

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv podzimního hnojení dusíkem na růstové
ukazatele a výnos řepky ozimé ve vztahu ke stavu
porostů a povětrnostním podmínkám**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jakub Kadleček

Rostlinná produkce

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv podzimního hnojení dusíkem na růstové ukazatele a výnos řepky ozimé ve vztahu ke stavu porostů a povětrnostním podmínkám" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 24.04.2021

Poděkování

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

Vliv podzimního hnojení dusíkem na růstové ukazatele a výnos řepky ozimé ve vztahu ke stavu porostů a povětrnostním podmínkám

Souhrn

Řepka olejka (*Brassica napus* L.) patří světově i evropsky mezi nejpěstovanější plodiny. V České republice její výměra zaujímá 12 % celkové osevní plochy.

Řepka na podzim odebere v některých případech více než 80 kg N/ha, proto se pozdní podzimní dusíkaté hnojení v posledních letech stalo v intenzivním pěstování řepky nezbytným agrotechnickým zásahem, jehož aplikace je limitujícím faktorem pro dosažení nejvyšších výnosů.

Cílem práce bylo zhodnotit vliv podzimního hnojení řepky dusíkem na její růstové parametry, obsah minerálního dusíku v půdě na jaře a následný výnos a kvalitu semen hodnocenou parametry olejnatosti a HTS. To vše v meziročním srovnání povětrnostních podmínek, které tyto parametry velice výrazně ovlivňují, nezávisle na podzimním hnojení a s tím souvisejících stavů porostů. Povětrnostní podmínky byly při vzájemném srovnání velice odlišné. Zásadní vliv měl průběh podzimu 2018, který byl z hlediska nízkých úhrnů srážek nepříznivý. Opakem byl příznivý podzim 2019 a teplá zima 2019/2020.

Porovnáván byl vliv dvou odlišných hnojiv ve vztahu ke kontrolní variantě. Jedním z hnojiv byla klasická močovina, známá jako Urea a její sofistikovanější forma Urea stabil, obsahující enzym inhibitor ureázy způsobující pomalejší uvolňování dusíku a zabraňující jeho ztrátám.

Hnojiva byla aplikována v dávce 40 kg N/ha v poslední dekádě října. Měřené rostliny byly odebrány přibližně v polovině března. Hodnocenými parametry byla tloušťka kořenového krčku, hmotnost podzemní a nadzemní biomasy v sušině, délka kořenů a počet listů. Sledované území se nacházelo ve Výzkumné stanici v Červeném Újezdu (okres Praha západ), spadající pod ČZU v Praze, kde byl experiment proveden formou maloparcelkového pokusu.

V letech 2018/2019 a 2019/2020 došlo k vysetí na pokusných pozemcích v agrotechnických termínech. Veškeré varianty byly z hlediska agrotechniky ošetřovány totožně, vyjma podzimního přihnojení dusíkem. Meziročně byly vysety dva odlišné hybridy. V roce 2018 byl vysetý hybrid Marathon a v roce 2019 hybrid Architect. Jedná se o středně rané hybridy.

Ve výsledcích byly u sledovaných parametrů zaznamenány především meziroční rozdíly. Vlivem povětrnostních podmínek se výnos v ročním srovnání lišil u kontrolní varianty objemem výnosu ve výši 2,71 t, u varianty hnojené močovinou byl rozdíl 3,24 t a u varianty hnojené stabilizovanou močovinou se výnosy lišily o 2,77 t. V povětrnostně příznivém roce 2019/2020 se klasická močovina příznivě podílela na výnosu v míře 60 kg/ha a stabilizovaná močovina zvýšila výnos o 230 kg/ha. V roce 2018/2019 byl výnos řepky hnojené klasickou močovinou o 470 kg/ha nižší než u kontrolní varianty a stabilizovaná močovina přispěla k navýšení hektarového výnosu o 170 kg. Ekonomicky přijatelnou variantou je aplikace stabilizované močoviny, která vykazovala ekonomický přínos v obou sledovaných obdobích. Ve sklizňovém roce 2019 byl finanční přínos stabilizované močoviny 501 Kč/ha a v roce 2020 dokonce 1072 Kč/ha. Aplikace klasické močoviny se v obou vegetačních letech projevila jako

ztrátová, ale určitý potenciál k pozdnímu podzimnímu hnojení představuje. Pokud jsou porosty před zimou velmi silné a je možné aplikovat hnojivo bezprostředně před příchodem srážek. Je možné použít klasickou močovinu a docílit tak nižších nákladů na použité hnojivo.

Na základě výsledků práce bych pro praxi jednoznačně doporučil pozdní podzimní hnojení v intenzivních systémech pěstování za každých podmínek, pokud se jedná o použité hnojivo s inhibitory ureázy.

Klíčová slova: řepka, hnojení, dusík, povětrnostní podmínky, inhibitor ureázy, růstové ukazatele, výnos, kvalita

Stanovisko k hypotézám:

Hypotéza č. 1. U slabých porostů řepky není podzimní hnojení dusíkem efektivní.

Hypotéza byla potvrzena částečně. Pokud je k podzimnímu hnojení zvolené vhodné hnojivo s inhibitorem ureázy, byl sledován kladný efekt i u slabých porostů řepky.

Hypotéza č. 2. V případě suchého podzimu lépe vychází dusíkaté hnojivo s inhibitorem ureázy (Urea Stabil).

Hypotéza byla potvrzena. Dusíkaté hnojivo s inhibitorem ureázy vycházelo lépe v obou sledovaných obdobích. Zatímco klasická močovina se v klimaticky příznivém roce podílela z části na navýšení výnosu, v roce se suchým podzimem byl efekt klasické močoviny negativní i vůči nehnojené kontrolní variantě.

Hypotéza č. 3. O aplikaci dusíku na podzim u řepky nejvíce rozhoduje stav porostů a následně průběh povětrnostních podmínek.

Hypotéza byla potvrzena. Dle výsledků práce je stav porostů před podzimním hnojením do značné míry limitujícím faktorem výnosu. Je na důkladném zvážení stavů porostů a povětrnostních podmínek, zda se do porostů vyplatí investovat, případně je důležitá volba správného hnojiva.

Influence of autumn fertilization by using nitrogen fertilizer on growth index and oilseed rape yield in relation to plant cover and weather conditions

Abstract

Oilseed rape (*Brassica napus L.*) is one of the most popular crops in Europe as well as worldwide. It grows at 12% of overall sowing area in the Czech Republic.

Oilseed rape consumes in some cases more than 80 kg of nitrogen/ha during the autumn, which is the reason for necessary autumn fertilization by using nitrogen fertilizer. Its application is a limiting factor for reaching the highest possible yield.

The aim of this thesis was to evaluate the influence of autumn fertilization by using nitrogen fertilizer on oilseed rape growth parameters, content of mineral nitrogen in the soil, and subsequent yield and quality of seeds, which was assessed by oil content and HTS. All these parameters were assessed with regards to interannual changes in weather patterns that have significant influence and that are independent of autumn fertilization. Weather conditions were significantly different every year that was taken into consideration. Weather conditions were adverse with regards to precipitation amount in autumn 2018, whereas favourable precipitation amount in autumn 2019 and a warm winter 2019/2020 was the exact opposite.

Two different fertilizer types were assessed as part of this thesis. The first fertilizer is a classic “urea”, the second type is a more sophisticated “urea stabil” containing urease inhibitors, that cause slower release of nitrogen and minimize the losses.

Fertilizer was applied in the amount of 40 kg N/ha in the last decade of October. Sample plants were harvested mid-March. The following parameters were assessed – thickness of root neck, dry matter mass of underground and above-ground biomass, root length and the number of leaves. Test field was located in Červený Újezd research center, which is a part of Czech University of Life Sciences in Prague. Assessment was executed as a small-plot field experiment.

Sowing was conducted in experimental fields in 2018/2019 as well as 2019/2020. All variants were grown exactly the same with the exception of autumn nitrogen fertilization. Different hybrid oilseed rape types were grown every year. Hybrid type “Marathon” was grown in 2018, whereas hybrid type “Architect” was grown in 2019. Both sorts are mid-early ripening types of plant.

The results show interannual differences in parameters under scrutiny. Weather conditions significantly affected the overall yield – 76,12% (2,71 t) for base variant, 104,85% (3,24 t) for the variant fertilized by “urea” and 74, 26% (2,77 t) for the variant fertilized by “urea stabil”. Classic urea increased the yield by 60 kg/ha and using urea stabil led to 230 kg/ha increase in yield in 2019/2020, which was the year with favorable weather conditions. In 2018/2019, the oilseed rape field fertilized by classic “urea” had 470 kg/ha lower yield than the base variant, and the oilseed rape field fertilized by urea stabil had 170 kg/ha higher yield than the base variant. From economical point of view, the ideal variant is using urea stabil, which proved to be economically beneficial in both seasons. In harvesting year 2019, the financial benefit of urea stabil was 501 Kč/ha, in harvesting year 2020 was the financial benefit even

1072 Kč/ha. Application of classic urea was loss making in both seasons, but there is a certain potential for late fertilization. In case the plants are very strong before winter and it is possible to apply fertilizer immediately before precipitation, it is possible to use classic urea and achieve lower fertilization costs.

Based on the results of my thesis, I would certainly recommend using late autumn fertilization in practice, in instance of using fertilizers containing urease inhibitors.

Keywords: oilseed rape, fertilization, nitrogen, weather conditions, urease inhibitor, growth index, yield, quality

Hypothesis Statements:

Hypothesis nr. 1: In case the plants are weak before winter, autumn fertilization by using a nitrogen fertilizer is not effective.

Hypothesis was partially confirmed. In case a suitable fertilizer containing urease inhibitors is used, autumn fertilization can be effective even in case of weak plants.

Hypothesis nr. 2: In case of dry autumn climate, fertilizer containing urease inhibitors (urea stabil) ensures better results.

Hypothesis was confirmed. Nitrogen fertilizer containing urease inhibitors achieved better results in both seasons. Whereas classic urea fertilizer partially helped to increase oilseed rape yield in favourable weather conditions, its effect was clearly negative in case the weather conditions were adverse, even in comparison to the variant with no fertilization at all.

Hypothesis nr. 3: Application of nitrogen is mostly dependent on plants quality and weather conditions.

Hypothesis was confirmed. Based on the results of my thesis, the plants quality before autumn fertilization can be a limiting factor of the final yield. Detailed assessment of plants quality and weather conditions is required in order to determine if it is worth investing into fertilizer and what type to choose.

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Vědecká hypotéza a cíle práce	13
3. Literární rešerše	14
3.1. Historie, vznik a vývoj řepky olejné	14
3.2. Plochy a výnosový potenciál.....	15
3.3. Biologická charakteristika řepky	16
3.3.1. Čeleď: Brassicaceae	16
3.3.2. Kořen	16
3.3.3. Lodyha	16
3.3.4. Listy.....	17
3.3.5. Květenství	17
3.3.6. Plod.....	17
3.3.7. Semeno.....	17
3.4. Výnosové prvky	18
3.5. Technologie pěstování řepky ozimé.....	18
3.5.1. Nároky na podnebí	18
3.5.2. Nároky na půdu	19
3.5.3. Nároky na osevní postup	19
3.5.4. Zpracování půdy	20
3.5.5. Setí.....	20
3.5.6. Regulace růstu	21
3.6. Hnojení řepky ozimé dusíkem	22
3.6.1. Organické hnojení.....	22
3.6.2. Hnojení dusíkem před setím	22
3.6.3. Hnojení dusíkem na podzim	23
3.6.4. Hnojení dusíkem na jaře	25
3.7. Koloběh dusíku	26
3.7.1. Mikroorganismy poutající vzdušný dusík	27
3.7.2. Dusík v půdě	27
3.7.3. Amonizace	28
3.7.4. Nitrifikace	28

3.7.5. Denitrifikace	29
3.7.6. Mineralizace	29
3.7.7. Imobilizace.....	29
3.7.8. Volatilizace NH ₃	30
3.7.9. Dusík v rostlinách	30
3.8. Dusíkatá hnojiva.....	30
3.8.1. Rozdělení hnojiv dle formy dusíku	31
3.8.2. Hnojiva	31
3.9. Nitrátová směrnice	33
4. Metodika.....	35
4.1. Pokusná lokalita	35
4.1.1. Popis pokusného stanoviště.....	35
4.1.2. Klimatické podmínky během vegetačního období.....	35
4.2. Popis pokusu	35
4.2.1. Vývoj počasí v hospodářském roce 2018/2019.....	36
4.2.2. Vývoj počasí v hospodářském roce 2019/2020.....	37
4.3. Agrotechnická opatření	40
4.3.1. Hospodářský rok 2018/2019	40
4.3.2. Hospodářský rok 2019/2020	41
4.4. Popis hnojiv použitých k podzimnímu přihnojení	42
4.5. Odběry a vyhodnocování vzorků	42
4.6. Zpracování výsledků - Statistika	43
5. Výsledky	44
5.1. Stavy řepky v době podzimního hnojení.....	44
5.2. Obsah minerálního dusíku v půdě.....	44
5.3. Počet listů (listy/r.)	45
5.4. Průměr kořenového krčku (mm)	46
5.5. Hmotnost sušiny kořenů (g/10 r.)	46
5.6. Délka kořenů (cm)	47
5.7. Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g/10 r.)	48
5.8. Výnos (t/ha)	48
5.9. Olejnatost (%)	49
5.10. Hmotnost tisíce semen (g).....	50
5.11. Souhrnné hodnocení za ročníky 2018/2019 a 2019/2020	50
5.12. Ekonomické zhodnocení.....	51

6. Diskuze	53
7. Závěr	56
8. Literatura	57

Seznam tabulek

Tabulka 1 Nitrátová směrnice	34
Tabulka 2 Teplota 2018/2019	36
Tabulka 3 Srážky 2018/2019	37
Tabulka 4 Teplota 2019/2020	38
Tabulka 5 Srážky 2019/2020	39
Tabulka 6 Povětrnostní podmínky od setí – po odběr vzorků	39
Tabulka 7 Suma průměrných měsíčních teplot a celkových srážek v období od odběru vzorků po sklizeň	40
Tabulka 8 Zpracování půdy a setí	40
Tabulka 9 Přípravky na ochranu rostlin.....	40
Tabulka 10 Hnojiva	41
Tabulka 11 Celková dávka dusíku 2018/2019.....	41
Tabulka 12 Zpracování půdy a setí.....	41
Tabulka 13 Přípravky na ochranu rostlin.....	41
Tabulka 14 Hnojiva	42
Tabulka 15 Celková dávka dusíku 2019/2020.....	42
Tabulka 16 Podzimní stavy porostů.....	44
Tabulka 17 Obsah N _{min} v půdě 2018/2019 - odběr 14.2.2019.....	45
Tabulka 18 Obsah N _{min} v půdě 2019/2020 – odběr 13.2.2020	45
Tabulka 19 Počet listů/rostlina	46
Tabulka 20 Průměr kořenového krčku (mm).....	46
Tabulka 21 Hmotnost sušiny kořenů (g/10 r)	47
Tabulka 22 Délka kořenů (cm)	48
Tabulka 23 Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g/10 r)	48
Tabulka 24 Výnos semen (t/ha)	49
Tabulka 25 Olejnatost (%).....	49
Tabulka 26 HTS (g)	50
Tabulka 27 Souhrnné průměrné ročníkové hodnocení za sledovaná období	51
Tabulka 28 Ekonomické zhodnocení 2018/2019.....	52
Tabulka 29 Ekonomické zhodnocení 2019/2020.....	52

Seznam grafů

Graf 1 Hektarový výnos oleje	50
------------------------------------	----

1. Úvod

Řepka olejná je druhou nejvýznamnější olejninou na světě z hlediska plochy. Z pohledu produkce je třetí nejvýznamnější za palmou olejnou a sójou luštinatou. Roční celosvětová produkce semen přesahuje 50 milionů tun. Největším producentem je Evropská unie. Druhým nejvýznamnějším producentem je Čína. Největším exportérem řepky je Kanada, kde se ročně vyprodukuje více než 11 tun semen, má tak značný vliv na vývoj cen (Baranyk et al. 2010). V České republice se řepka pěstuje na více než 350 tis. hektarech, což je asi 12 % celkové výměry orné půdy. Pro české zemědělce se jedná o ekonomicky lukrativní plodinu, která také slouží jako zlepšující plodina v osevním postupu a napomáhá přerušování osevních sledů.

Dusík a jeho sloučeniny mají ve všech živých soustavách nezastupitelnou funkci. Živé organismy ho využívají k tvorbě mnoha různých organických látek, jako jsou aminokyseliny, bílkoviny, nukleové kyseliny, aminocukry, chlorofyl a mnohé další. Dusík má také značný vliv na životní prostředí. Nejvíce dusíku v litosféře je koncentrováno ve svrchní vrstvě půdy, přesněji v hloubce 10-15 cm (Balík et al. 2012). Jen velmi malé množství je ale v přístupných formách, které jsou pro rostliny přijatelné. Je tak nutné rostlinám tuto živinu pravidelně dodávat.

Pozdní podzimní hnojení je důležité z hlediska intenzifikace pěstování řepky. Tato rostlina, na rozdíl od obilnin, na zmíněné opatření velmi dobře reaguje. Díky tomuto hnojení se zlepšuje především stav podzemní biomasy, která za příznivých povětrnostních podmínek výrazně napomáhá jarnímu nástupu do intenzivního růstu, případně růst ani nepřerušuje. Jedná se tak o opatření, které je pro zemědělce z hlediska ekonomiky pěstování v některých případech velmi přínosné.

V některých oblastech je ale náročné toto opatření zrealizovat, neboť je nutné brát ohled na legislativní opatření. Podzimní hnojení je omezeno Nitrátovou směrnicí.

2. Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit růstové ukazatele (počet listů, průměr kořenového krčku, hmotnost kořenů, délka kořenů a hmotnost nadzemní biomasy), dále výnos řepky ozimé a kvalitu semen po podzimní aplikaci dusíku. Porovnávají budou údaje ze dvou let, které se liší stavem porostů na podzim a průběhem povětrnostních podmínek.

Hypotézy:

1. U slabých porostů řepky není podzimní hnojení dusíkem efektivní.
2. V případě suchého podzimu lépe vychází dusíkaté hnojivo s inhibítozem ureázy (Urea Stabil).
3. O aplikaci dusíku na podzim u řepky nejvíce rozhoduje stav porostů a následně průběh povětrnostních podmínek.

3. Literární rešerše

3.1. Historie, vznik a vývoj řepky olejné

V minulém století sehrálo úspěšné pěstování olejin klíčovou politickou i ekonomickou roli během zajišťování výroby potravin a při snižování nedostatku základních zdrojů pro lidskou výživu, mezi nimi tuků a olejů (Baranyk et al. 2007). Klasický řepkový olej se u nás začal využívat po druhé světové válce vedle slunečnicového a sojového, zejména k výrobě ztužených tuků, margarínu a později též jako stolní olej (Vašák et al. 2000). Na konci 19. století se využíval řepkový olej výhradně ke svícení. Dnes díky využití moderních technologií v tukovém průmyslu má řepkový olej prvořadý význam v potravinářství (Petr et al. 1966).

V současné době se tato plodina pěstuje z velké části na výrobu bionafty, vedlejšími produkty jsou řepkové výlisky, respektive šrot, lišící se obsahem zbytkového oleje a dále využívané pro výrobu krmiv. Dalším vedlejším produktem je glycerol, nacházející uplatnění v chemickém průmyslu a kosmetice. Na rozdíl od biopaliv první generace, která jsou vyráběna z biologických zdrojů jako je například škrob, cukr, živočišné a rostlinné tuky, se biopaliva druhé generace produkují z lignocelulózových zbytků jako je například sláma. Nejběžnějšími druhy biopaliv jsou rostlinný olej, biodiesel, bioalkoholy a bioplyn (Lee & Shah 2013). Během posledních dvou desetiletí se modifikovaný řepkový olej stal jedním z hlavních komoditních olejů po celém světě. Řepkový olej se stále vyrábí a používá jako průmyslový olej hlavně pro nepotravinářské účely, s výjimkou Číny a Indie, kde se používá v potravinářství (Przybylski et al. 2006).

Metylestery mastných kyselin řepkového oleje (tzv. čistá bionafta) jsou alternativním palivem do vznětových motorů, u kterých není potřeba je dále konstrukčně upravovat. Mezi kladné vlastnosti bionafty se řadí velmi dobrá biologická degradace. Dále je výhodné složení emisí, které mají téměř nulový obsah oxidů síry a karcinogenních polycyklických aromatických uhlovodíků. Kouřivost motorů dosahuje přibližně polovičních hodnot (Vašák et al., 2000). Biopaliva první generace se vyrábí z biologických zdrojů, těmi jsou například škrob, cukr, živočišné a rostlinné tuky, oproti tomu biopaliva druhé generace se vyrábějí z lignocelulózových zbytků jako je např. sláma. Nejběžnějšími typy biopaliv jsou rostlinný olej, biodiesel, bioalkoholy a bioplyn (Lee & Shah 2013).

Díky rozvoji šlechtění a genetickému pokroku se podařilo kanadským šlechtitelům snížit obsah nežádoucí kyseliny erukové, tím se stala konkurenceschopnou olejinou pro olivy a slunečnici a soju a stouplo její uplatnění v potravinářství. Díky snížení obsahu sirných sloučenin, glukosinolátů, došlo též ke zlepšení kvality krmných extrahovaných šrotů a tím rozvoji uplatnění v krmivářském průmyslu (Baranyk et al. 2007). Řepkový extrahovaný šrot je pro zvířata zdrojem aminokyselin, těmi jsou lyzin, metionin, leucin, izoleucin, fenylalanin, valin a threonin (Chen et al. 2011). Rozmach pěstování řepky a osetých ploch touto plodinou přinesl růst spotřeby rostlinných olejů pro výrobu energie (Baranyk et al. 2007). To způsobilo zvyšující se tlak na ochranu životního prostředí, což vyústilo po zavedení výroby maziv na bázi řepkového oleje. Hlavní předností těchto takzvaných bioolejů je velmi dobrá biologická

rozložitelnost. Postupně nahrazují v technicky opodstatněných oblastech tradiční ropná maziva (Vašák et al. 2000).

Dle Vašáka et al. (2000) nemá řepka olejka (*Brassica napus L. variata napus*) předka, který by rostl planě, ale jedná se fylogeneticky o velmi mladý druh, který je dosud značně proměnlivý a vitální druh, který vznikl jako amfitetraploid s 38 chromozomy po křížení brukve zelné (*Brassica oleracea*) s 20 chromozomy a brukve řepice (*Brassica campestris*) s 18 chromozomy. Downey & Rimmer (1993) tvrdí, že se vytvořila mezidruhovou hybridizací *Brassica rapa* L. – řepice a *Brassica oleracea* L. – brukev zelná. Baranyk et al. (2010) tvrdí, že k tomu došlo v oblasti středozevního genového centra a v současné době takovýmto způsobem řepka v omezené míře znovu vzniká. Jedná se o resyntetizované odrůdy, které si některé šlechtitelské firmy vyrábějí za účelem zvýšení genetické diverzity pro tvorbu nových odrůd. *Brassica napus* vznikla tímto způsobem v odlišných zeměpisných oblastech, což vyplývá z rozdílných typů řepky olejné v západní Evropě a jihovýchodní Asii (Baranyk et al. 2007).

Počátek pěstování řepky olejky je spojen s řepicí, se kterou do konce 18. století nebyly rozlišovány. Je známo, že v minulosti se ve velkém rozsahu pěstovaly brukvovité zeleniny a krmné plodiny (Baranyk et al. 2007).

3.2. Plochy a výnosový potenciál

Dle Vašáka et al. (2000) se ozimá řepka pěstovala v letech 1995 až 1999 v celosvětovém měřítku na cca 190-200 mil. ha. V roce 1930 se v České republice pěstovala řepka na pouhých 1073 ha v roce 1944 na území Československa již na 38 tis. ha. V roce 1935 dosahovaly výnosy semen řepky v ČR 2-2,5 t/ha (Baranyk et al. 2007). Plocha ozimé řepky sklizené v České republice klesla v porovnání s rokem 2018 přibližně o 42 tisíc hektarů na nynějších cca 369 tisíc ha. V roce 2019 bylo sklizeno 379 778 ha, došlo tak meziročnímu poklesu o 2,7 % (ČSÚ 2020). V České republice zaujímá plocha pěstované řepky asi 12 % výměry orné půdy, to je podobné jako Německu a ve Francii (Baranyk et al. 2007).

Celosvětová výměra řepky byla v pěstitelském roce 2018/2019 celkem 35,02 mil. ha, na kterých se vyprodukovalo 70,22 tun řepkového semene (MZe 2019). Řepka olejka je druhou nejvýznamnější olejninou s přibližnou produkcí 46-49 milionů tun. Jejím největším producentem s celkovým množstvím 15 milionů vyprodukovaných tun je EU a veškerá tato produkce je v EU i zpracována. Druhým největším producentem je Čína, která vypěstuje přibližně 12 milionů tun, ale ve světovém měřítku v obchodu nehraje výraznou roli. Největším světovým exportérem je naopak Kanada s vyprodukovaným množstvím 8-9 milionů tun. Tato země vytváří výrazný vliv na světovou cenu. Ostatní dominantní pěstitelé jako je Ukrajina či Austrálie hrají v exportu spíše příležitostnou roli. Česká republika se stala ze země dovážející zemí plně soběstačnou a zároveň výrazným exportérem (Baranyk et al. 2007).

3.3. Biologická charakteristika řepky

Řepka olejka se stala v podmínkách mírného pásma jednou z nejznámějších olejnin a je pěstována v ozimé i jarní formě. V západní a střední Evropě je ve větší míře pěstována řepka ozimá z důvodu vyšší výnosnosti. Jarní varianta se zde využívá pouze jako náhradní plodina za vyhynulou řepku ozimou (Baranyk et al. 2007). Je to jednoletá nebo ozimá kulturní rostlina hybridního původu (Novák & Skalický 2017). Řepka ozimá je typickou dlouhodobou rostlinou, pro jejíž jarovizaci je vyžadován krátký den. Jarovizace probíhá u mladých rostlin v rozmezí 2-8 °C po dobu 30-60 dnů (Vašák et al. 2000).

3.3.1. Čeleď: Brassicaceae

Čeleď Brassicaceae je nazývána také jako *Cruciferae* nebo též česky Brukvovité a jsou velmi obsáhlou čeledí zahrnující většinou byliny či v méně častých případech keře s listy střídavými, bezpalistnatými, porostlými jednoduchými nebo větvenými trichomy (Novák & Skalický 2017).

3.3.2. Kořen

Kulový kořen, vytvořený řepkou, je asi z 87 % rozložen v ornici (Vašák et al. 2000). Kořenová soustava ozimé řepky je poměrně silně vyvinuta. Kulovitý kořen proniká do značné hloubky 1-3 m (Petr et al. 1966). To potvrzuje i Baranyk et al. (2007), který uvádí, že hloubka zakořeňování se pohybuje v rozmezí 110 až 175 cm. Postranní kořínky jsou dosti silné, ale krátké s hustým vlášením, vytvářející se převážně v ornici a pouze malá část, přibližně 10 %, proniká do hloubky. Na vývin a utváření kořenové soustavy má vliv půda, zásoba vláhy a živin, klimatické podmínky, čas a způsob setí. Do zimy by řepka měla vytvořit kořenovou soustavu téměř v konečné formě (Petr et al. 1966).

Tvorba kořenového systému a příznivý poměr mezi nadzemní a podzemní hmotou pozitivně ovlivňuje zimovzdornost, odolnost proti suchu, stabilitu porostu a tvorbu výnosu. Kořenová hmota obsahuje velkou část živin a jejich zpětný transport je pro řepku velice důležitý z hlediska bilance příjmu a exportu živin. Hmotnost kořenové hmoty dosahuje v podzimním období přibližně 1/5 nadzemní hmoty, to se změní obvykle do zimy, kdy se poměr změní 1/4 - 1/2 nadzemní hmoty (Baranyk et al. 2007). Mohutný kořen s bohatě rozvětveným kořenovým vlášením je základem pro správný příjem živin (Havelka et al. 1978).

3.3.3. Lodyha

Lodyhy dorůstají do výšky 0,5 – 2 m, jsou větvené a nesou poměrně řídké hrozny jasně žlutých květů (Novák & Skalický 2017), což je v souladu s tvrzením Petra et al. (1966), který uvádí hodnoty 120-180 cm a říká, že lodyha obvykle intenzivně roste ve druhé fázi jara a na průřezu je okrouhlá. Vašák et al. (2000) k délce lodyhy dodává, že v porostech nebyl zjištěn pozitivní vztah mezi výškou lodyhy a výnosem semene. Větví se podle podmínek prostředí. Výška větvení obvykle začíná ve druhé třetině zdola a je velmi závislá na odrůdě. Postranní větve vyrůstají z úžlabí listů (Petr et al. 1966). Dle Vašáka et al. (2000) lodyha roste v jarní

generativní fázi prodlužovacího nebo rychlého růstu a roste na nich v úžlabí lyrovitých listů obvykle 6-8 větví prvního řádu, které se dále větví.

3.3.4. Listy

V podzimní vegetativní fázi je vytvořena listová růžice (Vašák et al. 2000). Tvorba listové růžice je první část tvorby nadzemní hmoty. V této fázi řepka přezimuje. Listy jsou lyrovité a peřenodílné, řapíkaté s modravým nádechem a voskovým povlakem. V jejich středu je srdéčko z mladých listů, které jsou na spodní straně ochlupacené a vytváří kryt pro vegetační vrchol. Listová růžice má být přízemní, zajišťující odolnost proti vymrznutí. Hustě seté, nebo přehnojené porosty prodlužují nadděložní část a vzniká snadno vyzimovatelný porost (Petr et al. 1966). Horní listy jsou přisedlé a vejčité (Novák & Skalický 2017). Dále jsou horní celokrajné se srdčitou bází a z poloviny objímají lodyhu. Spodní listy jsou hluboce peřenodílné, nezřetelně řapíkaté, lesklé, hladké ojínělé vrstvičkou vosku (Petr et al. 1966).

3.3.5. Květenství

Řepka vytváří hroznovité květenství. Květy tvoří čtyři žluté korunní plátky (Baranyk et al. 2007). V kvítku je 6 čtyřmocných tyčinek, jejichž prašníky mají před rozkvetem na horním konci hnědočervenou skvrnu. Rozvité květy nepřerůstají na vrcholu hroznu pupeny, takže hrozen končí poupaty, tím se liší řepka od řepice (Petr et al. 1966). Květ je stavěn dle čísla 4 a má obvykle jasně žlutou barvu, výjimečně světle žlutou nebo bílou (Vašák et al. 2000). Řepka je fakultativně cizosprašná rostlina a díky stavbě jejího květu je umožněno uplatnění heterozního efektu (Baranyk et al. 2007). Vašák et al. (2000) říká, že je tato rostlina plodinou takzvaně vcelomilnou, i když je z větší části samosprašná. Sprášení větrem je menší než 10 % a největší část sprášení zastupuje hmyz s podílem až 90 %. Kvetení začíná již někdy v poslední dekádě dubna a trvá obvykle 20-25 dnů. Rostliny s hustotou 60 rostlin na metr čtvereční jsou osazeny zpravidla 300-500 květy ze kterých do sklizně zůstane 80–120 šesulí (Vašák et al. 2000).

3.3.6. Plod

Plodem řepky je šesule se dvěma chlopněmi a blanitou přepážkou, uvnitř které je obvykle 15–20 semen (Baranyk et al. 2007). To potvrzuje i tvrzení Vašáka et al. (2000), která prezentují u dvouřadé šesule totožný počet semen. Říkají ale, že se vyskytují i čtyřřadé šesule, uvnitř kterých se nachází až 40 semen, výjimečně i 50, což potvrzuje Novák & Skalický (2017). Ti uvádějí, že šesule může obsahovat až 40 semen a poněkud odstálé šesule jsou lysé tmavohnědé, hnědočerné, růžové nebo nažloutlé barvy. Petr et al. (1966) uvádí, že chlopně zralé šesule se otevírají zdola nahoru.

3.3.7. Semeno

Klíčení semen řepky je možné již při teplotě + 1 °C (Vašák et al. 2000). Semeno je kulaté, červenohnědé až modročerné, HTS 3,75 – 6,5 g (Baranyk et al. 2007). Dle Petra et al.

(1966) jsou na povrchu semena jemně síťkovaná. Nedo zralá semena jsou červeno-hnědá. Hektolitrová hmotnost je 60-70 kg. Na povrchu jsou hladká a mají pálčivou chuť (Novák & Skalický 2017).

Olejnatost řepkového semene je vlastností jednotlivých odrůd a závisí také na celém souboru pěstitelských podmínek. Pohybuje se v rozmezí 39-52 % v sušině. Tuk se tvoří až po úplném dozrání, a proto jsou nedo zralá semena chudší tukem. Řepkové semeno obsahuje také 19-20 % bílkovin (Petr et al. 1966). Dle Vašáka & Zupalové (2001) je obsah bílkovin téměř totožný jako u hrachu. Jako ozimé a zřídka jarní se u nás pěstují kultivary s nízkým obsahem kyseliny erukové a sníženým množstvím glukosinolátů, takzvané dvounulové řepky (Novák & Skalický 2017).

Nejvýznamnějším parametrem sklizeného zrna je vlhkost, která by se v období sklizně měla pohybovat v rozmezí 6 až 8 %. Při vlhkosti nad 8 % se zvyšuje podíl volných mastných kyselin, což znamená, že roste číslo kyselosti. Číslo kyselosti odpovídá podílu porostlých a poškozených semen a úměrně se tyto hodnoty zvyšují. Hodnota čísla kyselosti nesmí přesáhnout 2,5 mg KOH/g tuku. V případě překročení této hranice je nutné přednostní zpracování, aby nedošlo k zaplísnění či kontaminaci mykotoxinů, ty jsou u olejnin velkým problémem. (Bečka et al. 2007).

3.4. Výnosové prvky

Mezi hlavní výnosové prvky řadíme počet šesulí na jednotku plochy, počet šesulí na rostlinu a hmotnost tisíce semen, označovanou jako HTS. Úroveň výnosových prvků je odvozena od genotypu odrůdy s možností ovlivnění ročníkem, agrotechnikou či ekologickými podmínkami (Baranyk et al. 2007). Požadovanou rostlinou z hlediska výnosových prvků je porost, který produkuje velký počet šesulí na jednotce plochy, je požadováno nad 4000 ks/m², má vysoký počet semen v šesulích, více než 20 a vysokou HTS, optimálně nad 5,0 g (Fábry et al. 1992). Podstatným rozdílem u tvorby výnosu oproti obilninám je, že jsou sklizena semena z šesulí a jejich počet je velice variabilní a vyznačuje se vysokou možností kompenzace. Autoregulační vztahy ovlivňuje počet rostlin na metr čtvereční, jejichž počet je do velké míry ovlivněn již na podzim (Baranyk et al. 2007).

3.5. Technologie pěstování řepky ozimé

3.5.1. Nároky na podnebí

Ozimá řepka je plodinou vhodnou do našeho mírného klimatického pásma (Vašák & Zupalová 2001). Vhodné ekologické podmínky má řepka ve vyšších polohách z hlediska dostatku srážek a nižšího tlaku škůdců (Baranyk et al. 2007). Bramborářská výrobní oblast je považována za vhodnou. Pro řepku jsou nejvhodnější polohy v nadmořské výšce 400 až 600 m, průměrné teploty 6,8 až 8,1 °C a průměrné roční srážky 590 až 670 mm (Vašák et al. 2000). Dle Baranyka et al. (2007) je žádoucí, aby v období od zasetí do listopadu byl úhrn srážek ve výši

200-210 mm, proto nejsou pro řepku vhodné oblasti s celkovým ročním úhrnem srážek do 300 mm. Optimální srpnové srážky jsou 70-80 mm. V zimním období je žádoucích přibližně 110 mm srážek. Dále v období jarním až po kvetení je pro řepku dobré, aby byly srážky dostupné ve výši 100 mm.

Pro dobré vzejití porostů je potřebná vláhá a srážky po zasetí, v období srpna či září. Rizikem po zasetí je vysychání půdy v periodách, to způsobuje zasychání kořínků a odumírání rostlin. Po vytvoření čtyř pravých listů je výhodnější, pokud nastane sušší období, to zapříčiní, že rostliny nepřerostou před zimou a vytvoří dostatečně hluboké kořeny. Během zimy řepka vyžaduje vyšší srážky a mrazy do -10 °C, pokud má řepka dostatečně silný kořenový krček, snese krátkodobě i holomraz do -20 °C. Pro výnos jsou nejlepší období, kdy téměř nenastane zima, nebo je hodně mírná a jaro se otevře již s koncem února (Bečka et al. 2007).

Teplota a množství srážek mají vliv na kvalitu a množství tuku v semenech. Zvyšování denní teploty snižuje olejnatost a zvyšuje obsah bílkovin (Baranyk et al. 2007).

3.5.2. Nároky na půdu

Nejvhodnější jsou půdy provzdušněné, dostatečně hluboké s vysokou kapilární aktivitou, hlinité, písčitohlinité či hlinitopísčité s dostatečnou zásobeností humusu a dobrou zásobou živin, především draslíku, fosforu a hořčíku. Řepka toleruje i dostatečně hnojené lehké, kamenité a mělké půdy (Vašák et al. 2000). Řepka vyžaduje půdy s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (Bečka et al. 2007). Na kyselějších půdách a půdách méně úrodných je pro vysokou intenzitu výroby třeba zlepšení poměru vody a vzduchu v půdě, úprava pH a je žádoucí obohatit půdu o organickou hmotu (Baranyk et al. 2010).

3.5.3. Nároky na osevň postup

Správný systém střídání plodin je dle Vašáka et al. (2000) nejlacinějším a ekonomicky nejvýhodnějším opatřením pro intenzitu pěstování. V posledních letech byla změněna rotace plodin, kdy farmáři místo ozimého ječmene zařazují jako předplodinu, čím dál častěji ozimou pšenici, to způsobuje časté opožděné termíny setí řepky (Ducsay & Slepčan 2020). Při srovnání různých předplodin prokázala ozimá řepka výrazně nižší výnos po obilninách ve srovnání s luštěninami (Rathke et al. 2006).

Základním požadavkem na předplodinu je, aby byla sklizena včas a umožnila tak srpnový výsev řepky jako následné plodiny (Bečka et al. 2007). Řepka je pokládána za výborný přerušovač obilných sledů. V systému rotace plodin má mimořádnou hodnotu, je to dáno jejím přínosem organické hmoty do půdy a jejím mikrobiálním oživením, jejím antifytopatogenním působením a tvořením drobtovité struktury půdy, která má vynikající fyzikální vlastnosti (Vašák et al. 2000). Vysoká předplodinová hodnota této plodiny je dána tím, že pokrývá pozemek téměř po celý rok, s dostatečnou listovou plochou a hlubokým rozvětveným kořenem (Baranyk et al. 2007).

Řepka pěstování po sobě nesnáší z důvodu velkého množství chorob a škůdců. Měl by být dodržen minimálně 4 - letý odstup pěstování, to znamená že by koncentrace ploch měla být při vysoké úrovni chemizace 25 %, lépe ale 12,5 % (Vašák et al. 2000). Dle Baranyka (2007) zaujímá plocha řepky v určitých podnicích podstatně vyšší část plochy, běžně 20 % orné půdy, nejsou ale ojedinělé podniky se zastoupením 33 % plochy. Dle Bečky et al. (2007) u některých podniků zaujímá řepka až 50 % výměry.

Absolutně nejlepšími předplodinami jsou velmi rané brambory či zelenina, ozimé směsky, jarní směsky sklizené v červenci, kmín či hrách. Přijatelnou a v praxi nejpoužívanější předplodinou je ozimá pšenice, naopak jako problematická plodina se jeví jarní ječmen, neboť zanechává půdu s porušenou strukturou a chudou na živiny (Vašák et al. 2000).

3.5.4. Zpracování půdy

Jako základní zpracování půdy bývá v posledních letech často vynechaná orba a jako kompenzace těchto zhoršených podmínek vytvoření setového lůžka se využívá základní hnojení dusíkem v dávce 30-40 kg/ha (Ducsay & Slepčan 2020). Smysl přípravy půdy pod řepku spatřujeme v zajištění co nejlepšího vzejití a současně ničení výdrolu obilní předplodiny. Na rozdíl od obilnin řepka vzchází ze vzdušné vody-rosy či deště, proto řepka vyžaduje čerstvou přípravu půdy, aby nedošlo k utvoření hrudek, které by po 2 dnech v noci mohly vystydnout. Zkondensovala by na nich voda, došlo by k vysátí rosy, což by řepku znevýhodnilo, protože řepce stačí 1-2 dny pro nabobtnání a posléze by začala za 4-6 dní vzcházet (Bečka et al. 2007). Potvrzuje to i tvrzení Vašáka (2001), který uvádí jako nejvhodnější postup orbu či minimalizaci večer a další ráno je nutné setí. Zabezpečí se tím nabobtnání a následné probuzení řepky do dvou dnů, protože nebudou přítomné hrudky.

Základní a předsetovou přípravu nelze nahradit žádnými jinými pěstitelskými opatřeními. Pro svou nižší náročnost a vyšší výkonnost se nejvíce rozšířily technologie bez použití orby (Vašák et al. 2000).

3.5.5. Setí

Ve Státní odrůdové knize je obsaženo asi 60 odrůd ozimé řepky. Ve Společném Evropském katalogu odrůd a druhů (EU) je odrůd cca 600. V České republice se reálně pěstuje asi 50-60 odrůd. Základem by měl být výsev certifikovaného osiva, přesto v České republice je asi 20-15 % ploch, založených z farmářského osiva, což je pokládáno za nezodpovědné, z hlediska nízké biologické hodnoty a tím i nerovnoměrného a oslabeného růstu (Bečka et al. 2007).

Hybridních odrůd se v roce 2007 pěstovalo z celkového množství asi 25 % ploch. Je u nich propagovaný přínos na výnose semen asi o 10-15 %, v praxi bývá obvykle nižší, když při velké intenzitě tyto odrůdy vyprodukují asi o 10 % vyšší výnos než u odrůd liniových. Hybridní

odruhy jsou voleny těmi pěstiteli, kteří je pěstují intenzivně, s dávkou dusíku kolem 200 kg/ha (Bečka et al. 2007). Dle Bečky et al. (2013) bylo hybridních odrůd pěstováno již 70 % ploch.

Agrotechnický termín setí je u ozimé řepky do 31. srpna, tento termín je závazný z hlediska záruky dobrého přezimování, některé odrůdy je možné vysévat i v průběhu září, ale o tom je možné uvažovat pouze na nejlepších částech České republiky (Slavíková & Kumar 2020). Agrotechnický termín založení porostu je důležitý z hlediska dosažení růstové fáze, která je požadována před zimou z důvodu vytvoření dostatečného množství asimilátů, které rostlina potřebuje pro dobré přezimování a následnou rychlou regeneraci na jaře. Před zimou požadujeme 6-8 listů a tloušťku kořenového krčku 8-12 mm. Toho řepka dosáhne, je-li alespoň 80 dnů průměrná denní teplota vyšší než 5 °C (Baranyk et al. 2007).

Co se týče výsevku Bečka et al. (2013) udává, že pouze porosty s hustotou 20-40 rostlin/m² dokážou efektivně využít velmi vysoké dávky dusíku, vyšší než 180 kg. Tato řepka dokáže lépe využít i další vstupy, jimiž jsou listová výživa, fungicidy a stimulanty růstu. Takto intenzivně pěstované porosty nelze ponechat bez regulování dozrání a lepení.

Baranyk et al. (2010) uvádí výsevek pro naše podmínky ve výši 3-4 kg/ha. Dále uvádí že by výsevek měl být u hybridních odrůd na úrovni 45-50 r/m² a u odrůd liniových 600-700 r/m². Šířku řádků uvádí v rozmezí 12,5-25 cm, ale je možné i pěstování v širokých řádcích (45 nebo 50 cm).

3.5.6. Regulace růstu

Regulátory růstu jsou přírodní nebo syntetické látky, které ovlivňují růst rostlin. Zemědělci obvykle využívají syntetické regulátory, nepříbuzné s fytohormony, které dokážou ovlivnit metabolismus a transport rostlinných hormonů. Nejpoužívanější jsou retardanty, které snižují obsah giberelinu v rostlinách a tím omezují jejich prodlužovací růst. Gibereliny ale neovlivňují kořeny, uvnitř kterých se tvoří cytokininy, ovlivňující diferenciaci a dělení buněk, obsah škrobu v rostlině a fotosyntézu. Zeslabováním vrcholové dominance podporuje postranní pupeny v růstu. Pokud není omezen růst kořene a současně tvorba cytokininů, je podporován růst a větvení kořenů. (Baranyk et al. 2007).

Podzimní regulace růstu je zásahem, který velice výrazně snižuje riziko vyzimování a zvyšuje výnosovou jistotu. Nemá význam regulovat slabé, opožděně vzešlé porosty, tam mnohem více prospěje dusík, popřípadě kombinace dusíku a azolu. Naopak řepky, kde už je vytažené srdéčko, přerostlé porosty regulátory ovlivní minimálně (Bečka et al. 2013).

Jarní aplikací dochází ke snížení výšky porostu a prodloužení větví a zvýšení jejich počtu. Výsledkem je vyšší počet šesulí na rostlině. Tím dochází k zastínění povrchu a zamezení neproduktivního výparu vody, nižší rostliny s kratšími listy také umožňují prostupnost světla do nižších pater, zároveň je eliminováno polehání rostlin (Baranyk et al. 2007). Dle Bečky

et al. (2013) regulace pomocí azolů v jarním období kladně ovlivňuje morfologické znaky. Zvyšuje počet větví a zkracuje výšku rostliny.

Pokud je špatný průběh počasí, rostliny se dostávají do stresu a morforegulátory se stres ještě zvýší. Proto, pokud nedosahují úhrny srážek normálu, nebo jsou slabé rostliny, je výhodnější aplikaci azolů na jaře vynechat (Bečka et al. 2013).

3.6. Hnojení řepky ozimé dusíkem

Hnojení dusíkem je v porovnání s hnojením ostatními živinami rozdílné v tom, že dusíkem hnojíme přímo k rostlině i v tom případě, že se na výnosu podílí dusík z půdy (Vaněk et al. 2012). Dusík je společně s fosforem velmi výrazně exportován z pole semeny, přitom jsou tyto živiny velmi potřebné pro fyziologické procesy řepky (Černý et al. 2020). Ve spotřebě živin je řepka řazená mezi velmi náročné plodiny. Pro dobrý, čtyř tunový, výnos semene odebere nadzemní biomasou z jednoho hektaru 208–236 kg dusíku (Baranyk et al. 2007). Pro produkci jedné tuny semene je potřebná dávka dusíku ve výši 50 kg/ha (Ducsay & Slepčan 2020). Řepka je více jak dvakrát náročnější na živiny než obilniny. Jejím kladem je vysoká předplodinová hodnota (Bečka et al. 2007).

Dle Vašáka et al. (2000) byl dosažen nejvyšší počet generativních orgánů u varianty hnojené 300 kg N/ha. Při třítunovém výnosu semene prostřednictvím posklizňových zbytků do půdy navrátí cca 225 kg K, 15 kg P a 105 kg N na jeden hektar (Bečka et al. 2007). Pro zlepšení využití hnojení dusíkem je ale zapotřebí také hnojení sírou (Fismes et al. 2000).

3.6.1. Organické hnojení

Hnojení organickými hnojivy přináší řepce celou řadu výhod. Organická hnojiva zlepšují půdní vlastnosti, například snižují objemovou hmotnost půdy, zlepšují podmínky pro růst a vývoj kořenů, jsou zdrojem živin a samozřejmě pomáhají udržet půdě úrodnost. Pro přímé hnojení řepky hnojem je důležité aplikovat hnůj 3-4 týdny před setím, aby byl dostatečný prostor pro slehnutí půdy a následné obnovení kapilarity. Řepka dále velmi dobře reaguje na hnojení kejdou. U tohoto hnojení je dobré aplikovat kejdu podpovrchově, aby se předešlo ztrátám dusíku, které mohou činit až 12 kg z hektaru za hodinu (Ducsay & Slepčan 2020).

3.6.2. Hnojení dusíkem před setím

Hnojení dusíkem před výsevem je žádoucí v případě, pokud je obsah minerálního dusíku v půdě nižší než 10 mg/kg (Černý et al. 2020). V moderní technologii pěstování řepky je podzimní aplikace N častější, než tomu bylo dříve. V současné době se základní 20 až 40 kg dávka N/ha vynechá pouze v případech, že bylo použito organické hnojení, předplodinou byla víceletá pícnina nebo na úrodných stanovištích, obzvláště při orebním zpracování půdy (Baranyk et al. 2010). Dle Černého et al. (2020) není nezbytné aplikovat dusík před setím, neboť na rozdíl od fosforu většinu jeho potřeby aplikujeme v jarním období. Obecnou zásadou

je, že dávka před setím nebo během setí by neměla být vyšší než 30 kg N/ha. Dle Hockinga & Stappera (2001) nedokázalo hnojení N před setím pozdě setých porostů kompenzovat ztrátu na výnosu.

3.6.3. Hnojení dusíkem na podzim

Řepka na podzim odebere velké množství dusíku, proto je minimalizováno jeho proplavení do spodních částí půdy (Sieling & Kage 2009). Pokud chceme řešit dodání dusíkatých hnojiv v podzimním období, je nutné vzít v úvahu i riziko ztrát ve vztahu k využitelnosti a poměru dodaných živin (Musil 2018). Růžek et al. (2019) uvádějí, že podzimní aplikací dusíku je přispíváno ke stabilizaci výnosů semen, obzvláště v průběhu let, kdy následuje suché jarní období. Cílem podzimního hnojení je vytvoření dostatečně mohutného a silného kořenového systému. Není ale žádoucí, aby nadzemní biomasa přerůstala. Dusíkatým hnojením na podzim se stimuluje právě růst nadzemní hmoty v neprospěch kořenů, to je pro přezimování nežádoucí (Bečka et al. 2007).

Porosty je nutné přihnojovat až po likvidaci výdrolu a nejdříve přistoupíme k hnojení tam, kde dochází ke žloutnutí spodních listů. Při hnojení porostů řepky v září je ale nutné zohledňovat půdní rozbor, aby nebyl zbytečně zvyšován minerální podíl dusíku v půdě a nebylo nutné opakovaně investovat do regulace přerostlého porostu (Růžek et al. 2019). Řepka reaguje na dostatek až nadbytek dusíku velmi intenzivně, rostliny mají horší podmínky pro přezimování (Baranyk et al. 2007). Řepka na podzim využije asi 50-80 kg N/ha (Bečka et al. 2013). Černý et al. (2020) říkají, že v letech s teplým podzimem, během kterého je dostatek srážek a následuje příznivá zima, je možný odběr dusíku během tohoto období i více než 100 kg, v extrémních případech posledních let až 150 kg.

Ozimá řepka je schopna vysokého příjmu minerálního dusíku z půdy a tím brání jeho vyplavování (Ducsay & Slepčan 2020). Z výzkumu Colnenna et al. (2002) ale vyplývá, že navzdory velkým podzimním nedostatkům dusíku nebyl zaznamenán pokles ve výnosu.

Často se řepka hnojí dusíkem před setím anebo v září. Toto hnojení však nestačí. Z velké části ho spotřebují mikroorganismy na rozklad slámy, a proto pokud pěstujeme tuto plodinu intenzivně, je důležité zařadit hnojení dusíkem pozdě na podzim, obvykle konec října (Bečka et al. 2013). Pro hnojení na konci října doporučuje Růžek et al. (2019) jako použité hnojivo močovinu nebo močovinu s inhibitorem ureázy. To nerozporuje tvrzení Forchtsama et al. (1960), kteří uváděli, že pokud bylo hnojeno chlévským hnojem k předplodině, je lépe hnojit dusíkem až na jaře, na list. Dusík z močoviny rostlina buď přijme okamžitě, nebo ve formách amoniaku či dusičnanu po přeměně močoviny (Byrnes & Freney 1995).

Ducsay & Slepčan (2020) zmiňují, že aplikace dusíku by měla přijít nejpozději do konce září, jinak oddaluje vegetační přestávku a nevyužitý dusík je zbytečně koncentrován ve stonku a listech. Růžek et al. (2019) pro toto hnojení doporučují ledková hnojiva. Naopak Bečka et al. (2013) uvádějí, že na konci října už nehrozí riziko intenzivního růstu listu, protože jsou

již nižší teploty. Toto hnojení zužitkuje především kořenový systém, ten potřebujeme nejvíce podpořit. Černý et al. (2020) ale říkají, že kořenový systém využije z podzimní dávky dusíku pouze 20 %, 80 % podzimního dusíku je využito ve prospěch nadzemní biomasy.

Ducsay & Slepčan (2020) uvádějí, že v letech 2006 a 2007 neměla podzimní 40 kg dávka dusíku na hektar prokazatelný vliv na výnos semen, naopak v roce 2008 a 2009, při slabém růstu rostlin na podzim, podzimní aplikace dusíku výrazně zvýšila úrodu. Černý (2020) uvádí, že podzimní hnojení řepky močovinou ve 40 kg dávce dusíku je standardem a přináší kladný efekt na výnosu v rozmezí 2 až 8 %. Porosty hnojené na podzim dusíkem lépe odolávají jarním přísuškům (Růžek et al. 2019).

Ve zranitelných oblastech ale narážíme na Nitrátovou směrnici. Za ideální hnojivo pro toto období považujeme močovinu nebo výhodnější její stabilizované formy, jakou je Alzon či UREAstabil (Bečka et al. 2013). To je potvrzeno i výroky Ducsaye & Slepčana (2020) uvádějících, že jako nejvýhodnější se jeví hnojiva s amonnou a amidickou formou dusíku nebo hnojiva s pomalu působícím dusíkem, popřípadě jejich kombinace.

Co je důležité pro určení dávky N v podzimním období, je také způsob zpracování půdy. Při běžných agroklimatických podmínkách je po orbě intenzivnější mineralizace organických látek v půdě, a to zpřístupní pro rostliny během podzimní vegetace obvykle o 20 až 40 kg N na hektar, více než při technologiích s minimalizací (Baranyk et al. 2010).

Z výsledků Bečky et al. (2013) vyplývá, že u podzimního hnojení dusíkem je nutné rozlišovat termín a cíl aplikace, ale také druh a formu použitého hnojiva. Pro podporu slabých rostlin růstu, pozdě vzešlé nebo mezerovité řepky hnojíme 40 až 50 kg N na hektar v termínu na konci září. Nejlepším hnojivem se jeví LAV. Pokud máme naopak silné a nadějně řepky, u kterých je možné, že budou mít nedostatek živin, poskytneme jim 46 kg N/ha v druhé polovině října ve stabilizovaných močovínách.

Bečka et al. (2013) dále uvádějí, že opatřením pro slabé, suchem poškozené a nevyrovnaně vzešlé porosty je přihnojení dusíkem v nitrátové formě. Doporučují aplikovat na konci měsíce září 40 až 50 kg N/ha v LAV pro podporu růstu. Řepka na nitrátový dusík reaguje intenzivním růstem. Slabé řepky po tomto hnojení pak růstovou a vývojovou ztrátu doženou. Dále z tohoto výzkumu vyplývá, že silné a nadějně řepky podpoříme ve druhé polovině října dusíkem. Výsledky ukazují pozitivní efekt aplikovaných dusíkatých hnojiv s inhibitory, jako jsou Alzon a UREAstabil, na růst nadzemní organické hmoty a výnos. Během jarních rozborů byl zjištěn přírůstek kořenů u variant na podzim hnojených o 7 % a přírůstek nadzemní organické hmoty až o 15 %. Z toho vyplývá, že na podzim hnojené řepky jsou na jaře vitálnější, rychleji regenerují a rostou. Po aplikaci 46 kg N/ha ve stabilizovaných formách bylo dosaženo průměrného navýšení výnosu o 0,23 t/ha. Účinnost podzimní aplikace dusíkatých hnojiv se odvíjí od délky podzimní vegetace řepky. Růžek et al. (2019) také zmiňují, že při podzimní aplikaci dusíkatých hnojiv je nutné brát zřetel i na ostatní živiny a věnovat pozornost i regulaci porostů.

3.6.4. Hnojení dusíkem na jaře

Celkovou potřebu dusíku pro porosty stanovíme podle středního odběru na jednotku produkce a dle výše očekávaného výnosu. Normativy odběru živin se mohou lišit velmi výrazně, a to vlivem ročníku, stanoviště použité odrůdy, úrovně dusíkaté výživy a také poměrem hlavního a vedlejšího produktu. Minerální výživou by měl být uhrazen rozdíl mezi celkovou potřebou rostlin a množstvím, které je schopna poskytnout půda (Vaněk et al. 2012). Řepka má specifické vlastnosti v ohledu využití živin během jarní vegetace (Černý et al. 2019). Výnosově rozhodující jsou jarní dávky N. Současně pěstované odrůdy nejlépe využívají systém dělených dávek. Výše dávek závisí na předpokládaném výnosu předplodiny organickém hnojení a půdně klimatických podmínkách. Celková dávka v minerálních hnojivech obvykle činí 120–200 kg N/ha (Baranyk et al. 2010). Jedním z důležitých poznatků v posledních několika letech je to, že v případě aplikace dusíkatého hnojiva v dávkách, které odpovídají potřebám plodiny, nezůstává v půdě v období sklizně již žádná zbytková minerální dusíkatá hnojiva (Jenkinson 2001).

Řepku je na jaře nutné velmi hnojit také z důvodu její neschopnosti retranslokace živin z jejích starších orgánů, jako jsou starší listy. Dalším důvodem je nízký sklizňový index, neboli podíl semen z celkového množství biomasy. To je také důvod, proč po sobě řepka zanechává spoustu živin ve formě posklizňových zbytků, které se později zapravují zpět do půdy (Černý et al. 2019). Harvest index se u řepky pohybuje v hodnotách 0,28-0,50. Semena jsou tedy v celkové biomase zastoupena podílem 28-50 % (Rathke & Christen 2005).

Na jaře bychom měli řepku přihnojit třikrát až čtyřikrát. Rozestupy mezi těmito vstupy na pozemek by měly být optimálně 14-18 dnů. Pro první a druhé jarní přihnojení pro regeneraci kořenů a listového srdéčka preferujeme ledková hnojiva. Později využíváme kapalná dusíkatá hnojiva či močoviny (Bečka et al. 2007). Účinnost aplikovaného dusíku, pro uspokojení poptávky plodiny, se odvíjí od typu hnojiva, termínu aplikace a sezónních trendů (Blankenau et al. 2002). Výhodou několika aplikací dusíku je to, že hnojení má možnost ovlivnit jednotlivé složky výnosu v různých fázích vývoje rostlin (Kurzyńska et al. 2013). Formy hnojiv bychom měli dělit dle půdně-klimatických podmínek, kterými jsou zejména vlhkost půdy, aktuální stav počasí a také stav nadzemní biomasy rostlin (Černý et al. 2019).

Dle výzkumu Růžka et al. (2019) působí jako nejlepší pro první jarní přihnojení hnojiva s nitrátovou nebo močovinnou formou dusíku, aplikované v dávkách 60 až 100 kg N/ha, naopak jako nevhodné se jim jeví hnojiva s amonnou formou dusíku nebo hnojiva s inhibitory nitrifikace. V minerálních hnojivech bychom měli pouze doplnit rozdíl mezi celkovou potřebou a množstvím, které je dostupné z půdy, a to dusík z organických hnojiv, kořenových a posklizňových zbytků a se zohledněním přínosu dusíku jetelovinami či luskovinami jako předplodiny (Baranyk et al. 2010). Během dalšího produkčního či pozdního hnojení je nutné zohledňovat průběh počasí, stav porostu, stanovištní podmínky, ale také předplodinu jako předcházející organické hnojení a aplikaci ostatních živin, které ovlivňují mimo jiné i příjem dusíku (Černý et al. 2019).

3.7. Koloběh dusíku

Dusík patří mezi nejdůležitější prvky v koloběhu živin v přírodě a má výrazný vliv na životní prostředí. V první řadě je nepostradatelnou živinou pro rostliny i všechny živé organismy (Vaněk et al. 2012). Potvrzuje to i tvrzení Roye et al. (2006), kteří říkají, že pro rostlinu patří dusík mezi nejdůležitější živiny a představuje 2–4 % rostlinné sušiny. Marschner (2012) uvádí, že po uhlíku je dusík pro rostliny nejvíce přijímaným prvkem. Dusík je také přední složkou chlorofylu, fytohormonů a vitaminů v plodinách. Dále přímo ovlivňuje výnos plodin a je důležitým prvkem pro hnojení (Jeong & Bhattarai 2018).

Minerální dusík, především nitrátový, a také dusík z hnojiv se v půdě velice dobře pohybuje, proto může při jeho nadbytku v půdě, především v době mimo vegetaci, docházet ke ztrátám vlivem vyplavení (Vaněk et al. 2012).

Při nedostatku dusíku jsou rostliny slabší a mají nižší vzrůst, porosty jsou často světlejší a nevyrovnané. Při nadbytku této živiny jsou rostliny sytě zelené, dobře vyvinuté až robustní, přecházejí ale do generativní fáze růstu později a prodlužuje se období dozrávání (Baranyk et al. 2007). Dle Balíka et al. (2012) je dusík důležitý až nezastupitelný ve všech živých soustavách, protože je využíván živými organismy k tvorbě mnoha různých organických látek, například aminokyselin, bílkovin, nukleových kyselin, aminocukrů, chlorofylu a dalších. Dusík je nepostradatelnou živinou nejen pro veškeré rostliny, ale také pro všechny živé organismy. Nedostatek dusíku má za následek snížení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezováním růstu rostlin a tvorby všech jejich orgánů (Baranyk et al. 2007). Nesmíme zapomenout na celkovou harmonickou výživu, která je v úzkém propojení s optimálními agrochemickými vlastnostmi půdy, to znamená především půdní organickou hmotu, pH půdy a také sorpční komplex a jeho nasycení (Ducsay & Slepčan 2020).

Dle Balíka et al. (2012) je celkové množství dusíku na Zemi odhadováno na $1,68 \times 10^{17}$ t, což je v rozporu s tvrzením Vaňka et al. (2012), kteří tvrdí, že na naší planetě je celkové množství dusíku $2,17 \times 10^{17}$ t a je soustředěn především v litosféře. Pro přírodu má ale největší význam dusík z atmosféry. Dusík ve vzduchu převládá a jeho podíl je 75,51 % hmotnostních, to znamená 78,08 % objemových (Vaněk et al. 2012). Nejběžnější stabilní izotop dusíku ^{14}N vytváří většinu, to znamená přibližně 99,64 % dusíku vyskytujícího se v přírodě. Druhý stabilní izotop ^{15}N se vyskytuje pouze ve výši 0,34 % dusíku obsaženého v přírodě. Tímto izotopem jsou vybavena hnojiva, kterými je posléze možné sledovat transport izotopů (Černý et al. 2019).

Nejstabilnější je pevná forma dusíku, která je nejvíce zastoupena v jeho celkové bilanci na Zemi. Litosféra obsahuje téměř 98 % z celkového množství dusíku, zbylý podíl je obsažen v atmosféře a pouze velmi malá část N je obsažena v hydrosféře a biosféře (Stanford 1982). Dusík z atmosféry se do půdy dostává díky fixaci mikroorganismy, hnojivy, rostlinnými zbytky a ve formě spadů (Vaněk et al. 2012).

Nejvíce dusíku je koncentrováno ve vrstvě půdy od 0 do 15 cm, kde je přítomna asi jedna třetina celkového dusíku. Téměř celá část celkového dusíku na Zemi je velmi pevně

vázána a pouze velmi malá část (přibližně 2,5 %) je v přijatelných formách, ve kterých může snadno podléhat přeměnám a být shromažďován živými organismy (Balík et al. 2012). Významným přísunem dusíku do půdy je poutání vzdušného dusíku mikroorganismy. Biologická fixace je nejvýraznějším zdrojem dusíku v biosféře. Podílejí se na ní všechny formace pevniny a oceány, nejvíce plochy oseté bobovitými rostlinami a dále lesní a travní porosty (Vaněk et al. 2012).

3.7.1. Mikroorganismy poutající vzdušný dusík

Mezi mikroorganismy mající schopnost podílet se na fixaci vzdušného dusíku (nitrogenní mikroorganismy) náleží mikroorganismy volně žijící a symbiotické (Vaněk et al. 2012). Přísunem vzdušného dusíku lze získat ročně 10 - 30 kg této živiny (Torma 2005). Symbiotická fixace se velice výrazně podílí na udržitelném zemědělství. Fixací dochází k přeměně atmosférického dusíku na amoniak, dopomáhá tomu enzym nitrogenáza (Saad et al. 2014).

Volně žijící mikroorganismy jsou především bakterie, které se nacházejí v půdě. Patří mezi ně řada mikroorganismů aerobních, jako například *Azotobacter chroococcum*, *Azotomonas insolina* z anaerobních mikroorganismů především *Bacillus amylobacter*, *Clostridium pasteurianum* a další. Tyto organismy potřebují k fixaci dostatek materiálu poskytujícího jim energii ve formě organických látek schopných snadného rozkladu. Pro znázornění množství fixovaného dusíku na jednotku energetického materiálu je uváděno, že *Azotobacter* je schopný vázat na 1 g energetického materiálu dusík v rozmezí 9–20 mg (Vaněk et al. 2012).

Symbiotické poutání vzdušného dusíku je prováděno mikroorganismy, které žijí v symbióze především s bobovitými rostlinami, na nichž mikroby infikují jejich kořeny, kde se tvoří hlízký (Vaněk et al. 2012). V našich podmínkách je fixace symbiotickými bakteriemi s bobovitými rostlinami v porovnání s fixací volně žijících mikroorganismů významnější (Balík et al. 2012). Mikroorganismy získávají z rostliny potřebné živiny a energii a naopak rostliny využívají velkou část dusíku fixovaného mikroorganismy (Vaněk et al. 2012).

3.7.2. Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,2 %, v ornici to představuje 3 000 – 6 000 kg N/ha. Více jak 95 % dusíku v půdě tvoří dusík organických sloučenin, což jsou rostlinné a živočišné zbytky, biomasa mikroorganismů, jejich metabolity, humusové látky, které vznikají při přeměně organických látek atd. Pro rostliny nedostupný dusík těchto sloučenin musí přejít na minerální formy v procesech mineralizace, to znamená na $N-NH_4^+$ a dále na $N-NO_3^-$, které slouží jako zdroj N pro rostliny (Vaněk et al. 2012).

Ztráty, přínosy a přeměna N v půdě nebo rostlině ovlivňují využitelnost N pro rostliny a pohyb N do širšího prostředí (Cameron & Moir 2013). Pro zastavení zhoršení kvality půdy

a ovzduší uvolňovaným oxidem uhličitým do atmosféry a znečištění podzemních i povrchových vod, je nutné hnojit dusíkem dle místně specifických podmínek (Khan et al. 2007). Dusík ve větší hloubce než 0,8 m, se stává pro výživu rostlin ztraceným a tvoří vážnou hrozbu pro zhoršení kvality podzemních vod (Kummer et al. 2003).

U amoniaku dosahují ztráty až 80 %, v případě dusičnanu (NO_3) je možné dojít až ke čtvrtinovým ztrátám. Proto zůstává v půdě jen část dusíkatých látek, které jsou následně využívány plodinami. Použití hnojiv se stabilizátory je inovativním řešením, jak těmto ztrátám zamezit. Profitují z toho nejen zemědělci efektivnějším využitím nákladů na hnojiva, ale zamezují i znečištění životního prostředí, především spodních vod (Czakó 2020).

3.7.3. Amonizace

Amonizaci chápe Bielek (1998) rovněž jako mineralizaci. Amonizace představuje odštěpení amoniaku z aminokyselin, případně amidů, probíhající v aerobních i anaerobních prostředích a je možné ji znázornit deaminací nejjednodušších aminokyselin (glycinu a alaninu). Za podmínek dostatečného přístupu vzduchu vzniká z glycinu kyselina mravenčí, oxid uhličitý a amoniak a z alaninu kyselina octová, oxid uhličitý a amoniak. V prostředí bez přístupu vzduchu vzniká z glycinu kyselina octová a amoniak a z alaninu kyselina propionová a amoniak. Tomu se podobá rozklad močoviny, která je enzymem ureázou hydrolyzována na uhličitán amonný, který se snadno rozkládá a uvolňuje se amoniak sloužící jako zdroj N pro mikroorganismy a rostliny (Vaněk et al. 2012).

3.7.4. Nitrifikace

Nitrifikace je děj, kdy je amonný dusík oxidován autotrofními mikroorganismy až na nitrátový dusík (Tlustoš et al. 2007). Nitrifikace je biologickou oxidací amoniaku na dusičnany, a realizuje se ve dvou etapách. Jedna z nich je nitritace (nitritační bakterie) a druhá nitratace (nitratační bakterie) (Růžek & Pišánová 2006). Je oxidačním procesem, při kterém je amonný dusík postupně oxidován autotrofními mikroorganismy až na N-NO_3^- . Nitrifikace je procesem, který je velmi citlivý na vnější podmínky, jimiž je výrazně ovlivňován. Mezi tyto podmínky patří teplota, optimálně 25–30 °C, při teplotách kolem 5 °C téměř ustává, dále dostatek vody a vzduchu v půdě, vyhovující pH a hnojiva (Vaněk et al. 2012).

Správný proces nitrifikace potřebuje dostatečně prokysličenou půdu a z hlediska pH vyžaduje slabě kyselé až mírně alkalické prostředí. Dále ji ovlivňují i ostatní ionty a vlastnosti hnojiv (Vaněk et al. 2016). Aplikace hnojiv s inhibitory nitrifikace má pozitivní vliv na snižování ztrát dusíku vlivem vyplavování (Stelly 1980). Inhibitory nitrifikace jsou přídavky do hnojiv, zvaná jako aditiva, zpomalující přeměnu amoniaku na dusičnan v půdě a tím snižují riziko vyluhování nebo denitrifikaci dusičnanů (Habibullah et al. 2017).

Prvním stupněm nitrifikace je nitritace, na které se podílejí bakterie *Nitrosomonas* a *Nitrosocystis*. Během tohoto procesu dochází k oxidaci amoniaku na dusitany. Následným

procesem je nitratace. Tento proces spočívá v přeměně dusitanů na dusičnany. K tomu dopomáhají bakterie *Nitrobacter* (Isaka et al. 2008).

Nejintenzivněji probíhá při teplotách v rozmezí 25 a 30 °C, za vlhkosti 60 – 70 % a při pH půdy 4,5 – 7,5. Pod 5 °C tento proces téměř ustává (Cameron et al. 2013).

3.7.5. Denitrifikace

Denitrifikace je redukčním procesem, při kterém jsou nitráty v přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až na elementární dusík. Ty unikají ve formě plynu a způsobují plynné ztráty. Pokud je dusík v půdě v nadbytku, může v mimovegetačním období docházet ke ztrátám vlivem denitrifikace (Vaněk et al. 2012).

Z důvodu plynných ztrát dusíku je tento proces již dlouho považován za nepříznivý (Vostal et al. 1989). V přírodě dochází ke dvěma způsobům denitrifikace. Jedním z nich je přímá denitrifikace, jež provádějí enzymatické mechanismy. Další možností je redukce minerálního dusíku chemickou reakcí, to je považováno za nepřímou denitrifikaci (Bielek 1984). Se stoupající koncentrací nitrátového dusíku v půdě roste intenzita denitrifikace, to je důvod, proč se může z půdy ztratit téměř 40 % aplikovaných dusíkatých hnojiv (Černý et al. 2011).

3.7.6. Mineralizace

Mineralizace je půdním procesem, při kterém se rozkládají organické dusíkaté látky na amoniak a posléze je amoniak oxidován přes dusitany na dusičnany (Fecenko & Ložek 2000). Optimální teplotou pro mineralizaci je 30 °C, v případě jejího poklesu o 10 °C se intenzita mineralizace snižuje o 50 %. Při teplotách okolo bodu mrazu se zastavuje. Intenzita mineralizace naopak stoupá, pokud se střídá období suché a vlhké. Pokud je půdní reakce pH v rozmezí hodnot 5 – 8, je mineralizace ovlivněna jen z malého množství. Dalším důležitým hlediskem z hlediska mineralizace je obsah organických látek a jejich kvalita a poměr C/N a dále také půdní druh. Pokud chceme dosáhnout tzv. priming effectu, je zapotřebí zadotovat půdu dusíkem (Černý et al. 2011).

3.7.7. Imobilizace

Během imobilizace nastává děj, kdy minerální formy dusíku jsou spotřebovávány mikroorganismy na stavbu jejich biomasy (Vaněk et al. 2016). Imobilizace se dělí na biologickou a nebiologickou. Biologická imobilizace je důsledkem asimilace minerálního dusíku rostlinami a půdní mikroflórou. Během nebiologické imobilizace dochází k fixaci amoniaku na minerály jílu a na ostatní organickou hmotu (Bielek 1984).

3.7.8. Volatilizace NH₃

Během amonifikace organických dusíkatých látek v půdě nebo po aplikaci minerálních hnojiv s amoniakem organických hnojiv na zemědělskou půdu dochází k vysokým ztrátám amoniaku do atmosféry (McGinn & Janzen 1998). Jedná se o amonný dusík, který není imobilizován mikroorganismy, přijímán rostlinou nebo fixován na půdní organickou hmotu. Může dojít k přeměně na amoniak a následné ztrátě formou plynného úniku. Ztráty dosahují často až 25 % z aplikovaného dusíku, z čehož je asi 80 % amoniaku z mineralizace organické hmoty (Vostal & Matousch 1987). Amoniak se uvolňuje při vyšší teplotě a v prostředí bez přístupu vzduchu (Černý et al. 2011).

3.7.9. Dusík v rostlinách

V rostlinných bílkovinách je tento prvek obsažen obvykle v 16 – 18 % a v sušině se vyskytuje až v 6 % (Baier 1982). Vaněk et al. (2012) zmiňují, že dle Pavlíkové et al. (2008) rostliny přijímají dusík ve formě kationtu amonného NH₄⁺ nebo aniontu nitrátového NO₃⁻. Rostliny mohou trpět toxicitou vůči NH₄⁺, pokud je tato forma dusíku jeho jediným zdrojem (Babourina et al. 2006).

O příjmu obou těchto iontů rozhodují především vnější podmínky a sama rostlina. Dusík je takzvaným motorem pro rostliny. Využívají ho pro růst nadzemní hmoty i kořenové soustavy (Alpmann et al. 2012). Výrazný vliv představuje i pH prostředí. V kyselější oblasti převažuje příjem NO₃⁻ a v neutrální až alkalické oblasti pH je příjem obou iontů vyrovnaný, nebo je vyšší příjem NH₄⁺. Do příjmu těchto iontů zasahuje také teplota, při nižší se snižuje příjem i využití NO₃⁻ (Vaněk et al. 2012).

Dusík se do buněk rostlin dostane díky aktivnímu transportu a poté je redukován nitrátoreduktásou a nitritoreduktásou až na NH₃. Tento proces probíhá v kořenech a listech, bezprostředně (Procházka et al. 1998). U rostlin je důležité, mnohdy až rozhodující, v jaké formě dusík přijmou. Je tím totiž ovlivněn příjem ostatních iontů. Pokud rostlina přijme jako hlavní složku dusík amonný, projeví se celkově nižší příjem iontů, obzvláště kationtů draslíku, manganu a hořčíku. Pokud nastane jednostranná výživa nitrátovým dusíkem, stoupne spotřeba těchto kationtů (Pavlíková et al. 2007).

3.8. Dusíkatá hnojiva

Dusík je rostlinám dodáván v několika formách, jednou z nich je forma dusičnanová (N-NO₃⁻), dalšími formami jsou amonná (N-NH₄⁺) a amidová (N-NH₂). Na obsažených formách dusíku závisí možnost využití jednotlivých hnojiv (Vaněk et al. 2012). Druhem aplikovaného hnojiva je možné do jisté míry ovlivnit rychlost nitrifikace (Černý et al. 2011)

3.8.1. Rozdělení hnojiv dle formy dusíku

Dusík ledkový (dusičnanový, nitrátový)

Jedná se o hnojiva, dobře rozpustná ve vodě, neboť aniont NO_3^- není sorbován v půdě, ale je přítomný v půdním rozotoku. Tato hnojiva jsou tudíž vhodná pro přihnojování v menších dávkách během vegetace (Vaněk et al. 2012).

Dusík amonný

Jedná se o síran amonný a bezvodý amoniak. Rostliny z těchto hnojiv využívají dusík ve formě kationtu NH_4^+ , tato forma dusíku je sorbována v půdě, a proto je dusík málo pohyblivý (Vaněk et al. 2012). Dusík dodávaný v amonné formě se pomalu nitrifikuje (Černý et al. 2011). Tato hnojiva jsou využívána především pro základní hnojení před setím a sázením (Vaněk et al. 2012).

Dusík amidový a kyanamidový (organický)

Jedná se o močoviny a dusíkatá vápna (Vaněk et al. 2012). Tato hnojiva jsou velice rychle nitrifikována. U mnoha z těchto hnojiv je využíván inhibitor nitrifikace, je ale nutné poznamenat, že jejich účinnost je do vysoké míry závislá na počasí (Černý et al. 2011).

Inhibitorem nitrifikace je možné zvýšit využitelnost dusíku až o 74 % (Alonso-Ayuso et al. 2016). Močovina je díky enzymu ureasy hnojivem, které je v půdě dobře pohyblivé, na tom se pozitivně také podílejí mikroorganismy a rostlinné zbytky. Díky nim se rozkládá na amoniak, kyselinu uhličitou a posléze vodu (Vaněk et al. 2007).

Hnojiva s více formami dusíku

Obvykle se jedná o hnojiva na bázi ledku amonného a hnojiva z něho vyráběná. Jsou jimi například ledek amonný s vápencem, dolomitem či sírou. Dále sem patří hnojivo DASA a kapalné hnojivo DAM, které je konkrétně směsným roztokem dusičnanu amonného a močoviny.

Tato hnojiva jsou na trhu nejrozšířenější (Vaněk et al. 2012).

Hnojiva s postupně uvolnitelným dusíkem

Tato hnojiva lze dále dělit na obalovaná a pozvolně rozpustná (Vaněk et al. 2012).

3.8.2. Hnojiva

Ledek amonný s vápencem (LAV)

Je vyráběn z dusičnanu amonného a jemně mletého vápence. Polovina obsaženého dusíku je v hnojivu ve formě amonné a polovina ve formě nitrátové. Obsah dusíku ve většině těchto hnojiv je 27 %, to je způsobeno nutností přidávání inertní látky, které je v hnojivu 20 %. To způsobuje bezpečnost použití hnojiva a jeho dobré fyzikální vlastnosti. LAV je v našich podmínkách nejpoužívanějším hnojivem. Díky dvěma různým složkám dusíku se jedná téměř

o univerzální hnojivo. Využívá se pro základní hnojení i pro hnojení během vegetace. Toto hnojivo vyniká především tím, že je možné využívat vyšší dávky a omezit tak počet vstupů do porostů. Hojně se také využívá při jarním hnojení travních porostů a hnojení po jednotlivých sečích (Vaněk et al. 2012).

Síran amonný (SA)

Dusík je v něm obsažen ve čpavkové formě. V půdě se rozpouští v půdním roztoku. Poměrně velká část iontů nahrazuje v půdním komplexu jiné kationty, tím je snižována jeho pohyblivost (Vaněk et al. 2012).

Močovina (MO)

Močovina je amidem kyseliny uhličité (tzv. karbamid). Močovina se v půdě velmi dobře pohybuje a rozpouští. Pro dobré působení močoviny je nutné zamezit ztrátám po aplikaci. Je nutné její rychlé zapravení do půdy. Těkání čpavku způsobuje obzvláště za teplého a suchého počasí ztráty, stejný efekt mají i půdy alkalické a lehké s malou sorpční kapacitou. Pro snížení ztrát NH_3 byly vyvinuty inhibitory, které snižují aktivitu ureázy tím, že zpomalují amonizaci močoviny. Na trhu je močovina obsahující inhibitor ureázy označována jako Urea stabil.

Amonný dusík, vzniklý rozkladem močoviny, poměrně rychle podléhá nitrifikaci, proto se značná část dusíku mění na dusík nitrátový. Ten je sice dobře přijatelný rostlinami, ale naopak při jeho nadbytku dochází ke kumulaci v rostlinách. Může být vyplaven do spodních horizontů, nebo denitrifikován, proto byly vyvinuty inhibitory nitrifikace. Ty tento proces výrazně omezují a je tak možné aplikovat vyšší jednorázové dávky. Tento druh močoviny je v současnosti na trhu označován například jako Alzon 46. Močovina je využívána k jarnímu základnímu hnojení. Vyniká i dobrou rozpustností ve vodě, je tak často využívána pro přihnojení v roztoku na list. Obvykle se tak aplikuje v 1 – 15 % roztoku, často se mísí s pesticidy (Vaněk et al. 2012).

DAM 390

Jedná se o vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny. 100 kg hnojiva obsahuje 30 kg dusíku. 100 l hnojiva má hmotnost 130 kg, proto obsahuje 100 l hnojiva 39 kg N. V hnojivu je obsažena polovina dusíku ve formě amidické, čtvrtina dusíku ve formě nitrátové a čtvrtina ve formě amonné. K aplikaci jsou využívány všechny postřikovače určené k plošnému postřiku, které jsou upravené po jeho aplikaci. Výhodou použití tohoto hnojiva je možnost mísení s většinou pesticidů, čímž je možné dosáhnout snížení aplikačních nákladů a dávky pesticidu. DAM je často využíván k základnímu hnojení v jarním období, kdy můžeme dosáhnout zvýšení účinku brzkým zapravením do půdy po aplikaci. Dále je využíván k aplikaci během vegetace, je nutné se ale vyhnout aplikaci za přímého slunečního svitu. Vhodná je aplikace za vyšší relativní vlhkosti vzduchu, tím docílíme omezení popálení listů (Vaněk et al. 2012).

DASA

DASA obsahuje 26 % N a 13 % S. Jedná se o směs dusičnanu amonného a síranu amonného. Hnojivo je využíváno k základnímu hnojení i přihnojování většiny plodin. Díky vysokému obsahu síry je hojně využíváno zejména pro řepku, slunečnici a ostatní brukvovité rostliny (Vaněk et al. 2012).

3.9. Nitrátová směrnice

Jedná se o směrnici rady 91/676/EHS, jejímž smyslem je snížit znečištění vod způsobené dusičnany ze zemědělských zdrojů a předcházet dalšímu takovému znečišťování (Venclová 2020). Nitrátová směrnice je nástrojem pro vymezení zranitelných oblastí, ve kterých se nacházejí vody znečištěné dusičnany. Tyto pozemky zaujímají 1,8 milionu hektarů, jedná se tedy o více než polovinu zemědělské půdy v České republice. Vymezení těchto pozemků vychází z výsledků vývoje obsahu dusičnanů ve vodách. Od července roku 2020 bylo mezi tyto oblasti přidáno 60 katastrálních území. Naopak 45 jich bylo vyjmuto (Eagri 2020).

Ke zvýšení počtu katastrů vedlo:

1. Zvýšení obsahu dusičnanů ve sledovaných profilech nebo objektech nad hodnotu 50 mg/l.
2. Výrazný rostoucí trend koncentrace dusičnanů
3. Eutrofizace povrchových vod vlivem zemědělství
4. Hodnota zátěže území chovem hospodářských zvířat (Klír 2020).

Pro zemědělské podnikatele je povinností ve zranitelných oblastech plnit zásady správné zemědělské praxe. Díky účelnému nastavení specifických pravidel pomáhá snižovat znečištění dusičnany a předcházet dalšímu znečištění. Nezbytností je proto detailně monitorovat stavy vod a zemědělského hospodaření. Vlivem začlenění nitrátové směrnice do právního řádu České republiky byly pozměněny některé zákony. Například vodní zákon určil zranitelné oblasti a stanovil podmínky používání a skladování průmyslových i statkových hnojiv, dále střídání plodin a provádění protierozních opatření těchto oblastech. V roce 2012 byl tento předpis zrušen a nahrazen novým, modifikovaným, tzv. 3. akčním programem, který spočívá v následujících opatřeních:

1. Především se jedná o zákaz hnojení v mimovegetačním období. Období zákazu závisí na začlenění oblasti do klimatického regionu, pěstované plodině a použitém hnojivu.
2. Za rizikové je považované hnojit těsně před nástupem mimovegetačního období z důvodu možných ztrát dusíku vyplavením. Proto je nutností používat podzimní přihnojení pouze v malých dávkách dusíku a pouze v opodstatněných případech.

Jsou jimi porosty s velkým odběrem živin, například porosty ozimé řepky, dále například základní dávky dusíku u pozdě setých porostů ozimé pšenice. Dále je možné aplikovat dusíkatá hnojiva při prokázaném deficitu N v rostlinách. V těchto případech je možné využít pozdější aplikaci dusíku až o 2 týdny.

- Byly stanoveny limity hnojení dusíkem k jednotlivým plodinám závisící na odpovídajících výnosech hlavního produktu. Hodnotí se suma použitých hnojiv za hospodářský rok včetně předseťového hnojení řepky. Nezapočítáván je dusík aplikovaný meziplodinám či k podpoře rozkladu zaorané slámy (Klír & Kozlovká 2013).

Tabulka 1 Nitrátová směrnice

Klimatický region	Minerální N hnojiva	Hnojiva s rychle uvolnitelným N	Hnojiva s pomalu uvolnitelným N **
0 – 5	1.11. – 15.2. (1.11. – 31.1.*)	15.11. – 15.2. (15.11. – 31.1.*)	15.12. – 15.2.
6 – 7	1.11. – 28.2. (1.11. – 15.2.*)	15.11. – 28.2. (15.11. – 15.2.*)	15.12. – 28.2.
8 – 9	15.10. – 28.2. (15.10. – 15.2.*)	5.11. – 28.2. (5.11. – 15.2.*)	15.12. – 28.2.

* Platí pro porosty ozimých plodin rostoucí na pozemcích nepřevyšujících 5°

** Platí i pro upravené kaly, pokud nedojde k následnému pěstování ozimých plodin nebo meziplodin, je zakázáno hnojení také v období od 1. června do 31. července (Eagri 2012).

Hlavní změny v roce 2020

- Dusíkaté hnojení na porosty meziplodin je možné aplikovat nejpozději 2 týdny před jejich zapravením.
- Hnojení na podporu rozkladu slámy při její zaorávce je možné jen tehdy, pokud je na poli ponechána veškerá sláma.
- Po hnojení při zaorávce slámy, je možné aplikovat startovací dávku pro ozimou řepku až do výše 30 kg N/ha.
- Hnojiva s inhibitory nitrifikace je nutné používat pouze v aplikačním pásmu III.a za pomoci dávkovacího zařízení pro homogenizaci.
- Dva týdny před zákazem hnojení je možné hnojit kejdou nebo digestátem i bez inhibitorů nebo dávkovacího zařízení.
- Došlo k posunutí začátku zákazu hnojení u klimatických regionů 6 a 7 na úroveň 0 – 5.
- Je možné hnojit až 14 dní po začátku období zákazu hnojení, pokud jsou průměrné denní teploty vyšší než 5 °C.
- Je možné aplikovat ozimým plodinám podzimní dávky dusíku i po zákazu hnojení a to do výše 5 kg N/ha.
- Na jaře je možné aplikovat regenerační hnojení ozimým plodinám o 14 dní dříve.
- Je zvýšeno množství N pro jednorázové dávky na TTP (Klír 2020).

4. Metodika

4.1. Pokusná lokalita

4.1.1. Popis pokusného stanoviště

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny ve Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze, nacházející se v Červeném Újezdě v okrese Praha západ na rozhraní okresů Kladno a Praha západ, přibližně 25 km od Prahy. Přesné zeměpisné údaje jsou 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky.

Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv, který velmi dobře zadržuje vodu a disponuje dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší štěrkovitosti a tím rychlého zásaku se projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu. Hloubka ornice je od 28 do 35 cm, vyznačuje se drobtovitou strukturou, je šedohnědá, hlinitá, biologicky činná, středně-silně prokořeněná. Na pokusných pozemcích převládá BPEJ 4.10.00. Jedná se o půdy středně těžké, s objemovou hmotností cca 1,4 t/m³, 7 % skeletu. Půda se vyznačuje střední až vysokou sorpční kapacitou a její sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední.

4.1.2. Klimatické podmínky během vegetačního období

Červený Újezd se nachází v oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Roční teplota činí 6,9 °C, úhrn srážek dosahuje 450-550 mm, což je v rámci ČR průměrná hodnota. V takzvaném vegetačním období (1.4.-30.9.) je průměrná teplota 12,9 °C. Suma srážek během vegetace dosahuje přibližně 360 mm. V období vegetačního klidu (1.12. – 28.2.) je průměrná teplota na hodnotě -2,2 °C a úhrn srážek 53 mm. Vegetační období trvá obvykle 150 až 160 dní. První mrazivý den přichází obvykle na počátku druhé dekády měsíce října. V jarním období se zde vyskytují ojedinělé mrazíky v poslední dekádě měsíce dubna.

4.2. Popis pokusu

Sledované období bylo zaměřené na 2 pěstitelské roky ozimé řepky, konkrétně rok 2018/2019 a 2019/2020. Pokus byl založen ve třech variantách podzimního hnojení dusíkatými hnojivy formou maloparcelkových pokusů. Každá z variant obsahovala 4 opakování. Sledovanými variantami v této práci byly kontrolní nehnojená, hnojená močovinou v dávce 40 kg N/ha a varianta vyživená 40 kg N/ha ve formě stabilizované močoviny. Vyjma tohoto hnojení, byla všem variantám poskytnuta shodná agrotechnika a stejné půdní a klimatické podmínky. Plocha parcelky byla 11,875 m², s přesnými rozměry 1,25 x 9,5 m.

Mezi sledované znaky se řadí obsah minerálního dusíku v půdě po podzimním hnojení, respektive u kontrolní varianty nehnojení dusíkem. Dalšími sledovanými ukazateli byly počet listů po zimě, průměr kořenového krčku po zimě, hmotnost a délka kořenů, dále hmotnost nadzemní biomasy v předjaří. V neposlední řadě byly hodnoceny sklizňové parametry, jako je

výnos semen a kvalita, konkrétně olejnatost. To vše bylo hodnoceno v závislosti na počasí ve sledovaných obdobích, konkrétně na teplotě a srážkových úhrnech.

4.2.1. Vývoj počasí v hospodářském roce 2018/2019

V období zakládání porostů řepky (podzim 2018) panovalo největší sucho příslušného roku, podpořené mimořádně vysokou teplotou. Ve 3. dekádě měsíce srpna spadlo 8,9 mm srážek, což splňuje požadavky ozimé řepky pro vzcházení, ale celkové srpnové srážky se odchyľují od dlouhodobého průměru o více než 45 mm. Ze záznamů o počasí je zřejmá důležitost včasnosti výsevu ozimé řepky, neboť v první dekádě měsíce září spadlo pouze 1,1 mm srážek, což znamená, že pokud by se nepovedlo porost řepky založit do 25. srpna, byl by velký problém s vláhou potřebnou pro vzcházení. Co se týče dalšího průběhu podzimní vegetace, měly porosty téměř dostačující podmínky z hlediska teploty i srážek. Problémem mohl být suchý průběh listopadu, neboť nemuselo dojít k optimálnímu využití podzimního dusíkatého přihnojení.

Obecně byly až třetiny porostů řepky z důvodu teplého a suchého průběhu podzimu mezerovité a nevyrovnané. V důsledku velmi vysokých teplot ve čtvrtém čtvrtletí roku 2018 nedošlo až do konce roku k dlouhodobějšímu zamrznutí půdy a rostliny stále vegetovaly a využívaly srážky, mlhy a dusík z půdy.

Díky sněhovým srážkám, někdy až vydatným, došlo v lednu a únoru k dosycení povrchových vod až do hloubky 20 cm.

Zbylou část vegetace již provázely průměrné srážky za doprovodu nadprůměrných teplot.

V tabulkách č.2 a 3 je zaznamenán vývoj teplot a srážek ve vegetačních rocích 2018/2019.

Tabulka 2 Teplota 2018/2019

Měsíc	Průměrná denní teplota (°C)	Dlouhodobý průměr (°C)	Odchyľka od dlouhodobého průměru (°C)	Hodnocení
Srpen	21,76	17,3	4,46	mimořádně teplý
Září	16,03	13,4	2,63	silně teplý
Říjen	10,61	8,4	2,21	silně teplý
Listopad	4,26	3	1,26	teplý
Prosinec	2,58	-0,5	3,08	silně teplý
Leden	-0,47	-2,3	1,83	normální
Únor	3,08	-0,8	3,88	silně teplý

Březen	7,04	2,9	4,14	mimořádně teplý
Duben	10,22	7,6	2,62	silně teplý
Květen	11,31	12,9	-1,59	studený
Červen	21,68	16,2	5,48	mimořádně teplý
Červenec	20,09	17,6	2,49	silně teplý

Tabulka 3 Srážky 2018/2019

Měsíc	Úhrn srážek (mm)	Dlouhodobý průměr (mm)	Odchylka od průměru (mm)	% dlouhodobého průměru úhrnu srážek	Vyhodnocení
Srpen	21,9	67,5	-45,6	32,4	silně suchý
Září	38,7	33	5,7	117,3	normální
Říjen	24,2	26,5	-2,3	91,3	normální
Listopad	12,7	29,9	-17,2	42,5	suchý
Prosinec	41,8	22,3	19,5	187,4	silně vlhký
Leden	24,8	21,6	3,2	114,8	normální
Únor	17,4	21,4	-4	81,3	normální
Březen	33,1	26,3	6,8	125,9	normální
Duben	22,1	34,9	-12,8	63,3	normální
Květen	55,3	67,2	-11,9	82,3	normální
Červen	41,4	63,5	-22,1	65,2	suchý
Červenec	52,6	58,7	-6,1	89,6	normální

4.2.2. Vývoj počasí v hospodářském roce 2019/2020

Vlivem vysokých úhrnů srážek ve druhé dekádě měsíce srpna byl posunut termín výsevu mimo optimální období. Půda tak ale nebyla vysušená a byla dobře zpracovatelná. Od období výsevu nespady několik dní žádné srážky, přesto však relativně dobrá půdní vlhkost z předchozí dekády umožnila za doprovodu velmi vysokých teplot řádné vzcházení. Srpen byl z hlediska dlouhodobého průměru výrazně srážkově i teplotně nadprůměrný. Srážkové úhrny dosahovaly 144 % dlouhodobého průměru. Tento trend pokračoval v průběhu celého podzimu, neboť v září bylo z hlediska srážek dokonce na míře 173 % dlouhodobého průměru. V říjnu a listopadu se dostupné srážky zvýšily nad průměr jen mírně, stejně tak teploty. Naopak po těchto měsících následoval suchý průběh prosince. Celkově podzimní počasí umožňovalo řepce dlouho vegetovat a tím i dobře využít podzimní dávky N hnojiv.

Průběh zimy byl teplotně výrazně nadprůměrný. Po lednovém suchu, vymykajícimu se normálu (37 % dlouhodobého průměru), následovalo enormní doplnění vod během února a března (celkem) za oba měsíce 213 % dlouhodobého průměru. Duben, společně s květnem naopak nedosahovaly ani dlouhodobých průměrů, proto bylo u porostů řepky důležité, že měly k dispozici v důsledku příznivého podzimu a mírného průběhu zimy řádný kořenový systém a mohly tak využívat vodu z hlubších vrstev půdy, jež byla doplněna v předcházejících měsících. Teploty se nevymykaly normálu.

Zbylá část vegetace proběhla za normálních klimatických podmínek, vyjma července, který byl relativně suchý. To umožnilo řádné dozrání a nepůsobilo problémy během sklizně.

V tabulkách č.4 a 5 je zaznamenán vývoj teplot a srážek ve vegetačních rocích 2018/2019.

Tabulka 4 Teplota 2019/2020

Měsíc	Průměrná denní teplota (°C)	Dlouhodobý průměr (°C)	Odchylka od dlouhodobého průměru (°C)	Hodnocení
Srpen	20	17,3	2,7	mimořádně teplý
Září	14,54	13,4	1,14	teplý
Říjen	10,46	8,4	2,06	silně teplý
Listopad	5,19	3	2,19	silně teplý
Prosinec	2,43	-0,5	2,93	silně teplý
Leden	1,31	-2,3	3,61	silně teplý
Únor	4,51	-0,8	5,31	mimořádně teplý
Březen	4,95	2,9	2,05	teplý
Duben	10,24	7,6	2,64	silně teplý
Květen	12,14	12,9	-0,76	normální
Červen	17,45	16,2	1,25	teplý
Červenec	19,1	17,6	1,5	teplý

Tabulka 5 Srážky 2019/2020

Měsíc	Úhrn srážek (mm)	Dlouhodobý průměr (mm)	Odchylka od průměru (mm)	% dlouhodobého průměru úhrnu srážek	Vyhodnocení
Srpen	97,5	67,5	30	144,4	vlhký
Září	57,2	33	24,2	173,3	vlhký
Říjen	30,3	26,5	3,8	114,3	normální
Listopad	34,4	29,9	4,5	115,1	normální
Prosinec	13,3	22,3	-9	59,6	normální
Leden	8	21,6	-13,6	37	silně suchý
Únor	56,9	21,4	35,5	265,9	mimořádně vlhký
Březen	45,4	26,3	19,1	172,6	vlhký
Duben	12,6	34,9	-22,3	36,1	silně suchý
Květen	50,4	67,2	-16,8	75	normální
Červen	71,8	63,5	8,3	113,1	normální
Červenec	29,2	58,7	-29,5	49,7	suchý

V tabulce č. 6 jsou zaznamenány průměrné teploty v období od zasetí do odběru vzorků rostlin a následně jejich celková suma a celkové množství srážek za totožné období. Zásadní rozdíl v počasí z hlediska vývoje rostlin je potřeba vnímat v podzimním období, před nástupem zimy a vegetačního klidu. V roce 2018 spadlo od zasetí do konce tohoto období 84,5 mm srážek. V roce 2019 celkový úhrn srážek za totožné období dosahoval výše 121,9 mm. To je o 44,26 % více než v předchozím období.

Tabulka 6 Povětrnostní podmínky od setí – po odběr vzorků

Období	Průměrná teplota (°C)		Srážky (mm)	
	2018/2019	2019/2020	2018/2019	2019/2020
20.8.-31.8.	18,80	21,72	8,9	0
Září	16,03	14,54	38,7	57,2
Říjen	10,61	10,46	24,2	30,3
Listopad	4,26	5,19	12,7	34,4
Prosinec	2,58	2,43	41,8	13,3
Leden	-0,47	1,31	24,8	8
Únor	3,08	4,51	17,4	56,9
1.3.-10.3.	7,48	5,18	19,7	20,9
Σ	62,37	65,34	188,2	221
Σ setí-30.11.	49,70	51,91	84,5	121,9

Suma průměrných měsíčních teplot v sezoně 2018/2019 od zasetí do sklizně činila **125,23 °C** a celkový úhrn srážek za stejné období byl **348,3 mm**, v sezoně 2019/2020 byla

suma průměrných měsíčních teplot za vegetaci **129,24 °C** a úhrn srážek **409,5 mm**. Od odběrů vzorků do sklizně bylo počasí během dvou sezon odlišné. Druhá část vegetace v roce 2019 byla teplejší, se sumou průměrných měsíčních teplot 70,07 °C. Druhá část vegetace roku 2020 zaznamenala sumu průměrných měsíčních teplot ve výši 63,90 °C. Naopak vlhčí druhou částí vegetace byl rok 2020 s úhrnem srážek 188,5 mm proti roku 2019 s úhrnem srážek 160,1 mm. Výsledky teplot v druhé části vegetace zobrazuje tabulka č.7.

Tabulka 7 Suma průměrných měsíčních teplot a celkových srážek v období od odběru vzorků po sklizeň

	2018/2019	2019/2020
Teplota	70,07 °C	63,90 °C
Srážky	160,1 mm	188,5 mm

4.3. Agrotechnická opatření

4.3.1. Hospodářský rok 2018/2019

Odrůdou v pokusu byl hybrid Marathon, jehož udržovatelem je německý DSV Lippstadt. Jedná se o středně raný hybrid, vyznačující se nižším až středním vzrůstem a tím jeho vhodností z hlediska polehání. Dalšími výhodami tohoto hybridu je dobrý zdravotní stav. Obsah oleje a HTS je na středně vysoké úrovni. Hodí se především do bonitně lepších půd, kde vyžaduje rané nebo středně pozdní termíny výsevu.

Každá z variant byla vyšetřena vždy ve 4 opakování.

Předplodinou byl hrách setý, sklizeň byla provedena dne 26.7. 2018, sláma byla rozdracena.

Tabulka 8 Zpracování půdy a setí

Termín	Operace
1.8.2018	Podmítka do hloubky 10 cm
20.8.2018	Seťová orba do hloubky 22 cm
20.8.2018	Předseťová příprava kompaktozem
20.8.2018	Setí, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 klíčivých rostlin/m ²

Tabulka 9 Přípravky na ochranu rostlin

Termín	Účel	Název přípravku	Dávka (l,kg/ha)
23.8.2018	Herbicid	Quantum+Command 36 CS	2 + 0,2
27.8.2018	Rodenticid (do děr)	Stutox	Lokálně, dle potřeby
11.9.2018	Insekticid	Nurelle D	0,6
18.9.2018	Insekticid	Karate Zeon	0,1
29.3.2019	Insekticid	Nurelle D	0,6
25.4.2019	Insekticid	Proteus	0,6

Tabulka 10 Hnojiva

Termín	Hnojivo	kg hnojiva/ha	kg N/ha
23.2.2019	DASA	154	40
15.3.2019	LAD	185	50
29.3.2019	LAD	222	60
12.4.2019	LAD	111	30

Tabulka 11 Celková dávka dusíku 2018/2019

	Podzimní	Regenerační	Produkční I	Produkční II	Kvalitativní	Celkem kg N/ha
Kontrola	0	40	50	60	30	180
Urea	40	40	50	60	30	220
Urea stabil	40	40	50	60	30	220

Sklizeň byla provedena dne 27.7. 2019 maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

4.3.2. Hospodářský rok 2019/2020

V hospodářském roce 2019/2020 byl vyšetřován hybrid LG Architect, který byl v letech 2018 a 2019 nejpěstovanějším hybridem v České republice. Jedná se o středně raný hybrid vyznačující se velmi vysokým výnosem semen.

Každá z variant byla vyšetřována vždy ve 4 opakování.

Předplodinou byla ozimá pšenice, sklizena dne 29.7. 2018, sláma byla rozdrčena

Tabulka 12 Zpracování půdy a setí

Termín	Operace
2.8.2019	Podmítka do hloubky 10 cm
25.8.2019	Seťová orba do hloubky 22 cm
26.8.2019	Předseťová příprava kompaktozemem
26.8.2019	Setí, hloubka 1,5-2 cm, řádky 12,5 cm, výsevek 50 klíčivých rostlin/m ²

Tabulka 13 Přípravky na ochranu rostlin

Termín	Účel	Název přípravku	Dávka (l,kg/ha)
28.8.2019	Herbicid	Butisan Complete	2,5
6.9.2019	Rodenticid (do děr)	Stutox	Lokálně,dle potřeby
8.4.2020	Insekticid	Nurelle D	0,6
7.5.2020	Insekticid	Proteus	0,6

Tabulka 14 Hnojiva

Termín	Hnojivo	kg hnojiva/ha	kg N/ha
22.2.2020	DASA	154	40
16.3.2020	LAD	185	50
30.3.2020	LAD	222	60
20.4.2020	LAD	111	30

Tabulka 15 Celková dávka dusíku 2019/2020

	Podzimní	Regenerační	Produkční I	Produkční II	Kvalitativní	Celkem kg N/ha
Kontrola	0	40	50	60	30	180
Urea	40	40	50	60	30	220
Urea stabil	40	40	50	60	30	220

Sklizeň byla provedena dne 27.7. 2020 maloparcelkovou sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

4.4. Popis hnojiv použitých k podzimnímu přihnojení

Urea

Močovina je dusíkatým granulovaným hnojivem, jež obsahuje 46 % amidového dusíku. Je to relativně koncentrované hnojivo, využívané především k základnímu hnojení za předpokladu, že bude zapraveno během předset'ové přípravy do půdy. Hnojivo je ale také využíváno k přihnojování během vegetace. Močovina je často se využívá k rozpuštění do tzv. tankmixů spolu s pesticidy a je tak využívána pro hnojení na list v roztoku.

Urea stabil

Stabilizovaná močovina je hnojivem obsahujícím inhibitor ureázy. Inhibitor v něm zpomaluje přeměnu amidického dusíku na amoniakální a vlivem toho, ve srovnání s obyčejnou močovinou, dochází k výraznému snížení ztrát do ovzduší ve formě plynného čpavku. Hnojení se tak stává efektivnějším. Tato výhoda je využívána především při aplikacích na povrch půdy, či do porostu, za předpokladu, že v brzké době přijdou srážky. Toto hnojivo je určeno jak k základnímu hnojení před založením porostu, tak i k hnojení během vegetace.

4.5. Odběry a vyhodnocování vzorků

Podzimní hnojení se uskutečnilo v sezonně 2018/2019 v termínu 24. října. Podobné to bylo v sezonně 2019/2020, kdy hnojení proběhlo v termínu 25. října. Odběry vzorků rostlin byly provedeny 19.3. 2019 a 16.3. 2020.

Samotný odběr rostlin probíhal odebráním 10 rostlin rostlých za sebou v řádku z každé parcelky. Poté došlo k omytí, z důvodu zbavení se zeminy z kořenů. Po umytí došlo k oddělení nadzemní části rostliny od podzemní, každá z rostlinných částí byla hodnocena samostatně. U nadzemní části se spočítaly listy, které měla každá jednotlivá rostlina a pomocí měřítka se změřila jejich délka. Posuvným měřítkem byla změřena i tloušťka kořenového krčku.

U kořenů byla také změřena a zaznamenána jejich délka. Následně došlo ke zvážení kořenů, zaznamenání a umístění do sušárny. Technologie sušení probíhala za teploty 105 °C po dobu 8 hodin. Po vyjmutí ze sušárny došlo ke zvážení na přesných analytických vahách.

Stanovení obsahu minerálního dusíku (N_{\min}) proběhlo na základě odběrů v zimním období, aby byl zřejmý vliv jednotlivých hnojiv na jeho obsah v půdě. V roce 2019 byly vzorky půdy odebrány dne 14.2. a v roce 2020 v termínu 13.2. Vzorek zeminy byl odebrán pomocí sondovací tyče. V laboratořích byl následně stanoven obsah amonného a nitrátového dusíku v 1 kg zeminy a po jejich součtu a vynásobení koeficientem 4,5 byl získán údaj o celkovém obsahu minerálního dusíku v kg/ha.

Po červencové sklizni, provedené maloparcelkovou mlátičkou, došlo ke zvážení výnosů z jednotlivých variant, součástí sklizňových rozborů bylo i stanovení vlhkosti semen, provedené vlhkoměrem. Následně byly jednotlivé výnosy přepočteny na jednotnou 8% vlhkost. Proběhlo také stanovení čistoty, které se vyjádřilo procentuálním podílem vyčištěných semen z nevyčištěných. K oddělení došlo přefoukáním nevyčištěného vzorku. Následně byl výnos přepočten na 98 % čistotu.

Během podzimu a v jarním období byly sledovány tyto znaky:

- Obsah minerálního dusíku v půdě
- Počet listů
- Průměr kořenového krčku
- Hmotnost kořenů
- Hmotnost nadzemní biomasy

Po sklizni byly hodnoceny tyto znaky

- Výnos semen
- Olejnatost

4.6. Zpracování výsledků - Statistika

Výsledky byly vyhodnoceny a posouzeny pomocí programu Statistica 12 statistickou metodou ANOVA. Podrobnější vyhodnocení bylo provedeno pomocí Tukeyeho HSD testu.

5. Výsledky

5.1. Stavby řepky v době podzimního hnojení

V tabulce č.16 jsou znázorněny stavy porostů v dvouletém období. Mezi ročníky byly ve sledovaných parametrech většinou statisticky průkazné rozdíly, což je označeno u výsledků písmenem **a** a **b**. Jedná se o odběry vzorků rostlin před aplikací podzimního dusíkatého hnojení. Vzhledem ke sledovaným podzimům let 2018 a 2019 (viz tab.č.16), bylo v roce 2019 už v době podzimního hnojení překročena hranice stanovená pro přerůstání nadzemní biomasy. Naopak v roce 2018 bylo vzhledem k době, ve které bylo hnojivo aplikováno již jasné, že kořenový krček nedosáhne hodnot, znamenajících jistotu zdárného přezimování.

Tabulka 16 Podzimní stavy porostů

	Hmotnost kořenů (g)	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g)	Počet listů (ks)	Délka listů (cm)	Průměr kořenového krčku (mm)	Délka kořene (cm)
2018/2019	2,1 b	10,6 b	7,1 a	9,6 a	3,2 b	16,1 b
2019/2020	20,7 a	68,6 a	6,8 a	31,0 b	9,8 a	23,2 a
Průměr	11,4	39,6	6,95	40,6	6,5	39,3

5.2. Obsah minerálního dusíku v půdě

Obsah minerálního dusíku v půdě v jarním období je obvykle na nejvyšší hodnotě během celé vegetace. Jeho obsah v půdě je měněn vlivem vlhkosti půdy a teploty, respektive půdně klimatických podmínek, a také vlivem hnojení. Záleží i na jeho odběru rostlinami. Na výživě rostlin se výrazněji podílí forma NO_3^- , neboť forma NH_4^+ je fixována jílovými minerály. Mezi ročníky zjišťujeme, že není možné jednostranně potvrdit, které z hnojiv rostliny akumulují lépe, neboť se meziročníkové hodnoty N_{\min} značně rozcházejí. Každě z hnojiv působí v odlišných klimatických podmínkách jinak. Hlavním rozdílem je, že Urea stabil se dostane k rostlinám již po velmi malých srážkách po aplikaci, zatímco klasická močovina vyžaduje hodnotnější srážky do 5 dnů od aplikace, jinak dochází ke ztrátám dusíku. Těkání čpavku způsobuje u klasické močoviny, obzvláště pokud je teplo a sucho, ztráty. Ty způsobují také půdy alkalické a lehké s malou sorpční kapacitou. Inhibitor ureázy snižuje ztráty NH_3 vlivem snížení aktivity ureázy. To je způsobeno zpomalením amonizace močoviny.

Na základě obsahu minerálního dusíku v půdě během předjaří dochází ke stanovení dávky dusíkatých hnojiv po zbytek vegetace. Zpravidla platí, že pokud je obsah nižší než 45 kg/ha a porosty jsou nadějně, není žádoucí snižovat další dávky N hnojiv.

Skutečnost, že je ve druhém sledovaném období výrazně nižší obsah minerálního dusíku u hnojených porostů se dá interpretovat tím, že bujně porosty (viz tab. č.23) z vlhkého roku 2019/2020 odčerpaly značné množství živin. Je to dokumentováno hmotností nadzemní biomasy v tomto období a s tím úměrně klesajícím obsahem minerálního dusíku (viz tab. č.18).

V tomto období byl nejvyšší obsah minerálního dusíku u kontrolní, nehnojené varianty, u které bylo množství nadzemní biomasy nejnižší. Tudíž můžeme podzimní aplikaci nazvat efektivní.

Naopak během prvního sledovaného období nedošlo k optimálnímu využití dusíkatého podzimního přihnojení z důvodu špatného podzimního růstu řepky způsobeného suchým průběhem podzimu. Varianta hnojená klasickou močovinou obsahovala v předjaří velké množství nevyužitého dusíku (viz tab. č.17). Další vstupy do takového porostu jsou již méně efektivní. Není ale jednoznačně možné tvrdit, jako u druhého sledovaného období, že nadbytek minerálního dusíku v půdě je způsoben nízkým odběrem porostů, které nejsou v žádoucí kondici, neboť z varianty hnojené klasickou močovinou byly odebrány rostliny s vyšší hmotností nadzemní biomasy, než je tomu u varianty hnojené močovinou stabilizovanou (viz tab. č.23)

Tabulka 17 Obsah Nmin v půdě 2018/2019 - odběr 14.2.2019

	Obsah NH ₄ (mg/kg)	Obsah NO ₃ (mg/kg)	Obsah minerálního dusíku celkem (kg/ha)
Kontrola	1,4	7,0	37,80
Urea	1,8	12,6	64,80
Urea stabil	1,4	8,5	44,55

Tabulka 18 Obsah Nmin v půdě 2019/2020 – odběr 13.2.2020

	Obsah NH ₄ (mg/kg)	Obsah NO ₃ (mg/kg)	Obsah minerálního dusíku celkem (kg/ha)
Kontrola	1,9	3,8	25,65
Urea	1,6	2,3	17,55
Urea stabil	1,6	1,8	15,30

5.3. Počet listů (listy/r.)

Na počtu listů zjištěném při jarních odběrech se podzimní přihnojení výrazně neprojevilo. Mezi variantami nejsou statisticky průkazné rozdíly v žádném ze sledovaných ročníků (viz tab. č. 19). Statisticky průkazné rozdíly nebyly zaznamenány ani v meziročním srovnání.

Před podzimním hnojením disponovaly rostliny v roce 2018 7,1 listu/r a v roce 2019 6,8/r (viz tab.č.16). Co se týče srážek a teplot, jejich vyšší hodnoty se neprojevují na počtu listů. Ty by měly pro zdárné přezimování vytvořit listovou růžici s více než 8-10 listy. Během jarních odběrů byl tento počet listů zjištěn u hnojených i kontrolních variant u obou sledovaných období.

Tabulka 19 Počet listů/rostlina

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	10,0 a	100%	10,9 a	100%
Urea	10,7 a	107%	10,8 a	99,1%
Urea stabil	10,6 a	106%	11,2 a	102,8%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.4. Průměr kořenového krčku (mm)

Průměr kořenového krčku před podzimním hnojením byl 3,2 mm v roce 2018 a v roce 2019 9,8 mm (viz tab. č.20) Optimální stav kořenového krčku před zimou nejlépe odpovídá minimální hodnotě 8 mm. Vlivem sucha v průběhu podzimu 2018 nedošlo k dosažení optimální tloušťky v tomto období.

Mezi variantami nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl (viz tab. č, 20). Ve vysoké míře byl zaznamenán rozdíl v meziročním srovnání, což bylo způsobeno podzimními srážkami, kterých bylo v roce 2018 výrazně méně (viz tab č.6). Kořenový krček měl o více než 100% lepší parametry během ročníku 2019/2020. V meziročním srovnání mezi variantami tloušťka krčku nabývá vyšších hodnot téměř přímo uměrně (viz tab. č.20), konkrétně rok 2019/2020 nabývá hodnot vyšších v rozmezí o 216-219%. Nejvyšší přínos prokazuje hnojení stabilizovanou močovinou, téměř 2% proti kontrolní variantě. Vliv hnojiv je tedy názorný. Větší vliv na tento parametr má však průběh ročníku, především dostatečné podzimní srážky, neboť teploty jsou meziročně v podzimním období velice podobné.

Tabulka 20 Průměr kořenového krčku (mm)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	6,6 a	100%	14,3 a	100%
Urea	6,8 a	103,%	14,7 a	102,8%
Urea stabil	7,0 a	106,1%	15,3 a	107%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.5. Hmotnost sušiny kořenů (g/10 r.)

Mezi variantami nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Rozdíly jsou výrazné zvláště z hlediska rozdílných ročníků. Co se týče aplikovaných dusíkatých hnojiv, nelze jednostranně potvrdit, že mají na mohutnost kořenů pozitivní vliv, neboť ve druhém ze sledovaných ročníků je hmotnost sušiny kořenů u kontrolní varianty vyšší, než u varianty hnojené močovinou a jen nepatrně nižší než u varianty hnojené močovinou s inhibitorem ureázy.

Hmotnost kořenů byla pozitivně ovlivněna stabilizovanou formou močoviny, která zlepšovala jejich vývoj. V prvním sledovaném období se hmotnost proti kontrole zvýšila v průměru o 5,88 %, ve druhém sledovaném období se zvýšila o 5,90 %, jak je možné vidět v tabulce č.21. Na hmotnost kořenů po hnojení klasickou močovinou měly výrazný vliv srážky,

kteře jsou bezprostředně po hnojení žádoucí. Během poslední dekády října v roce 2018 jich spadlo více než 20 mm, navzdory jinak suchému průběhu podzimu, to se projevilo v tomto roce kladně. Naopak v roce 2019 během poslední dekády října téměř nezapršelo a hnojení klasickou močovinou nemělo na kořeny žádný vliv, jejich hmotnost byla nižší než u kontrolní varianty.

Během poslední dekády října 2019 spadlo pouhých 2,9 mm srážek a v první dekádě listopadu 11,6 mm. Díky inhibitoru ureázy, který zpomaluje přeměnu močoviny na amoniak po dobu jednoho až dvou týdnů a stačí pro její využití i pouhé 2 mm srážek, došlo ke zvýšení hmotnosti kořenů v obou sledovaných obdobích.

Z tabulky č.21 vyplývá, že pokud po aplikaci hnojiv spadne dostatečné množství srážek, je z hlediska hmotnosti kořenů výhodnější aplikace klasické močoviny, která za takto příznivých podmínek zvýšila hmotnost kořenů o 9,8%.

V roce 2020 se na vysoké hmotnosti kořenů během jarních odběrů projevily velmi teplý průběh měsíce února, kdy zejména během první a druhé dekády padaly teplotní rekordy a průměrné denní teploty byly vyšší než 4,5°C. Kořeny tak nezastavily růst během celé zimy, proto byla jejich vysoká hmotnost i u kontrolní, nehnojené varianty.

I bez hnojení je znatelný přírůstek kořenů ve srovnání s odběry před podzimním hnojením (viz tab. č.16). Přírůstek sušiny kořenů byl poměrově výrazně vyšší během sezony 2018/2019, neboť kvůli teplému průběhu zimy 2019/2020 nedošlo k úplnému zastavení vegetace a došlo tak k růstu nadzemní biomasy částečně na úkor kořenů.

Tabulka 21 Hmotnost sušiny kořenů (g/10 r)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	5,1 a	100%	22,0 a	100%
Urea	5,6 a	109,8%	21,6 a	98,2%
Urea stabil	5,4 a	105,9%	23,3 a	105,9%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.6. Délka kořenů (cm)

Optimální délka kořenů je stanovena po zimě na 25 cm. Před podzimní aplikací dusíku sahaly kořeny do hloubky 23,2 cm. Vlivem teplého průběhu zimy a extrémních teplot v únoru během sezony 2019/2020 kořeny nezastavily růst po celou dobu a při jarních odběrech byla zjištěna u všech variant totožná délka. Na délce kořenů tak nebyl během vlhkého průběhu podzimu a teplé zimy sledován vliv hnojiv aplikovaných na podzim (viz tab. č.22). Rozdíl byl však v jejich mohutnosti (viz tab. č.21), která se týká hmotnosti sušiny kořenů.

Průběh zimy 2018/2019 byl na srážky dostatečný, za prosinec, leden a únor napršelo celkem 84 mm, dlouhodobý průměr za totožné období činí 65,3 mm. Teploty v průběhu této zimy byly nadprůměrné (viz tab. č.6), proto i v této sezoně mohly kořeny růst i během zimy.

Tabulka 22 Délka kořenů (cm)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	16,5 a	100%	25,6 a	100%
Urea	16,8 a	101,8%	25,6 a	100%
Urea stabil	17,0 a	103%	25,6 a	100%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.7. Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g/10 r)

U parametru s počtem listů nebyl zjištěn rozdíl mezi ročníky z hlediska jejich počtu, ale z hlediska celkové hmotnosti biomasy je meziroční srovnání velmi výrazné. Mezi variantami sice nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl (viz tab. č. 23), ale hnojiva se na celkovém stavu porostu projevila. Opět ale prokazuje výrazně větší vliv průběh ročníku než aplikovaných hnojiv, ale přesto se aplikace hnojiv na hmotnosti relativně výrazně podílela. Aplikace klasické močoviny zvýšila hmotnost nadzemní biomasy o 9,2 % v prvním sledovaném období a ve druhém sledovaném období o 19,57 %. Urea stabil zvýšila hmotnost kořenů v prvním sledovaném období o 4,6 % a ve druhém sledovaném období dokonce o 21,22 %. Vliv ročníku se tedy na hmotnosti nadzemní biomasy podílel z větší části.

Z důvodu vyšších teplot v listopadu 2019, kdy byly teploty vyšší o 2,19 °C, než je dlouhodobý průměr a následně i v zimních měsících, kdy byla suma průměrných teplot 8,25 °C oproti sumě teplot dlouhodobého průměru stejného období ve výši -3,6 °C, došlo po podzimním hnojení k růstu nadzemní biomasy. Došlo k tomu i u močoviny v roce 2019, navzdory nedostatku srážek po její aplikaci. Pokud by do 5 dní po aplikaci došlo k vyšším úhrnům srážek a následně by byly totožné teploty, pravděpodobně by hmotnost nadzemní biomasy byla ještě vyšší, srovnatelná s variantou Urea stabil, nebo těžší, jako tomu bylo v roce 2018. Hodnoty hmotnosti nadzemní biomasy u jednotlivých variant jsou uvedeny v tabulce č.23.

Vyšší hmotnost nadzemní biomasy při jarních odběrech značí vitalitu řepky, která tak lépe regeneruje.

Tabulka 23 Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g/10 r)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	17,4 a	100%	60,8 a	100%
Urea	19,0 a	109,2%	72,7 a	119,6%
Urea stabil	18,2 a	104,6%	73,0 a	120,1%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.8. Výnos (t/ha)

Ze statistického hlediska nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi hnojenými a nehnojenou variantou v žádné sezoně, avšak k rozdílům, které se podepíší na ekonomickém zhodnocení výnosů došlo (viz tab. č.24). Zatímco u prvního ze sledovaných ročníků vykázala

kontrolní varianta vyšší výnos než jedna ze hnojených, a varianta hnojená Urea stabil se podílela na zvýšení výnosu o 5,33 %, ve druhém, povětrnostně příhodnějším ročníku měla dusíkatá hnojiva v obou případech pozitivní vliv. Ne však do takové míry, aby jejich aplikace byla rentabilní.

Močovina měla pozitivní vliv na výnosu o 0,96 % a stabilizovaná močovina se podílela na vyšším výnosu v míře 3,67 % během druhého sledovaného období. V prvním sledovaném období byl zvýšen výnos pouze u varianty hnojené močovinou s inhibitorem ureázy, díky které došlo ke zvýšení výnosu o 4,78 %. Jako rentabilní se jeví v obou obdobích varianta Urea stabil.

Na výnosu se v meziročním srovnání nejvíce projevily podzimní srážky a teplý průběh zimy v roce 2019/2020, neboť byly rozdíly v naměřených hodnotách během jarních rozborů rostlin. Rostliny vstupovaly do jarní vegetace v roce 2020 s většími kořeny a podílem nadzemní hmoty, to jim umožnilo vitálnější nástup na jaře. Díky bohatým kořenům rostliny zdárně překonaly sucho v dubnu a první dekádě května. Navzdory tomuto suchému období byl úhrn srážek od jarních odběrů také vyšší než u předchozího roku, celkem 188,2 mm. Předchozí rok činil 160,1 mm (viz tab.č.7).

Tabulka 24 Výnos semen (t/ha)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	3,56 a	100%	6,27 a	100%
Urea	3,09 a	86,8%	6,33 a	101%
Urea stabil	3,73 a	104,8%	6,50 a	103,7%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.9. Olejnatost (%)

Mezi variantami nejsou statisticky průkazné rozdíly v žádném ze sledovaných období. Výše olejnatosti se opět výrazněji liší vlivem ročníku (viz tab. č.25). Olejnatost ze sklizně 2020 je vyšší z důvodu srážek během června, jejich úhrn za toto období byl ve výši 71,8 mm. To je o 30,4 mm více než v červnu předchozího roku (viz tab.č.3 a 5). Sušší červen 2019 byl doprovázen i vyššími teplotami. Tyto podmínky ovlivnily také výši HTS, znázorněné v tabulce č.26. Hodnoty z roku 2020 jsou hodnoceny jako obvyklé, červen 2019 byl extrémně suchý a hodnoty olejnatosti a HTS se tím snížily.

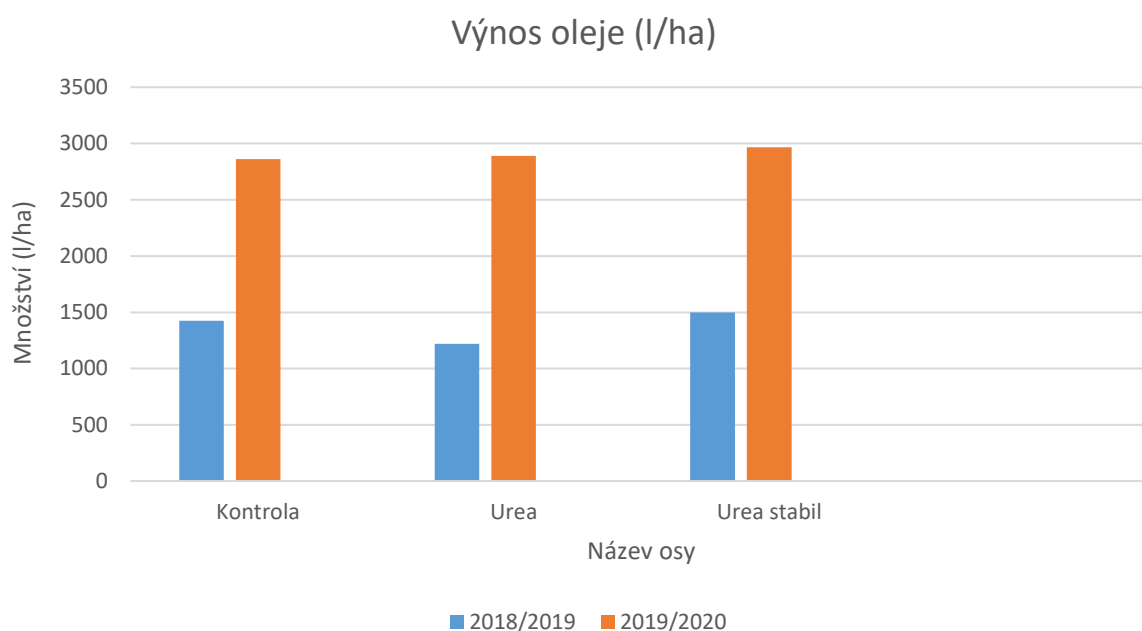
Tabulka 25 Olejnatost (%)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	40,05 a	100%	45,64 a	100%
Urea	39,50 a	98,6%	45,65 a	100%
Urea stabil	40,17 a	100,3%	45,64 a	100%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

V grafu č. 1 je znázorněn výnos oleje/ha v litrech spočítaný na základě olejnatosti a výnosu semen. Každoročně podpořila výnos oleje nejvíce močovina s inhibítorem ureázy, v roce 2018/2019 bylo možno z 1 ha řepky vytvořit 1498,34 l a v roce 2019/2020 2966,6 l. Klasická močovina měla na výnosu oleje pozitivní vliv proti kontrole jen v roce 2019/2020 s výší 2889,65 l. V roce 2018/2019 byl výnos oleje vyšší u kontrolní než u varianty hnojené klasickou močovinou.

Graf 1 Hektarový výnos oleje



5.10. Hmotnost tisíce semen (g)

Mezi variantami nejsou statisticky průkazné rozdíly v ročníku 2019/2020. V ročníku 2018/2019 je statisticky průkazná nižší hmotnost tisíce semen u varianty Urea stabil oproti variantě Urea (viz tab. č. 26). Vyšší hodnoty HTS u kontrolní varianty jsou způsobeny nižším výnosem.

Tabulka 26 HTS (g)

	2018/2019		2019/2020	
Kontrola	4,415 ab	100%	4,613 a	100%
Urea	4,537 b	102,8%	4,443 a	96,3%
Urea stabil	4,178 a	94,6%	4,426 a	96%

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.11. Souhrnné hodnocení za ročníky 2018/2019 a 2019/2020

V tabulce č. 27 jsou znázorněny průměrné hodnoty sledovaných znaků za stanovená období. Obecně lze potvrdit, že podzimní hnojení močovinou s inhibítorem ureázy má pozitivní

vliv na většinu z hodnocených parametrů za každých klimatických podmínek. Hnojení klasickou močovinou se nejeví jako vhodné hnojivo za každých klimatických podmínek, vzhledem k jeho vlivu na sledované parametry.

Ve sledovaných parametrech nebylo dosaženo statisticky průkazných rozdílů, kromě parametru HTS, kde byl průkazný rozdíl v nižší hodnotě u varianty Urea stabil proti kontrole

Tabulka 27 Souhrnné průměrné ročníkové hodnocení za sledovaná období

	Počet listů (ks/r.)	Průměr kořenových o krčku (mm)	Hmotnost sušiny kořenů (g)	Délka kořenů (cm)	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (g)	Výnos (t)	Olejnatost (%)	HTS (g)
Kontrola	10,4 a	10,4 a	12,4 a	21,0 a	36,0 a	4,92 a	42,84 a	4,514 b
Urea	10,7 a	10,8 a	13,6 a	21,2 a	45,9 a	4,79 a	42,57 a	4,490 ab
Urea stabil	10,9 a	11,2 a	14,3 a	21,3 a	45,6 a	5,03 a	42,90 a	4,303 a

Pozn.: a – mezi variantami nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly

5.12. Ekonomické zhodnocení

Ekonomicky byl vyhodnocen vliv podzimního hnojení dusíkem na zisk/ztrátu v jednotlivých variantách. V kontrolní variantě byly náklady nulové, proto je zisk, respektive ztráta ostatních dvou variant konfrontována proti výnosům z této varianty. Varianty hnojené močovinou bez inhibitoru ureázy byly v obou sledovaných obdobích vyhodnoceny jako ztrátové. Meziročně ale došlo ke zjištění, že hnojivo s inhibitorem ureázy se kladně odrazilo na rentabilitě pěstování řepky. V prvním sledovaném období bylo docíleno u varianty hnojené stabilizovanou močovinou zisku 502 Kč/ha. Ve druhém sledovaném období byla ekonomicky výhodná také pouze varianta hnojená stabilizovanou močovinou, kde bylo vlivem podzimní aplikace docíleno zvýšení tržeb o 1072 Kč/ha.

V tabulce č. 28 je možné vidět, že je ekonomicky nejméně výhodné hnojení slabých porostů klasickou močovinou během klimaticky nepříznivého podzimu. Nelze ale tvrdit, že slabé porosty se na podzim nevyplátí hnojit za žádných okolností, neboť aplikace hnojiva s inhibitorem ureázy se i na slabých porostech a v klimaticky nepříznivých podmínkách během podzimu a před sklizní projeví ekonomickým ziskem.

Tabulka 28 Ekonomické zhodnocení 2018/2019

	Množství hnojiva (t/ha)	Cena hnojiva (Kč/t)	Hnojivo (Kč/ha)	Aplikace (Kč/ha)	Výnos (t/ha)	Výkupní cena (Kč/t)	Výnos (Kč/ha)	Zisk/ztráta (Kč/ha)
Kontrola	0	0	0	0	3,56	9500	33820	0
Urea	0,08696	8500	739,16	200	3,09	9500	29355	-5404,16
Urea stabil	0,08696	10500	913,08	200	3,73	9500	35435	501,92

Míra rentability varianty Urea stabil (%) = (501,92 / 1013,08) x 100 = 49,54

V tabulce č. 29 je znázorněn poměrně vysoký finanční přínos močoviny s inhibítorem ureázy. Hnojení silných porostů, během podzimu s dostatkem srážek a následnou mírnou zimou, se jeví jako vhodné, v intenzivních systémech pěstování řepky až nezbytné. Hnojení klasickou močovinou je hraniční za těchto podmínek. Pokud by po její aplikaci přišly srážky jen o něco ve větší míře, než byla skutečnost, čehož se mohlo docílit vzhledem ke srážkově příznivému podzimu jen lepším výběrem termínu, patrně by se jevila jako ekonomicky výhodná i tato varianta. V obou sledovaných obdobích je do výpočtu dosazena stejná výkupní cena. Za podmínek reálné příznivější ceny by ani aplikace klasické močoviny nebyla v klimaticky výhodném ročníku ztrátová.

Tabulka 29 Ekonomické zhodnocení 2019/2020

	Množství hnojiva (t/ha)	Cena hnojiva (Kč/t)	Hnojivo (Kč/ha)	Aplikace (Kč/ha)	Výnos (t/ha)	Výkupní cena (Kč/t)	Výnos (Kč/ha)	Zisk/ztráta
Kontrola	0	0	0	0	6,27	9500	59565	0
Urea	0,08696	8500	739,16	200	6,33	9500	60135	-369,16
Urea stabil	0,08696	10500	913,08	200	6,50	9500	61750	1071,92

Míra rentability varianty Urea stabil (%) = (1071,92 / 1013,08) x 100 = 105,80

6. Diskuze

Optimálně by každá rostlina řepky měla před zimou mít 8-10 listů, které by neměly být přerostlé a delší než 25 cm. Průměr kořenového krčku by měl ideálně být silný 8-10 mm. Kořeny by měly sahat do hloubky 25 cm pod povrch půdy (Bečka & Vašák 2020). Blíže k optimálním hodnotám před zimou měly dle výsledků mé práce řepky z podzimu 2019. Průměrný počet listů nedosahoval požadovaného počtu v ani jednom sledovaném období, ale jejich délka byla blíže k optimu během podzimu 2019 (31 cm), průměr kořenového krčku měl vyhovující tloušťku 9,8 mm a délka kořenů sahala do hloubky 23,2 cm.

V období sucha, kdy porosty obtížně a mezerovitě vzchází, jsou vysoké hodnoty N_{min} . Proto by i podzimní hnojení mělo reflektovat aktuální stav porostů (Bečka 2021). S tímto tvrzením se shodují výsledky mé práce, když bylo zjištěno, že N_{min} v půdě bylo vyšší v sezonně 2018/2019, kdy průběh podzimu nebyl pro vzcházení řepky optimální. Porosty dlouho vzcházely, byly mezerovité. Vyznačovala se nízkou hmotností nadzemní i podzemní biomasy a slabým kořenovým krčkem před zimou.

Porosty mohou být na podzim slabé přitrozně i vlivem herbicidů, močovina tak může podpořit u rostlin růst kořenů i sílu kořenového krčku (Růžek 2021). Dle výsledků mé práce mohu souhlasit s tímto tvrzením z důvodu kladného působení obou použitých hnojiv na tloušťku kořenového krčku před zimou.

Růžek 2021 tvrdí, že na vyrovnané vzcházení řepky a její podzimní růst má kromě výživy rostlin významný vliv dostatek vody v půdě. Z výsledků mé práce vyplývá, že je tato informace jednoznačně správná, protože v roce 2019/2020, kdy byly příznivější srážkové poměry v podzimním období, byly jednotlivé rostliny jednoznačně vyrovnanější a v lepší kondici, příznivý podzimní vývoj se velmi výrazně podepsal na celkovém výnosu.

Růžek et al. (2019) uvádějí, že podzimní aplikací dusíku je přispíváno ke stabilizaci výnosů semen, obzvláště v průběhu let, kdy následuje suché jarní období. S tímto tvrzením lze na základě mé práce souhlasit za podmínek, že budou použita jen vybraná dusíkatá hnojiva. Hnojivo Urea stabilizuje zpravidla ke zvýšení výnosu vede. Na základě mé práce lze toto tvrzení potvrdit jednoznačně, neboť byl stabilizovanou močovinou zlepšen výnos v prvním sledovaném období o 4,78 % a ve druhém o 3,67 %, což je v obou případech rentabilní.

Cílem podzimního hnojení je vytvoření dostatečně mohutného a silného kořenového systému. Není ale žádoucí, aby nadzemní biomasa přerůstala. Dusíkatým hnojením na podzim se stimuluje právě růst nadzemní hmoty v neprospěch kořenů, což je pro přezimování nežádoucí (Bečka et al. 2007). Toto tvrzení se týká hnojení dusíkem během září. Díky hnojení na konci října, jak vyplývá z výsledků mé práce, růst nadzemní biomasy stoupá přímo úměrně růstu kořenového systému. Pokud jsou porosty nehnojené, nebo hnojené močovinou ve stabilizované formě, nedochází tak k vzájemnému oslabování na úkor jedné rostlinné části. Naopak porosty hnojené klasickou močovinou vypovídají o tom, že růst nadzemní biomasy oslabuje růst kořenového systému.

Černý (2020) uvádí, že podzimní hnojení řepky močovinou ve 40 kg dávce dusíku je standardem a přináší kladný efekt na výnosu v rozmezí 2 až 8 %. Na základě mé práce s tímto tvrzením souhlasím, pokud měl autor na mysli močovinu s inhibítorem urázy, neboť u klasické močoviny těchto procentových hodnot zvýšení výnosu nebylo dosaženo ani v klimaticky příznivém roce. Naopak močovina s inhibítorem ureázy se podílela v jednom ze sledovaných období na zvýšení výnosu v míře 5,33 % a ve druhém sledovaném období v míře 3,67 %. Tento názor podporuje i Růžek (2021), říkající, že řepky, které jsou přihnojené na podzim, obvykle mají výhodu rychlejšího startu do jarní vegetace, než začal působit dusík z regeneračního hnojení, proto lépe odolávají pozdějšímu suchu, které se často v dubnu – červnu objevuje. Pro přihnojení je dávka 30–40 kg N/ha vyhovující. Důležité ale je, aby spolu s termínem aplikace odpovídala platným legislativním předpisům pro danou oblast. Největší efekt přihnojení vykazují porosty u slabší až středně řidší řepky, při následujícím pozdějším nástupu jara s nedostatkem srážek.

Co je důležité pro určení dávky N v podzimním období, je také způsob zpracování půdy. Při běžných agroklimatických podmínkách je po orbě intenzivnější mineralizace organických látek v půdě, a to zpřístupní pro rostliny během podzimní vegetace obvykle o 20 až 40 kg N na hektar více než při technologiích s minimalizací (Baranyk et al. 2010). Na základě tohoto tvrzení je žádoucí si uvědomit, že v mé práci je hodnocena technologie, kdy bylo pod řepku oráno. Pokud by byla řepka pěstována technologií minimalizace, může mít podzimní hnojení klasickou močovinou opodstatnění, protože z půdy nemusí být dostupné takové množství minerálního dusíku a řepka může na pohotovou formu dusíku z močoviny reagovat výrazněji. Byrnes & Freney (1995) uvádějí, že dusík z močoviny rostlina buď přijme okamžitě, nebo ve formách amoniaku či dusičnanu po přeměně močoviny.

Růžek (2021) uvádí, že čím je hlubší a intenzivnější zpracování půdy před setím řepky (orba, podrývání apod.), čímž dochází k provzdušnění, tím více zpravidla podporujeme mineralizování dusíku a dalších živin z organických látek v půdě, jež jsou následně k dispozici rostlinám. Proto při dostatku srážek řepka i jiné polní plodiny po důkladnějším zpracování půdy většinou v podzimním období lépe rostou a přijímají více živin, které jsou zpřístupněny z půdní zásoby. Přitom je zapotřebí si uvědomit, že je to na úkor organických látek v půdě, které je zapotřebí vracet ve větší míře do půdy v kvalitních statkových a organických hnojivech.

Z výsledků Bečky et al. (2013) plyne pozitivní efekt aplikovaných dusíkatých hnojiv s inhibitory, jako jsou Alzon a Urea stabil, na růst nadzemní organické hmoty a výnos. Během jarních rozborů byl zjištěn přírůstek kořenů u variant hnojených na podzim o 7 % a přírůstek nadzemní organické hmoty až o 15 %. Z toho vyplývá, že na podzim hnojené řepky jsou na jaře vitálnější, rychleji regenerují a rostou. To je potvrzeno i výroky Duclay & Slepčana (2020) uvádějících, že jako nejvýhodnější se jeví hnojiva s amonnou a amidickou formou dusíku nebo hnojiva s pomalu působícím dusíkem, popřípadě jejich kombinace. Toto tvrzení je možné díky mé práci částečně podpořit, neboť byl zjištěn přírůstek hmotnosti kořenů díky hnojení s inhibítorem ureázy v první sezoně o 5,88 % a ve druhé o 5,90 %. Hmotnost nadzemní biomasy byla tímto hnojením podpořena výrazněji v podmínkách, které byly k dispozici během druhého

sledovaného období, kdy bylo dosaženo přírůstku sušiny o 21,22 %. V období předešlém byl přínos pouze 4,6 %. Do značné míry to může být vysvětleno tvrzením Bečky et al. (2013), který uvádí, že účinnost podzimní aplikace dusíkatých hnojiv se odvíjí od délky podzimní vegetace řepky.

Pokud jsou porosty slabé a je nutné hnojení během září, je vhodné použít hnojiva s ledkovou formou dusíku (LAD, LAV apod.) v dávce 30 – 40 kg N/ha (Růžek 2021). Dle Bečky (2019) je žádoucí koncem října aplikovat 40–50 kg N/ha na všechny porosty vyjma extrémně slabých a nejistých. Dále pokud je zásoba zásobě N_{min} v půdě vysoká (nad 15–20 ppm). K podzimnímu hnojení je dobré volit hnojiva s obsahem amonného (nikoliv však síran amonný) a amidického dusíku (nejlépe močovina či její stabilizované formy) a nepoužívat ledky a hnojiva s vyšším obsahem nitrátů. Velmi dobrých výsledků dosahují řepky, na které bylo aplikováno NPK a v oblastech s deficitem síry hnojiva DASA, Ensin a Sulfammo. Za sucha je doporučováno používat močovinu s inhibítorem ureázy. V tomto termínu aplikovaný dusík prokazatelně zvyšuje výnosy. Se stoupající zimní teplotou stoupá i efektivnost tohoto zásahu. To velmi rozporuje tvrzení Růžka (2021) který je naopak přesvědčen, že pro podzimní hnojení řepky nejsou vhodná hnojiva obsahující dusík v amonné formě a hnojiva s inhibítorem nitrifikace s pomalejším působením dusíku, neboť je pro podzimní přihnojení řepky nutné, aby se dusík dostal po srážkách z hnojiva co nejdříve ke kořenům rostlin a nezůstával na povrchu půdy. To splňuje nitrátová forma dusíku a nepřeměněná močovina, která se dobře pohybuje v půdě.

7. Závěr

Cíle práce byly naplněny, došlo k vyhodnocení veškerých parametrů, které byly stanoveny v závislosti na povětrnostních podmínkách a stavech porostů ve dvou sledovaných obdobích, kterými byly ročníky 2018/2019 a 2019/2020.

Podzimní hnojení se vždy projevilo na obsahu minerálního dusíku v půdě při jarních odběrech. Co se týče odběrů rostlin v předjaří, mělo hnojení vliv na všechny sledované znaky, kromě délky kořenů v roce 2019/2020, kde se tento parametr u žádné ze sledovaných variant nelišil. Ve sklizňových parametrech byla v ročníku 2019/2020 totožná olejnatost, ta byla odlišná pouze v meziročním srovnání vlivem povětrnostních podmínek, spíše než dusíkatým hnojením.

Z hlediska výnosu se nejvýrazněji projevilo hnojivo Urea stabil, které za každých povětrnostních podmínek prokazovalo nárůst na výnosu a přinášelo tak opodstatnění pro jeho aplikaci. Povětrnostní podmínky a stavy porostů před aplikací podzimních hnojiv představovaly zásadní vliv na konečný výnos a ekonomiku provedeného opatření.

Na základě výsledků práce bych pro praxi jednoznačně doporučil pozdní podzimní hnojení v intenzivních systémech pěstování za každých podmínek, pokud se jedná o použitá hnojiva s inhibitory ureázy. Pokud jsou porosty před zimou velmi silné a je možné aplikovat hnojivo bezprostředně před příchodem srážek. Je možné použít klasickou močovinu a docílit tak nižších nákladů na použitá hnojiva.

Stanovisko k hypotézám:

Hypotéza č. 1. U slabých porostů řepky není podzimní hnojení dusíkem efektivní.

Hypotéza byla potvrzena částečně. Pokud je k podzimnímu hnojení zvolené vhodné hnojivo s inhibitorem ureázy, byl shledán kladný efekt i u slabých porostů řepky.

Hypotéza č. 2. V případě suchého podzimu lépe vychází dusíkaté hnojivo s inhibitorem ureázy (Urea Stabil).

Hypotéza byla potvrzena. Dusíkaté hnojivo s inhibitorem ureázy vycházelo lépe v obou sledovaných obdobích. Zatímco klasická močovina se v klimaticky příznivém roce podílela z části na navýšení výnosu, v roce se suchým podzimem byl efekt klasické močoviny negativní i vůči nehnojené kontrolní variantě.

Hypotéza č. 3. O aplikaci dusíku na podzim u řepky nejvíce rozhoduje stav porostů a následně průběh povětrnostních podmínek.

Hypotéza byla potvrzena. Dle výsledků mé práce je stav porostů před podzimním hnojením do značné míry limitujícím faktorem výnosu. Je na důkladném zvážení stavů porostů a povětrnostních podmínek, zda se do porostů vyplatí investovat, případně je důležitá volba správného hnojiva.

8. Literatura

Seznam použité literatury

Alonso-Ayuso M, Gabrie J, L, Quemada M. 2016. Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*. Volume 80. 1-8.

Alpmann L, Baer A, Döpke G, Hemmers A, Kahl R, Pferdenges S, Schäfer A, Wellmann N. 2012. Hohe Erträge wurzeln tief. Rapool – ring GmbH. Isernhagen.

Babourina O, Voltchanskii K, McGann B, Newman I, Rengel Z. 2006. Nitrate supply affects ammonium transport in canola roots. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 58: 651–658.

Baier J. 1982. Výživa rostlin v soustavě hnojení. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství a výživy ČSR, Praha.

Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. ČZU, Praha.

Baranyk P, Fábry A, Balík J, Dostálová J, Humpál J, Kazda J, Koprna R, Kuchtová P, Markytán P, Nerad D, Soukup J, Šaroun J, Škeřík J, Volf M. 2007. Řepka-pěstování-využití-ekonomika. Profi Press, Praha.

Baranyk P, Balík J, Hájková M, Havel J, Kazda J, Lošák T, Málek B, Markytán P, Plachká E, Richter R, Soukup J, Stražil Z, Šaroun J, Škeřík J, Šmirous P, Štranc P, Volf M, Vrbovský V, Zehnálek P, Zelený V. 2010. Olejníny. Profi Press, Praha.

Bečka D, Vašák J, Zukalová H, Mikšík V. 2007. Řepka ozimá-Pěstitelský rádce. Kurent, České Budějovice.

Bečka D, Šimka J, Cihlář P, Prokinová E, Mikšík V, Vašák J, Zukalová H. 2013. Řepka ozimá-inovace pěstitelské technologie. ČZU, Praha.

Bečka D. 2019. Manuál na řepku. Syngenta.cz, Praha. Available from: <https://www.syngenta.cz/aktuality/aktuality/manual-na-repku> (accessed March 2021).

Bečka D, Vašák J. 2020. Letošní nadějně řepky potřebují péči a intenzitu. Agromanual.cz, České Budějovice, Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/letosni-nadejne-repky-potrebuji-peci-a-intenzitu> (assessed April 2021).

Bečka D. 2021. Doporučení pro jarní agrotechniku ozimé řepky. Agromanual.cz, České Budějovice, Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/doporuceni-pro-jarni-agrotechniku-ozime-repky> (accessed March 2021).

Bielik P. 1998. Dusík v polnohospodářských podacích Slovenska. Výzkumný ústav podnej úrodnosti. Bratislava. ISBN: 80-85361-44-2.

Byrnes B. H, Freney J. R. 1995. Recent developments in the use of urease inhibitors in the tropics. Fertilizer Research. 42: 251–259.

Blankenau K, Olf H. W, Kuhlmann H. 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 188: 146–154.

Czakó M. 2020. Vizura - využijte potenciál stabilizovaného amonného dusíku pro vaše plodiny. Agromanual.cz, České Budějovice, Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vizura-vyuzijte-potencial-stabilizovaneho-amonneho-dusiku-pro-vase-plodiny> (accessed January 2021).

Cameron K. C. D. H. J, Moir J. L. 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system a review. Annals of Applied Biology. 162 (2): 145–173.

Colenne C, Meynard J. M, Roche R, Reau R. 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. European Journal of Agronomy. vol 17. Issue 1. July 2002: 11-28.

Černý J, Vaněk V, Kozlovský O. 2011. Hnojení dusíkem: specifika a aplikace. Profi ress, Praha. Available from: <https://zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/> (accessed December 2020).

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2019. Příjem a využití dusíku ozimou řepkou na jaře a možnosti hnojení. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/prijem-a-vyuziti-dusiku-ozimou-repkou-na-jare-a-moznosti-hnojeni> (accessed December 2020).

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2020. Hnojení před setím ozimé řepky fosforem a dusíkem. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-pred-setim-ozime-repky-fosforem-a-dusikem> (accessed December 2020).

Černý L. 2020. Doporučení pro pěstitelské technologie ve změněném klimatu: Příprava na zimní období a dubnové sucho. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/doporuceni-pro-pestitelske-technologie-ve-zmenenem-klimatu-priprava-na-zimni-obdobi-a-dubnove-sucho> (accessed January 2021).

Český statistický úřad. 2020. cszo.cz. Praha 10. Available from: <https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2020> (accessed January 2021).

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

Ducsay L, Slepčan M. 2020. Hnojenie ozimnej repky olejnej v jesennom období. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojenie-ozimnej-repky-olejnej-v-jesenom-obdobi> (accessed December 2020).

Eagri. 2020. Nové podmínky nitrátové směrnice od 1. července 2020, Praha. Available from: <http://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS/novinky/nove-podminky-nitratove-smernice-od-1.html> (accessed March 2021).

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

Fecenko J, Ložek O. 2000. Výživa a hnojenie polných plodín. SPU, Nitra.

Fismes J, Vong P.C, Guckert A, Frossard E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy*. vol. 12: 127-141.

Forchsam V, Prchal J, et al. 1960. Zemědělská výroba v kostce. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Habibullah H, Nelson K. A, Motavalli P. P. 2017. Assessing management of nitrapyrin with urea ammonium nitrate fertilizer on corn yield and soil nitrogen in a poorly-drained claypan soil. *Journal of Agricultural Science*. 9/11:17–29.

Havelka B, Jurčík F, Barák K. 1978. Výživa a hnojení rostlin. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno.

Hocking P. J, Stapper M. 2001. Effects of sowing time and nitrogen fertiliser on canola and wheat, and nitrogen fertiliser on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Australian Journal of Agricultural Research*. 52(6): 623-634.

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.). *Journal of Genetics*. vol. 90 (1): 67-74.

Isaka K, Sumino T, Tsuneda J. 2008. Novel nitrification process using heat – shocked nitrifying bacteria entrapped in gel carriers. *Process biochemistry* 43: 256-270.

Jeong H, Bhattarai R. 2018. Exploring the effects of nitrogen fertilization management alternatives on nitrate loss and crop yields in tile-drained fields in Illinois. *Journal of Environmental Management*. 213: 341–352

Jenkinson D. S. 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. *Plant and Soil*. 228: 3–15.

Khan S. A, Milvaney R. L, Ellsworth T. R, Boast C. W. 2007. The Myth of Nitrogen Fertilization for soil Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality*.

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 January 2021).

Klír J. 2020. Novela nitrátové směrnice, bilance živin, úprava předpisů. Webinář Yara. Available from: http://www.nitrat.cz/images/prezentace_NS/Aktualni%20prezentace_NS_web.pdf (accessed December 2020).

Kummer K. F, Dawson Ch, Brentrup F, Genter T, Link A, Michel H. J, Slater M, Steén I, Zerulla W, Pallière Ch. 2003. Understanding Nitrogen and its Use in Agriculture. European Fertilizer Manufacturers' Association. Brussels.

Kurzyńska L, Studnicki M, Derejko A. 2013. Adjusting yield components under different levels of N applications in winter wheat. *International Journal of Plant Production*. 7(1): 139–150.

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

Marschner H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. San Diego 668 p. ISBN:978-0-12-384905-2.

McGinn SM, Janzen HH. 1998. Ammonia sources in agriculture and their measurement. *Can. J. Soil Sci.* 78: 139 – 148.

Ministerstvo zemědělství. 2019. Situační a výhledová zpráva olejnin. Eagri.cz, Praha. Available from: http://eagri.cz/public/web/file/626106/SVZ_Olejniny_12_2018.pdf (accessed January 2021).

Musil D. 2018. Biostimulace a podzimní přihnojení řepky ozimé pro založení porostů s perspektivou vysokých výnosů. *Agromanual.cz*, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/biostimulace-a-podzimni->

prihnojeni-repky-ozime-pro-zalozeni-porostu-s-perspektivou-vysokych-vynosu (accessed December 2020).

Novák J, Skalický M. 2017. Botanika cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint, Praha.

Pavlíková D, Balík J, Pavlík M, Tlustoš P, Vaněk V. 2007. Dusík v rostlině a jeho využití. Racionální používání hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Petr et. al. 1966. Rostlinná výroba pro zemědělské mechanizátory. Vysoká škola zemědělská, Praha.

Procházka S, Macháčková I, Krekule J, Šebánek J. 1998. Fyziologie rostlin. Akademie věd České republiky, Praha.

Przynylski R, Mag T, Eskin N. A. M, McDonald B. E. 2005. Canola oil. Edible Oil and Fat Products: Edible Oils.

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.): A review. Agriculture, Ecosystems & Environment. vol. 117, Issues 2–3, November 2006: 80-108.

Roy R. N, Finck A, Blair G. J, Tandon H. L. S. 2006. Plant nutrition for food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Růžek P, Pišánová J. 2006. Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 48 s. ISBN: 80-86555-96-8.

Růžek P, Kusá H, Rollo A, Vavera R. 2019. Přihnojení řepky dusíkem v průběhu podzimního růstu. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/prihnojeni-repky-dusikem-v-prubehu-podzimniho-rustu2> (accessed December 2020).

Růžek P. 2021. Zásoba dusíku v půdě a přihnojení řepky během podzimního růstu. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/zasoba-dusiku-v-pude-a-prihnojeni-repky-behem-podzimniho-rustu> (accessed March 2021).

Saad S, Lam – Son P, T. 2014. Symbiotic nitrogen fixation in leguj nodules: Metabolism and Regulatory Mechanism. Internaciona Journal of molecular Sciences. 15. ISSN: 1422-0067.

Sieling K, Kage H. 2009. Efficient N management using winter oilseed rape-A review. Agronomy for Sustainable Development. Kiel.

Slavíková L, Kumar J. 2020. Virové choroby řepky, jejich výskyt, přenos, přirozené rezervoáry a ochrana. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/virove-choroby-repky-jejich-vyskyt-prenos-prirozene-rezervoary-a-ochrana> (accessed December 2020).

Stanford G. 1982. Assessment of soil nitrogen availability. Stevenson F.J. (ed): Nitrogen in agricultural soils. Agronomy.

Stelly M. 1980. Nitrification Inhibitors – Potentials and Limitations. ASA Special Publication. American society of Agronomy, Soil Science Society of America. Maddison, Wisconsin.

Tlustoš P, Balík J, Pavlíková D, Száková J, Vaněk V. 2007. Koloběh dusíku v přírodě. Raciennální používání hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Torma S. 2005. Dusík nenahraditelný prvek v půdě a rostlině. Agro – ochrana, výživa, odrůdy. 10. 27 – 29.

Vaněk V. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN: 976-80-86726-25-0.

Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia Praha, Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN: 978-80-86726-79-3.

Vašák J, Baranyk P, Bartoška J, Bečka D, Bechyně M, Filípek I, Kamler F, Kuchtová P, Matula J, Mikšík V, Nerad D, Novák J, Nozdrovický L, Pawlica R, Prášil I, Prokinová E, Suškevic M, Šedivý J, Tuček P, Vincenc J, Zehnálek P, Zukalová H. 2000. Řepka. Agrospoj, Praha.

Vašák J. 2001. Principy zakládání porostů ozimé řepky. Uroda.cz, Praha. Available from: <https://www.uroda.cz/principy-zakladani-porostu-ozime-repky/> (accessed January 2021).

Vašák J, Zukalová H. 2001. Kvalita řepky, šrotů a pokrutin. Uroda.cz, Praha. Available from: <https://www.uroda.cz/kvalita-repky-srotu-a-pokrutin/> (accessed January 2021).

Venclová B. 2020. Od 1. července 2020 se mění podmínky nitratové směrnice v ČR. Uroda.cz, Praha. Available from: <https://www.uroda.cz/od-1-cervence-2020-se-meni-podminky-nitratove-smernice-v-cr/> (accessed March 2021).

Vostal J, Matousch O. 1987. Bilance dusíku v zemědělství I. část. Vysoká škola zemědělská, Praha.

Vostal J, Balík J, Tesař S. 1989. Bilance dusíku v zemědělství II. část. Vysoká škola zemědělská, Praha.

