	Počet větví na rostlinu 2016/2017 .....	60
5.5.2	Počet větví na rostlinu 2017/2018 .....	60
5.5.3	Počet větví na rostlinu 2018/2019 .....	60
<b>5.6</b>	<b>Hmotnost tisíce semen (HTS).....</b>	<b>61</b>
5.6.1	Hmotnost tisíce semen 2016/2017 .....	61
5.6.2	Hmotnost tisíce semen 2017/2018.....	61
5.6.3	Hmotnost tisíce semen 2018/2019 .....	62
	Graf č. 7: Hmotnost tisíce semen (HTS) .....	62
<b>5.7</b>	<b>Olejnatost .....</b>	<b>62</b>
5.7.1	Olejnatost 2016/2017 .....	62
5.7.2	Olejnatost 2017/2018.....	63
5.7.3	Olejnatost 2018/2019 .....	63
<b>5.8</b>	<b>Výnos semen .....</b>	<b>64</b>

5.8.1	Výnos 2016/2017.....	64
5.8.2	Výnos 2017/2018.....	64
5.8.3	Výnos 2018/2019.....	64
<b>5.9</b>	<b>Ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>65</b>
5.9.1	Ekonomické zhodnocení 2016/2017 .....	66
5.9.2	Ekonomické zhodnocení 2017/2018.....	66
5.9.2	Ekonomické zhodnocení 2018/2019.....	67
	Tabulka č. 11: Ekonomické zhodnocení 2018/2019 .....	67
5.9.4	Přehled ekonomického zhodnocení .....	68
<b>5.10</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>68</b>
5.10.1	Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2016/2017..	68
5.10.2	Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2017/2018..	69
5.10.3	Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2018/2019..	69
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>74</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>76</b>

# 1 Úvod

Řepka olejná (*Brassica napus* L. var. *napus*) je nejpěstovanější olejninou v České republice a v roce 2017 zaujímala plochu 394 262 ha. Průměrný výnos v roce 2017 byl 2,91 t/ha a bylo sklizeno 1,15 mil. tun řepkového semene. V roce 2018 bylo řepkou olejnou oseto 411 802 ha. Bylo sklizeno 1,47 mil. tun řepkového semene s průměrným hektarovým výnosem 3,43 t/ha. V roce 2019 zaujímala řepka olejná 379 778 ha a sklídilo se 1,16 mil. tun řepkového semene, s průměrným výnosem 3,05 t/ha (ČSÚ 2019).

Podle údajů USDA – Foreign Agricultural Service dosáhla v roce 2017/18 světová produkce nejsledovanějších druhů olejnin 575,4 mil. t. Ke světově nejpěstovanějším olejninám patří dlouhodobě sója, řepka, semeno bavlníku, podzemnice olejná, slunečnice, palmová jádra a kopra. V probíhající marketingové roce 2018/19 se podle prosincových odhadů stejného zdroje očekává produkce hlavních druhů olejnin ve výši 600,5 mil. t, z toho produkce sójových bobů dosáhne 369,2 mil. t, řepkového semene 70,2 mil. t, semene slunečnice 50,5 mil. t., bavlníkového semene 43,4 mil. t. a podzemnicového semene 42,0 mil. t. (Liška 2018).

Řepku pěstujeme pro několik průmyslových oblastí, které lze rozdělit do čtyř stěžejních oblastí: potravinářství, krmivářství, oleochemie a energetické využití (Baranyk 2010). Semena řepky obsahují 42 % oleje. Mezi základní charakteristiky řepkového oleje patří: nízký obsah (5 - 8 %) nasycených mastných kyselin, bohatý obsah kyseliny olejové (50 - 60 %), obsah kyseliny linolové se pohybuje v rozmezí 20 – 26 % a dále obsahuje 9 – 10 % kyseliny linolenové (Baranyk 2010).

Řepku olejku řadíme mezi intenzivně pěstovanou plodinu a ve své nadzemní biomase je schopna akumulovat 250 až 290 kg dusíku. Na 1 t semen řepky je potřeba 50 až 55 kg N. Tak velké množství dusíku nelze aplikovat jednorázově například před setím nebo na podzim, protože nejsou k dispozici vhodná hnojiva, které by bylo možno aplikovat bez obav ztrát dusíku a nepříznivého vlivu na životní prostředí. Proto je hnojení rozčleněno na několik dílčích dávek: základní hnojení, podzimní přihnojení, regenerační hnojení (lze rozdělit na dvě dílčí dávky), druhá jarní dávka a třetí jarní dávku (Vaněk et al. 2016).

V této diplomové práci se zabýváme vlivem různých dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se stabilizovaným dusíkem na výnos řepky ozimé ve tříletém pokuse na Výzkumné stanici v Červeném Újezdu.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

### Cíl práce

Cílem práce je ověřit možnost použití dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace a ureázy pro jarní hnojení řepky ozimé s ohledem na plánovanou legislativu v ČR. Porovnat varianty se stabilizovanými dusíkatými hnojivy s kontrolou bez použití inhibitorů. Sledovat výnosotvorné ukazatele a růstové charakteristiky (počet rostlin na m<sup>2</sup>, délka lodyhy a délka kořene, průměr kořenového krčku, počet větví s minimálně jednou šesulí, výnos, hmotnost a olejnatost semen s ohledem na povětrnostní podmínky.

### Hypotézy

1. Po aplikaci stabilizovaných dusíkatých hnojiv je dosaženo srovnatelných nebo lepších parametrů výnosotvorných prvků, výnosu a kvality sklizených semen.
2. V suchých letech lépe vycházejí hnojiva s inhibitorem ureázy než nitrifikace.
3. Použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv je ekonomicky výhodné především v suchých ročnicích.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Řepka olejná

Řepka olejka (*Brassica napus* L. var. *napus*) patří do čeledi *Brassicaceae* kam náleží přibližně 25 kmenů, 338 rodů a 3709 druhů (OECD 2012). *Brassica napus* je amfidiploid, který vznikl mezidruhovou hybridizací *Brassica rapa* L. – řepice a *Brassica oleracea* L. – brukev zelná (Downey & Rimmer 1993).

Olejnininy se pěstují za účelem extrakce oleje, který je obsažen v jejich semenech. Obsah oleje se v různých kulturách pohybuje od 20 % u sójových bobů po 40 % oleje u slunečnice atd. Mezi hlavní světové olejnininy patří sója, palma olejná, řepka, slunečnice, podzemnice olejná a další (Wassem et al. 2017). Ozimá řepka se stala dominantní olejninou Evropy (Rathke et al. 2006), a dále je nejvýznamnější olejninou České republiky a její podíl v ČR na zpracovávané produkci olejnin je asi 95 % (Malat'ák & Vaculík 2008).

Index sklizně (HI), podíl sušiny osiva z nadzemní biomasy, je navíc hlavním parametrem, který omezuje výnos. U ozimé řepky se pohybuje přibližně od 0,28 - 0,50. Semena tedy představují 28 – 50 % celkové biomasy a zbývající nadzemní biomasa představuje 72–50 % (Rathke et al. 2005).

#### 3.1.1 Taxonomické zařazení řepky olejky

Říše – *Plantae* – rostliny

Podříše – *Trachebionta* – cévnaté rostliny

Oddělení – *Spermatophyta* – semené rostliny

Třída – *Magnoliopsida* – dvouděložné

Podtřída – *Dilleniidae*

Řád – *Capparales* - brukvotvaré

Čeleď – *Brassicaceae* – brukvovité

Rod – *Brassicca* L. – brukev

Druh – *Brassicca napus* L. – brukev řepka (USDA-NRCS 2014).

#### 3.1.2 Šlechtění řepky

Řepka (*Brassica napus* L. var. *napus*) vznikla spontánním křížením *B. oleracea* (2n=18) s *B. campestris* (2n=20) a je tedy amfidiploid. V Evropě se prokazatelně pěstuje od 16.-17. století. Je převážně samosprašná, ale i s vysokým podílem cizosprašení (30 – 40 %), které závisí na aktivitě včel, na větru v době kvetení a na genetické dispozici. V současné době se pěstují

liniové a hybridní odrůdy. Tyto odrůdy obsahují z mastných kyselin 60 % olejové, 20 % linolové, 10 % linolenové a 8 % nasycených mastných kyselin. Cílem šlechtění je vysoký výnos oleje při olejnatosti 45 – 50 % a obsahu proteinu přes 25 %. Z mastných kyselin by se pro lidskou výživu neměla vyskytovat kyselina eruková, linolové by mělo být 25 % a linolenové maximálně 5 %. Obsah glukosinolátů (GSL) by neměl překročit 15  $\mu\text{mol}$  na gram semen a snížit by se měl i obsah vlákniny. Tyto požadavky by mohly splňovat žlutosemenné odrůdy, které se zatím nepodařilo vyšlechtit. Dnes se pěstují tzv. 00 (dvounulky, dvounulové řepky), které obsahují do 2 % kyseliny erukové a mají nízký obsah glukosinolátů (Chloupek 2008).

### 3.1.3 Botanická charakteristika řepky

*Brassica napus* subsp. *napus* (brukev řepka olejka) je jednoletá jarní nebo ozimá bylina s mohutným kořenem a poloobjímavými, sivozelenými a ojiněnými listy (Novák & Skalický 2012). Mimo jednoletý typ řepky se v poměrně malém rozsahu pěstuje i dvouletá bulevnatá řepka – tuřín (*Brassica napus* var. *napobrassica*) (Baranyk et al. 2005). Ozimá řepka má v České republice vegetační dobu 300 – 340 dní a výjimečně v nadmořských výškách nad 600 m n. m. celý rok (Vašák et al. 2000).

#### 3.1.3.1 Kořenový systém

Řepka vytváří mohutný kulový kořen a velké množství postranních kořenů (Baranyk et al. 2005). Semeno řepky pro klíčení vyžaduje 60 % hmotnostních procent vody. Minimální teplota pro klíčení 1 °C, optimální teplota + 20 °C až + 25 °C. Kořínek začíná vznikat množением meristematických buněk a jeho tvorba je ovlivněna energetickou výkoností zásobní látky – oleje, fyzikálním stavem půdy, poměrem vody a vzduchu v půdě a teplotou. Při vzcházení se objevuje ohnutý hypokotyl a dělohy, které jsou příčně eliptické, široce vykrojené, chlupaté nebo i lysé, tmavě zelené (Baranyk et al. 2010). Hloubka zakořenění je silně variabilním znakem a pohybuje se ve velkém rozmezí od 110 do 275 cm a podstatnou měrou přispívá ke stabilitě porostů a snižuje závislost na výkyvech počasí. Množství kořenových a částečně posklizňových zbytků kolísá u ozimé řepky ve velkém rozmezí 1520 – 4780 kg sušina na ha. Přibližně 87 % kořenové hmoty se nachází v orniční vrstvě a 13 % v hlubších vrstvách od 22,5 do 45 cm (Fábry et al. 1992). Podzimní fáze rostliny by měla končit tvorbou listové růžice s 6 – 10 listy a kořenovým krčkem o průměru 8 mm (Béřeš et al. 2016).



### **3.1.3.2. Lodyha**

Délka lodyhy se pohybuje od 125 do 200 cm, významným šlechtitelským úspěchem bylo vyšlechtění trpasličích a polotrpasličích odrůd (Baranyk et al. 2007). Na lodyze vyrůstá v úžlabí lyrovitých listů zpravidla 6 – 8 větví prvního řádu, které se dále větví (Vašák et al. 2000). Vedlejší větve jsou umístěné v divergenci 3/8 a intenzita větvení je specifickým odrůdovým znakem, přitom novější odrůdy se vyznačují intenzivnějším větvením. To se týká větví i 2. a 3. řádu, přičemž počet větví je v korelaci s počtem pravých listů. Nadzemní část ozimé řepky se objevuje ve dvou proměnách: ve fázi listové růžice (fáze vegetativní) a ve fázi prodlužovací nebo rychlého růstu (generativní) (Baranyk et al. 2007).

### **3.1.3.3 Listy**

Listy řepky jsou lyrovitě přenodílné, lodyhové listy objímají ze 2/3 lodyhu, u řepice objímají listy lodyhu celou (Baranyk et al. 2007). Pokryvnost listová v období listové růžice se má pohybovat v rozmezí 1,5 – 2,5 LAI (Fábry et al. 1992).

### **3.1.3.4 Květenství**

Větve nesou poměrně řídké hrozny jasně žlutých květů (Novák & Skalický 2017). Jednotlivé kvítky jsou tvořeny 4 žlutými korunními plátky bledě žlutými, jasně žlutými citrónově až hnědě žlutými. Barva květu je determinována geneticky (Fábry et al. 1992). Květení začíná naspodu květenství, jeho začátek se ukazuje dva dny před vlastním otevřením kvítků. Řepka je fakultativně cizosprašná rostlina a stavba květu umožňuje uplatnění heterozního efektu (Baranyk et al. 2007).

### **3.1.3.5 Semeno**

Odstálé šesule jsou lysé, s 15-40 semeny tmavohnědé, hnědočerné, růžové nebo nažloutlé barvy. Na povrchu jsou hladká, chuť mají palčivou a v sušině obsahují kolem 45 % oleje. U nás se pěstují kultivary s nízkým obsahem kyseliny erukové a sníženým množstvím glukosinolátů (tzv. dvounulové řepky, dvounulky) (Novák & Skalický 2017). Semeno je kulaté a HTS se pohybuje okolo 3,75 – 6,5 g (Baranyk et al. 2007).

## **3.1.4 Výnosotvorné prvky řepky**

Z hlediska výnosové schopnosti rostlin je rozhodující utváření hlavních

výnosotvorných prvků, jako jsou hmotnost 1000 semen (HTS), počet šesulí na 1 m<sup>2</sup> a počet šesulí na 1 rostlinu. Z hlediska výnosové schopnosti porostu je rozhodující počet vytvořených semen na 1 m<sup>2</sup>, který je daný počtem šesulí na 1 m<sup>2</sup>, počtem semen v šesuli a jejich HTS. Přitom počet šesulí na 1 m<sup>2</sup> je podmíněn počtem šesulí na rostlinu a počtem rostlin na 1 m<sup>2</sup>. Úroveň výnosotvorných prvků podmiňuje vliv genotypu odrůdy, který je často překrýván vlivem ročníku, ekologickými podmínkami a agrotechnikou. Dochází k ovlivnění těchto faktorů, které jsou ovlivněny konkurenčními vztahy a organizací porostu.

Ideotypem z hlediska výnosotvorných prvků je porost, který produkuje velký počet šesulí na jednotce plochy (nad 4000 ks/m<sup>2</sup>), má vysoký počet semen v šesulích (nad 20) a vysokou HTS (nad 5,0 g) (Fábry et al. 1992).

### 3.1.5 Význam pěstování řepky

Řepka olejná (*Brassica napus* L.) nebo canola se používá při výrobě oleje a krmiv pro hospodářská zvířata. Olej se extrahuje ze semen a používá se jako potravina, nebo i ve výrobcích, jako jsou svíčky, rtěnky, průmyslová maziva atd. Zbývající řepková moučka se potom používá jako vysoce kvalitní krmivo pro zvířata (Weimer & Slupsky 2013).

Řepka se pěstuje jako dobrá olejovina v mírném pásu na obou polokoulích, zvláště v Evropě a u nás na většině území od 13. století. Také je důležitou medonosnou plodinou. Olej má široké použití a pokrutiny obsahují až 20 % bílkovin a jsou hodnotným krmivem (Novák & Skalický 2017).

Nezbytnou podmínkou rentabilní produkce je zejména zajištění stabilního odbytů řepkového semene za dobré ceny. Využití řepky olejné lze rozdělit do čtyř stěžejních oblastí:

- Potravinářství
- Krmivářství
- Oleochemie
- Energetické využití, resp. zdroj obnovitelné energie (Baranyk et al. 2010).

#### 3.1.5.1 Potravinářství

Řepkový olej je uznáván jako zdravý olej díky svému speciálnímu složení mastných kyselin. Obsahuje málo nasycených tuků a je bohatý na polynenasycené mastné kyseliny, zejména na omega-3 mastné kyseliny 7 - 10 % a obsah linolenové kyseliny 9 - 10% (Baux et al. 2011).

Olej ze současných odrůd řepky se svým složením blíží oleji olivovému a v některých parametrech jej dokonce předčí, zejména díky vysokému obsahu omega-3 nenasycených mastných kyselin. Zdravotní přínos řepkového oleje spočívá v nízkém podílu nezdravých nasycených mastných kyselin (SAFA) a velmi vysokém obsahu zdraví prospěšných vícenasycených mastných kyselin (PUFA). Navíc řepkový olej má velmi výhodný poměr mezi omega-3 a omega-6 mastnými kyselinami. Jako jeden z mála obsahuje méně vícenasycených mastných kyselin skupiny omega-6 (n-6 PUFA) a má naopak vysoký obsah vícenasycených mastných kyselin skupiny omega-3 (n-3 PUFA), zastoupených zejména kyselinou alfa-linolenovou (Suchánek 2013).

### **3.1.5.2 Krmivářství**

Řepkové extrahované šroty a výlisky, případně drcená semena, jsou významnou bílkovinou součástí krmných směsí pro hospodářská zvířata. Řepkovými šroty současných „00“ odrůd lze do značné míry nahrazovat šroty sójové, které jsou zvláště v posledních letech do ČR silně importovány. Vyššímu využití však často brání obavy zemědělců z negativních účinků antinutričních látek obsažených v řepce – glukosinolátů (GSL). Ty však často přetrvávají ještě z období, kdy nebyly k dispozici odrůdy kvalitativně nového standardu „00“ (velmi nízký obsah kyseliny erukové a GSL). V zahraničí je využití řepkových komponentů do krmných směsí běžnou záležitostí (Baranyk et al. 2010). Řepkový šrot je zdrojem aminokyselin jako jsou lyzin, metionin, leucin, izoleucin, fenylalanin, valin a threonin (Guo Chen et al. 2011).

### **3.1.5.3 Oleochemie**

Zhruba 10 % produkce řepkového semene v ČR se zpracovává v chemickém průmyslu – oleochemii. Rozkladem olejů a tuků, hydrolýzou nebo alkoholýzou se získává glycerol (představuje 11 % výtěžku při štěpení olejů), vyšší mastné kyseliny, jejich soli a estery, vyšší mastné alkoholy a aminy, oligomerní mastné kyseliny. Tyto látky se pak využívají při výrobě plastických hmot, pryskyřic, laků, emulgátorů, umělých vláken, mazacích prostředků, farmaceutických výrobků a v kosmetice (Moudrý 2003).

Adjuvanty jsou látky, které se používají nejenom v zemědělství, ale i v jiných odvětvích např. průmyslu. Jedná se o sloučeniny, které jsou součástí formulace herbicidů nebo se k nim přidávají do postřikové jíchy jako tank-mix. V zemědělství se používají dva typy olejů a to minerální (z ropy) a olej ze semen rostlin (někdy nazývaný jako rostlinný olej). Oleje ze semen

roślin se získávají např. ze sójových bobů, semen bavlny, řepky atd. Oleje se získávají buďto lisováním nebo extrakcí rozpouštědly.

Nejčastěji se používá kyselina olejová (18:1) nebo linolová (18:2), které je možné použít přímo, ale výhodnější je využívat jejich methylové formy, kdy se z glycerolu odstraní mastné kyseliny a ty jsou esterifikovány methyl alkoholem (methyl estery mastných kyselin), které se pak označují jako denaturovaný olej (Janků 2002).

V registru přípravků na ochranu rostlin můžeme najít několik přípravků s účinnou látkou řepkový olej nebo metylester řepkového oleje. Tyto přípravky mají většinou zlepšovat vlastnosti aplikační kapaliny, zlepšení smáčivosti aplikační kapaliny, zlepšení a urychlení příjmu přípravku nebo mají fyzikální působení. Jedná se například o přípravky Biool, Adigor, Alimo, Ekol, Evoque Fortune a další (MZe 2009-2019).

#### **3.1.5.4 Energetické využití**

Řepka (stejně jako například brambory, cukrová řepa nebo konopí) již přes deset let slouží i jako obnovitelný zdroj energie. Z řepky se vyrábí tzv. bionafta, což je metylester řepkového oleje (MEŘO) (Trnavský 2017).

Biopaliva první generace jsou vyráběny z biologických zdrojů jako je například škrob, cukr, živočišné a rostlinné tuky, zatímco biopaliva druhé generace se vyrábějí z lignocelulózových zbytků jako je např. sláma. Nejběžnější typy biopaliv jsou rostlinný olej, biodiesel, bioalkoholy a bioplyn (Lee & Shah 2013).

Jednou z možností energetického využití řepky olejné je její zpracování na biopalivo, resp. na bionaftu. Bionafta se vyrábí transesterifikací nenasycených mastných kyselin rostliny. Nejpoužívanějším olejem k výrobě bionafty v České republice je právě řepkový olej. Jeho metylester (zkráceně MEŘO) může být používán jako čisté palivo bez jakýchkoli příměsí. MEŘO má méně škodlivých emisí (skleníkových plynů, oxidu uhličitého, oxidů síry) než fosilní nafta a je biologicky odbouratelná.

Biosložka se přidává objemově, nikoli plošně – to znamená, že výrobce pohonných hmot má povinnost zajistit, aby dvě procenta nafty tvořila biosložka. Může se ale stát, že u některé čerpací stanice bude čistá fosilní nafta a jinde bude MEŘO mít podíl třeba čtyřprocentní. Až do sedmi procent se totiž pohonná hmota považuje za „čistou naftu“ (Křepelka 2013).

### 3.1.6 Pěstování řepky ve světě

Centrem světového pěstování řepky je v posledních letech Evropská unie, kterou významně dohání Kanada. Evropské klima řepce prospívá, proto můžeme očekávat, že si udrží první místo mezi pěstovanými olejninami v EU i v blízké budoucnosti. Ve světové produkci olejin je na prvním místě sója, plochy řepky jsou téměř pětinnové. Tento stav lze vysvětlit tím, že pěstovat sóju je v mnoha zemích vhodnější než řepku. Hlavním důvodem jsou lepší klimatické podmínky pro pěstování sóji v těchto státech. Osevy hlavních olejin (řepka, slunečnice, sója) v roce 2016 v EU celkem 11 412 tis. ha (Venclová 2017).

Světová produkce řepkových semen dosahuje v posledních letech přibližně 70 mil. tun. Konkrétně 71,454 mil. tun v roce 2014/2015 a 70,240 mil. tun v roce 2015/2016 (Venclová 2017).

Největší pěstitelé řepky v roce 2017:

1. Kanada s produkcí 21 328 000
2. Čína s produkcí 13 274 010
3. Indie s produkcí 7 917 000
4. Francie s produkcí 5 200 000
5. Austrálie s produkcí 4 313 230
6. Německo s produkcí 4 275 600
7. Polsko s produkcí 2 697 265
8. Ukrajina s produkcí 2 194 790
9. Spojené království s produkcí 2 167 000
10. Rumunsko s produkcí 1 673 330 tun řepkového semene (Sawe 2019).

### 3.1.7 Pěstování řepky olejky na území České republiky v historii

O počátcích pěstování řepky olejky je nutno uvažovat společně s řepicí, protože do konce 18. století se tyto druhy nerozlišovaly. V minulosti se hojně pěstovaly brukvovité zeleniny a krmné plodiny. Od roku 1682 se začalo rozlišovat pěstování řepky a řepice. Zásadní rozmach pěstování řepky nastal růstem velkých měst, manufaktur, moderního hutnictví a lehkého průmyslu. S rozvojem uplatnění svítiplynu a petroleje ke svícení a minerálních olejů k mazání strojů význam řepky postupně klesl. Po vzniku Československé republiky úpadek řepkového oleje pokračoval. V roce 1930 se řepka pěstovala na 1073 ha. Za okupace Československa na území protektorátu se řepka pěstovala na 38 000 ha a na území tzv. Slovenského státu na 4000 ha. Po roce 1945 se plochy řepky udržely a dobře na produkci řepky

působil rozvoj výzkumné a šlechtitelské základny. Kolem roku 1970 se řepka pěstovala na 40 000 ha s výnosem kolem 2 t/ha. Začíná se uplatňovat kombajnová sklizen a rozšiřují se zahraniční odrůdy převážně z Německa a Francie. V 80. letech minulého století proběhl rychlý a komplexní přechod na pěstování odrůd ozimé řepky bez kyseliny erukové a se sníženým obsahem glukosinolátů tzv. 00, dvounulky) (Baranyk et al. 2007).

### 3.1.8 Pěstování řepky v České republice

Výměra řepky zaznamenala v České republice za posledních 25 letů značný vzestup. V roce 1992/1993 osevní plochy dosahovaly 136,4 tis. ha. S rozšiřováním výměry došlo v roce 2007/2008 k pokoření hranice produkce řepkového semene 1 mil. t. Postupné navyšování ploch vedlo v 2015/2016 k nárůstu výměry na 366,2 tis. ha. V roce 2016/2017 se sklizeň řepky uskutečnila z plochy 393 tis. ha. Důvodem rozšiřování výměry jsou příznivé možnosti uplatnění produkce na trhu. V České republice se stále zvyšuje zastoupení hybridních odrůd řepky (Venclová 2017).

## 3.2 Dusík

Dusík patří mezi nejdůležitější rostlinnou živinu a představuje 2 – 4 % rostlinné sušiny. Rostliny dusík přijímají jako nitrátový ion ( $\text{NO}_3^-$ ) nebo jako amonný iont ( $\text{NH}_4^+$ ) (Roy et al. 2006).  $\text{N}_2$  z atmosféry se do půdy dostává prostřednictvím fixace mikroorganismy, hnojivy, rostlinnými zbytky a ve formě spadu. Poutání vzdušného dusíku ( $\text{N}_2$ ) je nejvýznamnějším zdrojem N v biosféře (Vaněk et al. 2016). V přirozených půdních podmínkách je příjem celých molekul močoviny kořeny rostlin málo pravděpodobná vzhledem k jejímu rychlému enzymovému rozkladu. Pomocí mikrobiálního enzymu ureázy se močovina hydrolyticky štěpí, vzniká uhličitán amonný, který se snadno rozkládá a uvolňuje se amoniak (Zehnálek et al. 2006). Dusík je součástí chlorofylu, a je nezbytnou složkou pro všechny bílkoviny (Roy et al. 2006).

### 3.2.1 Dusík v půdě

Přítomný celkový obsah dusíku v půdě je velmi rozdílný a kolísá mezi 0,05 – 0,5 %. V orníční vrstvě půd nacházejících se na území ČR je obsah dusíku okolo 0,1 – 0,2 %. Hodnoty dusíku v půdě jsou poměrně stále. Je to z důvodu vazby dusíku na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů. Z tohoto důvodu je možné vyjádřit obsah dusíku v půdě pomocí poměru C:N. Ten je v našich půdách 12 – 15:1, v půdách bohatě zásobených dusíkem a organicky hnojených může poměr C:N dosahovat až 10:1. Případné změny jeho obsahu jsou

pak spojeny s úbytkem organické hmoty z půdy, a proto je nezbytné se starat o to, aby k němu nedocházelo. Převážná část půdního N se nachází ve formách pro rostliny nevyužitelných. Okamžitě využitelný N tvoří pouze zlomek celkového množství. Jedná se o dusík minerální ( $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  ionty). Množství tohoto dusíku se v průměru pohybuje v přepočtu na hektar v rozmezí 30 – 60 kg. Další část dusíku, se kterým můžeme počítat, je vázán ve snadno rozložitelné organické hmotě jako tzv. dusík lehce hydrolyzovatelný. Jeho množství může být variabilní a je závislé od množství a povahy organické hmoty v půdě a podmínek její mineralizace (Hřivna & Vlažný 2015).

### 3.2.2 Dusík v rostlině

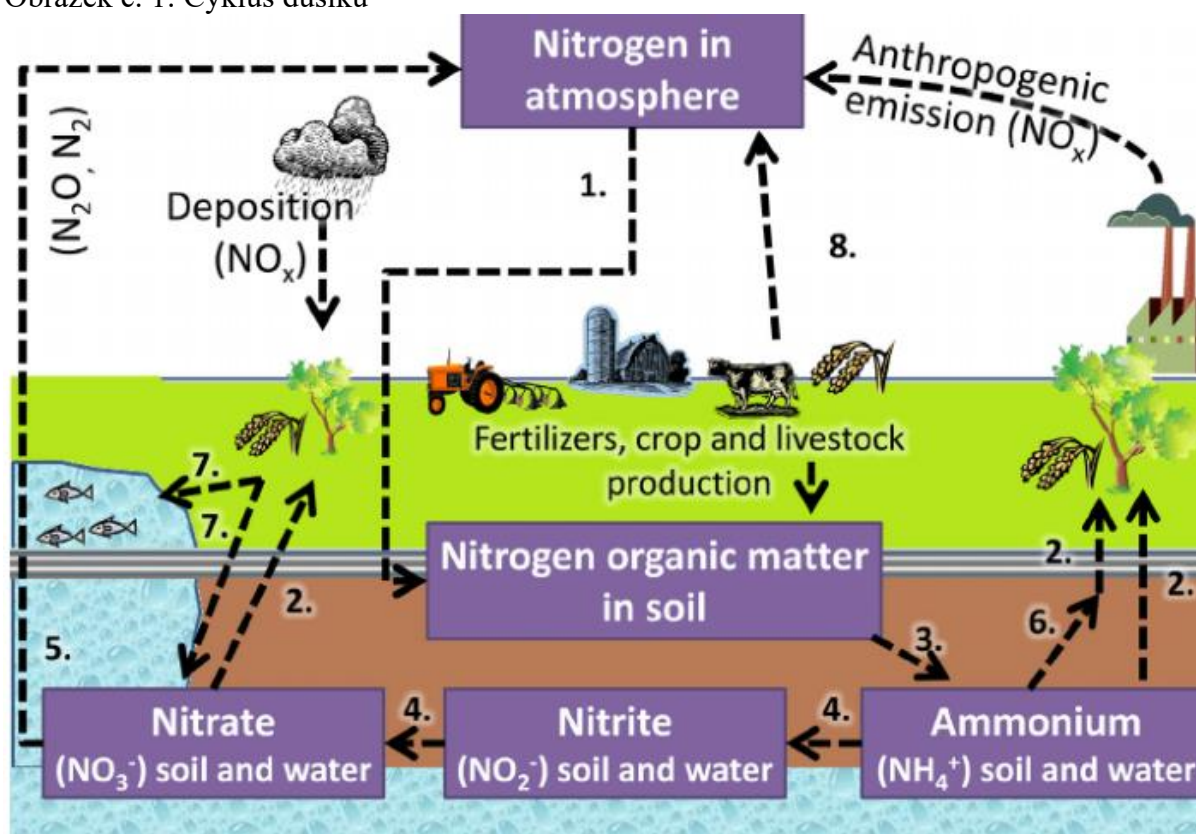
Rostliny často obsahují 3 až 4 % dusíku ve svých nadzemních tkáních. To je mnohem vyšší koncentrace ve srovnání s jinými živinami. Dusík přijatý rostlinou je zpravidla začleňován do struktury aminokyselin, které jsou základními sloučeninami pro tvorbu bílkovin, nukleových kyselin, a řady dalších dusíkatých látek rostlinných pletiv. Dusík se navíc podílí významnou měrou na tvorbě biomasy. Při jeho nedostatku může docházet až k chlorózám, omezení růstu a předčasnému stárnutí rostlin (Šarapatka et al. 2010).

### 3.2.3 Cyklus dusíku

V globálním cyklu dusíku je nejvýznamnější atmosférická fáze, ve které probíhají ty nejdůležitější procesy, tj. fixace dusíku a denitrifikace, prováděné mikroby. Intenzita toku dusíku splachovaného vodními toky ze suchozemských do vodních společenstev je poměrně malá, ale pro vodní systémy není rozhodně zanedbatelná, protože dusík je jedním ze dvou prvků (společně s fosforem), který nejčastěji limituje růst rostlin. Jen malá část dusíku se nakonec každý rok ztrácí do mořských sedimentů (Townsend et al. 2010).

Celkové množství dusíku na naší planetě se odhaduje na  $2,17 \cdot 10^{17}$  t. Je soustředěn hlavně v litosféře, ale pro koloběh dusíku v přírodě má největší význam dusík atmosféry. Ve vzduchu je převládající součástí a jeho podíl činí 75,51 % hmotnostních, tj. 78,08 % objemových. Převážně jde o elementární plynný dusík ( $\text{N}_2$ ). Z atmosféry se dusík dostává do půdy prostřednictvím fixace mikroorganismy, hnojivy a ve formě spadů. Zdrojem dusíku jsou dále rostlinné zbytky (Vaněk et al. 2012).

Obrázek č. 1: Cyklus dusíku



### 3.2.3.1 Mineralizace

Převážná část půdního dusíku je v organických sloučeninách, ve kterých je nepřístupný rostlinám a je chráněn před ztrátami. Jedná se hlavně o aminoskupiny ( $R-NH_2$ ) v proteinech nebo huminových sloučeninách. Při ataku těchto látek mikroorganismy jsou tvořeny jednodušší sloučeniny, aminokyseliny. Poté je aminoskupina hydrolyzována a je uvolňován dusík ve formě amonných iontů. Ty pak mohou být částečně vázány na aktivní povrchy sorpčního komplexu, využívány v omezené míře přímo rostlinami, nebo jsou oxidovány na nitrátovou formu. V první fázi r. Nitrosomonas zajišťuje oxidaci na dusitany, poté pak r. Nitrobacter až na dusičnanovou formu. Tento enzymatický proces nazýváme mineralizací. Ročně je tímto procesem mineralizováno jen malé množství organicky vázaného dusíku v půdě (cca 1 - 4%) a zpřístupňovaný minerální dusík pak zajišťuje výživu rostlin v přirozených ekosystémech (Šarapatka et al. 2010).

### 3.2.3.2 Nitrifikace

V biologických půdách je  $NH_3$  oxidován v procesu nitrifikace. Je to oxidační proces,



kdy je amonný dusík postupně oxidován autotrofními mikroorganismy až na  $\text{NO}_3^-$ . Probíhá ve dvou stupních a nitrifikačními mikroorganismy (*Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira* a druhého stupně *Nitrobacter*) využívají kromě dusíku i energii uvolňovanou během oxidace. Nitrifikace je proces velmi citlivý na vnější podmínky – je výrazně ovlivňován vlhkostí a teplotou. Optimální teplota se pohybuje mezi 25 – 30 °C a při teplotách pod 5 °C téměř ustává. Vyžaduje dostatek vzduchu v půdě a slabě kyselé až mírně alkalické prostředí. Je ovlivněna i doprovodnými ionty a vlastnostmi hnojiv (Vaněk et al. 2016).

### 3.2.3.3 Amonizace

Amonizace je odštěpení amoniaku z aminokyselin, případně amidů, které probíhá v aerobním i anaerobním prostředí, a lze ji znázornit deaminací nejjednodušších aminokyselin – glycinu a alaninu. Při dostatečném přístupu vzduchu vzniká kyselina mravenčí, kyselina octová, oxid uhličitý a amoniak. Za anaerobních podmínek vzniká kyselina octová, kyselina propionová a amoniak. Amoniak vzniklý rozkladem organických dusíkatých sloučenin je zdrojem N pro mikroorganismy, část může být zdrojem pro rostliny, případně jako kationt  $\text{NH}_4^+$  je v půdě sorbován na půdní koloidy. Přítomnost koloidů v půdě dává předpoklady výměnné sorpce iontů  $\text{NH}_4^+$  a většinou značně omezuje možnost ztrát dusíku vytěkáním a také většího pohybu v půdním profilu (Vaněk et al. 2012).

### 3.2.3.4 Denitrifikace

Denitrifikace je biologický proces, při kterém jsou nitrátové ionty přeměněny na plynné formy dusíku sérií biochemických redukčních reakcí a dusík z půdy je tak uvolňován do atmosféry (Firestone 1982). Denitrifikační bakterie během rozkladu využívají kyslík nitrátů (Nyle & Ray, 2020). Nitráty jsou za přítomnosti organický látek redukovány na plynné oxidy ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), případně až na elementární dusík ( $\text{N}_2$ ), který může přecházet do atmosféry (Subbarao et al. 2006).

### 3.2.3.5 Fixace N

Atmosférický dusík je fixován do půdy pomocí symbiotických a volně žijícími bakteriemi oxidací  $\text{N}_2$  na  $\text{NO}_x$  případně až na kyselinu dusičnou (Galloway 1998). Tato redukce vzdušného dusíku vyžaduje značné množství energie (28 ATP) a vznikající amoniak je vázán na oxokyseliny za vzniku aminokyselin (glutamová, glutamin). Fixaci vzdušného dusíku

rozlišujeme volnou (nesymbiotickou) a symbiotickou. Volnou fixací se v podmínkách České republiky každý rok obohatí hektar půdy o 3 -12 kg dusíku (v průměru o 5 – 6 kg). Symbiotickou fixací se u bobovitých rostlin váže 50 – 120 kg N/ha u luskovin, u vojtěšky a jetele 200 – 300 kg N/ha/rok (Tesař & Vaněk 1992).

### 3.2.3.6 Volatilizace

Amonná forma dusíku, pokud není imobilizována mikroorganismy, přijímána rostlinou nebo fixována na půdní organickou hmotu, může být přeměněna na amoniak, který může být předmětem ztrát plynné fáze dusíku volatilizací amoniaku (Edmeans 2004).

Volatilizace je proces úniku amoniaku z půdního prostředí do atmosféry a nastává, jakmile je volný  $\text{NH}_3$  přítomen v blízkosti povrchu půdy. Koncentrace amoniaku v půdním roztoku, nebo vzduchu roste při aplikaci vyšších dávek dusíkatých hnojiv, zejména a amidovou a amoniakální formou dusíku. Množství volatilizovaného dusíku  $\text{NH}_3$  je nepatrné, když je aplikovaný dusík zapraven do půdy (pod 15 % aplikovaného N) (Nelson 1982). Ledgard (2001) uvádí, že k volatilizaci dochází především na neutrálních a alkalických půdách, ale nevylučuje možnost ztrát amoniaku z kyselých půd, na kterých je proces pochopitelně slabší.

### 3.2.4 Nitrátová směrnice 91/676/EHS

Nitrátová směrnice definuje pravidla pro vymezení zranitelných oblastí a stanovuje nástroje ke snížení znečištění vod dusičnany ze zemědělské produkce. Základním nástrojem je akční program a také zásady správné zemědělské praxe. Plnění zásad správné zemědělské praxe a akčního programu je ve zranitelných oblastech pro zemědělské podnikatele povinné. Účelné nastavení těchto pravidel pak nejenže umožní snížit stávající znečištění dusičnany, ale pomůže takovému znečištění i předcházet. Proto je nezbytné propojení detailního monitoringu zemědělského hospodaření a monitoringu vod, které nám dá nové poznatky o vzájemném ovlivňování hospodaření a kvality vod v různých klimatických a přírodních podmínkách.

Uplatnění nitrátové směrnice, tedy její transpozice do právního řádu České republiky byla provedena ustanovením § 33 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Na základě zmocnění ve vodním zákoně bylo vládou v roce 2003 přijato nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto

oblastech. Tento předpis byl však v roce 2012 zrušen novým nařízením vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu (dále jen „nařízení vlády“), které s účinností od 1. 8. 2012 nově vymezuje zranitelné oblasti a vyhlašuje 3. akční program (Klír & Kozlovská 2012).

Akční program je soubor povinných opatření, která musí zemědělec hospodařící ve zranitelných oblastech plnit. Jedná se například:

1. O zákaz hnojení v mimovegetační dobu. Období zákazu hnojení závisí na začlenění zranitelné oblasti do klimatického regionu, v návaznosti na pěstovanou plodinu a rychlost uvolňování dusíku z hnojiva, resp. zařazení hnojivé dusíkaté látky do skupiny podle § 5 nařízení vlády.
2. Hnojení těsně před nástupem mimovegetačního období je považováno za rizikové z hlediska možných ztrát dusíku z půdy vyplavením. Proto by mělo být použito jen v malých dávkách N a ve zdůvodněných případech, např. u plodin s velkým odběrem živin (ozimá řepka), na podporu dobrého založení porostu u později setých porostů ozimé pšenice nebo při prokázaném deficitu N v rostlinách. Zejména pro tyto případy je u uvedených plodin ponechána možnost pozdějšího hnojení, až o dva týdny později proti ostatním plodinám.
3. K jednotlivým plodinám byly stanoveny maximální limity přívodu dusíku hnojením, uvedené v příloze č. 3 nařízení vlády. K limitům hnojení byly stanoveny odpovídající výnosy hlavního produktu. Limity se u většiny plodin hodnotí za tzv. hospodářský rok. Započítává se tedy např. i letní předset'ové hnojení k ozimé řepce sklizené až v příštím roce. Dusík použitý k podpoře rozkladu slámy nebo k meziplodině se nezapočítává do limitu přívodu dusíku pro následně pěstovanou plodinu.

A mnoho dalších (Klír & Kozlovská 2013).

### **3.2.5 Nadbytek dusíku**

Nadbytek dusíku je méně častý a projevuje se většinou latentní formou. Působení nadbytku N je rozdílné podle druhů rostlin a jejich růstové fáze. Nadbytek N v povrchových horizontech půdy, zvláště na podzim a v předjaří, působí zvýšené větvení kořenů. Zhoršuje se tak prokořenění celého půdního profilu, a tím se snižuje příjmová kapacita kořenů pro živiny a vodu. V pozdějších fázích růstu působí nadbytek N jeho hromadění v nitrátové formě. Rostliny jsou sytě zelené, dobře vyvinuté až robustní, později přecházejí do generativní fáze růstu a prodlužuje se období dozrávání (Pavlíková et al. 2007).

### 3.2.6 Nedostatek dusíku

Nedostatek dusíku od počátku vegetace má za následek omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů (listů, stébel, lodyh apod.). Při nedostatku dusíku jsou rostliny slabší a nižší, často jsou porosty nevyrovnané a světlejší.

Omezená tvorba listů a také chlorofylu vede ke snížení fotosyntézy, a tím k menší tvorbě produkce biomasy. Pochopitelně, snížení tvorby nadzemních orgánů má důsledky i v omezení tvorby kořenů a jejich energetického zásobování. Druhotně tím dochází ke snížení příjmové kapacity kořenů a obecně se snižuje příjem živin. Porosty s deficitem dusíku mají většinou kratší vegetační dobu, rychleji dozrávají a mají snížený výnos a kvalitu produkce, především semen. Nízký příjem dusíku se projevuje rozdílně u jednotlivých druhů rostlin. Významné je i to, ve které vegetační fázi se jednotlivé druhy rostlin nacházejí. Výrazným znakem nedostatku dusíku je světlejší zbarvení rostlin, které je způsobeno sníženou tvorbou chlorofylu. Při déletrvajícím nedostatku N rostlina ve snaze o zachování vegetačního vrcholu odbourává N-látky, včetně chlorofylu ve starších listech, a takto uvolněný N transportuje do vegetačního vrcholu. Starší listy postupně žloutnou až usychají. Při nerovnoměrném rozmetání dusíkatých hnojiv, případně zaorávce posklizňových zbytků je patrná nevyrovnanost porostů, a to jak z hlediska jejich vývinu, tak i zbarvení (Vaněk et al. 2016).

## 3.3 Dusíkatá hnojiva

Je jimí dodáván dusík ve formě dusičnanové ( $\text{NO}_3^-$ ), amonné ( $\text{NH}_4^+$ ) a amidové ( $\text{NH}_2$ ). Působení a využití dusíku jednotlivých hnojiv závisí na formě dusíku, pěstebních podmínkách i požadavcích rostlin. S ohledem na dobré využití dusíku z hnojiv a omezení možného negativního působení při nevhodném použití hnojiv je žádoucí vycházet ze znalostí a složení jednotlivých hnojiv (Vaněk et al. 2012).

### 3.3.1 Rozdělení hnojiv podle formy dusíku

- 1. Hnojiva s dusíkem ledkovým (dusičnanový, nitrátový)** – hnojiva běžně označována jako ledky, ledek vápenatý, Ca-Nsol, ledek sodný, hořečnatý, a draselný. Jsou to hnojiva dobře rozpustná ve vodě, aniont  $\text{NO}_3^-$  není v půdě sorbován, nachází se v půdním roztoku, a proto jsou tato hnojiva vhodná k přihnojení během vegetace v menších dávkách.
- 2. Hnojiva s amonným (čpavkovým)** – síran amonný a bezvodý amoniak. Poskytují rostlinám

kationt  $\text{NH}_4^+$ , jenž je sorbován v půdě, je tudíž poměrně málo pohyblivý. Hnojiva s touto formou dusíku jsou vhodná k základnímu hnojení, tedy před setím a výsadbou. Pozvolnější působení závisí na rychlosti nitrifikace dodaného amonného dusíku.

**3. Hnojiva s dusíkem amidovým a kyanamidovým (organický) – močovina a dusíkaté vápno.**

**4. Hnojiva s dvěma a více formami dusíku – hlavním představitelem je ledek amonný  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  a hnojiva z něho vyráběná, ledky amonné s vápencem, dolomitem či sádrou (LAV LAD, LAS), v posledních letech i hnojivo DASA a DAM (směsný roztok dusičnanu amonného s močovinou), obsahující tři formy dusíku.**

**5. Hnojiva s pozvolně působícím dusíkem (dusík s postupným uvolňováním) – hnojiva lze dále rozdělit na obalovaná a pozvolně rozpustná. Využívají se především ve specializovaných provozech (Vaněk et al. 2016).**

### **3.3.2 Ledek amonný s vápencem (LAV)**

Vyrábí se mísením taveniny dusičnanu amonného s mletým vápencem a následnou granulací. Přídavek vápence nebo dolomitu snižuje nebezpečí požáru a výbuchu (Richter & Hlušek 1996). Obsahuje 27,5 % N a 8 % Ca (Vaněk et al. 2016). Z celkového dusíku je v hnojivu polovina dusíku ve formě nitrátové a polovina ve formě amonné. Hnojivo po zapravení do půdy před setím nebo aplikované během vegetace působí na rostliny příznivě. Nitrátový dusík přechází snadno do roztoku, a amonný dusík se váže na sorpční půdní komplex. LAV působí na půdu slabě kysele. Uvedené hnojivo lze použít na všechny druhy půd. Doporučuje se k základnímu hnojení a k hnojení během vegetace (Richter & Hlušek 1996).

### **3.3.3 Močovina**

Močovina je u farmářů oblíbené hnojivo. Obsahuje 46 % dusíku. Močovina je v půdě rozkládána enzymem ureázou na uhličitán amonný. Za určitých podmínek (povrchová aplikace, teplo, sucho) může dojít k uvolnění amoniaku do atmosféry. Při použití vyšších dávek může být ovlivněná klíčivost semen. Typ půdy a počasí jsou dva hlavní faktory ovlivňující ztrátu dusíku při povrchové aplikaci. Riziko vyšších ztrát je na písčitéch a lehkých půdách naopak na středních a těžších půdách je riziko ztrát menší. Když přijdou srážky ve stejný den, kdy proběhla aplikace, tak jsou ztráty minimální. Účinnost využití močoviny se snižuje při dávkách nad 100 – 120 kg N/ha. Močovina je dobrá hnojivo pro listovou aplikaci. Močovina může obsahovat

biuret, který může být toxický pro rostliny ve vyšší koncentraci. Koncentrace biuretu do 1,2 % by neměla být toxická pro rostliny (Archer 1988).

### **3.3.4 Dusičnan amonný se síranem amonným (DASA)**

DASA je dusíkaté hnojivo s obsahem síry, které obsahuje 26 % N a 13 % S. Je to směs dusičnanu amonného a síranu amonného. Jedna třetina N je v nitrátové formě a dvě třetiny ve formě amonné. Vzhledem vyššímu obsahu amonného dusíku je toto hnojivo vhodné pro základní hnojení. Vysoký obsah síry předurčuje toto hnojivo pro plodiny s vyššími nároky na síru, tedy řepku, slunečnici, hořčici, brukvovitou zeleninu, cibuloviny a bobovité rostliny (Vaněk et al. 2016).

### **3.3.5 ENSIN**

Je dusíkato-sírné hnojivo s obsahem inhibitorů nitrifikace (dikyandiamid a 1,2,4-triazolu). Celkový obsah dusíku je 26 %, z toho 18,5 % v amonné formě a 7,5 % v nitrátové formě. Obsah vodorozpustné síry je 13 %. Hnojivo je dodávané v granulované formě. ENSIN je šetrný k životnímu prostředí a přispívá k ochraně vod snížením vyplavování dusičnanů a zároveň díky omezení denitrifikace snižuje emisi oxidů dusíku. ENSIN díky působení inhibitorů nitrifikace zajistí vyrovnanou a prodlouženou výživu rostlin po dobu více než 10 týdnů v závislosti na teplotě (Agrofert a.s. 2013).

### **3.3.6 Alzon 46**

Močovina s 46 % dusíku s inhibitorem nitrifikace (směs dikyandiamidu a 1,2,4-triazolu). Dodává se v granulované formě o velikosti granulek 1,6 – 5 mm. Granulky mají světlemodrou barvu. ALZON 46 váže amonný dusík v ornici a plodiny ho mají stále k dispozici. V závislosti na potřebách rostlin se z této zásoby dusíku současně uvolňuje nitrát, který rostliny využívají. ALZON 46 prokazatelně snižuje ztráty způsobené ukládáním nitrátů v hlubších vrstvách. ALZON 46 tak přispívá k ochraně životního prostředí v zemědělství při současném zvýšení hospodárnosti, kvality výrobku a výnosu (Agrofert Holding, a.s. 2014).

### **3.3.7 UREASTabil**

UREASTabil je močovina upravená přidávkem inhibitoru ureázy NBPT, který stabilizuje močovinu, zpomaluje její rozklad a omezuje ztráty dusíku po její aplikaci na půdu únikem amoniaku. Po aplikaci hnojiva na povrch půdy při hnojení před založením porostu se doporučuje hnojivo zapravit do půdy předsetřovou kultivací, nebo při setí. UREASTabil je

vhodným hnojivem pro podpovrchovou lokální aplikaci při zakládání porostů zemědělských plodin. Při regeneračním přihnojení na začátku jarní vegetace ozimých plodin aplikovat na půdách s nízkou sorpční schopností maximálně 200 kg UREASTabil na hektar. Hnojivo UREASTabil nepoužívat k regeneračnímu hnojení řepky olejné silně poškozené vyzimováním. Hnojivo UREASTabil je vhodné pro přípravu roztoků ke hnojení na list (AGRA GROUP a.s. 2004).

### **3.3.8 Lovogran IN**

Hnojivo je vyráběno společností Lovochemie. Jedná se o síran amonný s přidavkem inhibitoru nitrifikace. Zajímavé je, že to není úplně čistý síran, ale z technologického hlediska se přidává asi 1,5 % ledku vápenatého, takže hnojivo obsahuje i nitrátový dusík. Obsah celkového dusíku je 20 % a obsah rozpustné síry ve vodě (jako S) je 20,5 %. Hnojivo lze doporučit pro přihnojení ozimých plodin (řepka), na jaře pak ke hnojení všech plodin náročných na dusík a síru (řepku, obilniny, kukuřice, slunečnice, okopanin, zeleniny a speciálních plodin. Hnojivo se hodí k aplikaci na slámu jako podpora rozkladu posklizňových zbytků (Bouma 2018).

### **3.3.9 Alzon neo-N**

Močovina s inhibitorem nitrifikace (MPA) a inhibitorem ureázy (2-NPT). Obsah MPA se pohybuje v rozmezí 0,070 - 0,076 % a 2-NPT v rozmezí 0,035 – 0,037 %. ALZON® neo-N je hnojivo obsahující dusík v amidové formě přecházející do půdy a dostupný rostlině ve formě amonné a poté nitrátové. Inhibitor ureázy (2-NPT) zpomaluje přeměnu močoviny na amoniak o jeden až dva týdny. Vytvořený amoniak se může proto lépe vázat v sorpčním komplexu. Inhibitor nitrifikace (MPA) zpomaluje přeměnu dusíku amonné formy na mobilní nitrát o šest až deset týdnů. Je hnojivem univerzálním, použitelným pro všechny plodiny (Kučera 2018).

## **3.4 Stabilizovaná hnojiva a používané inhibitory**

Stabilizovaná dusíkatá hnojiva s inhibitory nitrifikace či ureázy mají vysoký předpoklad pro uplatnění ve výživě rostlin. Jejich cílem je zvýšení efektivity hnojení dusíkem (tj. snížení počtu aplikací, flexibilita termínu dávkování) a zároveň zlepšení ekologického hlediska omezením znečišťování podzemních vod a ovzduší (Šimka et al. 2012).

Tzv. stabilizovaných hnojiv, jsou schopna uvolňování dusíku zpomalit, a tím zajistit jeho kontinuální přísun pěstovaným plodinám.

Řadíme sem hnojiva s pomalým uvolňováním živin (ve světě označovaná jako SRF - slow-release fertilizers). Tato hnojiva obsahují živiny ve formě pomalu rozpustných sloučenin

nebo živiny, které jsou přístupné až po mikrobiálním rozkladu. Rychlost uvolňování je ovlivněna teplotou, vlhkostí, pH půdy a aktivitou půdní mikroflóry. Jedná se především o produkty kondenzace močoviny s aldehydy (např. močovinoformaldehyd = ureaform).

Druhou skupinou jsou potom **hnojiva s řízeným uvolňováním živin** (CRF = controlled-release fertilizers), kde je pomalejší účinek zajištěn obalením granulí hnojiva ochranným filmem. Jako ochranný film mohou být použité různé anorganické (elementární síra, silikáty, sádra, ...) i organické látky (parafin, oleje, vosky, pryskyřice...), popřípadě jejich kombinace. Výhodou této technologie je jednoduchá a účinná regulace uvolňování dusíku, která spočívá v úpravě mocnosti vrstvy ochranného filmu naneseného na granule hnojiva. Největší podíl obalovaných hnojiv tvoří močovina obalená sírou, která je prozatím asi nejlevnějším obalovým materiálem, a navíc splňuje roli sekundární živiny (Ryant & Antošovský 2019).

### 3.4.1 Inhibitory ureázy

Ureáza je enzym obsahující nikl, který je absolutně specifický. Působí pouze na močovinu a katalyzuje hydrolýzu močoviny na oxid uhličitý a amoniak (Manunza et al. 1999). Inhibitory ureázy zpomalují tento proces, což ponechává více času povrchově aplikované močoviny proniknout po srážkách hlouběji do půdy a koncentrace amonného dusíku na povrchu půdy nedosahuje tak vysokých hodnot. Nevýhodou těchto inhibitorů je kratší doba působení (do dvou týdnů). Používání močoviny s inhibitory ureázy je žádoucí v oblastech s častými pozdějšími jarními přísušky a v půdoochranných systémech zpracování půdy s posklizňovými zbytky na povrchu. Z inhibitorů ureázy patří k nejvíce používaným a nejúčinnějším N-(n-butyl)-thiophosporictriamid (NBPT). Tento inhibitor byl patentován v roce 1985. Jeho struktura je podobná močovině. Díky tomu se může tato látka navázat na aktivní místo enzymu ureázy, a tak tento enzym inhibovat. NBPT je určen pro nástřik granulí pevného hnojiva nebo ke stabilizaci močoviny obsažené v kapalných hnojivech (DAM 390, SAM) (Hřivna & Vlažný 2015).

### 3.4.2 Inhibitory nitrifikace

Inhibitory nitrifikace stabilizují amonný dusík v půdě a zpomalují jeho přeměnu na dusík nitrátový, čímž omezují ztráty dusíku vyplavováním nitrátů a denitrifikací N. Na rozdíl od inhibitorů ureázy je žádoucí, aby se inhibitory nitrifikace pohybovaly v půdním profilu spolu s dusíkem, jehož přeměnu ovlivňují. Potlačení aktivity nitrifikační mikroflóry inhibitory nitrifikace, omezuje množství nitrátového dusíku, ale současně může vyvolávat vzestup obsahu



amonného dusíku v půdě. To může vést k vyšší intenzitě imobilizace  $\text{NH}_4^+$  v půdě, ale zároveň i k větším ztrátám volatilizací amoniaku. Mezi nejúčinnější a nejvhodnější inhibitor nitrifikace patří dikyandiamid (DCD). Použití těchto hnojiv je vhodné především v oblastech s promyvným režimem půd, vyššími srážkami a pro plodiny, kde aplikujeme vyšší jednorázové dávky dusíku (Růžek & Pišánová 2007).

Podzimní hnojení pro následné jarní plodiny může být doprovázeno značnými ztrátami dusíku při aplikaci statkových nebo organických hnojiv. Představuje významné ekonomické dopady vzhledem k často nízké účinnosti takto dodaného dusíku, a navíc mají značný vliv na kvalitu podzemních a povrchových vod i emise skleníkových plynů. U kejdy nebo digestátu se zhruba polovina dusíku nachází v minerální formě, jako amonný dusík. Tento dusík může být využit rostlinami nebo v krátkém období přeměněn na dusičnany. Přeměny dusíku jsou při nižších teplotách půdy zpomaleny, a proto jsou pro příští, brzy seté jarní plodiny méně rizikové pozdější aplikace. Pokud nejsou hnojiva jako kejda nebo digestát aplikována v kombinaci se slámou (kombinace nabízející půdním mikroorganismům organické látky s odlišným poměrem C:N) a nebo k meziplodině, je ve zranitelných oblastech možné hnojit až po 1. říjnu a pouze při použití inhibitorů nitrifikace (Klír et al. 2018).

Aplikace kejdy, digestátu apod. k následujícím jarním plodinám je umožněna ve všech aplikačních pásmech pouze při použití inhibitoru nitrifikace (registrovaný pomocný přípravek, např. N-Lock, Piadin, Vizura). Při tomto způsobu použití dochází v kritickém období k omezení nitrifikace a tím k podstatnému omezení tvorby dusičnanového N. Po aplikaci statkových a organických hnojiv s inhibitory nitrifikace je možné udržet po delší období převážnou část amonného dusíku v této formě, a tak přijatelně omezit tvorbu dusičnanů v půdě. V půdě jsou inhibitory nitrifikace biologicky odbouratelné, úplně se rozkládají, nejsou biocidní a nemají vliv na jinou mikrobiální aktivitu než procesy nitrifikace. Jsou prakticky netoxické a nejsou ani karcinogenní (Klír et al. 2018).

#### **3.4.5 Kontrola hnojiv**

ÚKZÚZ provádí úřední kontrolu hnojiv podle zákona č. 156/1998 Sb. A podle vyhlášky MZe č. 273/1998, o odběrech a chemických rozbořech vzorku hnojiv. Jeho kontrolní a zkušební činnosti jsou v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2003/2003 o hnojivech. Uvedené nařízení je postupně nahrazováno zařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2019/1009 ze dne 5.6. 2019, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků EU na trh. Nařízení bude kompletně platit od 16.7. 2022. (Dvořáková, 2019).

Do oblasti úředních kontrol hnojiv kromě kontroly kvality a bezpečnosti hnojiv patří i sledování obsahu látek, které zamezují v půdě procesům rychlé degradace dusíkatých látek v hnojivech, a tím uvolňování plynných forem dusíku do ovzduší, případně vyplavování dusíkatých látek z půdy do povrchových vod. Tyto látky jsou nazývány inhibitory nitrifikace a ureázy. Výrobci hnojiv přidávají inhibitory do hnojiv se snahou vyrobit pomalu působící dusíkatá hnojiva. Tato hnojiva by měla zůstat v půdě co nejdéle, zvláště v době vegetace pěstovaných plodin. Inhibitory v hnojivech napomáhají zachovat v půdě po delší časové období dusík v amonné formě, mají zabraňovat procesům jeho přeměny na dusitany a dusičnany.

Mezi stanovované inhibitory nitrifikace v laboratořích ÚKZÚZ patří např. MP (3-methylpyrazol), DMPP (3,4-dimethyl-1H-pyrazol fosfát, DMPSA (2-(3,4-dimethyl-1H-pyrazol-1-yl) kyseliny jantarové) a mezi inhibitory ureázy např. NBPT (N-(n-butyl) thiofosforečnan triamidu) a 2-NPT (triamid kyseliny N-(2-nitrofenyl) fosforečné (Dvořáková, 2019).

### 3.4.6 Přehled hnojiv s inhibitory dusíku

Tabulka č. 1: Přehled hnojiv s inhibitory dusíku

Granulovaná hnojiva s inhibitory dusíku			
Název hnojiva	Obsah N %	Inhibitor	Druh inhibitoru
UREASTABIL	46%	ureázy	NBPT
ALZON 46	46%	nitrifikace	dicyandiamidu a 1H-1,2,4-triazolu
ALZON neo-N	46%	nitrifikace + ureázy	MPA + 2-NPT
FertiStar	46%	ureázy	NBPT N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné
ENSIN	26%	nitrifikace	dicyandiamid + triazol (10:1) S 13%
LOVOGRAN IN	20%	nitrifikace	dicyandiamid + triazol S 20,5 %
ENTEC ® 26	26%	nitrifikace	DMPP (3,4 - dimethylpyrazol fosfát) S 13%
ENTEC 27	27%	nitrifikace	2-(3,4-dimethyl-1H-pyrazol-1-yl) kyselina jantarová + 2- (4,5-dimethyl-1H-pyrazol-1- CaO 12%
Entec ® Efekt	15%	nitrifikace	DMPP (3,4 - dimethylpyrazol fosfát) NPK 15-5-20, MgO 2%, S 8%, B+Zn
Entec ® perfekt	14%	nitrifikace	DMPP (3,4 - dimethylpyrazol fosfát) NPK 14-7-17, MgO 2%, S 9%, B+Zn
YaraVera AMIPLUS	46%	ureázy	NBPT N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné

Zdroj: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/hnojiva/registr-hnojiv.htm>

### 3.4.7 Přehled stabilizátorů do tekutých hnojiv

Tab. č. 2: přehled stabilizátorů do tekutých hnojiv

Stabilizátory do tekutých hnojiv		
Název pomocné látky	Inhibitor	Druh inhibitoru
N-Lock	nitrifikace	Nitrapyrin
Vizura	nitrifikace	DMPP (3,4 - dimethylpyrazol fosfát)
StabilureN® 30	ureázy	NBPT N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné
PIADIN	nitrifikace	1H - 1,2,4 - triazolu + 3 – methylpyrazolu
MAXIeN	ureázy	NBPT N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné
LIMUS®Clear	ureázy	N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné (NBPT) + N-(n-propyl) triamid kyseliny thiofosforečné (NPPT) v poměru 3:1
NUTRINOTM (28 % N)		močovinoformaldehyd 16,5 % N

Zdroj: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/hnojiva/registr-hnojiv.html>

## 3.5 Síra

Síra hraje důležitou úlohu v primárních i sekundárních rostlinných metabolismech, které jsou ve vztahu s parametry nutričních hodnot rostlin. Síra významně ovlivňuje proteosyntézu, dále působí na tvorbu sekundárních metabolitů, charakteristické pro některé druhy (hořčičné silice, éterické oleje, glukosinoláty aj.) U luskovin je síra nezbytná pro zajištění symbiotické fixace dusíku a zvyšuje nutriční hodnotu bílkovin obsahující sirné esenciální aminokyseliny. (Hlušek et al. 2002).

Současná negativní bilance S na mnoha zemědělských půdách výrazně ovlivnila i aktivity výrobců minerálních hnojiv a stávající evropská legislativa umožnila producentům deklarovat obsah S v hnojivu, pokud je její obsah vyšší než 2 % (Tlustoš et al. 2001).

### 3.5.1 Cyklus síry

Síru uvolňují do atmosféry tři přírodní biogeochemické procesy: tvorba mořského aerosolu, anaerobní dýchání bakterií redukujících sírany a sopečná aktivita, která je však poměrně nevýznamná. Sirné bakterie uvolňují redukované sloučeniny síru (zejména H<sub>2</sub>S) ze zamokřených bažinatých a mokřadních společenstev nebo přílivových mělčin. Zpětný tok síry z atmosféry zahrnuje oxidace sloučenin síry na sírany, které se vracejí na zemský povrch ve formě srážek či suchého spadu. Zhruba polovina síry, která odtéká z pevniny do řek a jezer, pochází ze zvětrávání hornin, zbylá část se do vody dostává z atmosféry. Cestou do oceánu část dostupné síry přijmou rostliny, ta pak projde potravními řetězci a prostřednictvím rozkladných procesů se stane opět dostupná pro rostliny. Ve srovnání s fosforem a dusíkem se však vnitřních

koloběhů v suchozemských a vodních společenstvech účastní mnohem menší část celkového toku síry (Townsend et al. 2010).

### 3.5.2 Nadbytek síry

Nadbytek síry v našich podmínkách je třeba posuzovat ze dvou hledisek. Vysoký obsah S v půdě, který se projeví vysokou koncentrací  $\text{SO}_4^{2-}$ , v půdním roztoku, většinou nepůsobí negativně na rostliny. Teprve velmi vysoké koncentrace síranů nad 4000 mg/l půdního roztoku působí depresivně na rostliny. Vyšší obsah síranů může však spolupůsobit, hlavně s Cl a kationty Na a K, na zasolení půd. Druhé hledisko je možná toxicita  $\text{SO}_2$  z ovzduší. Mnohdy lokálně dosahované koncentrace nad 0,3 mg  $\text{SO}_2$  v 1 m<sup>3</sup> vzduchu působí již poškození pletiv rostlin, zvláště citlivých jehličnatých stromů (Vaněk et al. 2016).

### 3.5.3 Nedostatek síry

Nedostatek síry (S) je stále častější problém zemědělství, a to z důvodů snížení vstupů síry z atmosférické depozice. V posledních letech, dle ročenek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), je celková roční depozice na více než 60 % území ČR do 5 kg S/ha a většina zbývajících výměry do 10 kg S/ha. Této skutečnosti pak odpovídá stav půdy, kdy většina lokalit vykazuje malý obsah síry přístupné pro rostliny, tj. síry ve formě síranového aniontu ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). S ohledem na vysokou mobilitu síranů v půdním roztoku se tyto přístupné formy dlouhodobě neudrží v půdě a mnohé pozemky proto vykazují nedostatek síry (Černý 2018).

Typickým projevem nedostatku síry je žloutnutí listů, která začíná od nejmladších a při trvalejším nedostatku přechází na spodní listy. Zvláště charakteristické příznaky nedostatku síry jsou na brukvovitých rostlinách. Nejmladší listy jsou nejdříve světle zelené, později žloutnou a mají růžový nádech. Mají omezený růst do šířky, a proto se jeví jako úzké a dlouhé. (Kalina, 2016).

## 3.6 Bór

Rostliny řepky olejky jsou náročné na zásobování bórem, zvláště pokud rostou na půdách s vysokou hodnotou pH, resp. se nacházejí v suchých klimatických podmínkách (Shepl et al. 1996). Odběr bóru nadzemní biomasou u řepky a cukrovky (včetně chrástu) je cca 300 – 600 g B/ha (Balík et al. 2018). Vhodnou dobu pro mimokořenou výživu je fáze dlouhivého růstu až počátek kvetení. Na trhu je dnes celá řada listových hnojiv, která je možno kombinovat s DAM 390. Velmi vhodná je aplikace s použitím smáčedla a dávka bóru by měla činit maximálně 150

– 230 g B/ha. Toto opatření lze v průběhu jara ještě opakovat tak, že celková dávka činí asi 400 – 500 g B/ha. Na půdách s vysokým deficitem bóru je možno aplikovat bór při použití speciálních listových hnojiv již v období října (Baranyk et al. 2010).

### **3.6.1 Nadbytek bóru**

Příznaky nadbytek bóru jsou velmi podobné poškození vlivem nadbytku dalších biogenních prvků (např. draslíku) (Kováčik 2009). Jsou poměrně velké rozdíly v citlivosti rostlin k nadbytku bóru, většinou rostliny vyžadují více bóru snášející vyšší koncentrace, a naopak nenáročné plodiny jsou snadněji poškozovány. Velmi citlivou rostlinou k nadbytku bóru je ječmen, a proto musí být brán zřetel na tuto skutečnost hlavně na hnojení bórem k předplodině (cukrovka). Poškození rostlin bórem (toxicita) se objevuje na vrcholových listech – jejich okraje nekrotizují a zasychají, celý list postupně žloutne, což se pochopitelně promítne ve snížené kvalitě produkce a depresi výnosu. Nadbytek bóru je působen jen nevhodným hnojením, závlivkou vodou s vysokým obsahem B (Vaněk et al. 2012).

### **3.6.2 Nedostatek bóru**

Poruchy vyvolané nedostatkem bóru představují vůbec nejzávažnější a nejrozšířenější chorobu neinfekčního původu a jejich ekonomický dopad může být velmi závažný. Jelikož se bór pohybuje s transpiračním proudem, může jeho zásobu v rostlinách snížit např. vysoká vzdušná vlhkost, snižující transpiraci. Nedostatek bóru může být velmi nebezpečný u slunečnice, řepky a cukrovky (Baiber et al. 1988).

## **3.7 Hnojení řepky**

Řepka je na živiny asi 2 – 3x náročnější než obilniny. Na druhé straně má vysokou předplodinovou hodnotu. Obohacuje půdu o organickou hmotu a mikroorganismy, vytváří drobtovitou strukturu a biologicky melioruje půdu. Má vynikající fyto-sanitární a biofumigační účinek. Ty má jak 2-fenyletylglukosinát obsažený v kořeni, tak i glukosinoláty z nadzemní biomasy řepky. Opadem listů (2-5 tun sušiny/ha) se vytvoří 1600 – 2400 kg humusotvorných látek, což odpovídá dávce 40 – 60 t/ha hnoje (Bečka et al. 2007).

Samotné hnojení dusíkem však nestačí. Pouze vyrovnaná výživa všemi biogenními prvky v takovém množství a poměru, které optimálně vyhovuje potřebám dané odrůdy, může vést k úspěšnému výsledku z kvantity a kvality produkce (Prugar 2008).

Z ekonomického i ekologického hlediska je považováno za velmi výhodné pro stanovení dávek dusíkatého hnojení během vegetace využití hodnot obsahu minerálního dusíku v půdě a anorganických rozborů rostlin, zejména k optimalizaci dávek dusíku pro regenerační

a produkční hnojení oproti paušálnímu rozdělení dávek dusíku během vegetace (Fecenko & ložek 2000).

### **3.7.1 Základní hnojení a hnojení na podzim**

Cílem je, aby rostliny do zimy vytvořily dostatečně mohutný a silný kořenový systém. Není ale žádoucí, aby nadzemní hmota přerůstala. Musíme mít na paměti, že dusíkatým hnojením na podzim se stimuluje růst listů na úkor kořenů. Pouze při teplém a dlouhém podzimu se hnojení dusíkem projeví kladně i na růstu kořenů (Bečka et al. 2007). Pro hnojení na podzim postačuje asi 30-40 kg N/ha (Roy et al. 2006).

V uvedeném období je často používána ke hnojení před setím ozimých plodin i kejda nebo digestát, někdy i hnůj. U řepky ozimé je vhodnější než paušální hnojení před setím, hnojení až v průběhu měsíce října, a to cíleně, na základě stavu porostů.

Hnojení až těsně před nástupem mimovegetačního období je považováno za rizikové z hlediska možných ztrát dusíku z půdy vyplavením. Proto by mělo být použito jen v malých dávkách N a pouze ve zdůvodněných případech, např. u plodin s velkým odběrem živin (ozimá řepka), na podporu dobrého založení porostu u později setých porostů ozimé pšenice nebo při prokázaném deficitu N v rostlinách (Klír et al. 2018).

### **3.7.2 Jarní hnojení řepky**

Na jaře bychom měli řepku třikrát až čtyřikrát přihnojit dusíkem. Rozestupy mezi jednotlivými dávkami mají být optimálně 14-18 dnů. Pro 1. a 2. jarní přihnojení (regenerace kořenů a regenerace listového srdéčka) upřednostňujeme ledky, např. ledek amonný s vápencem, ledek vápenatý, ledek amonný se sírou, popř. síran amonný. Později se uplatňují kapalná hnojiva či močovina. Pro „doladřovací hnojení“ používáme především ledek amonný s vápencem či ledek vápenatý (Bečka et al. 2007).

#### **3.7.2.1 1. dávka dusíku – regenerační hnojení**

S první dávkou dusíkatých hnojiv nelze na jaře otálet, porost nesmí hladovět. Jakékoliv zpoždění termínu 1. a má za následek nižší odběr dusíku a nižší nárůst biomasy.

Nejdůležitějším termínem pro dusíkaté přihnojení je právě období regenerace kořenů: na kořeni vidíme nové bílé vlášení a počíná regenerovat srdéčko listů. Regenerace kořenů začíná po 10 dnech při průměrných denních teplotách vzduchu okolo 1,3 °C a půdy 2,9°C. V závislosti na ročníku toto období nastává většinou v první dekádě března. Pro odstranění následků zimy a předjarního stresu volíme vysokou dávku dusíku – cca na úrovni 75 – 100 kg

N/ha. Protože regenerační období může nastat již na konci února a je zde nebezpečí, že se zima může vrátit, tuto dávku raději rozdělíme na dvě poddávky:

1.a regenerace kořenů - „bílý vlášení“ (cca 25 – 40 kg N/ha)

1.b regenerace srdéčka - „obnova zeleného srdéčka“ (max 50 – 75 kg N/ha)

Dávku 1.b aplikujeme asi 14 dnů po dávce 1.a. Za dalších 14 dnů po 1.b, nebo po nedělené dávce N, tedy na přelomu března a dubna je potřebné dát druhou dávku dusíku (Vašák et al. 2000).

Pro první regenerační přihnojení použijeme LAV, LAD, LAS. Závažnou otázkou je možnost použití hnojiva DAM, které je již méně riskantní při druhé dávce N.

Při volbě hnojiva DAM lze vyjít z dosavadních poznatků, kdy je možné hnojivo použít: u silných porostů (síla krčku nejméně 8 mm), nehrozí nebezpečí mrazů (po aplikaci nesmí teplota klesnout pod -4 °C), dávka činí max 100 l DAM/ha (neředěný vodou), nutno používat damové trysky (Vašák et al. 2016).

### **3.7.2.2 2. dávka dusíku: fáze dlouhivého růstu**

Toto období nastává kolem 1. – 10. dubna, přibližně dva až tři týdny po hnojení dávkou 1.b. Běžná dávka je 50 – 80 kg N/ha. Důležitým faktorem je také stav porostu. Silné porosty, kde činí hustota 30 až 40 rostlin na m<sup>2</sup>, hnojíme vyššími dávkami dusíku (asi o 20 kg N/ha). Doporučená hnojiva jsou: DAM 390, LAV, DA, LV, SAM, DASA. Nejvhodnějším je DAM 390 (Baranyk et al. 2010). Termín hnojení se potom řídí aplikací insekticidu.

Několikadenní posunutí nemá podstatnější vliv na výnos. Aplikujeme DAM neředěný. Proto je z hlediska účinnosti insekticidu třeba aplikovat alespoň 70 až 100 l roztoku na ha (tj. 27 – 39 kg N/ha) (Vaněk et al. 2016). Jestliže nebyla na lehkých půdách aplikována síra v termínech 1.a, nebo 1.b, je možno provést dodatečnou korekci aplikací N-S hnojiv (SAM, DASA atd.) Přitom se však jedná o náhradní řešení – ne zcela optimální z hlediska výživy rostlin sírou (Baranyk et al. 2010).

### **3.7.2.3 3. dávka dusíku: fáze žlutého květu**

Pro určení stavu výživy porostu se odebírají rostliny ve fázi butonizace. Průměrné stanovení dávky se průměrně pohybuje okolo 30 kg N/ha a její aplikace přináší přírůstek výnosu. Dusíkaté hnojivo se aplikuje od fáze žlutého poupěte do fáze plného květu. Přednostně se používá ledek vápenatý, ve fázi žlutého poupěte i NP roztoky či DAM 390. Třetí dávka N

může za určitých okolností zvyšovat nejednotnost kvetení a dozrávání (Fábry et al. 1992). Při pozdním použití DAMU může dojít k popálení porostu (proto neaplikovat za intenzivního slunečního záření) (Zubal et al. 1998).

## **3.8 Agroekologické požadavky**

### **3.8.1 Odběr živin řepkou ozimou**

Aulakh (1985) uvádí, že řepka olejná potřebuje bohatý a včasný přísun živin pro dobrý růst a vysoký výnos semen. Na produkci 4,5t semen z ha řepka odebere 300-350 kg N, 120-140 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 300-400 kg K<sub>2</sub>O, 30-50 kg Mg, 80-100 kg S. Velká část K zůstává ve formě slámy na pozemku. Sieling & Beims (2007) dosáhli využití dusíku ozimou řepkou z minerálních hnojiv v širokém rozsahu 31 – 70%. Sledovali příjem dusíku rostlinami ozimé řepky z hnojiv (prostřednictvím izotopu <sup>15</sup>N).

### **3.8.2 Střídání plodin**

Střídání plodin a osevnické postupy prošly dlouhou historií jako celé zemědělství, a přesto jsou přes všechny pokroky i nadále oceňovány. Je známo, že příroda sama nikdy nevytváří porost jednoho druhu rostliny, vždy jde o určitou směs druhů, čímž je vytvořena určitá rovnováha a stabilita společenstva rostlin na stanovišti. V praktické rostlinné výrobě však z větší části pěstujeme z mnoha důvodů až na výjimky čisté porosty jedné plodiny, která posunuje rovnováhu určitým směrem. V dalším roce zařazujeme zpravidla plodinu, působí opačným směrem (čerpání živin, mikroflóra půdy, fyzikální vlastnosti půdy atd.), čímž se dostáváme i na orné půdě do určité rovnováhy (Kulovaná 2001).

Řepka brání erozi půdy a splavování dusíkatých látek do spodních vrstev, a tím snižuje znečištění půdy a vodních zdrojů. Levné osivo, rychlé klíčení, růst i při nižších teplotách umožňují využití řepky jako zelené hnojení nebo jako zelené krmění (Malat'ák & Vaculík 2008).

### **3.8.3 Zařazení řepky v osevním postupu**

V současné době se 85 – 90 % ploch řepky ozimé pěstuje po obilninách. Nejčastější předplodinou pro řepku je vzhledem k rozsahu pěstování ozimá pšenice. Z ostatních obilovin se doporučuje přednostně používat ozimý ječmen, hlavně vzhledem k jeho dřívější sklizni. Jarní ječmen má navíc agresivnější výdrol, více utlačuje řepku a v posledních letech většinou ani přes



zimou nevymrzne. Množství posklizňových zbytků je přímo úměrné výnosu zrna obilnin a proto je důležitým krokem promísení a zapravení do půdního profilu (Baranyk et al. 2005).

V osevním postupu je řepka vítanou kulturou s velmi dobrou předplodinovou hodnotou pro následné plodiny. Po sklizni se do půdy vrací značné množství organické hmoty, a to více než 10 tun sušiny slámy a kořenové hmoty (Kuchtík 1995).

#### **3.8.4 Nároky na prostředí**

Řepku lze úspěšně pěstovat od nížin až do nadmořských výšek kolem 700 m n.m. S růstem výměry se řepka rozšířila do všech výrobních oblastí ČR. Hlavní pěstitelská výměra je soustředěna v bramborářských a řepářských oblastech. V nižších polohách (kukuřičné oblasti) na bohatších půdách řepka méně trpí nedostatkem živin, ale je často napadána škůdci a chorobami. Nejvyšší kvalitu, výnosy a jistotu výnosu má v bramborářské oblasti. Pro pěstování řepky jsou nejvhodnější:

- nadmořské výšky 400 – 600 m n.m.
- oblasti s průměrnými ročními teplotami 6,5 – 8,5 °C
- oblasti se srážkovým úhrnem 550 – 750 mm
- půdy lehké až střední, hlinitopísčité až hlinité
- oblasti, které zaručují dobré přezimování (Bečka et al. 2007).

#### **3.8.5 Komplikace v pěstování řepky**

Mohlo by se zdát, že řepka bude prosperující a váženou plodinou i v letech budoucích. Jako v mnoha jiných případech je však situace daleko složitější, protože pěstování řepky komplikuje celá řada donedávna neexistujících či nevýznamných faktorů. Mezi ně patří v českém, resp. evropském kontextu například:

- nemožnost využívat neonikotinoidní moření osiva
- neustálé pokračující restriktce herbicidních, insekticidních i jiných účinných látek, které nově registrované přípravky nestačí nahrazovat
- přísnější pravidla pro používání hnojiv
- kalamitní výskyty mšic, hrabošů, slimáčků, lokálně i jiných škůdců
- nevyřešená spolehlivá ochrana před verticiliovým vadnutím řepky
- stále výraznější extrémy počasí
- konkurence bionafty vyráběné z palmového či sójového oleje.

Důsledkem těchto trampot je zjednodušeně řečeno obtížnější a méně časté dosahování vysokých výnosů. Protože se však cena řepkového semene nijak významně nemění,

zhoršuje se ekonomika a tím i atraktivita a ziskovost pěstování této plodiny. Výše jmenované potíže se promítají do agrotechniky řepky v různých zemích různou měrou, někde více, jinde méně. Obecně však platí, že plochy řepky v Evropě klesají a zemědělci se začínají poohlížet po agrotechnicky „jednodušších“ plodinách (Baranyk 2020).

## 4 Metodika

### 4.1 Popis pokusného stanoviště

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze v Červeném Újezdě, okres Praha západ. Stanice se nalézá na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky.

Červený újezd spadá do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7 až 8,5 °C s ročním úhrnem srážek 450 až 550 mm a průměrná teplota ve vegetačním období (1. 4. - 30. 9.) je 12,9 °C. Průměrná doba ročního svitu je 1902 hodin, z toho je 1396 hodin slunečního svitu během vegetačního období. Délka vegetačního období činí 150 - 160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna (Cihlár 2007).

Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší šterkovitosti a tím rychlého zásaku se projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu.

Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50 - 70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední.

Na pokusných plochách převažuje BPEJ 4.10.00.

Po stránce zrnitostního složení se jedná o půdy středně těžké. Objemová hmotnost činí přibližně 1,4 t/m<sup>3</sup>, 7 % skeletu.

Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý (Cihlár 2007).

Obrázek č. 2:

Obec Červený Újezd, ČR



Zdroj: <https://www.kurzy.cz/obec/cerveny-ujezd-okres-praha-zapad/mapy/>

## 4.2 Popis pokusu

Pokus byl založen 22.8. 2016, 27.8. 2017 a 28.8. 2018 jako maloparcelkový s plochou parcelky 11,875m<sup>2</sup> (1,25 m x 9,5 m). Pokus byl založen v šesti variantách po čtyřech opakováních. V pokusu jsou hodnocena dusíkatá hnojiva močovina, DASA, ledek amonný s vápencem a dusíkatá hnojiva se stabilizovaným dusíkem UREASTABIL, ALZON 46 a ENSIN.

Pro pokus byla vybrána hybridní odrůda MARATHON. Jedná se o středně ranou odrůdu. MARATHON představuje unikátní kombinaci kratší rostliny 138 – 148 cm a velmi vysokého výnosového potenciálu. Vynikající výnosová stabilita hybridu se projevuje každoročně za různých pěstebních podmínek. Odrůda se dále vyznačuje odolností vůči poléhání, velmi dobrým zdravotním stavem a bezproblémovým přezimováním. Odrůda je od firmy RAPOOL a byla u nás registrována roku 2013. Obchodní zástupce pro ČR je OSEVA PRO s.r.o. (Zehnálek & Kraus 2017).

Tabulka č. 3: Varianty pokusu

Varianta	Hnojivo
1.	Močovina
2.	UREASTabil
3.	ALZON 46
4.	DASA
5.	ENSIN

### 4.3 Schéma pokusu

Tabulka č. 4: schéma pokusu

6 C LAV	6 D LAV	4 C DASA	4 D DASA	5 C ENSIN	5 D ENSIN
3 C UREAST.	3 D UREAST.	1 C Močovina	1 D Močovina	2 C ALZON 46	2 D ALZON 46
4 A DASA	4 B DASA	5 A ENSIN	5 B ENSIN	6 A LAV	6 B LAV
1 A Močovina	1 B Močovina	A 2 ALZON 46	B 2 ALZON 46	A 3 UREAST.	B 3 UREAST.

Hnojivo bylo přesně naváženo na každou parcelku a posléze bylo ručně aplikováno.

### 4.4 Technologie pěstování

Hnojení P, K, Ca a Mg nebylo provedeno. Hnojení N bylo provedeno ve 4 dávkách vždy příslušným hnojivem podle varianty.

#### 4.4.1 Technologie pěstování 2016/2017

Podzim

- 16. 8. 2016 sklizeň předplodiny (jarní ječmen) – sláma rozdrčena
- 19. 8. 2016 ..... seťová orba (22 cm)
- 20. 8. 2016 ..... předseťová příprava půdy (kompaktor)
- 22. 8. 2016 ..... výsev, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 kl. semen na m<sup>2</sup>
- 24. 8. 2016 ..... herbicid Circuit (2 l/ha) + Colzamid (1 l/ha)
- 27. 8. 2016 ..... moluskocid Vanish Slug Pellets
- 27. 8. 2016 ..... rodenticid Stutox lokálně do děr (opakováno dle potřeby)
- 30. 8. 2016 ..... graminicid Gallant (0,5 l/ha) + insekticid Karate Zeon (0,1 l/ha)
- 9. 9. 2016 ..... insekticid Karate Zeon (0,1 l/ha)
- 16. 9. 2016 ..... graminicid Targa (1 l/ha) + insekticid Nexide (0,1 l/ha)

#### Jaro

- 27. 2. 2017 ..... 1a. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 13. 3. 2017 ..... 1b. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 28. 3. 2017 ..... 2. dávka dusíku (70 kgN/ha) (dle varianty)
- 31. 3. 2017 ..... insekticid Proteus (0,7 l/ha)
- 11. 4. 2017 ..... 3. dávka dusíku (30 kgN/ha) (dle varianty)
- 17. 5. 2017 ..... insekticid Proteus (0,7 l/ha) (dle varianty)
- 17. 7. 2017 ..... desikace Reglone (4 l/ha)
- 26. 7. 2017 ..... sklizeň (maloparcelková sklízecí mlátička Wintersteiger)

#### 4.4.2 Technologie pěstování 2017/2018

##### Podzim

- 1. 8. 2017 ..... sklizeň předplodiny (ozimá pšenice) – sláma rozdrvena
- 21. 8. 2017 ..... seťová orba (22 cm)
- 22. 8. 2017 ..... předseťová příprava půdy (kompaktor)
- 22. 8. 2017 ..... výsev, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 kl. semen na m<sup>2</sup>
- 25. 8. 2017 ..... herbicid Circuit (2,5 l/ha)
- 28. 8. 2017 ..... moluskocid Vanish Slug Pellets
- 28. 8. 2017 ..... rodenticid Stutox lokálně do děr (opakováno dle potřeby)
- 5. 9. 2017 ..... graminicid Targa 10EC (0,5 l/ha) + insekticid Nurelle D (0,6 l/ha)

##### Jaro

- 16. 2. 2018 ..... 1a. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 15. 3. 2018 ..... 1b. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 26. 3. 2018 ..... 2. dávka dusíku (70 kgN/ha) (dle varianty)
- 17. 4. 2018 ..... insekticid Proteus (0,7 l/ha)
- 20. 4. 2018 ..... 3. dávka dusíku (30 kgN/ha) (dle varianty)
- 13. 7. 2018 ..... sklizeň (maloparcelková sklízecí mlátička Wintersteiger)

#### 4.4.3 Technologie pěstování 2018/2019

##### Podzim

- 26. 7. 2018 ..... sklizeň předplodiny (hrách setý) – sláma rozdrvena
- 1. 8. 2018 ..... podmínka (10 cm)
- 20. 8. 2018 ..... seťová orba (22 cm)
- 20. 8. 2018 ..... předseťová příprava půdy (kompaktor)
- 20. 8. 2018 ..... výsev, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 kl. semen na m<sup>2</sup>
- 23. 8. 2018 ..... herbicid Quantum (2,0 l/ha) + Command 36 CS (0,2 l/ha)
- 27. 8. 2018 ..... rodenticid Stutox lokálně do děr (opakováno dle potřeby)
- 11. 9. 2018 ..... insekticid Nurelle D (0,6 l/ha)
- 18. 9. 2018 ..... insekticid Karate Zeon (0,1 l/ha)

##### Jaro

- 23. 2. 2019 ..... 1a. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 15. 3. 2019 ..... 1b. dávka dusíku (60 kgN/ha) (dle varianty)
- 29. 3. 2019 ..... 2. dávka dusíku (70 kgN/ha) (dle varianty)
- 29. 3. 2019 ..... insekticid Nurelle D (0,6 l/ha)
- 12. 4. 2019 ..... 3. dávka dusíku (30 kgN/ha) (dle varianty)

25. 4. 2019 ..... insekticid Proteus (0,6 l/ha)  
 27. 7. 2019 ..... sklizeň (maloparcelková sklízecí mlátička Wintersteiger)

## 4.5 Průběh počasí

### 4.5.1 Průběh počasí v sezóně 2016/2017

Srpen byl teplý oproti normálu. Z hlediska srážek se jednalo o suchý měsíc, což mělo za následek pomalé vzcházení z důvodu nedostatku vody. Nejméně srážek bylo ve třetí dekádě srpna a to pouze 5,3 mm a větší srážkový úhrn se dostavil až v druhé dekádě září a činil 19,2 mm. Z hlediska teploty bylo září mimořádně teplé. Říjen se řadí z hlediska teplot k normálu a z hlediska srážek mezi silně vlhký měsíc se srážkovým úhrnem 56,9 mm což představuje 215% normálu a porosty řepky se v tomto období srovnaly. Listopad řadíme z pohledu teplot i srážek jako normální. Prosinec byl z pohledu teploty normální a z pohledu srážek taktéž normální. Leden byl oproti normálu studenější o 2,83 °C a řadíme ho jako studený a srážkově byl suchý. Únor byl oproti lednu teplý a srážkově byl normální. Jaro 2017 bylo jako v předchozích letech ideální tedy chladné a vlhké. Březen byl mimořádně teplý a srážkově byl normální se srážkovým úhrnem 33,4 mm. Duben byl normální a srážkově vlhký. Květen byl teplý a srážkově velmi suchý s úhrnem srážek pouze 16,5 mm což odpovídá 25 % normálu. Červen a červenec byly teplotně silně teplé a srážkově vlhké měsíce.

Tabulka č. 5: Povětrnostní charakteristika Výzkumná stanice Červený Újezd 2016/2017

Měsíc	2016/2017		Normál	
	Teplota [°C]	Srážky [mm]	Teplota [°C]	Srážky [mm]
Srpen	18,48	34,6	17,9	66
Září	17,64	23,7	13,5	38
Říjen	8,45	56,9	8,5	27
Listopad	2,68	23	3,1	30
Prosinec	0,67	16,5	-0,3	28
Leden	-5,13	13,8	-1,4	22
Únor	1,9	13,9	-0,3	20
Březen	7,19	33,4	3,6	28
Duben	7,75	51,3	8,5	28
Květen	14,7	16,5	13,5	70
Červen	18,69	85,8	16,2	67
Červenec	19,79	84,3	18,3	78
Srpen	19,46	55,5	17,9	66

#### 4.5.2 Průběh počasí v sezóně 2017/2018

Teploty v srpnu byly o 1,56 °C nad normálem a můžeme říci, že srpen byl silně teplý. Z pohledu srážek se jednalo o měsíc s normálním průběhem srážek. Zářím proběhlo v normálu v obou charakteristikách. Říjen byl silně teplý oproti normálu o 2,14 °C a srážkově silně vlhký se srážkovým úhrnem 61,6 mm což představuje 228 % N. Listopad s prosincem řadíme mezi teplé měsíce a jejich srážkové úhrny řadíme k N. Leden byl teplotně silně teplý s odchylkou 4,18 °C oproti N a srážkově vlhký měsíc s úhrnem 126 % normálu. Únor byl studený oproti N s odchylkou -3,51 °C a srážkově byl suchý. Březen byl po únoru druhý studený měsíc s normálním srážkovým úhrnem. Dubem řadíme mezi mimořádně teplý měsíc s odchylkou 5,06 od N a srážkový úhrn činil pouze 50 % N. Měsíce květen, červen a červenec byly silně teplé oproti N. Květen byl silně suchý s úhrnem srážek 24,4 mm. Červen byl srážkově normální. Červenec byl mimořádně suchý se srážkovým úhrnem 12,1 mm, což představuje pouze 16 % N.

Tabulka č. 6: Povětrnostní charakteristika Výzkumná stanice Červený Újezd 2017/2018

Měsíc	2017/2018		Normál	
	Teplota [°C]	Srážky [mm]	Teplota [°C]	Srážky [mm]
Srpen	19,46	55,5	17,9	66
Září	12,78	25	13,5	38
Říjen	10,64	61,6	8,5	27
Listopad	4,44	29,1	3,1	30
Prosinec	1,31	22	-0,3	28
Leden	2,78	27,6	-1,4	22
Únor	-3,81	6,3	-0,3	20
Březen	1,76	35,8	3,6	28
Duben	13,56	14	8,5	28
Květen	16,72	24,4	13,5	70
Červen	18,33	74,7	16,2	67
Červenec	20,64	12,1	18,3	78
Srpen	21,76	21,9	17,9	66

#### 4.5.3 Průběh počasí v sezóně 2018/2019

Srpen byl mimořádně teplý s odchylkou 3,86 °C oproti N. Srážkově byl srpen silně suchý s úhrnem 21,9 mm což představuje 33 % N. Vysoké teploty a malé srážky silně poznamenali vzcházení porostů řepky. Zářím a říjmem byly silně teplé oproti N a srážkově N. Listopad byl teplý a srážkově suchý. Prosinec byl teplotně silně teplý a srážkově vlhký měsíc se srážkovým úhrnem 41,8 mm což představuje 149 % normálu. Leden byl teplotně normální.



Srážky za leden představují 113 % N. Únor a březen byly silně teplé měsíce s normálním srážkovým úhrnem. Srážkově byly tyto měsíce srovnatelné s normálem. Duben byl teplý a silně suchý se srážkovým úhrnem 22,1 mm, tento úhrn představuje pouze 22 % N. Květen byl teplotně studený s odchylkou -2,19 °C od N. Květen byl srážkově normální s úhrnem srážek 55,3 mm. Červen byl teplotně mimořádně teplý s odchylkou 5,48 °C oproti normálu a se srážkovým úhrnem 41,4 mm. Červenec byl silně teplý měsíc a srážky dosahovaly hodnoty 52,6 mm.

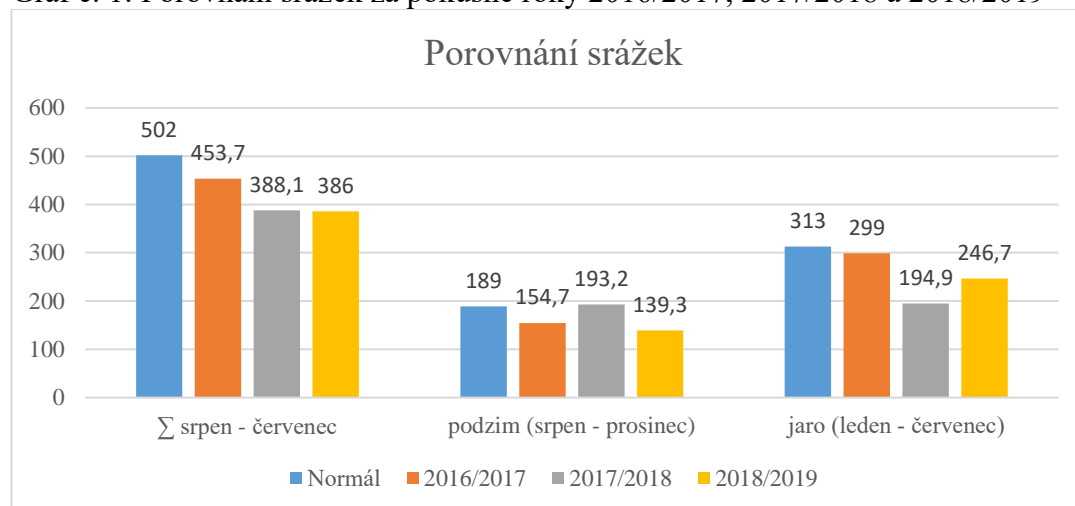
Tabulka č. 7: Povětrnostní charakteristika Výzkumná stanice Červený Újezd 2018/2019

Měsíc	2018/2019		Normál	
	Teplota [°C]	Srážky [mm]	Teplota [°C]	Srážky [mm]
Srpen	21,76	21,9	17,9	66
Září	16,03	38,7	13,5	38
Říjen	10,61	24,2	8,5	27
Listopad	4,26	12,7	3,1	30
Prosinec	2,58	41,8	-0,3	28
Leden	-0,47	24,8	-1,4	22
Únor	3,08	17,4	-0,3	20
Březen	7,04	33,1	3,6	28
Duben	10,22	22,1	8,5	28
Květen	11,31	55,3	13,5	70
Červen	21,68	41,4	16,2	67
Červenec	20,09	52,6	18,3	78
Srpen	20	97,5	17,9	66

#### 4.5.4. Shrnutí srážek 2016-2019

Normální suma srážek na výzkumné stanici Červený Újezd za období srpen až červenec činí 502 mm (průměrný údaj z let 1981–2010). V pokusném roce 2016/2017 činil úhrn srážek 453,7 mm v následujícím roce 2017/2018 byl srážkový úhrn 388,1 mm a v posledním pokusném roce 2018/2019 činil srážkový úhrn 386 mm.

Graf č. 1: Porovnání srážek za pokusné roky 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019



#### 4.5 Sledované znaky

Na jaře byly sledovány následující znaky:

1. počet rostlin na m<sup>2</sup>
2. délka kořene
3. délka lodyhy
4. průměr kořenového krčku
5. hmotnost kořene a lodyhy v čerstvém stavu
6. hmotnost sušiny kořene a lodyhy
7. výška rostlin
8. počet větví s minimálně jednou šesulí

Počet rostlin na m<sup>2</sup> byl zjišťován pomocí tzv. čtvrtmetrovky vždy dvakrát na jedno opakování, a následně se vypočítal průměr. Pro následující znaky jsem odebíral 5 rostlin po sobě jdoucích z každého opakování. Kořeny rostlin jsem omyl a zbavil nečistot. Poté jsem pomocí zahradních nůžek rozdělil rostliny na kořen a lodyhu a změřil jejich délku a následně proběhlo vážení. Průměr kořenového krčku byl měřen pomocí posuvného měřítka. Následovalo sušení kořenů a lodyh v sušárně při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Po vychladnutí probíhalo druhé vážení. Při druhém měření se pomocí měrné latě zjišťovala výška rostlin a na měřených rostlin se spočítal počet větví.

Po sklizni byly sledovány následující znaky:

1. výnos
2. hmotnost tisíce semen
3. olejnatost

Sklizeň probíhala za pomoci maloparcelkové sklízecí mlátičky Wintersteiger, následně byl zjištěn výnos z parcelky a přepočítán na t/ha při 8% vlhkosti. Nakonec byla ze sklizených semen zjištěna olejnatost a HTS pomocí počítače semen C 21 a přesných laboratorních vah na tři desetinná místa. Olejnatost byla stanovena podle ČSN EN ISO 10565 (461040) metodou NMR (pulzní jadernou magnetickou rezonancí). Tuto metodu lze použít u semen s obsahem vody pod 10 % (řepka, slunečnice, len, sóji). U semen s vyšším obsahem vody se před stanovením obsahu oleje pulzní NMR musí semena nejdříve předsušit.

Tabulka č. 8: Přehled setí, odběrů a sklizně

	setí	Počet rostlin na m <sup>2</sup>	Délka kořenů a lodyh, průměr koř. krčku, hmotnost sušiny kořenů a nadzemní biomasy	výška rostlin a počet větví	sklizeň
2016/2017	22.8.	12.4.	19.4.	5.6.	26.7.
2017/2018	22.8.	25.4.	25.4.	11.6.	13.7.
2018/2019	20.8.	18.4.	25.4.	14.6.	27.7.

Obrázek č. 2: Odebrané a očištěné rostliny z jedné varianty



Obrázek č. 3: Kořeny a nadzemní biomasa připravené na sušení





Obrázek č. 4: Pohled na pokusné parcelky (foceno 19.4.2017)





Obrázek č.5: Pohled na pokusné parcelky (foceno 18.4.2019) – sucho a řídké porosty



#### 4.6 Statistické metody

Pro statistické vyhodnocení pokusu byl použit program STATISTIKA – metoda analýza rozptylu ANOVA s hladinou významnosti  $\mu = 0,05$ .

## **5 Výsledky**

### **5.1 Počet rostlin na m<sup>2</sup>**

#### **5.1.1 Počet rostlin na m<sup>2</sup> v sezóně 2016/2017**

Nejvíce rostlin bylo zaznamenáno u varianty č.1 hnojené močovinou, a to v průměru 44,5 rostlin na m<sup>2</sup>. Na druhém místě s nejhustším porostem se umístila varianta č.2 na kterou byl aplikován ALZON 46 a nacházelo se zde 42,5 rostlin na m<sup>2</sup>. Na třetím místě se umístila varianta hnojená DASOU s celkovým počtem 39 rostlin na m<sup>2</sup>. Čtvrté místo obsadila varianta č. 6 hnojená ledkem amonným s vápencem s 38 rostlinami na m<sup>2</sup> a s nejřidším porostem se nám umístili dvě varianty, který byly hnojené UREASTABIL a ENSIM s průměrným počtem 37 rostlin na m<sup>2</sup>.

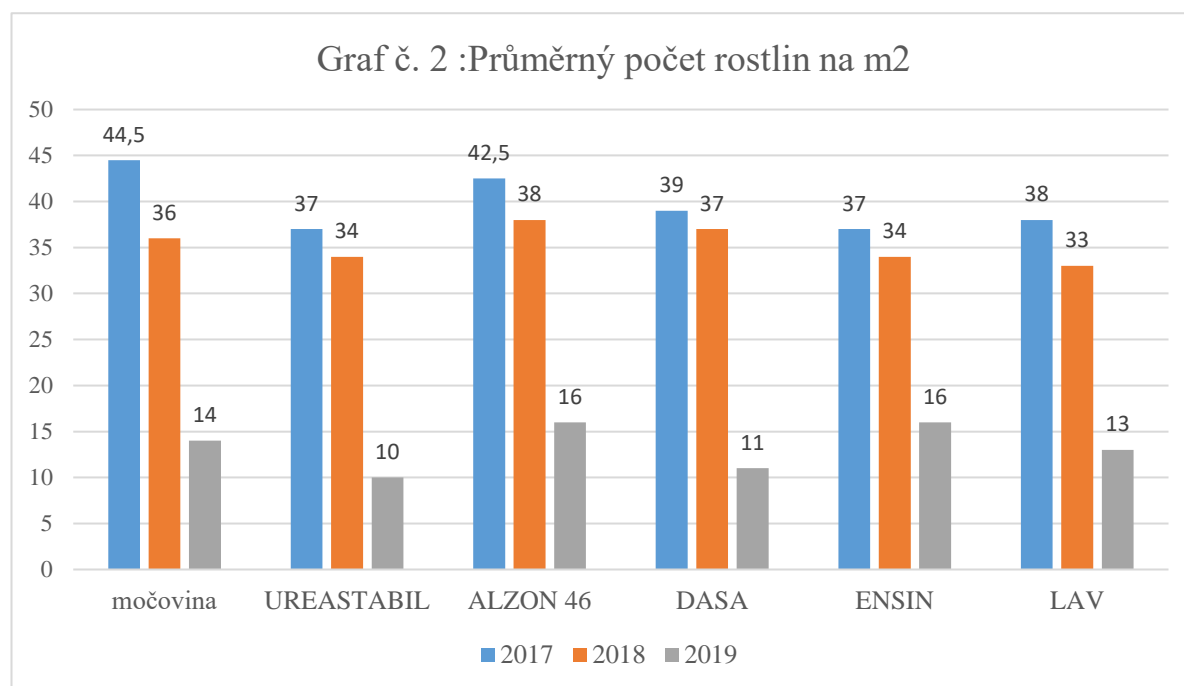
#### **5.1.2 Počet rostlin na m<sup>2</sup> v sezóně 2017/2018**

Nejvíce rostlin bylo napočítáno na variantě hnojené Alzodem 46 a to v průměru 38 rostlin na m<sup>2</sup>. Na druhém místě s nejhustším porostem se umístila varianta hnojená DASOU a nacházelo se zde 37 rostlin na m<sup>2</sup>. Následovala varianta hnojená močovinou s 36 rostlinami na m<sup>2</sup>. Jako další následují varianty hnojené UREASTABIL a ENSINEM s hustotou porostu 34 rostlin na m<sup>2</sup> a nejméně rostlin se nacházelo na variantě č.6 hnojené ledkem amonným s vápencem, a to v průměru 33 rostlin na m<sup>2</sup>.

#### **5.1.3 Počet rostlin na m<sup>2</sup> v sezóně 2018/2019**

Stav porostů v sezóně 2018/2019 byl negativně ovlivněn suchým a teplým počasím po zasetí. Nejvíce rostlin se nacházelo na variantách hnojených ALZONEM 46 a ESINEM, a to v průměru 16 rostlin na m<sup>2</sup>. Následovala varianta č. 1 hnojená močovinou s 14 rostlinami na m<sup>2</sup>. Na čtvrtém místě se umístila varianta hnojená LAV s celkovým počtem 13 rostlin na m<sup>2</sup>. Na pátém místě umístila varianta hnojená DASOU s 11 rostlinami na m<sup>2</sup> a pouze 10 rostlin na m<sup>2</sup> se v průměru nacházelo na variantě hnojené UREASTABIL

Graf č. 2: Průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup>



## 5.2 Hmotnost sušiny nadzemní části

### 5.2.1 Hmotnost sušiny nadzemní části 2016/2017

Z grafu č. 3 vyplývá, že při odběrech ze dne 19.4. 2017 byla zjištěna nejvyšší hmotnost sušiny nadzemní biomasy naměřena u varianty hnojené DASOU. Druhá nejvyšší hmotnost byla naměřena u varianty č. 1 hnojené močovinou a jako třetí se umístila varianta hnojená UREASTABIL. Následovala varianta hnojená ALZONEM 46. Pátá se umístila varianta hnojená ENSINEM a nejnižší hmotnost sušiny nadzemní biomasy byla naměřena u kontrolní varianty hnojené ledkem amonným s vápencem.

### 5.2.2 Hmotnost sušiny nadzemní části 2017/2018

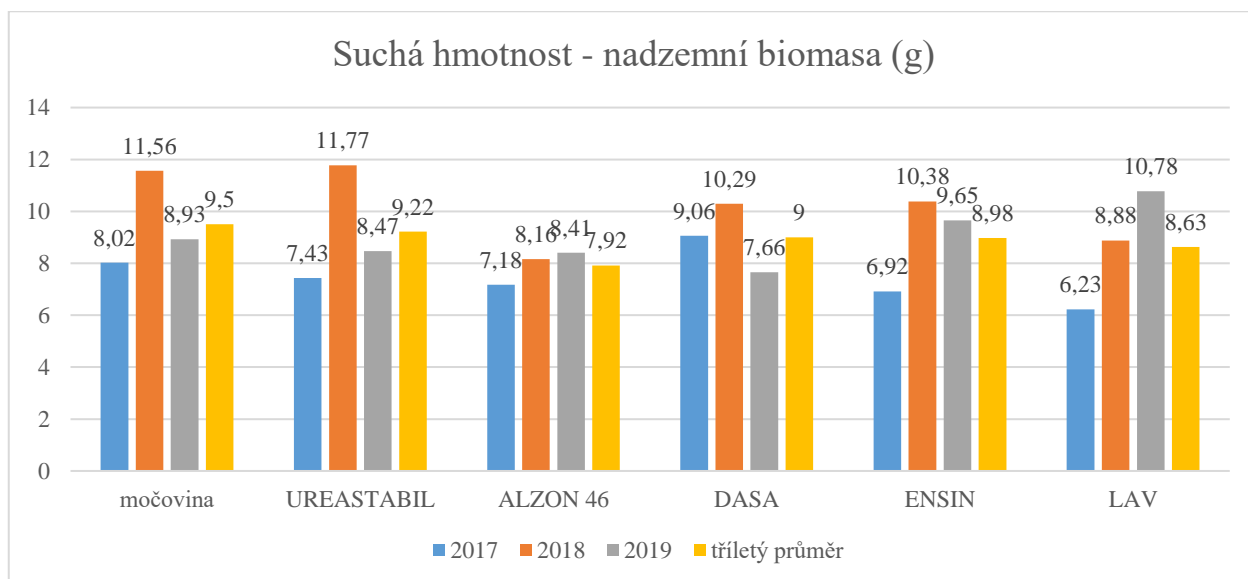
V pokusném roce 2017/2018 byla největší hmotnost sušiny nadzemní biomasy zaznamenána u varianty hnojené UREASTABIL. Druhá byla varianta hnojená močovinou. Dále se umístily varianty hnojené DASOU a ENSINEM. Na pátém místě se umístila varianta č. 6 hnojená ledkem a nejnižší hmotnost byla pozorována u varianty č. 3 hnojené ALZONEM 46.



### 5.2.3 Hmotnost sušiny nadzemní části 2018/2019

V pokusném roce byly pozorována nejvyšší hmotnost sušiny nadzemní biomasy u kontrolní varianty hnojené ledkem amonným s vápencem. Druhá byla varianta hnojená ENSINEM. Třetí nejvyšší hmotnost sušiny nadzemní biomasy byla naměřena u varianty hnojené močovinou. Následovaly varianty hnojené UREASTABIL a ALZONEM 46. Nejmenší hmotnost sušiny byla naměřena u varianty hnojené DASOU.

Graf č. 3: Hmotnost sušiny nadzemní biomasy



V porovnání tříletých průměrů mají všechny varianty až na Alzon 46 větší hmotnost sušiny nadzemní biomasy než kontrolní varianta. Stabilizovaná hnojivou nejsou v tomto znaku lepší než jejich nestabilizované formy.

## 5.3 Hmotnost sušiny kořenů

### 5.3.1 Hmotnost sušiny kořenů 2016/2017

Nejvyšší hmotnost sušiny kořenů byla v pokusném roce 2016/2017 navážena u varianty hnojené močovinou. Na druhém místě se umístila varianta hnojená ALZONEM 46. Třetí nejvyšší hmotnost byla pozorována u varianty č. 4 hnojené DASOU. Jako 4 se umístila varianta hnojená UREASTABIL. Následovala varianta hnojená ENSINEM a nejnižší hmotnost sušiny kořenů byla navážena u kontrolní varianty hnojené ledkem.

### 5.3.2 Hmotnost sušiny kořenů 2017/2018

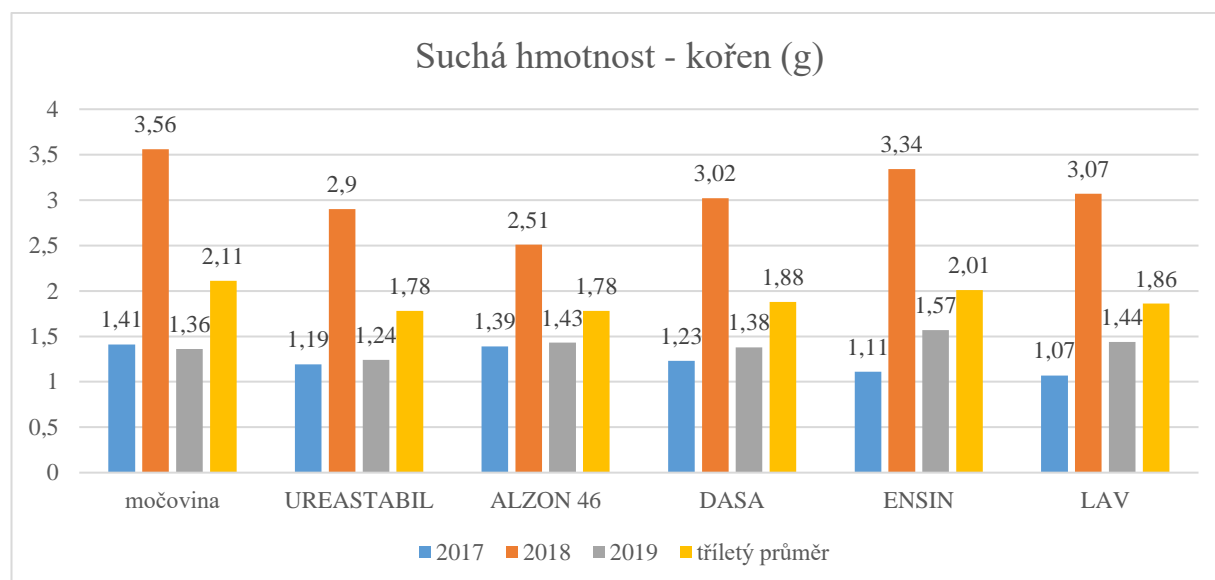
V pokusném roce 2017/2018 byla nejvyšší hmotnost sušiny kořenů navážena opět u varianty hnojené močovinou, následovala varianta č. 5 hnojená ENSINEM. S třetí nejvyšší

sušinou kořenů se umístila varianta hnojená ledkem, za kterou se těsně umístila varianta hnojená DASOU. Poté se umístila varianta č. 2 hnojená URASTABIL a jako šestá skončila varianta hnojená ALZONEM 46.

### 5.3.3 Hmotnost sušiny kořenů 2018/2019

Varianta hnojená ENSINEM se v pokusné roce 2018/2019 umístila na prvním místě s nejvyšší sušinou kořenů. Následovala kontrolní varianta č.6 hnojená ledkem a těsně za ní se umístila varianta hnojená ALZONEM 46. Čtvrtá nejvyšší sušina kořene byla navážena u varianty hnojené DASOU a za ní se těsně umístila varianta hnojená močovinou. Nejnižší hmotnost sušiny kořene byla zaznamenána u varianty hnojené UREASTABIL.

Graf č. 4: Hmotnost sušiny kořenů



Hnojivo ENSIN vykazuje ve tříletém průměru vyšší hmotnost sušiny kořenů než jeho nestabilizovaná forma DASA. Klasická močovina má o 13,5 % vyšší hmotnost sušiny kořenů než kontrolní varianta a její stabilizované formy UREASTABIL a Alzon 46 mají shodně sušinu kořenů nižší o 4,3 % než kontrola. Klasická močovina a ENSIN mají pozitivní vliv na tento znak.

## 5.4 Výška rostlin

### 5.4.1 Průměrná výška rostlin 2016/2017

Nejvyšší průměrná výška byla zjištěna u varianty hnojené močovinou a to 160,25 cm a následovala varianta hnojená UREASTABIL (157,7 cm). DASA se umístila na třetím místě s průměrnou výškou (156,4 cm) a těsně za ní se umístila varianta hnojená ledkem amonným

s vápencem. Na pátém místě se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 (153,4 cm) a nejnižší rostliny se nacházeli na variantě hnojené ENSINEM (151,2 cm).

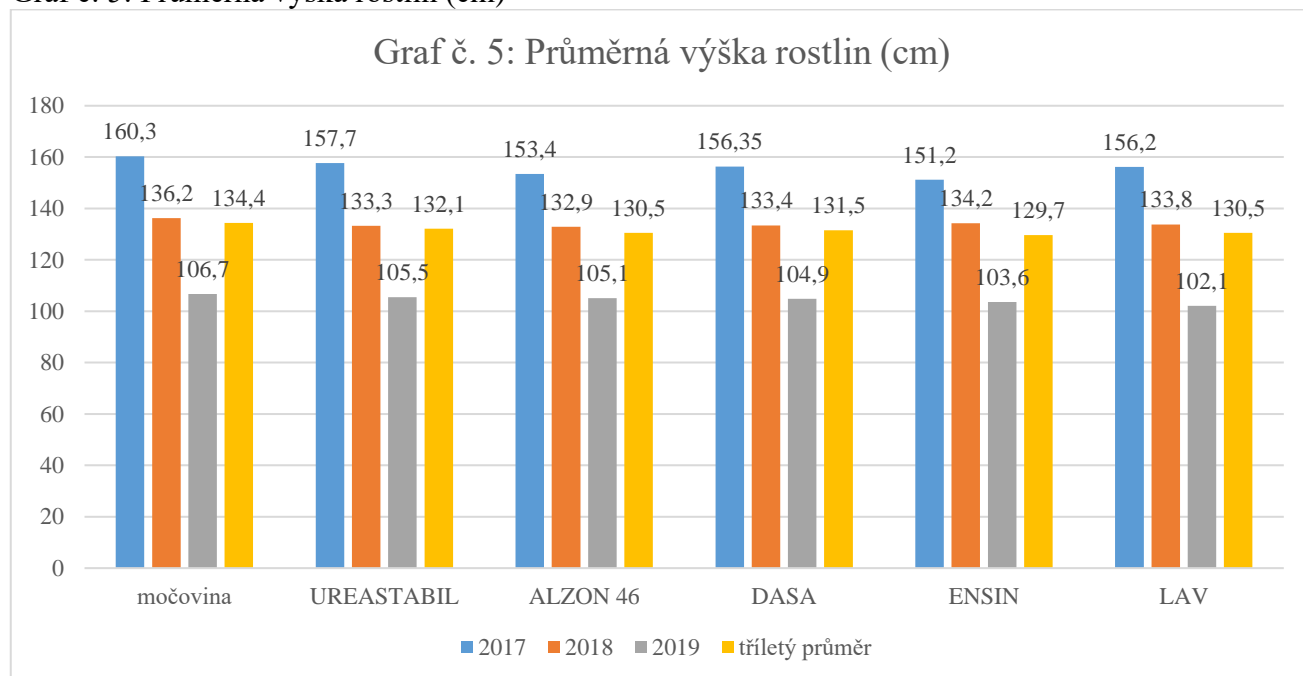
#### 5.4.2 Průměrná výška rostlin 2017/2018

Nejvyšší průměrná výška rostliny byla naměřena jako v předchozí sezóně u porostu hnojeného močovinou (136,2 cm). Následovala varianta hnojená ENSINEM s průměrnou výškou rostliny 134,2 cm. Dále následovaly varianty hnojené DASOU (133,36 cm), pak UREASTABIL (133,33 cm) a ledkem amonným s vápencem (133,76 cm). Nejnižší rostliny se nacházely na variantě hnojené ALZONEM 46 (132,9 cm).

#### 5.4.3 Průměrná výška rostlin 2018/2019

Nejvyšší rostliny byly opět na variantě hnojené močovinou jako předchozí dvě sezóny s průměrnou výškou 106,7 cm. Následovala varianta hnojená UREASTABIL (105,45 cm). Těsně za touto variantou se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 s průměrnou výškou 105,05 cm. Porosty hnojené DASOU měly průměrnou výšku 104,9 cm. Porost hnojený ENSINEM měl průměrnou výšku 103,6cm a nejnižší rostliny se nacházely na variantě hnojené ledkem amonným s vápencem (102 cm).

Graf č. 5: Průměrná výška rostlin (cm)



Rostliny z variant hnojených klasickými hnojivy jsou ve tříletém průměru vyšší než jejich stabilizované formy. Varianta hnojená močovinou je v průměru o 3 % vyšší než kontrolní varianta. Hnojivo Alzon 46 vykazovalo stejně vysoké rostliny jako kontrolní varianta. Na variantě hnojené ENSINEM jsou rostliny nižší než na kontrolní variantě.

## **5.5 Počet větví na rostlinu**

### **5.5.1 Počet větví na rostlinu 2016/2017**

Počet větví na rostlinu minimálně s jednou šesulí byl počítán ve stejný den jako se měřila výška rostlin. Varianta s největším počtem větví byla hnojená UREASTABIL a v průměru se na rostlině nacházelo 9,4 větví, druhá byla varianta č. 4 hnojená DASOU s průměrným počtem větví 9,0. Na třetím místě se nám umístily dvě varianty hnojené močovinou a ALZONEM 46 s průměrným počtem větví 8,7. Na předposledním místě se umístila kontrola (8,3 větví na rostlině). Jako nejméně ovětvená varianta se umístila varianta hnojená ENSINEM s průměrným počtem 8,1 větví na rostlině.

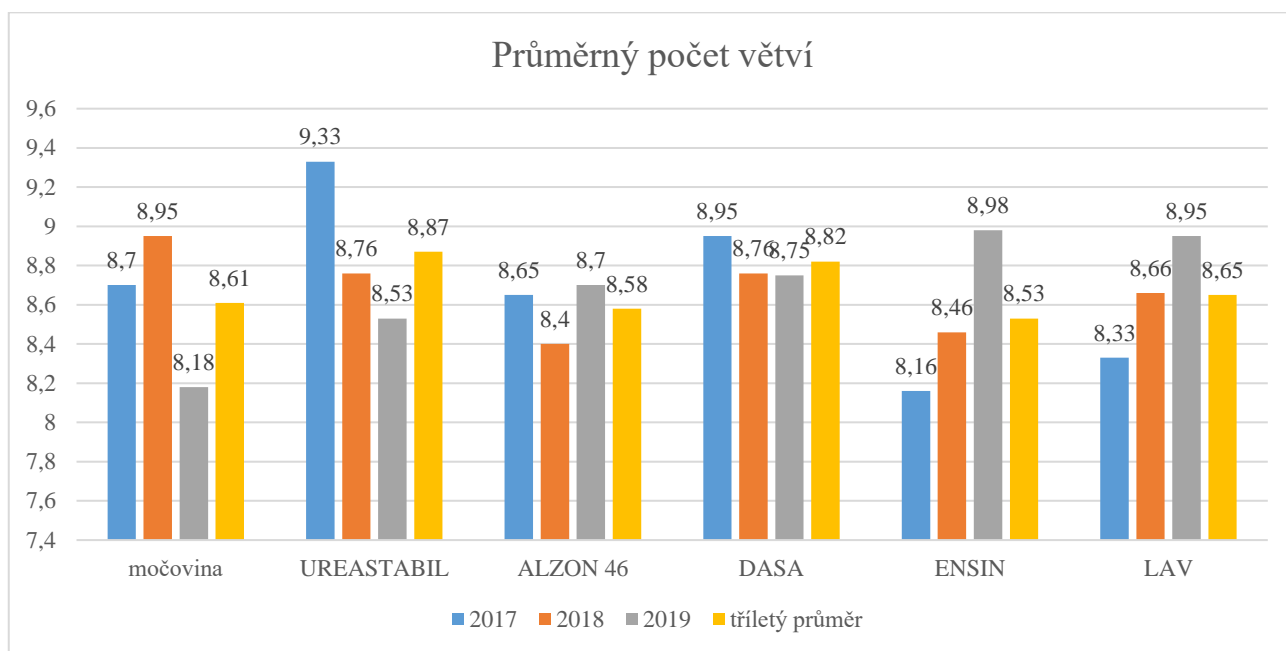
### **5.5.2 Počet větví na rostlinu 2017/2018**

V sezóně 2017/2018 měla varianta hnojená močovinou nejvíce větví v průměru na rostlinu (8,95). Následovala varianta č. 2 hnojená UREASTABIL s počtem větví 8,76, Třetí dopadla varianta č. 4 hnojená DASOU s počtem větví 8,75. Následovala kontrolní varianta hnojená ledkem s průměrným počtem 8,68 větve na rostlinu. Na pátém místě v počtu větví se umístila varianta hnojená ENSINEM (8,46 větví na rostlině). Jako nejméně odvětvená varianta se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 s průměrným počtem větví 8,4 na rostlinu.

### **5.5.3 Počet větví na rostlinu 2018/2019**

V sezóně 2018/2019 se nám situace téměř otočila. Jako varianta s největším počtem větví se umístila varianta hnojená ENSINEM s počtem 8,96 větví na rostlinu těsně následovala kontrolní varianta hnojená ledkem s průměrným počtem 8,95. Na těchto variantách se nacházely spíše menší počty větví v předešlých dvou sezónách. Na třetí pozici s největším počtem větví se umístila varianta hnojená DASOU (8,75). Následovala varianta hnojená ALZONEM 46 s průměrným počtem 8,7 větve na rostlinu. Na páté příčce se umístila UREASTABIL (8,83) a jako varianta s nejmenším počtem větví dopadla varianta hnojená močovinou (8,16), která v předešlých letech patřila k variantám s větším počtem větví.

Graf č. 6: Průměrný počet větví na rostlinu



Na variantě hnojené UREASTABIL se v průměru nacházelo nejvíce větví, o 2,5 % více než na kontrolní variantě. Nad kontrolní variantou se ještě umístila varianta hnojená DASOU, zbylé varianty dopadly hůře než kontrola.

## 5.6 Hmotnost tisíce semen (HTS)

### 5.6.1 Hmotnost tisíce semen 2016/2017

V grafu č. 7 jsou vyhodnoceny výsledky HTS. Nejvyšší HTS byla navážena u varianty hnojené ENSINem (4,324 g) následovala varianta hnojená DASOU (4,307 g). Třetí nejvyšší HTS měla varianta č. 2 hnojená UREASTABIL (4,237 g). Následovala varianta hnojená ledkem (4,213 g) a těsně za ní se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 (4,205 g). Nejnížší HTS byla u varianty hnojené močovinou (4,143 g).

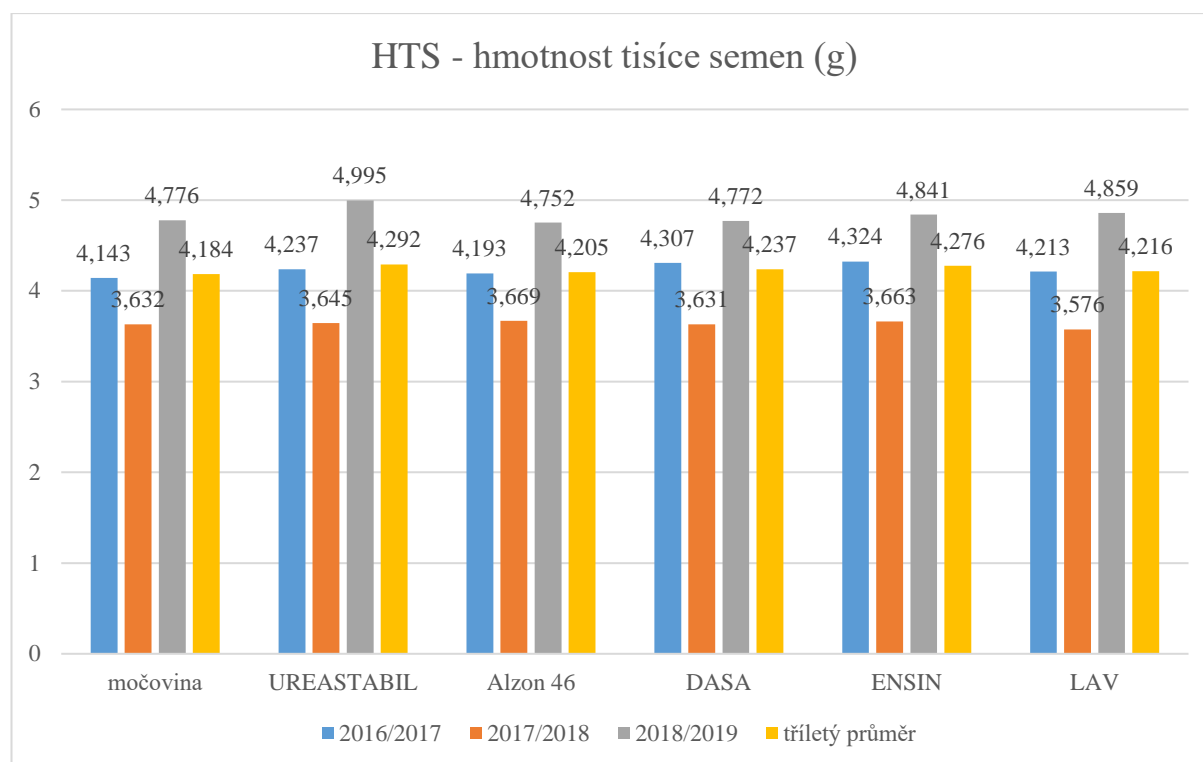
### 5.6.2 Hmotnost tisíce semen 2017/2018

V sezóně 2017/2018 byly naměřeny nejnižší hodnoty HTS za pokusné tříleté období s nízkými rozdíly mezi jednotlivě hnojenými variantami. Nejvyšší HTS byla zjištěna u varianty hnojené ALZONEM 46 (3,669 g) po které následovala varianta hnojená ENSINEM (3,663 g). Následovala varianta hnojená UREASTABIL (3,645 g). Následovala varianta hnojená močovinou (3,632 g), za kterou se těsně umístila varianta hnojená DASOU s HTS (3,631 g). Nejnížší HTS byla navážena na kontrolní variantě a to pouze 3,576 g.

### 5.6.3 Hmotnost tisíce semen 2018/2019

Sezóna 2018/2019 se vyznačovala nejvyššími HTS za pokusné tříleté období. Nejvyšší hodnota HTS byla v sezóně 2018/2019 naměřena u varianty hnojené UREASTABIL (4,995 g). Následovala kontrolní varianta hnojená ledkem (4,859 g). Ve středu se umístily varianty hnojené ENSINEM (4,841 g) a DASOU (4,772 g). Poté následovala varianta hnojená močovinou (4,776 g) a nejnižší HTS byla navážena u varianty hnojené ALZONEM 46 (4,752 g).

Graf č. 7: Hmotnost tisíce semen (HTS)



Všechny stabilizovaná hnojiva vykazují v průměru vyšší HTS než jejich nestabilizované formy. Nejnižší HTS byla zaznamenána na variantě hnojené močovinou 4,184 g

## 5.7 Olejnatost

### 5.7.1 Olejnatost 2016/2017

V grafu č. 10 máme znázorněné olejnatosti za 3-leté pokusné období. Nejvyšší olejnatost v první pokusné sezóně měla varianta hnojená ENSINEM a to 45,7 %. Na druhém místě se umístila kontrola s olejnatostí 45,5 %. Třetí se umístila varianta hnojená močovinou s olejnatostí 45,3 %. Na čtvrtém místě se umístila varianta hnojená DASOU s olejnatostí 45,3

% těsně za touto variantou se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 s olejnatostí 45,2 %. Nejnižší olejnatost byla u varianty hnojené URESTABIL (44,9 %).

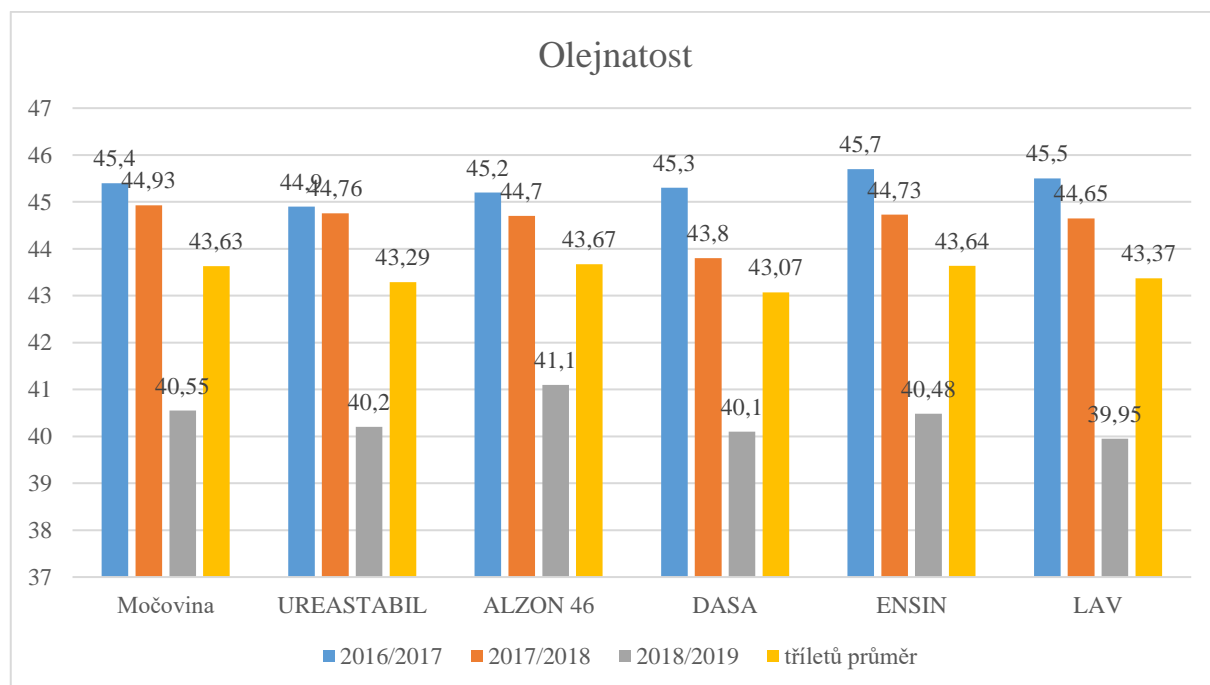
### 5.7.2 Olejnatost 2017/2018

Nejvyšší olejnatost měla v druhém pokusném roce varianta hnojená močovinou (44,93 %). Následovala varianta hnojená UREASTABIL s olejnatostí 44,76 %. Na třetím místě se umístila varianta hnojená ENSINEM s olejnatostí 44,73 %. Čtvrtou příčku obsadila varianta č. 3 hnojená ALZONEM 46 s olejnatostí 44,7 %. Na pátém místě se umístila kontrolní varianta (44,65 %) a nejnižší olejnatost byla naměřena u varianty č. 4 hnojené DASOU s olejnatostí 43,8 %.

### 5.7.3 Olejnatost 2018/2019

Olejnatost byla nejnižší ve třetím pokusném roce, tento problém se vyskytoval regionálně po celé ČR. Nejvyšší olejnatost měla varianta č. 3 hnojená ALZONEM 46 (41,1 %). Následovala varianta č.1 hnojená močovinou (40,55 %). Na třetí příčce se umístila varianta hnojená ENSINEM (40,36 %). Poté následovala varianta hnojená UREASTABIL (40,2 %). Varianta č. 5 hnojená DASOU se umístila na páté příčce s olejnatostí 40,1 % a na poslední příčce se umístila kontrolní varianta hnojená ledkem s olejnatostí 39,95 %.

Graf č. 8: Olejnatost (%)



Sledovaný znak olejnatost vykazoval malé rozdíly ve tříletém průměru. Olejnatost se v tříletém průměru pohybovala od 43,07 – 43,67 %. Hnojivo ENSIN vykazovalo ve všech letech vyšší olejnatost než hnojivo DASA, které mělo nejnižší průměrnou olejnatost.

## **5.8 Výnos semen**

### **5.8.1 Výnos 2016/2017**

Nejvyšší výnos byl zaznamenán na variantě hnojené UREASTABIL 5,06 t/ha, druhá nejvýnosnější varianta bylo hnojená močovinou s výnosem 4,89 t/ha. Na třetím místě v pořadí se umístila varianta č. 6 hnojená ENSINEM s výnosem 4,79 t/ha a následovala varianta hnojená ALZONEM 46, která dala výnos 4,63 t/ha. Na 5 místě se umístila kontrola hnojená LAVem s výnosem 4,59 t/ha a nejhůře z pohledu výnosu dopadla DASA s výnosem 4,57 t/ha.

### **5.8.2 Výnos 2017/2018**

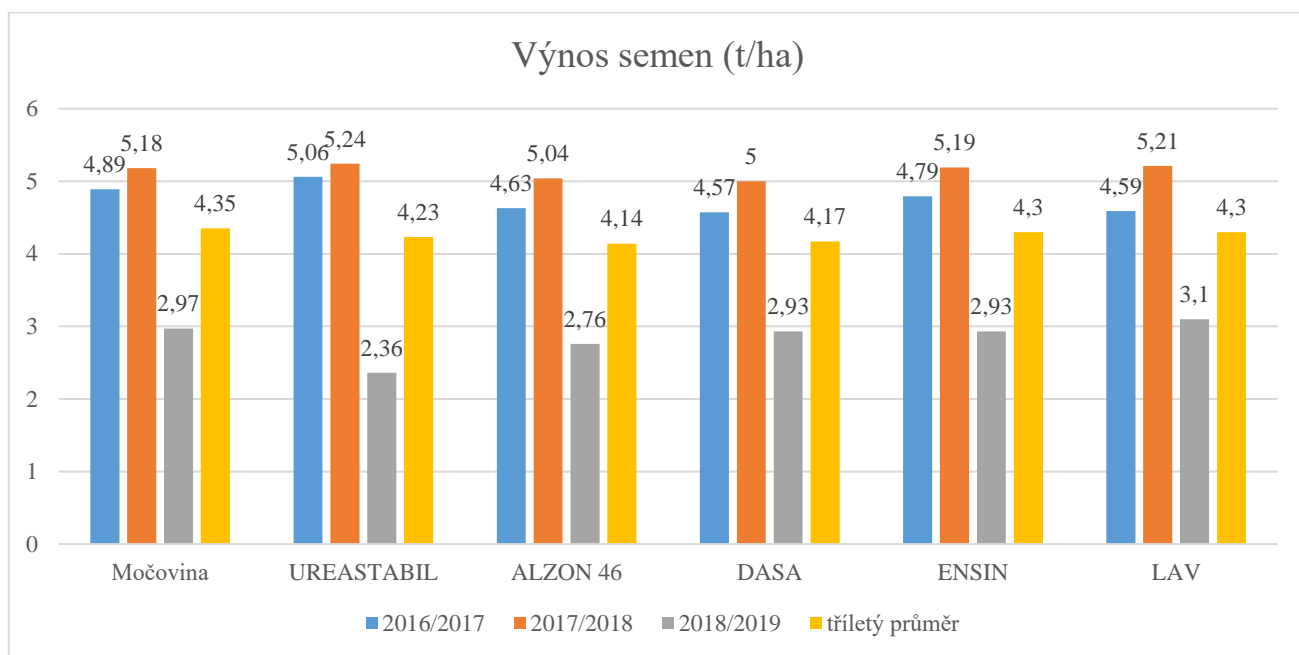
V druhém pokusném roce se výnosy pohybovaly od 5 – 5,24 t/ha a nejvyšší výnos byl dosažen na variantě hnojené UREASTABIL (5,24 t/ha). Druhá nejvýnosnější byla kontrolní varianta s výnosem 5,21 t/ha. Následovala varianta hnojená ENSINEM (5,19 t/ha) za kterou se těsně umístila varianta hnojená močovinou s výnosem 5,18 t/ha. Na předposledním místě se s výnosem 5,04 t/ha umístila varianta hnojená ALZONEM 46 a nejnižší výnos byl na variantě hnojené DASOU (5,0 t/ha).

### **5.8.3 Výnos 2018/2019**

Porosty byly v pokusné sezóně 2018/2019 poznamenány suchým a teplým počasím po zasetí, což mělo za následek špatné a nevyrovnané vzcházení porostů, které se promítlo do výnosů. Dále se na porostech podepsalo suché počasí na jaře s mimořádně teplým červnem, které způsobilo předčasné zrání porostů. Výnos se pohyboval od 2,36 – 3,10 t/ha. Nejvyšší výnos byl sklizen na kontrolní variantě a to 3,10 t/ha. Následovala varianta č. 1 hnojená močovinou s výnosem 2,97 t/ha. Na třetí příčce se umístila varianta hnojená DASOU s výnosem 2,93 t/ha za kterou těsně následovala její stabilizovaná forma ENSIN s výnosem 2,93 t/ha. Jako předposlední se umístila varianta hnojená ALZONEM 46, která poskytla výnos 2,76 t/ha a nejnižší výnos poskytla varianta č. 2 hnojená UREASTAIL (2,36 t/ha), která se v předchozích dvou letech umístila na prvním místě.



Graf č. 9: Výnos semen (t/ha)



V porovnání tříletých průměrů předčila močovina svoje stabilizované formy a přinesla navýšení oproti kontrole 1,2 %. ENSIN dosáhl stejného výnosu jako kontrolní varianta 4,30 t/ha, a v porovnání s DASOU přinesl o 5 % vyšší výnos.

## 5.9 Ekonomické zhodnocení

Pro ekonomické zhodnocení jsem použil variantu hnojenou ledkem amonným s vápencem jako kontrolu, u které jsem jako zisk použil 0 Kč. Ceny hnojiv jsem použil stejné pro všechny tři pokusné roky a výkupní cenu řepky 9700 Kč/t (ZZN Polabí, a.s. 2017). Náklady na hnojivo pro ekonomické zhodnocení jsou počítány bez aplikace. Čistá tržba = výkupní cena řepkového semena \* výnos – náklady na hnojivo.

Tab. č. 8: Cena hnojiv

Hnojivo	Cena za tunu	Cena 1 kg/N
Močovina	6 900 Kč	15 Kč
UREASTABIL	8 200 Kč	17,8 Kč
ALZON 46	8 600 Kč	18,7 Kč
DASA	5 400 Kč	20,1 Kč
ENSIN	6 800 Kč	26,2 Kč
LAV	4 900 Kč	18,1 Kč

Zdroj: ZZN Polabí, a.s. (2017).

### 5.9.1 Ekonomické zhodnocení 2016/2017

Nejvyšší ekonomické zhodnocení bylo u nejevýnosnější varianty, která byla hnojena UREASTABIL a zisk byl 4 679 Kč. Na druhém místě se umístila varianta hnojená močovinou se ziskem 3 605 Kč. Jako třetí v zisku se umístil ALZON 46 se ziskem 238 Kč. Na čtvrté místě se umístil ENSIN se ziskem 177 Kč, a jako jediná varianta se do záporného zisku dostala varianta hnojená DASOU se ztrátou 806 Kč.

Tab. č. 9: Ekonomické zhodnocení 2016/2017

Hnojivo	Výnos [t/ha]	Množství hnojiva [t/ha]	Náklady na hnojivo [Kč/ha]	Tržba celkem [Kč/ha]	Čistá tržba [Kč/ha]	Ekonomické zhodnocení [Kč/ha]
Močovina	4,889	0,48	3 312	47 423	44 111	3 605
UREASTABIL	5,064	0,48	3 936	49 121	45 185	4 679
Alzon 46	4,626	0,48	4 128	44 872	40 744	238
DASA	4,566	0,85	4 590	44 290	39 700	-806
ENSIN	4,79	0,85	5 780	46 463	40 683	177
LAV	4,585	0,81	3 969	44 475	40 506	0

### 5.9.2 Ekonomické zhodnocení 2017/2018

Nejvyšší ekonomické zhodnocení v sezóně 2017/2018 bylo u varianty č. 1 hnojené močovinou které činilo 366 Kč, druhá zisková varianta oproti kontrole byla varianta č.2 hnojená UREASTABIL s navýšením zisku o 324 Kč. Třetí se umístila kontrolní varianta, kterou беру jako výchozí bod pro porovnání a následují varianty dopadly záporně. Se ztrátou 2000 Kč se umístila varianta hnojená ALZONEM 46, dále se umístila varianta hnojená ENSINEM se ztrátou 2005 Kč. Nejvyšší ztrátu zaznamenala varianta hnojená DASOU 2658 Kč díky nejnižšímu výnosu a dražší ceně dusíku oproti kontrole.

Tab. č. 10: Ekonomické zhodnocení 2017/2018

Hnojivo	Výnos [t/ha]	Množství hnojiva [t/ha]	Náklady na hnojivo [Kč/ha]	Tržba celkem [Kč/ha]	Čistá tržba [Kč/ha]	Ekonomické zhodnocení [Kč/ha]
Močovina	5,18	0,48	3 312	50246	46 934	366
UREASTABIL	5,24	0,48	3 936	50828	46 892	324
Alzon 46	5,04	0,48	4 128	48888	44 760	-2000
DASA	5	0,85	4 590	48500	43 910	-2658
ENSIN	5,19	0,85	5 780	50343	44 563	-2005
LAV	5,21	0,81	3 969	50537	46 568	0

### 5.9.2 Ekonomické zhodnocení 2018/2019

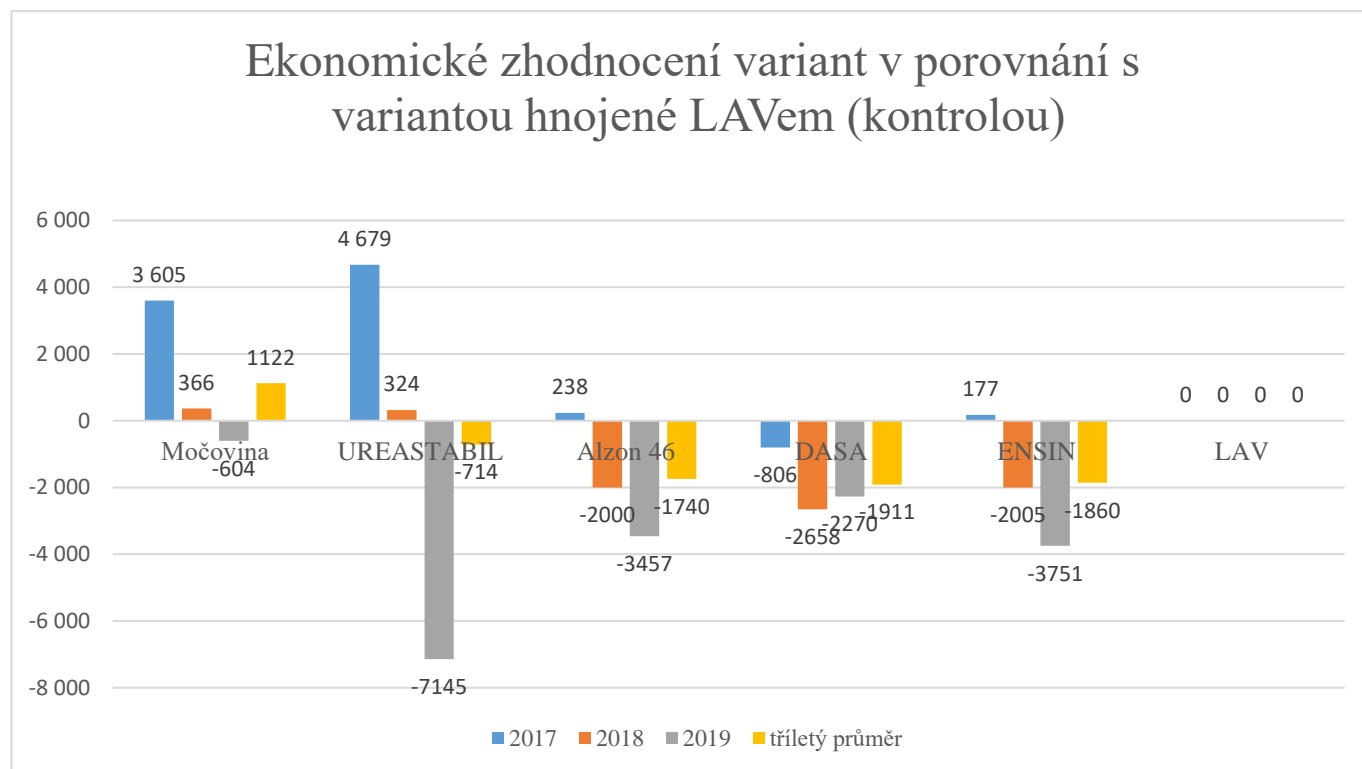
V pokusném roce 2018/2019 dopadly všechny varianty oproti kontrolní variantě v záporné hodnotě. Nejnižší ztrátu oproti kontrole zaznamenala varianta č. 1 hnojená močovinou (-604 Kč). Druhou nejnižší ztrátu vykazala varianta č.4 hnojená DASOU (-2270 Kč). Třetí se umístila varianta hnojená ALZONEM 46 se ztrátou 3 457 Kč na kontrolu. Čtvrtá se umístila varianta hnojená ENSINEM se ztrátou 3 751 Kč a nejvyšší ztrátu oproti kontrole díky nízkému výnosu vykazala varianta č.2 hnojená UREASTABIL – 7 145 Kč.

Tabulka č. 11: Ekonomické zhodnocení 2018/2019

Hnojivo	Výnos [t/ha]	Množství hnojiva [t/ha]	Náklady na hnojivo [Kč/ha]	Tržba celkem [Kč/ha]	Čistá tržba [Kč/ha]	Ekonomické zhodnocení [Kč/ha]
Močovina	2,97	0,48	3 312	28809	25 497	-604
UREASTABIL	2,36	0,48	3 936	22892	18 956	-7145
Alzon 46	2,76	0,48	4 128	26772	22 644	-3457
DASA	2,93	0,85	4 590	28421	23 831	-2270
ENSIN	2,9	0,85	5 780	28130	22 350	-3751
LAV	3,1	0,81	3 969	30070	26 101	0

## 5.9.4 Přehled ekonomického zhodnocení

Graf č. 10: Ekonomické zhodnocení 2016-2019



Ve tříletém ekonomickém zhodnocení pouze varianta hnojená močovinou přinesla zisk 1122 Kč, díky nejvyššímu výnosu a nejnižší ceně 1 kg dusíku. Zbylé varianty z ekonomického hlediska nepřevýšily kontrolu. Varianta hnojená ENSINEM přinesla vyšší ekonomický přínos než varianta hnojená DASOU, lze tedy upřednostnit ENSIN před DASOU.

## 5.10 Statistické vyhodnocení

### 5.10.1 Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2016/2017

Tabulka č. 10:

Varianta	HTS	Olejnatost	Výnos
močovina	4,14 a	45,37 a	4,89 a
UREASTABIL	4,24 a	44,92 a	4,97 a
ALZON 46	4,19 a	45,22 a	4,67 a
DASA	4,31 a	45,22 a	4,63 a
ENSIN	4,32 a	45,72 a	4,65 a
LAV	4,21 a	45,54 a	4,70 a

### 5.10.2 Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2017/2018

Tabulka č. 11:

Varianta	HTS	Olejnatost	Výnos
močovina	3,63 a	44,9 a	5,18 a
UREASTABIL	3,64 a	44,9 a	5,23 a
ALZON 46	3,67 a	44,7 a	5,04 a
DASA	3,63 a	43,8 a	5,0 a
ENSIN	3,66 a	44,7 a	5,19 a
LAV	3,58 a	44,6 a	5,21 a

### 5.10.3 Tabulka statistický vyhodnocení HTS, olejnatosti a výnosu 2018/2019

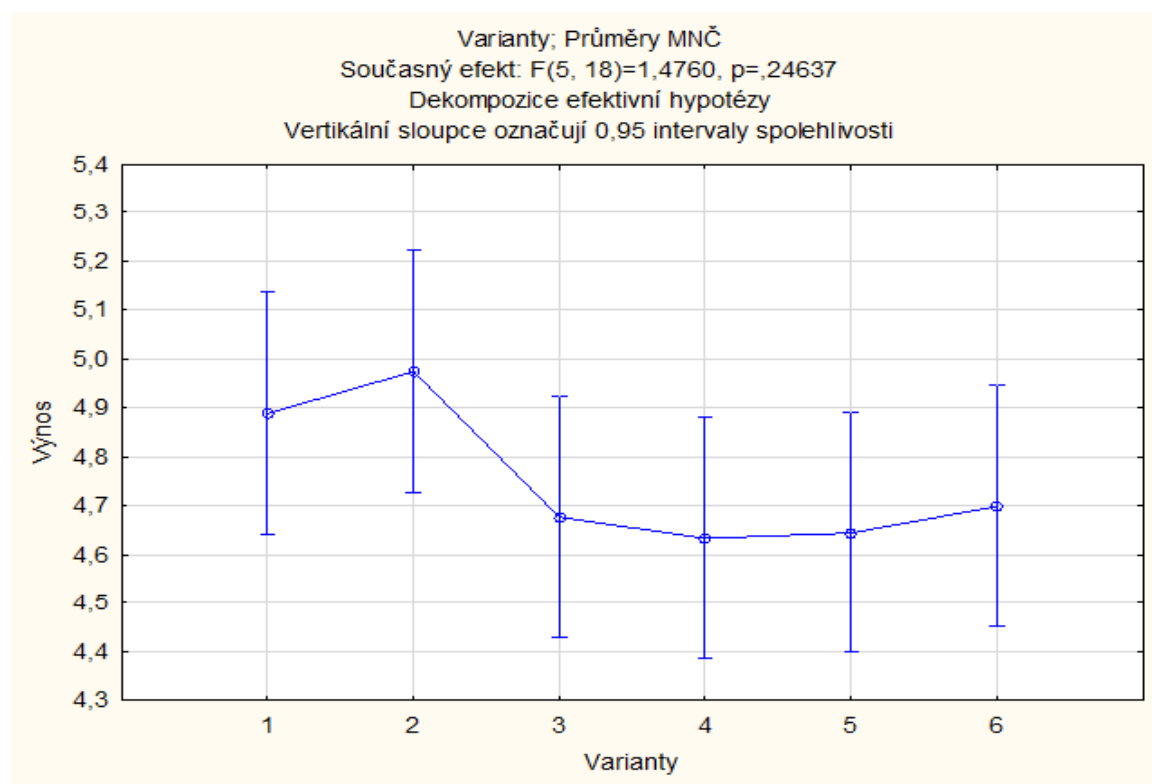
Tabulka č. 12:

Varianta	HTS	Olejnatost	Výnos
močovina	4,78 a	40,56 ab	2,97 a
UREASTABIL	4,99 a	40,19 ab	2,36 a
ALZON 46	4,75 a	41,07 a	2,76 a
DASA	4,77 a	40,09 ab	2,93 a
ENSIN	4,84 a	40,37 ab	2,92 a
LAV	4,86 a	39,96 b	3,10 a

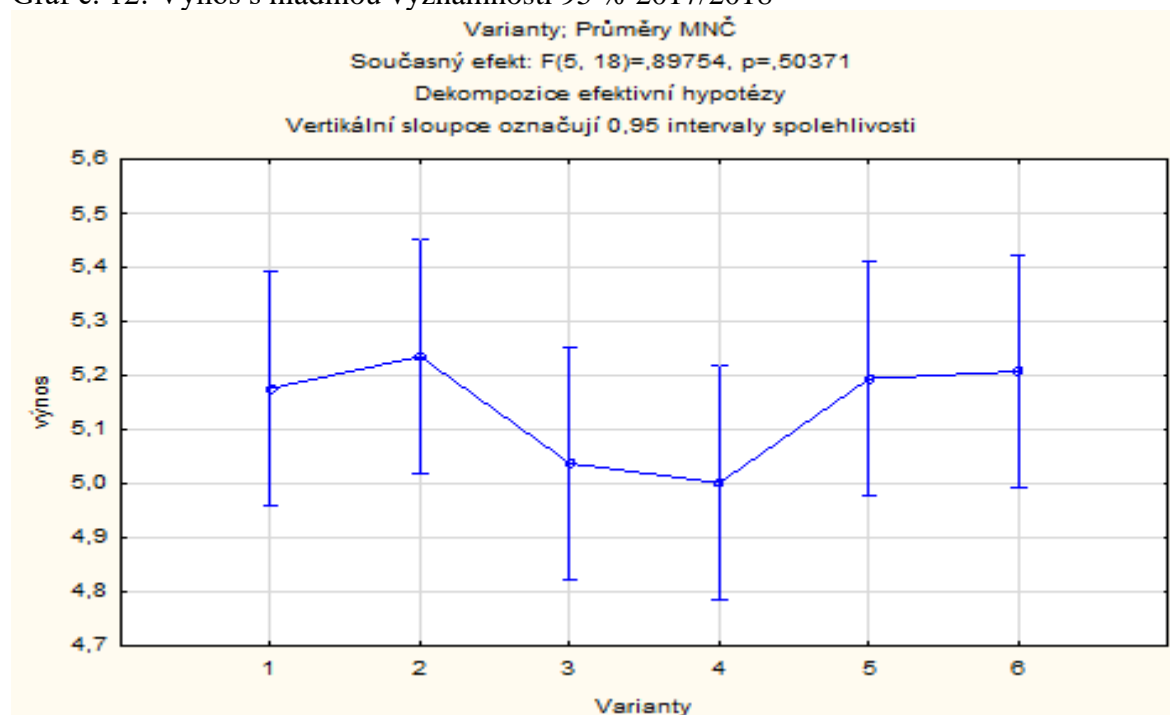
Poznámka: žlutě – nejnižší hodnota, zeleně – nejvyšší hodnota

Pokud jsou v jednom sloupci stejná písmena, varianty se statisticky průkazně neliší. Pokud jsou písmena odlišná, pak jsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ . Statisticky významný rozdíl je pouze v druhém pokusném roce u kvalitativního parametru olejnatost, a to u variant hnojených močovinou, UREASTABIL, DASOU a ALZONEM 46.

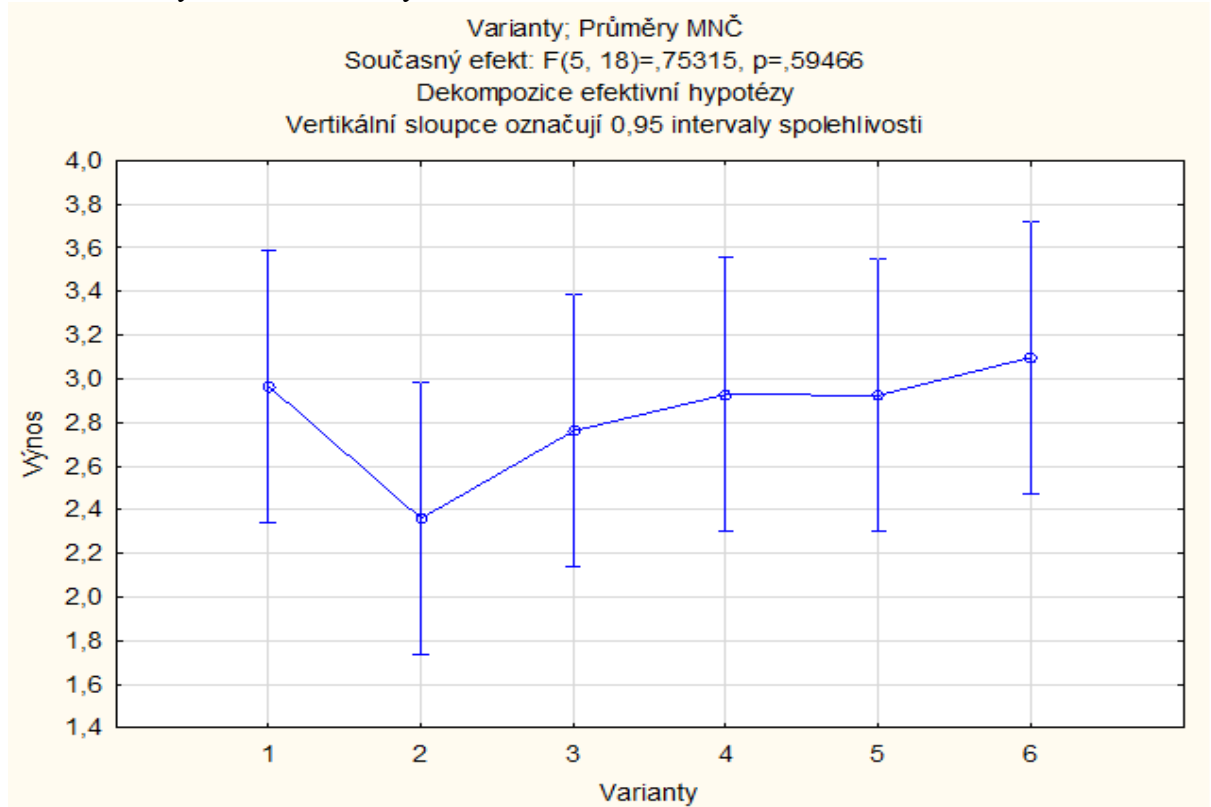
Graf č. 11: Výnos s hladinou významnosti 95 % 2016/2017



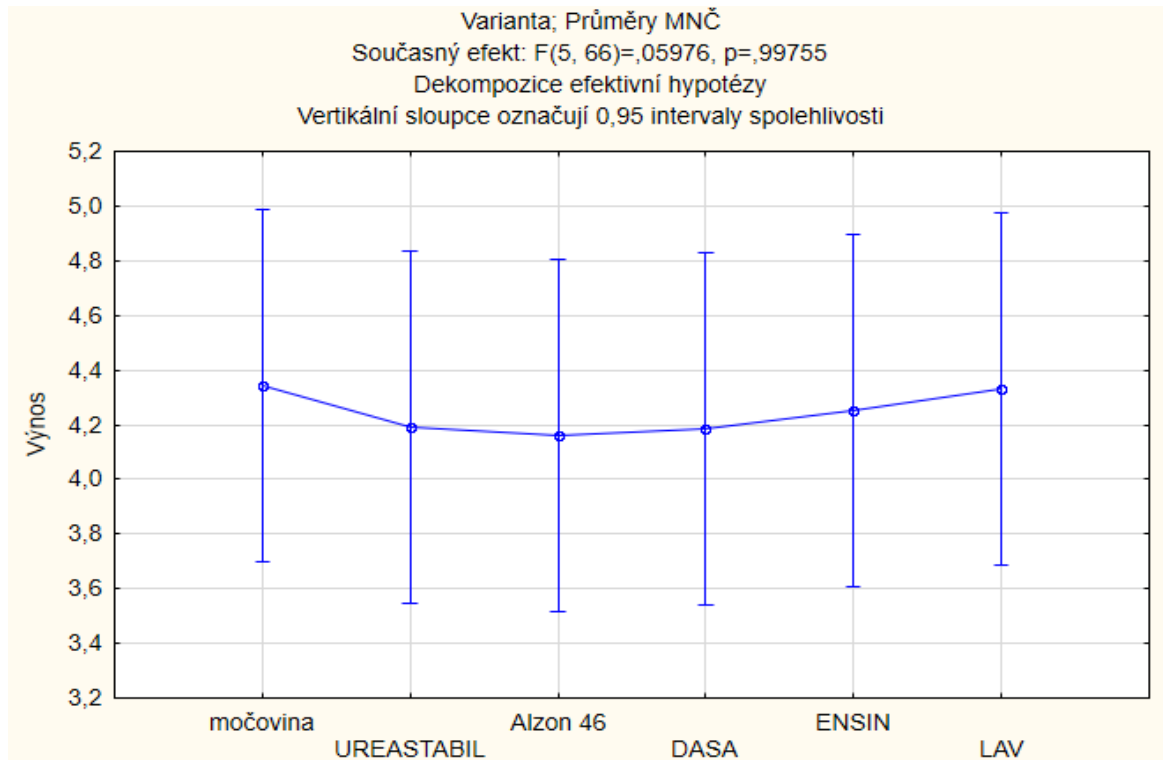
Graf č. 12: Výnos s hladinou významnosti 95 % 2017/2018



Graf č. 12: Výnos s hladinou významnosti 95 % 2018/2019



Graf č. 13: Průměr tříletých výnosů s hladinou významnosti 95 %



V tříletých průměrech nejsou statisticky významné rozdíly.

## 6 Diskuze

Dusík je životně důležitým prvkem při pěstování rostlin. Jeho nedostatek, ale i nadbytek v půdě a v rostlinách je škodlivý, a jeho zásoba v půdě se dá regulovat hnojením a pěstitelskou technologií (Michalík 2001). Dávka dusíku a jeho forma mají zásadní význam pro dosažení vysokých výnosů (Varga & Ducsay, 2010). Strategie pro lepší využití dusíkatého hnojení jsou např. cílené aplikace nebo používání hnojiv se stabilizovaným dusíkem (Ladha et al. 2005).

Watson et al. (1990), uvádějí, že dusíkatá výživa klasickou močovinou může být méně účinná než hnojení stabilizovanou močovinou. Toto tvrzení se nám potvrdilo dva roky po sobě u hnojiva UREASTABIL v letech 2016/2017 a 2017/2018 kdy se tato varianta umístila na prvním místě ve výnosu, ale v sezóně 2018/2019 se nám umístila výnosově nejhůře. Dále se nám toto tvrzení vyvrací u hnojiva Alzon 46, které dopadlo hůře než klasická močovina ve všech třech pokusných letech.

Egesel et al. (2009) uvádějí, že síra jako jeden z makroelementů společně s N, K a P má významný vliv na výši výnosu a kvalitě sklizně (HTS, olejnatost). Z výsledků pokusů se nám potvrdilo, že hnojivo ENSIN mělo po dobu tří let vyšší olejnatost než kontrola hnojená ledkem amonným s vápencem a zároveň i vyšší olejnatost než nestabilizované hnojivo DASA, ale nejvyšší olejnatosti dosáhl ENSIN pouze v roce 2016/2017.

Merino et al. (2002) uvádějí, že při aplikaci hnojiv s inhibitory nitrifikace (Alzon 46) na půdu dochází ke snížení ztrát dusíku a výsledkem je zvýšení účinnosti dusíku. Toto tvrzení se nám ve výnosu nepotvrdilo, jelikož hnojivo Alzon 46 se ve výnosu umísťovalo na spodních příčkách.

V několika pracích byl popsán nulový anebo neprůkazný vliv inhibitorů dusíku na výši úrody pěstované plodiny (Merino et al. 2002, Panáková et al. 2017). Naopak Ložek – Slamka (2016) zjistili vysoký vliv dusíkato-sírného hnojiva s inhibitory nitrifikace na výši úrody. První tvrzení se nám v pokusu z části potvrdilo, ale zároveň např. hnojilo UREASTABIL v prvním a druhém pokusném roce toto tvrzení vyvrací. Druhé tvrzení se nám potvrdilo pouze v sezóně 2016/2017 a další dva roky dopadlo lépe nestabilizované dusíkato-sírné hnojivo, jednalo se sice o velmi malé rozdíly, zatímco co Ložek & Slamka udávají rozdíl až 20 %.

Ducsay & Varényiová (2016) uvádějí, že při aplikaci hnojiva ENSIN s inhibitorem nitrifikace došlo k navýšení výnosu o 44,20 % v porovnání s variantou hnojenou DASOU, při stejné dávce dusíku a síry, ale bez inhibitoru nitrifikace. Toto tvrzení se nám v našich pokusech nepotvrdilo. Hnojivo ENSIN sice v tříletém průměru dopadlo výnosově lépe, nikoliv však o desítky procent, ale řádově o jednotky procent.



Zhao et al. (2006), uvádějí že po aplikaci síry v dávce 50 kg/ha se zvýšila úroda o 10,7 % v porovnání s variantou kde síra nebyla aplikována. V našich pokusech bylo v DASA (nebo ENSIN) dodáno 28,6 kg síry na ha. Ve tříletých průměrech výnosu neměla aplikace síry tak pozitivní vliv jako uvádějí Zhao et al..

Walker & Booth (2003) uvádějí, že aplikace síry nemá žádný vliv na výnos semen a jejich olejnatost. Toto tvrzení se nám v našich tříletých pokusech potvrdilo. Nejnižší průměrná olejnatost byla 43,07 % u varianty hnojené DASOU a nejvyšší u varianty hnojené Alzonem 46 s olejnatostí semen 43,67 %.

Používání stabilizovaných hnojiv je podporováno několika skutečnostmi. Např. Prasad et al. (2014), uvádí že stabilizovaná hnojiva jsou 8-12x levnější než hnojiva obalovaná. Zároveň jsou ale o 1200 – 1400 Kč dražší než jejich nestabilizované formy.

Trenkel (1997), uvádí že inhibitory nitrifikace snižují uvolňování  $N_2O$  a  $NO_x$  z půdy do atmosféry a dále snižují ztráty  $NH_4^+$ . Dále se mohou stabilizovaná hnojiva aplikovat ve vyšších dávkách a tím se dají ušetřit náklady na aplikaci a omezit vstupy na pozemek. O uplatnění v zemědělské praxi bude rozhodovat výnosový efekt stabilizovaného hnojiva v porovnání s klasickými hnojivy jako je např. močovina a ledek amonný s vápencem. Více nám v rozšíření stabilizátorů a stabilizovaných hnojiv může přispět legislativa (např. aplikace tekutých organických hnojiv, aplikace močoviny na povrch pouze ve stabilizované formě apod.).

## 7 Závěr

Řepka olejka je plodinou velmi náročnou na přístupné živiny, ale také na stanoviště a klimatické podmínky. Na základě tříletých výsledků maloparcelkového pokusu na Výzkumné stanici Červený Újezd, které proběhly v letech 2016/2017, 2017/2018 a 2018/2019 můžeme vyhodnotit vliv různých hnojiv na výnos semen řepky ozimé.

Z našich tříletých výsledků nevyšlo jednoznačně nejlepší hnojivo. Pro přehlednost jsem si stanovil tříletý průměr 100 %, (který je vypočítán ze všech výnosů po dobu tří let) a vypracoval tabulku.

Tabulka č. 13: Průměrný výnos po dobu tří let v %

% tříletého průměru				tříletý průměr
Močovina	115	122	70	102,3
UREASTABIL	120	123	55,5	99,5
ALZON 46	109	118,5	65	97,5
DASA	107,5	117,5	69	98
ENSIN	113	122	68	101
LAV	108	122,5	73	101,2

**Poznámka: červeně – dvě nejnižší hodnoty, zeleně – dvě nejvyšší hodnoty**

UREASTAIL se nám první dva pokusné roky umístila na prvním místě ve výnosu, ale ve třetím roce zaznamenala propad na poslední příčku a výnos představoval pouze 55,5 % tříletého průměru. Tento propad výnosů pravděpodobně zapříčinilo suché počasí po založení porostu (málo vzešlých rostlin na m<sup>2</sup>) a suché podmínky na jaře (řidký porost už nedokázal v suchém jaru kompenzovat jinými výnosotvornými prvky). Naopak LAV v prvním roce zaznamenal druhý nejnižší výnos, ale v druhém roce se umístil na druhé příčce těsně za UREASTABIL a ve třetím pokusném roce dopadl výnosově nejlépe.

Z ekonomického hlediska musím konstatovat, že jako jediná ziskově lepší, než kontrolní varianta dopadla varianta hnojená močovinou. Její průměrné navýšení zisku je 1122 Kč oproti kontrole. Pro praxi bych doporučil hnojení močovinou a ledkem amonným s vápencem.

Průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup> za tříleté období je 29,5. V prvním pokusném roce se podařilo porosty dobře založit a jejich průměrná hustota byla 39,5 rostliny na m<sup>2</sup>. V druhém pokusném roce byla průměrná hustota porostu 35,4 rostliny na m<sup>2</sup>. Tento mírný pokles se na výnosu nějak neprojevil a výnosově dopadly porosty nadprůměrně. Zakládání porostů ve třetím pokusném roce v silně suchém a mimořádně teplém srpnu mělo negativní vliv na vzcházení řepky a jarní průměrná hustota porostu byla pouze 13,5 rostlin na m<sup>2</sup>. Porosty o

této hustotě nedokázaly v nepříznivém počasí na jaře (sucho, teplo) kompenzovat ztrátu na výnosu.

Při sklizni v roce 2019 byla problematickým parametrem olejnatost semen. Tento trend byl patrný i v našich pokusech. Průměrná olejnatost v letech 2017-2018 byla 44,95 %, zatímco v roce 2019 pouze 41,06 %.

Stabilizovaná hnojiva mají vyšší HTS než jejich nestabilizované formy. Pro vyšší HTS bych doporučil hnojivo UREASTABIL a Ensin.

### **Stanovisko k hypotézám**

#### **1. Po aplikaci stabilizovaných dusíkatých hnojiv je dosaženo srovnatelných nebo lepších parametrů výnosotvorných prvků, výnosu a kvality sklizených semen.**

Tato hypotéza se nám částečně potvrdila. Stabilizované močoviny nejsou ve tříletém průměru lepší než klasická močovina, ale hnojivo ENSIN je lepší než DASA. Pro hnojení bych doporučil močovinu, kvůli pozitivnímu vlivu na výnos a nízké ceně 1 kg N oproti jiným hnojivům. Hnojivo ENSIN bych nedoporučil, i když vyšlo výnosově lépe než DASA z důvodu vysoké ceny za 1 kg N.

#### **2. V suchých letech lépe vycházejí hnojiva s inhibitorem ureázy než nitrifikace.**

Tuto hypotézu jsem hodnotil ve vztahu s pokusným rokem 2017/2018, který byl srážkově podprůměrný s jarním úhrnem srážek 195 mm (dlouhodobí jarní úhr srážek pro toto území činí 294 mm).

Hypotéza se nám částečně potvrdila. Hnojivo UREASTABIL s inhibitorem ureázy vyšlo lépe než hnojivo Alzon 46 s inhibitorem nitrifikace. Hnojivo ENSIN s inhibitorem nitrifikace vyšlo lépe než obě stabilizované močoviny (UREASTABIL, Alzon 46). Pokud bych hodnotil pouze druhý pokusný rok, kdy bylo nejsušší jaro vyšlo lépe hnojivo s inhibitorem ureázy než nitrifikace.

#### **3. Použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv je ekonomicky výhodné především v suchých ročnících.**

Tuto hypotézu bych částečně potvrdil, použití stabilizovaných dusíkatých hnojiv v suchých letech je někdy ekonomicky výhodné. V roce 2018 kdy bylo nejsušší jaro vyšlo ekonomicky lépe hnojivo ENSIN než DASA, ale klasická močovina po ekonomické stránce překonala svoje stabilizované formy UREASTABIL a Alzon 46.

## 8 Literatura

AGRA GRUOP, a.s., 2004? UreaStabil – pokrok v barvě nebe. Available from: <[http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_25807.pdf?id=25807](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_25807.pdf?id=25807)>. (accessed 8/2012).

Agrofert Holding, a. s. 2013: Hnojiva s řízeným uvolňováním živin. *Agronom* **9**, 30 s.

Agrofert Holding, a.s. 2014. Příbalový leták: ALZON neo-N

Archer J. 1988. Crop nutrition and fertiliser use. FARMING PRESS LTD. Ipswich

Aulakh M, S, Sidhu B, S, Singh A, Singh B. 1985. Content and uptake of nutrients by pulses and oilseed crops. *Indian Journal of Ecology* **12** (2): 238-242.

Baiber J, Smetánková M, Baiberová V. 1988. Diagnostika výživy rostlin. Institut výchovy a vzdělání MZVŽ. Praha.

Balík J, Černý J, Kulhánek M, Sedlář O. 2018. Uplatnění bóru a molybdenu ve výživě rostlin. Page 15–22. Sborník z 24. mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv. PowerPrint, s.r.o. Praha.

Baranyk P, Balík J, Hájková M, Havel J, Kazda J, Lošák T, Málek B, Markytán P, Plachá E, Richter R, Soukup J, Strašil Z, Šaroun J, Škeřík J, Šmirous P, Štranc P, Volf M, Vrbovský V, Zehnálek P, Zelený V. 2010. Olejníny. Profi Press, s.r.o., Praha. ISBN: 978-80-86726-38-0

Baranyk P, Bittner V, Čerovská M, Fábry A, Hřivna L, Kazda J, Kroutil P, Kuchtová P, Markytán P, Matula J, Nerad D, Pavela R, Plachá E, Pospíšil J, Richter R, Rožnovský J, Říha K, Soukup J, Sypták K, Šaroun J, Šivic L, Škeřík J, Volf M. 2005. Řepka olejka v českém zemědělství. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin. ISBN: 80-903464-3-X

Baranyk P, Fábry A, Balík J, Dostálová J, Humpá, J, Kazda J, Koprna R, Kuchtová P, Markytán P, Nerad D, Soukup J, Šaroun J, Škeřík J, Volf M. 2007. Řepka-pěstování, využití, ekonomika. Profi Press, s.r.o. Praha. ISBN: 978-80-86726-26-7

Baranak P. 2020. Plochy řepky ozimé u nás a v zahraničí. *Agrotip1-2*: 17-18.

Baux A, Jullien A, Allirand J, Ney B, Pellet D. 2011. Effects of nitrogen nutrition on oilseed rape fatty acid composition. 67-67. Abstract Book 13th International Rapeseed Congress. SPZO s.r.o. Prague. ISBN: 978-87065-32-7

Bečka D, Vašák J, Zukalová H, Mikšík V. 2007. Řepka ozimá – Pěstitelský rádce. Kurent, s.r.o. České Budějovice.

Béřeš J, Bečka D, Cihlár P, Vašák J. 2016. Dynamika rastu a obsahu živín v repke ozimnej. Pages 47–50 in Švachula V, Vach M, Honsová H, editors. Prosperující olejniny 2016. Česká zemědělská univerzita. Praha.

Černý J. 2018. Agromanuál: Nevyzpytatelné hnojení sírou u jarního ječmene Available from: (<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/nevyzpytatelne-hnojeni-sirou-u-jarniho-jecmene>) (accessed 4/2018).

ČSÚ. 2019. Zemědělství – časové řady. ČSÚ, ČR. Available from: ([https://www.czso.cz/csu/czso/zem\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr)) (accessed November 2019).

Downey R, K, & Rimmer S, R. 1993. Agronomic Improvements in Oilseed *Brassicas*. *Advances in Agronomy* **50**: 1-66.

Dvořáková P. 2019. Inhibitory nitrifikace a ureázy. *Zemědělce* vol. **37**. p 24.

Edmans D, C. 2004. Nitrification and Urease inhibitors. Whatakane. New Zealand. ISSN 1175-9372.

Fábry A, Bartoška J, Bechyně M, Janovec J, Kadlec T, Kosek Z, Kováčik A, Kohout V, Kutina J, Novák J, Malěř J, Pawlica R, Schreier J, Souček J, Sýkora L, Šedivý J, Škaloud V, Táborský V, Vašák J, Vincenc J, Voškeruša J, Zbuzek B, Zupalová H. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR. České Budějovice. ISBN: 80-7084-043-9

Fecenko J, & Ložek J. 2000. Výživa a hnojenie rásťlin. SPÚ. Nitra.

Firestone M. K. 1982. Biological Denitrification: Nitrogen in Agricultural Soils. Madison. American Society of Agronomy **22**: 289–326.

Galloway J, N. 1998. The global nitrogen cycle: changes and consequences. *Environmental Pollutin* **102**: 15-24.

Hlušek J, Richter R, Ryant P, Kolář L. 2002. Výživa a hnojení zahradních plodin. Profi Press s.r.o. Praha. ISBN: 80-902413-5-2

Hrabánková A. 2018. Zjišťování účinnosti akčního programu podle nitrátové směrnice 91/676/EHS v době klimatické změny. Available from: (<https://www.vtei.cz/2018/10/zjistovani-ucinnosti-akcniho-programu-podle-nitratove-smernice-91-676-ehs-v-dobe-klimaticke-zmeny/>) (accessed 12/2019).

Hřivna L. & Vlažný P. 2015. Možnosti zamezení ztrát dusíku při intenzivním hnojení organickými i anorganickými hnojivy. Page 74–84 in Intenzita pěstování ozimé řepky?

Chen G, Jian W, Variath Mutali – Tokkeklad, Zhong Y, Chun S. 2011. Analysis of embryo, cytoplasmic and maternal genetic correlations for seven Essential acids in rapeseed meal (*Brassica napus* L.). *Jornal of Genetics*. vol. **90** (1): 67-74.

Chloupek O. 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia. Praha. ISBN: 978-80-200-1566-2

Janků J, Jursík M, Soukup J. 2002. Adjuvanty. Kurent, s.r.o. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/adjuvanty> (accessed 8/2012).

Kalina M. 2016. Hnojení půdy a kompostování v zahradě. Grada Publishing a.s., Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

Klír J, & Kozlovská L. 2012. Hnojení podle nitrátové směrnici. Agromanuál. **11-12**: 48-50.

Klír J. & Kozlovská L. 2013. Hnojení podle nitrátové směrnice. Kurent, s.r.o. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/legislativa-67/hnojeni-podle-nitratove-smernice> (accessed 1/2013).

Klír J, Kozlovská L, Haberle J, Mühlbachová G. 2018. Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech (2. aktualizované vydání). Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně. ISBN: 978-80-7427-275-2

Kováčik P. 2009. Výživa a systémy hnojení rostlin. Page 107. Kurent s. r. o. České Budějovice. ISBN 978-80-87111-16-1.

Křepelka J. 2013. Přednost řepky: mnohostranné využití. Profi Press s.r.o. Available from: <https://www.zemedelec.cz/prednost-repky-mnohostranne-vyuziti-2/> (accessed 5/2013).

Kuchtík F. 1995. Pěstování rostlin II, 1. vyd. Page 178. Nakladatelství FEZ. Třebíč.

Kulovaná E. 2001. Ke střídání plodin a jejich pěstování po sobě. Kurent, s.r.o. Available from: <https://www.uroda.cz/ke-stridani-plodin-a-jejich-pestovani-po-sobe/> (accessed 11/2001).

Ledgard S, F. 2001. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. Plant and Soil **228**: 43-59.

Lee A, & Shah Y, T. 2013. Biofuels and bioenergy. CRC Press. Boca Raton . ISBN: 978-1-4200-8955-4

Liška M. 2018. Situační a výhledová zpráva – olejniny. Ministerstvo zemědělství. Praha ISBN 978-80-7434-505-0

Malat'ák J, & Vaculík P. 2008. Biomasa pro výrobu energie. Powerprint, s.r.o. Praha.

Mamunza B, Deiana S, Pintore M, Gessa C. 1999. The binding mechanism of urea, hydroxamic and N-(n-butyl)thioophosphoric triamide to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. Soil. Boil. Biochem. 31 (5):789-796

Ministerstvo zemědělství 2009 - 2019. Registr přípravků na ochranu rostlin. MZ. Available from: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx> (accessed 11/2019).

Moudrý J. 2003. Řepka olejná (*Brassica napus* L. var. *Napus*). Zemědělská fakulta JU. České Budějovice. Available from: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Repka\\_olejna.htm](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Repka_olejna.htm) (accessed ?).

Nelson D. W. 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification: Nitrogen in agricultural soil. Madison. American Society of Agronomy **17**: 327–363.

Novák J, & Skalický M. 2012. Botanika. Power Print, s.r.o. Praha. ISBN:978-80-87415-53-5

Novák J, & Skalický M. 2017. Botanika. Power Print, s.r.o. Praha.

Nyle C, B, & Ray R, W. 2002. The Nature and Properties of Soil. Prentice Hall. New Jersey.  
Pavlíková D, Balík J, Pavlík M, Tlustoš P, Vaněk V. 2007. Dusík v rostlině a jeho využití. Page 28–33. Sborník z 13. mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv. PowerPrint, s.r.o. Praha.

Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. VÚPS, ČZV. Praha.

Rathke G, W, & Christen O, Diepenbrock. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Res. **94**: 103-113.

Rathke G, W, 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.). Agriculture, Ecosystems & Environment **117**: 80-108.

Richter R, & Hlušek J. 1996. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství. Praha.

Roy R. N. Finck A. Blair G. J. Tandon H. L. S. 2006. Plant nutrition for

Růžek P. & Pišánová J. 2007. Možnosti usměrnění přeměn N v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace. Pages 34–38. Sborník z 13. mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv. ČZU. Praha.

Ryant P. & Antošovský J. 2019. Zkušenosti se stabilizovanými dusíkatými hnojivy při pěstování pšenice ozimé. Kurent, s.r.o. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zkusenosti-se-stabilizovanymi-dusikatymi-hnojivy-pri-pestovani-psenice-ozime> (accessed 4/2019).

Sawe B. E. 2019. The World's Top Rapeseed Producing Countries. Available from: <https://www.worldatlas.com/articles/the-world-s-top-rapeseed-producing-countries.html> (accessed 7/2019).

Shelp B, Viverkanandan P, Vanderpool R, Kitheka A. 1996. Translocation and effectiveness of foliar fertilizer boron in broccoli plants of varying boron status. In *Plant and Soil*. vol. **83**: 309-313.

Sieling K, & Beims S. 2007. Effects of 15N Split-application on Soil and Fertiliser N Uptake of Barley, Oilseed Rape and Wheat in Different Cropping Systems. *J. Agronomy & Crop Science* **193**: 10-20.

Subbarao G, V, Ito O, Sahrawat K, L, Berry W, L, Nakahara K, Suenaga K. 2006. Scope and Strategies for regulation of nitrification in agricultural systems – challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences* **25**: 303-335.

Suchánek P. 2013. Řepkový olej nám prospívá. „Řepkový olej – olej nad zlato“. Laboratoř pro výzkum aterosklerózy, IKEM Praha.

Šarapatka B, Abrahamová M, Čížková S, Dotlačil L, Hluchý M, Křen J, Kuras T, Laštůvka Z, Lososová Z, Pokorný E, Pokorný J, Pokorný R, Salašová A, Tkadlec E, Tuf I, H, Vácha M, Zeidler M, Žalud Z. 2010. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Bioinstitut, o.p.s., Olomouc. ISBN: 978-80-87371-10-7

Šimka, J., Bečka, D., Růžek, L., Vašák, J., Cihlár, P., 2012. Využití stabilizovaných močovín ve výživě řepky ozimé – 3-leté pokusy. 43-48s. In: *Prosperující olejny 2012*. ČZU. Praha. ISBN: 978-80-213-2335-3

Tesař J, & Vaněk V. 1992. *Výživa rostlin a hnojení*. VŠZ. Praha.

Tlustoš P, Pavlíková D, Balík J, Száková J. 2001: Koloběh síry v půdě a prostředí. Page 20-26. *Sborník z konference: Racionální používání hnojiv*. ČZU. Praha.

Townsend C, R, Begon M, Harper J, L. 2010. *Základy ekologie*. Univerzita Palackého Olomouc. ISBN: 978-80-244-2478-1

Trnavský J. 2017. Řepka neslouží jen pro výrobu biopaliva. Profi Press, s.r.o. Available from: <https://www.energie21.cz/repka-neslouzi-jen-pro-vyrobu-biopaliva/> (accessed 8/2017).

USDA-NRCS. 2014. *Brassica napus* L. rape. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Available: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=BRNA> (accessed ?).



- Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. Výživa zahradních rostlin. ACADEMIA, Praha. ISBN:978-80-200-2147-2
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. ProfiPress s.r.o., Praha. ISBN: 978-80-86726-79-3
- Vašák J, et al. 2000. Řepka. Agrospoj. Praha.
- Varenyivá M. & Ducsay L. 2016. Vplyv hnojenia s využitím inhibítorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* L.) 25-27s. In: Prosperující olejniný 2016. ČZU Praha.
- Venclová B. 2017. Pěstování řepky v Evropské unii a a ve světě. Profi Press, s.r.o. Available from: <https://www.uroda.cz/pestovani-repky-v-evropske-unii-a-ve-svete/> (accessed 6/2017).
- Venclová B. 2017. Vývoj pěstování řepky v České republice. Profi Press, s.r.o. Available from <https://www.uroda.cz/vyvoj-pestovani-repky-v-ceske-republice/> (accessed 6/2017).
- Wassem S, Imadi R, S, Gul A, Ahmad P. 2017. [Oilseed Crops: Yield and Adaptations under Environmental Stress](#). John Wiley & Sons.
- Weimer B, C, & Slupsky C. 2013. Metabolomics in Food and Nutrition. Elsevier Books. Amstrdam.
- Zubal P, Balík J, Baranyk P, Kohout V, Maďar L, Matula J, Palacka Š, Popovec M, Štaud J, Vašák J, Vlkovičová E, Zupalová H. 1998. Pestovanie olejnin. Výskumný ústav rastlinnej výroby. Piešťany. ISBN: 80-88720-02-8
- Trenkel M. E.: Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture (Improving Fertilizer Use Efficiency), International Fertilizer Industry Association (IFA), Paříž, 1997.
- Panakova Z. – Varenyiova M. Slamka P. – Ložek O. 2017. Hodnotenie účinku huminových látok v hnojive DASA H a inhibitorov nitrifikácie v hnojive ENSIN vo vyžive pšenice letnej f. ozimnej. In Agrochemia, vol. **21**, no. 2, pp. 3-8.
- Merino P. Estavillo J.M. Graciolli L.A. Pinto M. Lacuesta M. Munoz Rueda Gonzalezmurua C. 2002. Mitigation of N<sub>2</sub>O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle slurry. In Soil Use and Management, vol. **18**, pp. 135-141.
- Ložek O, Slamka P. 2016. Effect of nitrogen-sulphur fertilization and inhibitors of nitrification on yield and quality of maize grain. In Acta fytotechnica et zootechnica, vol. **19**, no. 2, pp. 45-50.

Ladha J.K, Pathak H, Krupnik T.J, Six J, Van Kessel C. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. In *Advances in Agronomy*, vol. **87**, pp. 85-156.

Varga P, Ducsay L. 2010. Nitrogen nutrition of oilseed rape. Department of Agrochemistry and Plant Nutrition, Nitra

Michalík I. 2001. Molekulárne a energetické aspekty príjmu a asimilácie živín v rastlinách. Nitra: SPU, 158 s.

Walker K.C. Booth E.J. 2003. Sulphur nutrition and oilseed quality. In Abrol, Y.P. – Ahmad, A. (Eds.), *Sulphur in Plants*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, pp. 323–339.

Watson C. J, Stevens R. J, Garrett M. K, McMuray C. H. 1990. Efficiency and future potential of urea for temperate grassland. *Fertiliser Research*. Vol **26**, p. 341 – 357

Egesel C.O, Gul M.K, Kahrman F. 2009. Changes in yield and seed quality traits in rapeseed genotypes by sulphur fertilization. In *European Food Research and Technology*, vol. **229**, no. 3, pp.505- 513.

Merino P, Estavillo J. M, Graciolli L. A, Pinto M, Lacuesta M, Munoz-Rueda A, Gonzalez-Murua C. 2002. Mitigation of N<sub>2</sub>O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle spurry. *Soil use and management*. **18**. 135-141.

Zhao F. Evans E.J. Bilsborrow, P.E. Syers, J.K. 2006. Influence of sulphur and nitrogen on seed yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L.). In *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. **63**, no. 1, 2006. pp 29–37.

