

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Vliv agrochemických vlastností půd na efektivitu hnojení dusíkem u
ozimé řepky a ozimé pšenice**

Bakalářská práce

Autor práce: David Šiler

Obor studia: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv agrochemických vlastností půd na efektivitu hnojení dusíkem u ozimé řepky a ozimé pšenice" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. dubna 2017 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a za čas, který mi věnoval při vzniku této práce.

Vliv agrochemických vlastností půd na efektivitu hnojení dusíkem u ozimé řepky a ozimé pšenice

Souhrn

Cílem práce bylo hodnocení agrochemických vlastností půd na stanovištích s různými půdně - klimatickými podmínkami. Byl hodnocen jejich vliv na výnos semen u ozimé řepky a ozimé pšenice. S ohledem na používaný systém hnojení byla vyhodnocena efektivita dusíkatých hnojiv a dále jsou popsány faktory ovlivňující výnos těchto plodin. Vyhodnocení probíhalo v letech 2013 - 2015 v zemědělském podniku Rakochmel s. r. o.

Ze zjištěných výsledků je možné konstatovat, že nejvyšších výnosů u ozimé řepky je dosaženo při dávce dusíku kolem $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Aplikace hnojiv obohacených o síru se pozitivně projevila i ve výnosech. Hodnoty pH sledovaných půdních bloků se pohybovaly v rozmezí 5,9 - 6,4 a byly ve sledovaných letech na všech lokalitách vyhodnoceny jako slabě kyselé. Nejvyššího výnosu semen bylo dosaženo na pozemku Ř14.4 s pH půdy 5,9. Zásobení půdy P, K, Mg a Ca je na vyhovující až velmi vysoké úrovni. Lokality Ř14.2 a P14.3 s vysokým a velmi vysokým obsahem fosforu v půdě poskytly nejvyšší výnosy. Z výsledků vyplývá, že srovnatelných výnosů je možné dosáhnout i s dobrým obsahem fosforu v půdě. Lze tedy předpokládat, že ideální obsah jednotlivých živin v půdě se pohybuje na vyhovující až dobré úrovni. Dalším faktorem ovlivňující výnos je volba vhodné odrůdy. Z použitých odrůd byly nejvýnosnější hybridní odrůdy DK Exquisite, Marathon a liniová odrůda Arot.

U ozimé pšenice bylo zjištěno, že dostačující dávka dusíku pro výnos $7 - 7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ se pohybuje kolem $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Za nejvhodnější půdní reakci, při které bylo dosaženo nejvyšších výnosů, jsou považovány hodnoty pH 6,3. Výsledky agrochemických vlastností půd vykazovaly vyhovující až dobré zásobení P, K, Mg a Ca. Výjimkou byla lokalita P13.4 kde byl zaznamenán vysoký obsah vápníku a lokalita P14.3 s vysokým obsahem fosforu v půdě. Výnosy na těchto lokalitách byly průměrné. Odrůdy Potenzial a Sultán byly vyhodnoceny jako nejvýnosnější.

Vliv stanoviště a ročníku výrazně ovlivňuje výnos obou plodin. Výsledky bylo prokázáno, že nejvyšší výnosy jsou zaznamenány na půdním typu kambizem. V případě ozimé pšenice bylo nadprůměrného výnosu dosaženo i na černozemi.

Klíčová slova: agrochemické vlastnosti půd, hnojení, výnos, pšenice ozimá, řepka ozimá

Influence of Agrochemical Properties of Soils on the Efficiency of Nitrogen Fertilization in Winter Rape and Winter Wheat

Summary

The aim of the thesis was to evaluate the agrochemical properties of soils on habitats with different soil - climatic conditions. Their influence on the yield of the seeds of winter rape and winter wheat was evaluated. With regards to the fertilization system used, the efficiency of nitrogen fertilizers was evaluated and the factors affecting the yield of these crops were described. The evaluation was carried out between the years 2013 and 2015 on the Rakochmel s.r.o. farm.

From the results we can see that the highest yields for winter rape are achieved at a nitrogen dose of about 200 kg.ha⁻¹. The application of sulphur-enriched fertilizers also had positive impact on yields. The pH values of the observed soil blocks ranged from 5.9 to 6.4 and they were evaluated at all sites in the monitored years as slightly acidic. The highest yield of seeds was achieved on the plot no. Ř14.4 with the soil pH of 5.9. The P, K, Mg, and Ca contents are at satisfactory to very high level. The locations no.Ř14.2 and P14.3 with high and very high phosphorus content in the soil provided the highest yields. The results show that comparable yields can also be achieved with good phosphorus content in the soil. It can therefore be assumed that the ideal content of the individual nutrients in the soil is at a satisfactory to good level. Another factor influencing the yield is the choice of a suitable variety. Out of the varieties used, the most beneficial ones were the DK Exquisite, Marathon, and Arot linseed hybrid varieties.

For winter wheat, it was found that a sufficient nitrogen dose for the yield of 7 - 7.5 t.ha⁻¹ is about 200 kg.ha⁻¹. As the most suitable soil reaction, at which the highest yields were obtained, the pH values of 6.3 are considered. Agrochemical soil properties showed satisfactory up to good content of P, K, Mg and Ca. The exception was the locality no. P13.4, where a high calcium content was found and the locality no. P14.3 with high phosphorus content in the soil. The yields on these sites were average. The Potenzial and Sultan varieties were evaluated as the most profitable.

The impact of the site and the year significantly influences the yield of both crops. The results showed that the highest yields were observed on the cambisol soil type. In the case of winter wheat, the above-average yield was also reached on the chernozem soil.

Key words: agrochemical properties of soils, fertilization, yield, winter wheat, winter rape

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod | 1 |
| 2 Cíl práce a hypotézy | 2 |
| 3 Literární rešerše..... | 3 |
| 3.1 Historie výživy a hnojení rostlin | 3 |
| 3.2 Koloběh dusíku..... | 4 |
| 3.3 Přeměny dusíku v půdě | 5 |
| 3.3.1 Ztráty dusíku | 8 |
| 3.4 Dusík v rostlinách | 9 |
| 3.5 Významné půdní vlastnosti ovlivňující příjem živin..... | 11 |
| 3.5.1 Stanovení přijatelných živin v půdě | 13 |
| 3.6 Hnojení dusíkem | 13 |
| 3.6.1 Dusík a jeho vliv na výnos plodin | 15 |
| 3.6.2 Dusíkatá hnojiva..... | 17 |
| 3.7 Nároky pšenice ozimé na živiny | 18 |
| 3.7.1 Požadavky na půdně - klimatické podmínky | 19 |
| 3.7.2 Hnojení ozimé pšenice..... | 20 |
| 3.8 Nároky ozimé řepky na živiny | 23 |
| 3.8.1 Požadavky na půdně - klimatické podmínky | 23 |
| 3.8.2 Hnojení řepky ozimé | 24 |
| 4 Materiál a metody | 28 |
| 4.1 Systém hnojení dusíkem v jednotlivých letech | 29 |
| 4.2 Charakteristika pěstovaných odrůd..... | 30 |
| 4.2.1 Odrůdy ozimé řepky..... | 30 |
| 4.2.2 Odrůdy ozimé pšenice | 32 |
| 4.3 Meteorologická data v letech 2012 - 2016..... | 33 |
| 5 Výsledky..... | 35 |
| 5.1 Ozimá řepka | 35 |
| 5.1.1 Porovnání výnosů ozimé řepky ve vztahu k předplodině | 36 |
| 5.1.2 Porovnání agrochemických vlastností půd a výnosů u ozimé řepky | 38 |
| 5.2 Ozimá pšenice | 40 |
| 5.2.1 Porovnání výnosů ozimé pšenice ve vztahu k předplodině..... | 42 |
| 5.2.2 Porovnání agrochemických vlastností půd a výnosů u ozimé pšenice | 43 |
| 6 Diskuze..... | 46 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.1 | Vliv hnojení a faktory ovlivňují výnos ozimé řepky | 46 |
| 6.1.1 | Rok 2013 | 46 |
| 6.1.2 | Rok 2014 | 47 |
| 6.1.3 | Rok 2015 | 48 |
| 6.2 | Vliv hnojení a faktory ovlivňují výnos ozimé pšenice | 50 |
| 6.2.1 | Rok 2013 | 50 |
| 6.2.2 | Rok 2014 | 51 |
| 6.2.3 | Rok 2015 | 52 |
| 6.3 | Porovnání výnosů s ČR, Středočeským krajem a podnikem..... | 52 |
| 7 | Závěr | 54 |
| 8 | Seznam použité literatury | 56 |
| 9 | Seznam příloh..... | 61 |

1 Úvod

Rozsahem osevních ploch v současné době pšenice ozimá a řepka ozimá významně ovlivňují ekonomiku většiny zemědělských podniků. Pšenice ozimá v osevních postupech zaujímá téměř polovinu všech pěstovaných plodin a tvoří asi 30 % celkové oseté plochy. Vysoký podíl na orné půdě tvoří i řepka ozimá, která může zaujímat kolem 25 - 30 % celkové oseté plochy, ovšem můžeme se setkat i s podílem 50 % řepky a 50 % pšenice. Tento systém má malou životnost a řadu negativních dopadů na pěstování. Úspěšnost pěstování těchto plodin je závislá na výrobní oblasti, pěstované odrůdě, agrotechnice, systému hnojení a konečném využití zrna. Jedením z nejdůležitějších faktorů, který výrazně ovlivňuje výnos je průběh počasí. Tento faktor nelze ovlivnit přímo, pouze je možné zmírnit jeho dopady na pěstované plodiny.

Zajištění optimálních výnosů a zachování úrodnosti půdy je podmíněno dostatečným přísunem organických látek a pravidelným navrácením odebraných živin do půdy. Jde o zásobení rostlin makro i mikro živinami (dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra, bór, mangan, měď, zinek, železo a molybden) ve správném množství, růstové fázi a termínu. Ve výživě rostlin má nejdůležitější roli dusík. Pouze vyrovnaným dusíkatým hnojením spolu s optimálním zásobením ostatními živinami je možné dosáhnout efektivních výsledků. Pro zvýšení ekonomického účinku a efektivity dusíkatého hnojení je nutné znát obsah minerálního dusíku v půdě a brát ohled na požadavky rostlin. V agroekosystému má správné hospodaření s živinami i velmi úzkou souvislost s životním prostředím. Při nesprávném nebo příliš velkém zásobení živinami může dojít k omezenému klíčení, nadměrné tvorbě vegetativní hmoty na úkor semen, zvýšení náchylnosti k poléhání, omezení příjmu ostatních živin, či k poškození životního prostředí, a to např. erozí či vyplavováním.

Pro správné nastavení systému hnojení nám slouží bilance živin, kterou můžeme označit jako poměr mezi zdroji a spotřebou. Člověkem je ovlivněna na jednotlivých honech sklizní, hnojením a zpracováním půdy. Velmi cenným zdrojem živin na zemědělsky obhospodařovaných půdách jsou organická hnojiva, zbytky po pěstovaných plodinách a samozřejmě nelze opomenout v konvenčních systémech i hnojiva minerální.

2 Cíl práce a hypotézy

Cílem práce bude vyhodnocení agrochemických vlastností půd v zemědělském podniku. Bude vyhodnocen jejich vliv na výnos semen u ozimé řepky a ozimé pšenice. S ohledem na používaný systém hnojení bude vyhodnocena efektivita využití dusíkatých hnojiv a popsány podmínky, které ji ovlivňují.

Hypotézy

1. Předpokládá se, že správné hnojení dusíkem bude mít vliv na výnos ozimé řepky a ozimé pšenice v zemědělském podniku, s ohledem na používaný systém hnojení.
2. Předpokládá se, že vliv hnojení dusíkem na výnos se bude měnit se změnou stanovištních podmínek a agrochemických vlastností půd.
3. Při pravidelném hnojení a doplňování živin bude bilance dusíku vyrovnaná.

3 Literární rešerše

3.1 Historie výživy a hnojení rostlin

Výživa a hnojení rostlin se zabývá studiem chemických prvků, tedy živinami, které jsou nezbytně nutné pro růst a vývin rostlin. Dějiny této složité vědy sahají až do Starověku. Již staří Římané znali příznivý hnojivový účinek zvířecích exkrementů, mimo jiné i některých minerálních látek jako je sádra, vápno, zelené hnojení a popel. Dále věděli i to, že střídáním plodin dosáhneme vyššího výnosu než při opakovaném pěstování jedné plodiny. Díky nedostatku podkladů z této doby nebylo možné vytvořit ucelený názor na výživu rostlin.

Vlivem nedostatku experimentálních poznatků a Aristotelova (384 - 322 př.n.l.) chybného tvrzení, že živiny, které rostliny potřebují pro růst jsou již hotové v půdě, nenastal žádný výrazný posun této vědy ani v dobách Středověku.

V 16. a 17. století dochází k rozvoji přírodních věd, začínají se objevovat první pokusy ve výživě rostlin. V roce 1563 B. Pallisy, označil půdu jako zdroj minerálních látek, které jsou nutné pro rostliny. Tato hypotéza byla prokázána přesnými pokusy až o 300 let později.

První pokus byl uskutečněn J. B. van Helmontem (1677 - 1744), který do sudu s vyžíhanou zeminou zasadil vrbu a po dobu pěti let jí zaléval destilovanou vodou. Po pětiletém pokusu usoudil, že hlavním zdrojem živin je voda.

Ve druhé polovině 19. došlo k velkému rozvoji přírodních věd, hlavně chemie což objasnilo nové poznatky ve výživě rostlin. Toto období bylo snahou biologů, chemiků a pedologů o nalezení takových podkladů, jimiž lze spolehlivě určit výživný stav rostlin. Do té doby stále převládala Aristotelova teorie, vycházející z konstatování, že živiny pro rostliny jsou již hotové v půdě. Humusová teorie, jejímž autorem byl A. D. Thaer (1752 - 1828) se v podstatě ztotožňovala s Aristotelovou teorií. Thaer tvrdil, že úrodnost půdy závisí hlavně na obsahu humusu v půdě, který je vedle vody jedinou hlavní živinou pro rostliny.

Jako základ moderní výživy rostlin můžeme označit vědeckou práci von Liebiga (1803-1873) s názvem „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“, která byla vydána v roce 1840. Tato práce shrnuje nové poznatky a znalosti v oblasti chemie a teorie výživy rostlin a v podstatě zavrhuje Thaerův názor o humusu jako jediné složce výživy rostlin. Je zde uvedeno, že rostlinám slouží jako živiny minerální látky vznikající rozkladem složitých látek na látky jednodušší. Liebig chybně předpokládal,

že rostlinám postačuje k výživě pouze amoniak získávaný z atmosféry. Tento názor byl brzy vyvrácen řadou vědců zabývajících se touto problematikou. Všechny Liebigovy teorie se staly základem rozvoje minerální výživy rostlin a platí dodnes.

U nás jsou za největší průkopníky považovány práce Presla (1791-1849), Farského (1846-1927) a Stoklasy (1857-1936), kteří se zabývali biochemickými vlastnostmi půdy. Další osobností 20. století byl u nás prof. Duchoň působící na Vysoké škole zemědělské v Praze, který se věnoval studiu metod stanovení potřeby hnojení, zákonitostem výživy rostlin, vývoji nových hnojiv, využití průmyslových a městských odpadů v zemědělství (Vaněk et al., 2016).

3.2 Koloběh dusíku

Tento prvek je nezastupitelnou živinou nejen pro rostliny, ale i pro všechny živé organismy. V rostlinách plní např. stavební, metabolickou, transportní i zásobní funkci. Je především složkou bílkovin, nukleových kyselin, chlorofylu, enzymů a řadou sekundárních produktů rostlinného metabolismu. V sušině rostlin se pohybuje v rozmezí 1 - 4 %. Dusík je živinou, která nejvíce limituje rostlinnou produkci, proto je do půdy aplikován ve velkém množství (Mikanová et Šimon, 2013).

Koloběh dusíku je velmi úzce spojen s přeměnami uhlíku a v přírodě společně vytvářejí nejvýznamnější cykly živin. Tyto dva prvky mají nezastupitelné postavení ve všech živých soustavách a také značný vliv na životní prostředí. Koloběh dusíku je ovlivněn fyzikálními, chemickými nebo biologickými procesy (Šarapatka et al., 2010; Tlustoš et al., 2007).

Pevná forma dusíku je nejstabilnější a nejvíce zastoupena v celkové bilanci dusíku na Zemi. Litosféra obsahuje necelých 98 % celkového množství dusíku, zbylá 2 % dusíku jsou obsažena v atmosféře a jen velmi málo dusíku je obsaženo v hydrosféře a biosféře. Nejvíce dusíku v litosféře je koncentrováno ve svrchní vrstvě půdy (0 - 15cm), kde se nachází jedna třetina celkového dusíku. Většina celkového dusíku na naší planetě je velmi pevně vázána a pouze asi 2,5 % dusíku je v přístupných formách, ve kterých může podléhat přeměnám a být hromaděn živými organismy. Do přístupného dusíku je v bilanci započítán i atmosférický dusík. V atmosféře se vyskytuje i řada oxidů dusíku (NO_x). Atmosférický dusík se převážně vyskytuje ve formě plynu (N_2) a pro koloběh dusíku v přírodě má největší význam (Balík et al., 2012).

Atmosférický dusík se do půdy dostává fixací mikroorganismů, rostlinnými zbytky, hnojivy a ve formě spadů. Fixace vzdušného dusíku je zajištěna volně žijícími mikroorganismy a symbiotickými mikroorganismy, což jsou bakterie žijící v symbióze nejčastěji s bobovitými rostlinami (Vaněk et al., 2016). Fixátoři vzdušného dusíku jsou prokaryotické organismy - bakterie a sinice vybavené příslušnými enzymy. Volně žijící aerobní bakterie schopné fixovat vzdušný dusík jsou zastoupeny hlavně bakteriemi *Azotobacter chroococcum*, *Azotomonas insolita* a z anaerobních jsou to *Bacillus amylobacter*, *Clostridium pasteurianum* aj. vyskytující se především v orných půdách s neutrálním pH a vyšším obsahem organických látek. Celkové množství poutaného dusíku na jednotku plochy není tak vysoké a je závislé zejména na stanovištních podmínkách. Volně žijícími organismy se půda našeho pásma obohatí asi o 5 až 10 kg N.ha⁻¹. Symbiotickou fixací se u luskovin ročně váže až 200 kg N.ha⁻¹, u vojtěšky a jetele je to 200 - 300 kg N.ha⁻¹. Tato fixace dusíku využívá energii získanou fotosyntézou u rostlin k přeměně atmosférického dusíku na amoniak, na které se převážně zúčastňují bakterie rodu *Rhizobium radicicola* (Mikanová et Šimon, 2013).

V intenzivní rostlinné výrobě jsou nejdůležitějšími zdroji dusíku minerální (průmyslová) a organická (statková) hnojiva, fixace vzdušného dusíku symbiotickými i volně žijícími bakteriemi nebo organická hmota. V posledních letech se spotřeba minerálních dusíkatých hnojiv v ČR se postupně zvyšuje, ale naopak současně klesá hnojení statkovými hnojivy. Statková hnojiva, jejichž společným znakem je biologický původ, jsou vedlejší produkty hospodářských zvířat, zbytky organických látek, vedlejší zemědělské produkty, zelené hnojení apod. Jsou nejen zdrojem všech živin ale především humusotvorných látek, které příznivě ovlivňují půdní vlastnosti. V současné době jsou organická hnojiva částečně nahrazována minerálními hnojivy z důvodu poklesu stavu hospodářských zvířat, což vede ke snižování ploch jetelovin a ke zjednodušování osevních postupů (Petr et al., 1989).

3.3 Přeměny dusíku v půdě

Množství celkového dusíku v ornici se může pohybovat v rozmezí 0,03 - 0,5 % v závislosti na stanovišti, genetickém vzniku půdy a na způsobu hospodaření. Na zemědělských půdách průměrně dosahuje hodnot 0,1 - 0,2 %, což v ornici představuje asi 3000 - 6000 kg. Většina dusíku, 98 - 99 %, se nachází v organických sloučeninách, který je pro rostliny nepřístupný. Zdroje organického dusíku jsou především rostlinné a živočišné zbytky,

biomasa mikroorganismů, humusové látky a jiné složité organické sloučeniny. Pouze malá část minerálního dusíku (N_{min}), asi jen 1 - 2 %, je pro rostliny přístupná a to v amonné (NH_4^+) nebo v nitrátové (NO_3^-) formě (Balík et al., 2012; Mikanová et Šimon, 2013).

V půdě dochází k velmi pestrým přeměnám, které jsou z hlediska výživy rostlin nezastupitelné. Velmi významným činitelem je poměr C:N, na jehož základě můžeme předpokládat převahu procesu mineralizace nebo naopak imobilizace. Rychlost mineralizace je ovlivněna řadou půdních ale i povětrnostních podmínek, např. pH, vlhkost, provzdušnění půdy, teplota, organická hmota aj. V případě zapravení organického materiálu s širokým poměrem C:N, to je např. sláma obilnin, vede k převažujícímu procesu imobilizace. Naopak u zapravení organického materiálu s nízkým poměrem C:N, např. sláma luskovin, vede k převaze mineralizačních procesů. U organické hmoty je zejména důležitá její lokalizace, velikost částic a druh plodiny (Šarapatka et al., 2010).

V procesu mineralizace nebo též amonizace jsou organické formy dusíku rozkládány činností aerobních a anaerobních mikroorganismů až na amoniak (NH_4^+). Amoniak uvolněný biochemickými reakcemi, se stává přímým zdrojem dusíku pro rostliny nebo je výměně sorbován na půdní sorpční komplex, fixován do jílových minerálů, biologicky vázán mikroorganismy nebo nitrifikován. Část amoniaku může být také zdrojem plyných ztrát do ovzduší (volatilizace). Opačný ale současně probíhající proces mineralizace se nazývá imobilizace. V tomto procesu jsou minerální formy dusíku, především $N - NH_4^+$, syntetizovány na organické sloučeniny (Šarapatka et al., 2010; Tlustoš et al., 2007).

Na mineralizaci dusíku se také významně podílí i zpracování půdy. Po orbě v časném podzimu, kdy je teplota půdy vyšší, se zvyšuje obsah minerálního dusíku. Při orbě v listopadu nebo v prosinci má půda nižší teplotu a mineralizace probíhá pomaleji (Myrbeck et al., 2012).

Nitrifikace je oxidační proces, kdy je amonný dusík postupně enzymaticky oxidován autotrofními mikroorganismy přes dusitany (NO_2^-) až na nitráty (NO_3^-). Nitrifikace probíhá ve dvou stupních.

1. nitritace - v této fázi je amoniak za pomoci aerobních bakterií rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosospira*, aj. přeměněn na dusitany - nitrity (NO_2^-).



2. nitratace - toto okysličení na nitráty (NO_3^-) způsobují nitrifikační bakterie rodu *Nitrobacter*.



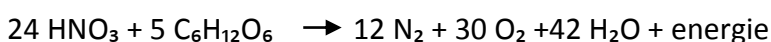
Tyto přeměny probíhající v půdě jsou ovlivňovány pH půdy, obsahem a formami uhlíku v půdě, dále jeho poměrem C:N, oxidačně - redukčními podmínkami, vlhkostními a teplotními poměry půdy. Optimální pH půdy by mělo být slabě kyselé až zásadité reakce. Za optimální jsou považovány teploty kolem 25 °C. Při teplotách pod 5 °C jsou tyto procesy značně omezeny (Šarapatka et al., 2010).

Průběh nitrifikace je možné zpomalit inhibitory nitrifikace, které mají za cíl omezit přeměnu nitrátů a prodloužit (zpomalit) tak působení hnojiva (Bečka et al., 2013).

Denitrifikace je redukční proces, kdy dochází k oxidačně redukčním procesům, kdy se nitráty (NO_3^-) za přítomnosti organických látek redukují na oxidy dusíku (NO, N_2O) nebo až na atmosférický dusík (N_2). Jedná se tedy o ztráty. V přírodě může denitrifikace probíhat dvěma způsoby, a to biologicky nebo chemicky. V našich podmínkách převažuje denitrifikace biologická, na které se podílejí fakultativně anaerobní bakterie. Denitrifikační mikroorganismy v anaerobních podmínkách během rozkladných procesů využívají kyslík dusičnanů a energii uvolněnou z oxidačních procesů na oxid uhličitý.

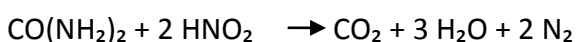
Při redukci NO_3^- jsou uplatňovány dva enzymy *nitroreduktázy*, které jsou aktivovány v závislosti na přítomnosti kyslíku (Bielek, 1984).

Denitrifikační proces je možné vyjádřit sumární rovnicí:



Množství uvolněných oxidů dusíku při biologické denitrifikaci je ovlivněno vnějšími podmínkami. Nejvíce ztrát tvoří N_2 , N_2O dále NO a nejméně NO_2 (Vaněk et al., 2012).

Chemická denitrifikace probíhá za neúčasti mikroorganismů. Kyselina dusitá je v neutrálním prostředí relativně stabilní, ale jejím okysličováním a alkalickým pH se stabilita snižuje. Dochází zde k reakci kyseliny dusité s aminy, amidy, aminokyselinami nebo močovinou až na výsledný elementární dusík. V kyselém prostředí ($\text{pH} < 5,5$) je chemická denitrifikace nejintenzivnější (Tlustoš et al., 2007; Bielek, 1984)



Průběh denitrifikace je tedy podmíněn nízkým pH, nedostatkem kyslíku v půdě, přítomností nitrátů, dostatkem lehce rozložitelných organických látek, stupněm provzdušnění a teplotou (Vaněk et al., 2012; Bielek, 1984).

3.3.1 Ztráty dusíku

Nitrátová forma dusíku je v půdě vysoce mobilní, a může být předmětem vyplavování z vegetačních vrstev půdního profilu do spodních vrstev půdy a způsobit tak znečištění podzemních vod (Altiery et al., 1995).

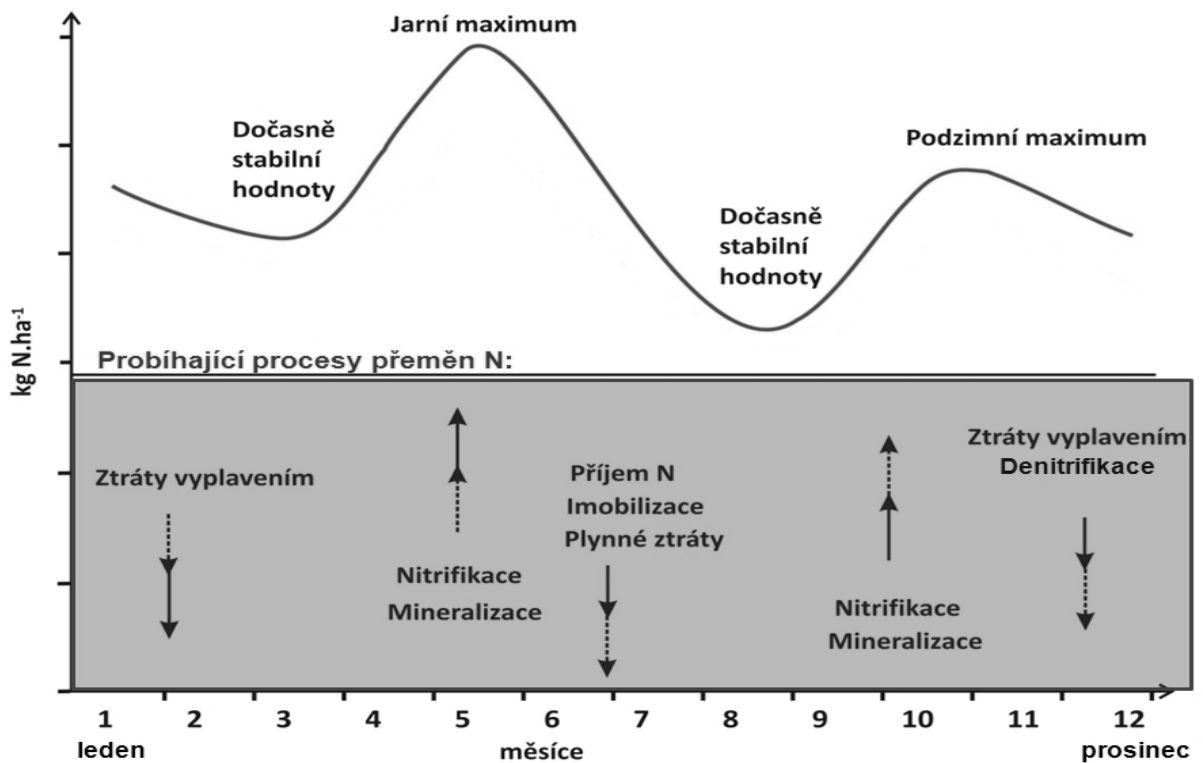
Dusík může opouštět agroekosystém v kapalně nebo plynné fázi. Ztráty plynnou formou vznikají jako důsledek denitrifikace nebo volatizace amoniakálního dusíku. Volatizací se dostává dusík z půdního prostředí do atmosféry ve formě amoniaku (Bielek, 1984).

Ztráty dusíku jsou jedním z nejdůležitějších a nejvíce řešených problémů současného zemědělství. Z důvodu zavedení nových systémů v rostlinné výrobě se zvýšila intenzita používání minerálních hnojiv, což se nepříznivě projevilo na vývoji kvality životního prostředí (Bielek, 1984).

V ornici se vyskytuje nejvíce přístupného dusíku pro rostliny vzniklého mineralizací organických látek. Ztrátám vyplavováním podléhá hlavně dusík ve formě NO_3^- , který je v půdě velmi mobilní, ačkoliv může dojít i k vyplavení NH_4^+ , zejména na písčitéch půdách. V půdním roztoku dochází k prostupování dusíku půdním profilem, kdy je v konečné fázi vyplaven z dosahu kořenů rostlin a hrozí znečištění spodních vod.

Ztráty vyplavováním jsou ovlivněny půdním druhem, intenzitou srážek a způsobem obhospodařování. Během roku obsah minerálního dusíku (N_{min}) značně kolísá. V průběhu zimního období dochází ke zvyšování N_{min} , protože vlivem poklesu teplot dochází ke snížení aktivity mikroorganismů v půdě a následně snížení mineralizace. V jarním období, v dubnu až květnu, kdy dochází k oteplování půdy a tím zvýšení činnosti mikroorganismů, se mineralizace zvyšuje a obsah minerálního dusíku dosahuje maximálních hodnot (tzv. jarní maximum). Během vegetace, kdy je N_{min} využíván rostlinami, dochází ke snižování N_{min} až na relativně stabilní hodnotu (tzv. letní minimum). V podzimním období, za předpokladu příznivých vlhkostních podmínek a teplotních podmínek, se obsah N_{min} v půdě začíná zvyšovat mineralizací posklizňových zbytků (podzimní maximum) a před nástupem zimního období opět klesá důsledkem poklesu teplot, čímž je omezena aktivita mikroorganismů. Obsah nitrátu lze regulovat biologickými (meziplodiny, osevní postup, zaorávka slámy), nebo fyzikálně chemickými metodami jako jsou např. aplikace jílových minerálů apod. (Balík et al., 2012).

Obr. 1: Sezónní změny obsahu minerálního dusíku v půdě a související procesy přeměn (Balík et al.,2012)



Ztráty volatilizací jsou způsobeny těkáním amoniaku z půdního prostředí, především ze svrchních vrstev ornice do atmosféry. Důležitým faktorem je i teplota, kdy jejím zvyšováním rostou i ztráty. Příčinou vysokých ztrát do ovzduší jsou vysoké dávky zvláště organických hnojiv, nebo minerálních, zejména v amoniakální nebo amidové formě na povrch půdy s neutrální až alkalickou reakcí. V současném zemědělství jsou největší ztráty způsobeny aplikací kejdy nebo močoviny vlivem pozdního nebo nedostatečného zapravení do půdy. Tyto ztráty se udávají v rozsahu 5 - 50 % z aplikovaných hnojiv (Alteiry et al., 1995).

3.4 Dusík v rostlinách

Rostliny přijímají většinu živin z půdního roztoku svými kořeny, hlavně kořenovým vlášením, které má největší význam v příjmu živin. Živiny jsou přijímány v případě, že jsou v blízkosti kořenového vlášení, a to buď pohybem půdního roztoku - hmotovým tokem nebo difuzí ve formě kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Mn^{2+} aj.) nebo aniontů (NO_3^- , H_2PO_4^- , Cl^- aj.). Při dobrém zásobení živinami rostliny přijímají jen ty, které potřebují nejvíce. Živiny, které

jsou přijaty kořeny rostlin, jsou dále transportovány do nadzemních částí rostlin transpiračním proudem v xylému (Tlustoš et al., 2007).

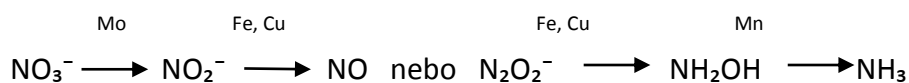
Z šestice hlavních živin, kterými jsou dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra, má dusík největší vliv na iontovou rovnováhu rostlin, protože je potřebný v největším množství, může být přijímán jako aniont, nebo kationt a jeho iontová forma je po jeho příjmu rostlinou měněna při jeho využití v metabolismu. Rostliny přijímají dusík ve formě nitrátových nebo amonných iontů. Příjem nitrátové a amonné formy dusíku je ovlivněn řadou faktorů, např. půdní reakcí, teplotou, vlhkostí a provzdušněností půdy, samotnou rostlinou apod. (Lea, 2002). Velmi významnou roli zde hraje pH půdního prostředí. V kyselém prostředí, pH kolem 4, převládá příjem NO_3^- a v neutrálním až zásaditém prostředí převládá příjem NH_4^+ , pH okolo 8. Pokud převládá příjem amonných iontů, dochází k vylučování H^+ z buněk, a tím ke snižování pH prostředí. Obecně lze říci, že se zvyšujícím pH dochází k vyrovnanému příjmu obou forem, nebo k vyššímu příjmu NH_4^+ . Zvýšená akumulace nitrátové formy v rostlinách je doprovázena uvolňováním OH^- a HCO_3^- , což znamená zvýšení pH a tím i zlepšení podmínek pro příjem amonné formy (Nátr, 2002; Baier, 1982).

Rozhodující vliv na příjem NO_3^- a NH_4^+ má teplota a provzdušněnot půdy. Při nižší teplotě a vyšší aeraci se snižuje příjem nitrátové formy i její využití (Pavlíková et al., 2008). Teploty, kdy příjem dosahuje maxima, se pohybují v rozmezí 15 - 30 °C (Vaněk et al., 2012).

Nitrátová forma dusíku hraje velmi důležitou roli v celém metabolismu rostlin a většina rostlin přijímá nejvíce dusíku ve formě NO_3^- . V této souvislosti je logickým předpokladem to, že by většina rostlin měla mít v důsledku evolučního vývoje vyvinut lepší kontrolní systém pro asimilaci této formy. Nitráty jsou v půdě velmi pohyblivé a rozpustné sloučeniny a snadněji se dostávají hmotovým tokem půdní vody do rhizosféry a jsou zde dostupné pro rostliny (Matula, 1977).

Anorganický dusík, hlavně NH_4^+ , ale i část redukovaného NO_3^- je v rostlině přeměna na organický. Xylémem se dusík dostává do nadzemních rostlinných orgánů v minerální formě, hlavně NO_3^- , nebo ve formě nových organických sloučenin, především v aminokyselinách a amidech. Při převažujícím příjmu NO_3^- je tato forma částečně redukována již v kořenech na NH_3 a dále zabudována do amidů a aminokyselin (Vaněk et al., 2012; Pavlíková et al., 2008).

Redukce NO_3^- na NH_3 je základním předpokladem pro využití nitrátů v metabolismu rostlin. Lze ji sumárně vyjádřit schématem:



Pro průběh enzymatické reakce jsou potřebné prvky znázorněny nad šipkami. Redukce NO_3^- probíhá za pomoci enzymů ihned v kořenech nebo až v listech. Nitrátoreduktáza je enzym, který redukuje NO_3^- na NO_2^- , a dále jsou redukovány přes hyponitrit a hydroxylamin až na NH_3 . Vysoká aktivita enzymů je podmíněna dostatkem energie (Matula, 1977; Vaněk et al., 2012).

Amoniak je vázán na organické kyseliny a tím dochází ke vzniku aminokyselin, které jsou základní stavební jednotkou bílkovin (Vaněk et al., 2012).

V rostlinách může docházet k toxické akumulaci amoniaku, která je přičítána molekulám amoniaku vyskytující se převážně v alkalickém prostředí. Toxická hladina NH_3 je závislá i na množství vápníku v půdním roztoku. Pokud rostliny trpí deficitem vápníku, jsou daleko dříve citlivější na koncentrace NH_3 než rostliny dobře zásobené vápníkem. V půdním roztoku je koncentrace NH_3 závislá na množství výměně vázaného NH_4^+ , která je dále závislá na charakteru sorbentu, aktivitě NH_4^+ v půdním roztoku, pH půdního roztoku, parciální tlaku amoniaku v půdním vzduchu apod. (Matula, 1977).

Amonný dusík může být v půdě sorbován minerálními a organickými koloidy, čímž je chráněn před vyplavením z půdy až do doby, dokud není redukován na NO_3^- . Příjem NH_4^+ vede k produkci H^+ iontů, což znamená snížení hodnot pH. Mengel (1974) předpokládá, že pokles hodnot pH, důsledkem vylučování H^+ působí nepříznivě tím, že ovlivňuje syntézu organických aniontů (in Matula, 1977). Dále uvádí, že při vyšší koncentraci amoniakálního dusíku dochází k omezení růstu, sníženému příjmu kationtů vápníku, hořčíku, draslíku, vyššímu příjmu fosforu, k redukcí organických kyselin (k. jablečná, k. citrónová aj.), vyššímu obsahu celkového dusíku. V případě jednostranné výživy NO_3^- je následkem redukce NO_3^- na NH_3 v rostlině zvýšená tvorba organických látek a tím je zvýšen příjem kationtů K^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} (Pavlíková et al., 2008; Matula, 1977).

3.5 Významné půdní vlastnosti ovlivňující příjem živin

Půdu ve vztahu k výživě rostlin lze charakterizovat jako třífázový polyfunkční polydisperzní systém, který je složen z pevné, kapalné a plynné fáze. Všechny tři fáze jsou

příčinou toho, že půda tvoří dynamický systém, závislý na podmínkách jejího vzniku a dále na neustálých fyzikálních, chemických a řadě biologických procesů. Tyto děje významně ovlivňují výživu rostlin ať už přímo nebo nepřímo. Ve vztahu k rostlinám je půda hlavním zdrojem živin, které rostliny přijímají hlavně kořeny. Jedním z rozhodujících faktorů výživy rostlin není jen množství dostupných živin ale i schopnost agroekologického prostředí poskytovat živiny pěstovaným plodinám (Altiery, 1995; Němeček et al., 2001).

O zastoupení pevných částic (zrn) v půdě, které mají různou velikost, rozhoduje zrnitostní nebo také mechanické složení půdy. Je dáno zastoupením minerálních částic půdy, tedy prachu, písku a jílu. Jílnaté částice o velikosti menší než 0,01 mm tvořené jemným prachem a jílem vytvářejí rozhodující frakci, která je u nás základem pro určování půdních druhů podle Novákovy stupnice a je nejdůležitější pro sorpci živin, pohyb a zadržování vody v půdním profilu. Podle zrnitostního, tj. procentického zastoupení jednotlivých velikostních částic můžeme půdy klasifikovat na půdní druhy, tedy na půdy písčité, hlinitopísčité, písčitolhinité, hlinité, jílovitolhinité, jílovité a jíl. Toto rozdělení lze zjednodušit na půdy lehké, střední a těžké. Zrnitostní složení půd je agronomicky a agrochemicky velmi důležité, neboť ovlivňuje a udává vlastnosti určité skupiny půd. Jedná se např. o biologickou činnost, pórovitost, vzdušné a vodní poměry, obsah a kvalitu organické hmoty, obsah živin v půdě, podmínky pro zakořeňování a růst rostlin (Němeček et al., 2008; Baier et Baierová, 1985).

Velkou propustností pro vodu a vzduch, nízkou sorpcí živin se vyznačují půdy lehké, hlavně písčité. Obsahují méně organické hmoty, mají nižší vodní kapacitu, lépe vysychají, mají nižší sorpční schopnost, z čehož vyplývá, že snadno dochází k proplavování živin půdním profilem a vede ke ztrátám vyplavováním. Jsou to půdy snadno zpracovatelné a vyžadují častější hnojení organickými a minerálními hnojivy v nižších dávkách. Těžké půdy se vyznačují malou propustností pro vodu a vzduch, vysokou sorpční schopností, horší zpracovatelností a obvykle obsahují více živin než půdy lehčí, ale pro rostliny je jejich dostupnost omezená. Nejvhodnější půdy jsou středně těžké, vyznačující se dobrými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, biologickou činností a zpracovatelností (Hůla et al., 2010, Vaněk et al., 2012).

Půdní reakce je jednou z nejdůležitějších vlastností půd, ovlivňující výživu rostlin přímým nebo nepřímým působením na koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, sorpci živin, půdní koloidy, biologickou aktivitu aj. Charakter půdní reakce je podmíněn přítomností huminových kyselin, fulvokyselin a dále sloučenin $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , H_2CO_3 apod., které působí na koncentraci vodíkových iontů (H^+) a hydroxylových iontů (OH^-)

v půdním roztoku nebo výluhu. Pokud převažuje koncentrace H^+ , hovoříme o reakci kyselé nebo v případě převahy OH^- je reakce alkalická. Koncentraci H^+ v půdním roztoku je možné označit jako aktivní kyselost. Z pohledu výživy rostlin má větší význam tzv. výměnná kyselost, zahrnující nejen volné H^+ ale i část uvolněných H^+ vázaných na půdní koloidy (nejvíce ve výluhu roztoku KCl nebo $CaCl_2$). V případě nevhodného pH dochází poruchám růstu kořenové soustavy, snížení stability půdních droptů, kumulaci rizikových kovů, příjmu živin a vody, biologické činnosti půd a k celkovému omezení růstu rostlin. Úpravu půdní reakce je možné upravit vápněním, hnojením organickými hnojivy, v případě zamokřených pozemků odvodněním a provzdušněním (Baier, 1973).

3.5.1 Stanovení přijatelných živin v půdě

V půdě je obsaženo různé množství živin v závislosti na stanovišti, půdotvorném substrátu a podmínkách, dále na pěstovaných plodinách, agrotechnických opatřeních a hnojení. Stanovení celkového obsahu živin je pro výživu rostlin velmi důležité a informuje nás o potencionálním zásobení půdy živinami. Ke stanovení celkového obsahu a přijatelnosti živin pro rostliny se používá celá řada biologických a chemických metod. V současné době se u nás používá metoda Mehlich III (Vaněk et al., 2012). Jsou zde zahrnovány všechny měřitelné charakteristiky půd, které mají přímý nebo nepřímý vztah k výživě rostlin (Andersen, 2000).

3.6 Hnojení dusíkem

Z agronomického pohledu je v rostlinné výrobě dusíkatá výživa jedním z nejobtížnějších a nejdůležitějších úkolů. Na rozdíl od ostatních živin (fosfor, draslík, hořčík, vápník), kdy hnojíme tzv. do půdní zásoby, je hnojení dusíkem cíleno vždy k rostlině, a proto je potřeba vždy správně stanovit celkovou dávku, druh hnojiva, dobu aplikace a způsob aplikace s ohledem na nároky jednotlivých pěstovaných plodin. Nejvíce dusíku, asi 30 - 70 % dodaného z minerálních hnojiv se nachází ve sklizených produktech (zrno, sláma) a zbytek se nachází v kořenovém systému (Růžek et al., 2005).

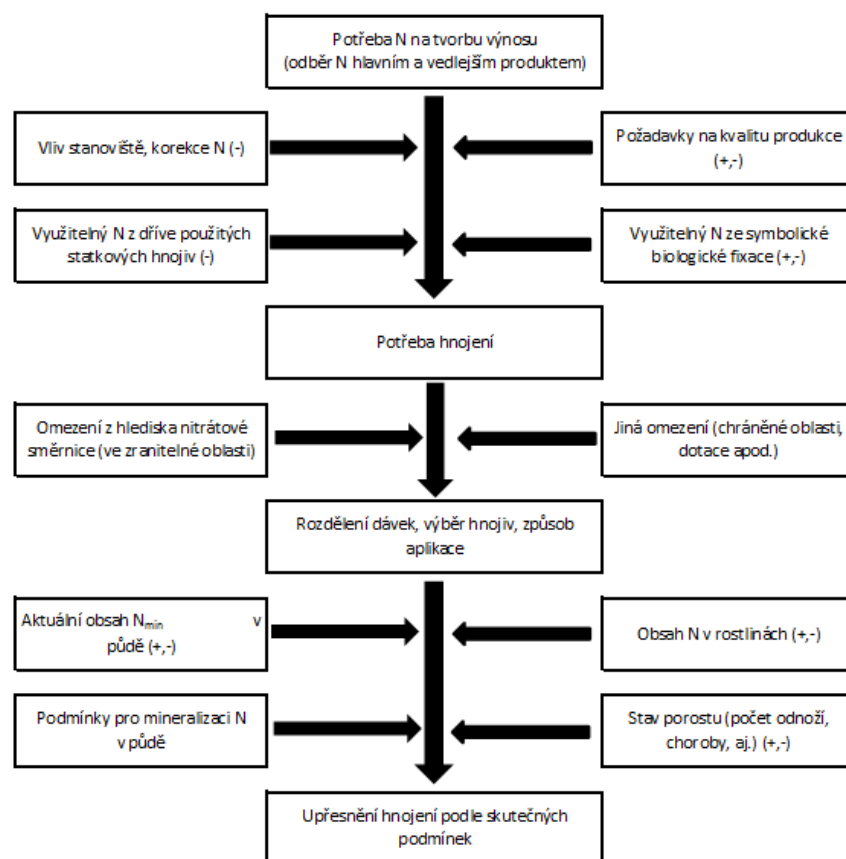
Ke stanovení celkové potřeby dusíku využíváme tzv. odběrové normativy, které vychází z odběru dusíku rostlinou na jednotku produkce a předpokládaného výnosu. Úpravu těchto hodnot je potřeba provést korekcí, kde se mohou odběry živin měnit v závislosti

na stanovišti, předplodině, agrotechnice, druhu hnojiva nebo odrůdové skladby. Velmi důležitou roli zde hraje poměr hlavního a vedlejšího produktu, zda je ponechán nebo z pozemku odvezen v podobě sklizených produktů. Obecně lze předpokládat, že na úrodných stanovištích (černozemě, hnědozemě) s dostatkem srážek bude půdní dusík rostlinami lépe využit a lze odpočítat asi 30 kg N. ha⁻¹, nebo naopak na méně úrodných (kyselé hnědé půdy) bude potřeba dávku zvýšit o 20 kg N. ha⁻¹. Největší část dusíku by se měla aplikovat před obdobím růstu rostlin, kdy jsou rozhodující pro tvorbu výnosotvorných prvků, nebo aplikovat tak, aby rostliny byly schopné využít dusík v období své nejvyšší potřeby. V případě aplikace na podzim je nutné brát zřetel na půdně klimatické podmínky a druh hnojiva, aby nedošlo ke ztrátám vyplavením (Kováčik, 2009; Klír et al., 2008; Balík et al., 2012).

Tab. 1: Spotřeba živin v kg č. ž. na 1t zrna (upraveno dle Klír et al., 2008; Vaněk et al., 2016)

| Plodina | N | P | K | Mg | Ca |
|----------------|----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| Pšenice ozimá | 22 - 26 | 4,4 - 6,2 | 16,6 - 21,0 | 1,2 - 3 | 2,8 - 5,7 |
| Řepka ozimá | 55 - 60 | 11 - 15 | 50 - 70 | 7 | 45 |
| Ječmen ozimý | 20 - 25 | 3,5 - 6,2 | 16,6 - 25,0 | 1,2 - 2,4 | 5,7 - 8,5 |
| Hrách | 55 - 65 | 6,6 - 8,8 | 33 - 42 | 2 - 5 | 21 - 25 |
| Mák | 50 | 9 | 42 | 7 | 38 |

Obr. 2: Postup při stanovení hnojení plodin dusíkem (Klír et al., 2008)



3.6.1 Dusík a jeho vliv na výnos plodin

Výnos plodin se utváří během celé vegetace a o jeho konečné výši rozhodují interakce rostlin s půdními a klimatickými podmínkami prostředí. Během individuálního vývoje se na růstu jednotlivých orgánů podílí řada fyziologických procesů, které mezi sebou vstupují do různých interakcí a v konečném souhrnu rozhodují o výnosu. Obsahy jednotlivých živin jsou velmi variabilní mezi jednotlivými orgány a růstovými etapami rostlin (Nátr, 2002).

Výživa a hnojení dusíkem se významně podílí na výnosu a kvalitě pěstovaných plodin. Působení dusíku je na jednotlivých honech velmi rozdílné. Na úrodných půdách mohou rostliny využít kolem 84 - 88 % dusíku z půdy a pouze 12 - 16 % z hnojiv, kdežto na méně úrodných půdách se dusík z půdy podílí na výnosu asi jen z 56 - 60 % (Balík et al., 2012). Výsledky dlouhodobých polních pokusů jasně dokazují, že nároky na dusík jsou v každém roce rozdílné a účinnost využití se bude lišit v závislosti na plodině, stanovištních podmínkách aj.

3.6.1.1 Nedostatek dusíku

Od počátku vegetace má deficit dusíku za následek omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin. Při nedostatečném zásobení dusíkem se rostliny projevují omezeným růstem, snížením výnosů nebo zhoršením kvality produkce. Hlavním příznakem je světlá barva, slabší růst a celková nevyrovnanost porostů. Rostliny mají omezenou tvorbu chlorofylu, což vede ke zpomalení fotosyntézy a ke snížení produkce biomasy. Proto mají porosty s omezenou výživou dusíku většinou kratší vegetační dobu a rychleji dozrávají. Zkrácená vegetace je příčinou redukce výnosů a horší kvality produkce, a to především semen. U obilnin např. nedostatek dusíku způsobuje nižší intenzitu odnožování. Dále je redukován počet zrn v klasu a počet klasů na jednotce plochy (Baier, 1982).

U jednotlivých druhů rostlin se nízký příjem dusíku projevuje rozdílně a významné je i v jaké vegetační fázi se jednotlivé rostlinné druhy nacházejí (Vaněk et al., 2016).

3.6.1.2 Nadbytek dusíku

Nadbytek dusíku je v praxi méně častý a jeho projev je závislý na druhu rostliny a růstové fázi. Dusík je živinou, která ovlivňuje apikální dominanci svými účinky na syntézu cytokininů. Nadbytek dusíku způsobuje nadměrné větvení a růst laterálních pupenů se zvyšuje. Je vhodné aplikovat dělené dávky dusíku a dodržet odstup 10 - 14 dní mezi hnojením a setím. Nadbytek v povrchových horizontech půdy vede ke zhoršení prokořenění celého půdního profilu, a tím ke snížení příjmové kapacity kořenů pro vodu a živiny (Kováčik, 2009).

Rostliny jsou při dobrých růstových podmínkách dobře vyvinuté, barva je sytě zelená, později přecházejí do generativní fáze růstu a prodlužuje se období dozrávání. Např. brukvovité plodiny (řepka, hořčice aj.) reagují na nadbytek dusíku velmi zřetelně, bohatě se větví, mají velké a zvlňené listy a jsou vyšší. Porosty obilnin jsou bohatě olistěné, sytě zelené a husté. Husté porosty nejsou příliš žádoucí z důvodu zvýšení vlhkosti v porostu, a tím zvýšením náchylnosti zvláště k houbovým chorobám. Dochází k velmi bujnému růstu, tvoří se méně cukrů, pletiva nevyzrávají, což vede k náchylnosti k nízkým teplotám, a může ovlivnit nutriční hodnoty pěstovaných produktů, zvláště zeleniny či krmiv (Kováčik, 2009; Pavlíková et al., 2008).

Obr. 3: Nevyrovnaný porost vlivem nerovnoměrné aplikace dusíku (zdroj: web2.mendelu.cz)



3.6.2 Dusíkatá hnojiva

Podle formy dusíku rozlišujeme dusíkatá hnojiva na:

- hnojiva s ledkovým dusíkem - do této skupiny řadíme ledek vápenatý, ledek sodný, hořečnatý a draselný. Jsou to hnojiva dobře rozpustná ve vodě, v půdě aniont NO_3^- není sorbován a vyskytuje se v půdním roztoku. Jsou proto vhodná k přihnojování během vegetace.
- hnojiva s amonným dusíkem - patří sem síran amonný a bezvodný amoniak. Obsahují dusík ve formě NH_4^+ , který je sorbován v půdě a je tudíž málo pohyblivý. Působení amonného dusíku je závislé na rychlosti nitrifikace. Tyto hnojiva je možné použít k základnímu hnojení, tedy před založením porostu.
- hnojiva s amidovým dusíkem - patří sem například močovina,
- hnojiva se dvěma a více formami dusíku - jsou to hnojiva, které zaujmají na trhu největší podíl, a to okolo 60 %. Nejdůležitější je ledek amonný (NH_4NO_3), ze kterého jsou vyrobena ostatní hnojiva (ledek amonný s vápencem, ledek amonný s dolomitem, dusičnan amonný a síran amonný aj.). Tři formy dusíku obsahuje kapalné hnojivo DAM, které je vyrobeno z roztoku dusičnanu amonného a močoviny.
- hnojiva s dusíkem pozvolně působícím - pozvolně působící hnojiva jsou využívána zvláště v zahradnictví, lesnictví, ošetřování a údržbě travních ploch (Vaněk et al., 2016).

Ledek amonný

Ledek amonný obsahuje polovinu nitrátového a polovinu amonného dusíku. Kationt NH_4^+ je sorbován půdními koloidy a v půdě má omezenou pohyblivost, zatímco doprovodný

aniont NO_3^- je dobře mobilní, zůstává v půdním roztoku a rostliny ho mohou bezprostředně přijímat. Použití je vhodné zejména pro přihnojování během vegetace. Je dodáván ve formě bílých krystalků nebo granulí. Dusičnan amonný je velmi hygroskopický a spékavý. Dále je hlavní surovinou pro výrobu ledků amonných s přidanou látkou. Nejčastěji je to ledek amonný s vápencem (27,5 % N, 8 % Ca), dolomitem (27,5 % N, 4 % Ca, 3 % Mg) aj.

DASA

Jedná se o směs dusičnanu amonného a síranu amonného s obsahem 26 % N (8,7 % N - NO_3^- a 17,3 % N - NH_4^+) a 13 % S. S ohledem na větší část amonného dusíku je toto hnojivo vhodné především k základnímu hnojení. Značné zastoupení síry předurčuje použití hnojiva pro plodiny s vyššími nároky na síru, tedy řepku, hořčici, slunečnici, cibuloviny a bobovité rostliny (Vaněk et. al., 2016).

DAM 390

Je kapalné hnojivo obsahující 42,2 % dusičnanu amonného (NH_4NO_3) a 32,7 % močoviny ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), s celkovým obsahem dusíku 30 % hmotnostních a 39 % objemových. Z toho vyplývá, že 100 l hnojiva obsahuje 39 kg dusíku a 100 kg hnojiva obsahuje 30 kg dusíku. DAM 390 má tři formy dusíku, a to 1/2 v amidické formě (NH_2), 1/4 v nitrátové formě (NO_3^-) a 1/4 v amonné formě (NH_4^+). Výhodou je rovnoměrnější aplikace a dále možnost sloučení tohoto hnojiva s aplikací většiny pesticidů, což se promítne v poklesu aplikačních nákladů. K základnímu hnojení je vhodné použití spíše k jařinám. Při aplikaci na povrch půdy je nebezpečí ztrát těkáním amoniaku do ovzduší, proto je vhodné následné zapravení do půdy. V případě aplikace na list je nutné řídit se povětrnostními podmínkami. Poškození rostlin se snižuje použitím speciálních hadicových nástavců na postřikovači. Nejčastěji je DAM 390 využíván k přihnojování během vegetace (Klír et al., 2008).

3.7 Nároky pšenice ozimé na živiny

Pšenice ozimá (r. *Triticum*) je naše nejrozšířenější obilnina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), která je pěstovaná téměř ve všech výrobních oblastech. Nejvíce je využívána jako důležitá surovina pro potravinářské a krmivářské účely. Kromě extrémních stanovišť je v našich půdně - klimatických podmínkách velmi přizpůsobivou plodinou a často dosahuje

ze všech obilnin nejvyšších výnosů. Výnosy pšenice ozimé jsou značně rozdílné a jsou závislé na použité agrotechnice, systému hnojení, daném ročníku a na podmínkách stanoviště. (Faměra, 1993).

Tvorba výnosu je tvořena třemi základními prvky:

- počtem klasů na jednotku plochy (počet rostlin, počet plodných stébel - klasů na rostlině),
- počtem zrn v klasu (počet klásků, počet plodných kvítků),
- hmotností tisíce zrn (HTZ).

Jednotlivé výnosotvorné prvky se postupně utvářejí v průběhu celé vegetace a během ontogeneze rostliny na sebe navazují (Petr et al., 1989).

3.7.1 Požadavky na půdně - klimatické podmínky

Pšenice ozimá je charakteristická pro mírné, teplejší podnebí nížinných a podhorských oblastí. Nároky na teplotu jsou během celé vegetace značně rozdílné. Spolu s teplotou je dalším důležitým faktorem světlo, jehož účinek se projevuje ihned z počátku růstu. Dostatečné osvětlení rostlin se příznivě projevuje v období odnožování, což má vliv na tvorbu produktivních odnoží a na živě zelené zbarvení listů. Světlo spolu s teplotou zvyšuje rychlost fotosyntézy a formování rostlinného orgánu (Faměra, 1983).

Pro pšenici ozimou jsou nejvhodnější těžší, dostatečně hluboké, hlinitojílovité, jílovité a hlinité půdy s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,0 - 7,5). Nejúrodnějšími půdami jsou černozemě, degradované černozemě, hnědozemě a rendziny, které mají dobré fyzikální, biologické a chemické vlastnosti. Hlavním cílem je schopnost poutat živiny a zadržovat vodu. Za nevhodné považujeme velmi lehké, písčité, zamokřené, kyselé půdy a rašeliniště. Důležitá je zásoba vodou v době začátku tvorby kořenové soustavy, tvorby adventivních kořínků, které jsou podmínkou rovnoměrného odnožování. Podstatná část kořenů je rozprostřena v hloubce 40 cm, ovšem na strukturních půdách jsou schopny do zimy dosáhnout hloubky 70 - 100 cm. Kořenová soustava končí se svým vývojem až v době fáze mléčné zralosti. Nejvyšší potřeba vody se stupňuje v období sloupkování až do kvetení. Nároky na vodu se snižují v době voskové zralosti, když už listy žloutnou a zasychají. Obsah vody v půdě závisí na agrotechnice, předplodině, obsahu organické hmoty a dalších faktorech (Vaněk et al., 2016).

3.7.2 Hnojení ozimé pšenice

Pšenice ozimá je plodinou se středním obsahem živin. Odběrový normativ na 1 tunu výnosu je v průměru 22 - 26 kg dusíku, 4,4 - 6,2 kg fosforu, 17 - 21 kg draslíku, 2,4 kg hořčíku a 4 kg síry. Její ontogenetický vývoj začíná již v zrně, kdy se po nabobtnání obilky aktivuje činnost enzymů. Enzymatickou činností dochází k přeměně složitých organických látek (škrob, disacharidy, atd.) na jednoduché látky, které emryo (zárodek) využívá pro svůj růst. Chemické složení zrna ovlivňuje tvorbu kořenového systému, přechod na výživu z půdy a další růst rostlin. Správný poměr živin má pozitivní vliv na mohutnější rozvoj kořenové soustavy. Čím lépe je kořenový systém vyvinut, tím lépe rostliny reagují na prudké výkyvy teplot, zimní mrazy, podzimní, jarní i letní sucho a je předpokládán optimální růst a vývoj pšenice. Při deficitu hlavních živin dochází k omezení metabolických procesů, tím i ke špatnému odnožování, což může být při silnějších zimách příčinou vymrzání (Zimolka et al., 2005).

Hnojení dusíkem významně ovlivňuje utváření výnosotvorných prvků, vlastní výnos a kvalitu zrna. Obsah dusíku v zrně pšenice je jedním z hlavních kvalitativních parametrů při hodnocení kvality a je v úzké souvislosti i s obsahem bílkovin. Pšenice ozimá je náročnou plodinou na hnojení dusíkem a je potřeba zajistit rostlinám dostatečné množství dusíku v období nejvyšší potřeby. Vlastní hnojení by mělo vycházet z celkového stavu porostu, odrůdy, půdní úrodnosti a povětrnostních podmínek. Nejvyšší potřeba hnojení dusíkem je v období intenzivního růstu, tedy v období zakládání generativních orgánů až po období nalévání a formování zrna. S ohledem na mobilitu minerálních forem dusíku, s tím související možnosti ztrát dusíku, je vhodné provést dávky dělené. Ekonomicky efektivnější jsou dávky dělené, protože rostliny dosahují vyššího využití živin a snižují riziko ztrát dusíku, které může u jednorázových dávek činit až 60 %. V systému hnojení pšenice ozimé rozeznáváme hnojení základní, regenerační, produkční a kvalitativní (Zimolka et al., 2005).

3.7.2.1 Základní hnojení dusíkem

Základní hnojení dusíkem by mělo být provedeno nejpozději v období setí pšenice (Vaněk et al., 2016). Rostliny ozimé pšenice mají v podzimním a zimním období poměrně malou potřebu dusíku a je zde i riziko proplavení dusíku do spodních vrstev půdy, toto hnojení se doporučuje vynechat. Obsah minerálního dusíku v půdě by v tomto období neměl

být menší než 10 mg/kg^{-1} . Toto hnojení je možné aplikovat jen v sušších a méně úrodných stanovištích, nebo dále na pozemcích s celkově nižší úrovní hnojení a na pozemcích kdy je po předplodině zaoráno větší množství posklizňových zbytků s širokým poměrem C:N. Dávka dusíku by měla být do $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, nejlépe v síranu amonném (Zimolka et al., 2005; Faměra, 1983).

3.7.2.2 Hnojení dusíkem během vegetace

Hnojení dusíkem během vegetace je možné rozdělit na regenerační, produkční a kvalitativní hnojení. U jednotlivých odrůd a jejich využití je množství aplikovatelného dusíku a celkové dávky rozdílné.

A. Regenerační hnojení dusíkem

Regenerační hnojení má velký význam při obnově jarní vegetace a podpoře odnožování. Termín aplikace je brzo na jaře, jakmile půdní a povětrnostní podmínky dovolí. Nelze hnojit dusíkatými hnojivy na zamrzlou nebo sněhem pokrytou půdu (je dáno zákonem o hnojivech), protože by došlo k vyplavení dusíku. Dávka dusíku se pohybuje v rozmezí $30 - 40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na základě agrobiologické kontroly porostu po přezimování (počet rostlin na m^2 , počet odnoží, zdravotní stav) a obsahu minerálního dusíku. V případě pomalejšího nástupu jarního období se dávka zvýší až na $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vyšší dávky se aplikují u slabších a řídkých porostů. Ve výše položených oblastech je dávka podobná, protože období vyšších teplot nastupuje později. Ideálními hnojivy, která se vyznačují rychlým působením, jsou hnojiva s dusičnanovou (NO_3^-) formou. Nejčastěji používáme dusičnan amonný (DA), ledek amonný (LA), močovinu (MO) nebo ledek amonný s dolomitem (LAD). Při nízkých teplotách, kdy je rozklad pozvolný, lze použít i močovinu, která je v půdě dobře pohyblivá a rozpustná. Ovšem při nástupu oteplení je zde riziko ztrát těkáním do ovzduší (Zimolka et al., 2005; Bizík et al., 1988).

B. Produkční hnojení dusíkem

Produkčním hnojením se podporuje tvorba utvářejících se částí základu klasu (klásků a kvítků) a současně se zajišťuje výživa založených odnoží (omezení jejich redukce). K tomuto hnojení dochází koncem odnožování a začátku sloupkování. Optimalizace dávky se upřesňuje na základě agrochemických rozborů půd, stavu porostu, celkové dávky a průběhu počasí v

dávce 20 - 60 kg N.ha⁻¹ (Vaněk et al., 2016). Nejčastěji používaným hnojivem je ledek amonný s vápencem (LAV) nebo kapalné hnojivo DAM 390, se kterým je možné aplikovat i některé herbicidní nebo fungicidní postřiky, popřípadě i regulátory růstu. Při vyšších dávkách, pozdější růstové fázi, teplém a slunném počasí je zde riziko popálení rostlin (Zimolka et al., 2005).

C. Kvalitativní hnojení dusíkem

Toto pozdní přihnojení se provádí těsně před metáním nebo krátce po něm. Kvalitativním hnojením již nedochází ke zvýšení výnosu ale zejména k ovlivnění technologické jakosti pšenice. Dochází ke zvýšení obsahu bílkovin, mokrého lepku a pekařské kvality zrna. Dále tímto hnojením lze zvýšit i hmotnost tisíce semen (Zimolka et al., 2005).

Kvalitativní přihnojení se provádí u slabších porostů, kdy je třeba posílit asimilaci a udržet co nejvíce produktivních odnoží. Přihnojení je vhodné provést ve fázi posledního listu a lze ho zařadit i jako druhé produkční hnojení. Přihnojení ostatních porostů se realizuje v době metání.

Pro dobrou účinnost je potřeba dostatek vláhy a dobrý zdravotní stav porostu. Používají se tuhá hnojiva s rychle působící ledkovou formou (LAV, LAD) v dávce kolem 20 - 30 kg N.ha⁻¹. V případě použití kapalných hnojiv je vhodné použití speciálních aplikačních nástavců, abychom zabránili popálení porostu, zvláště klasu či praporcového listu. Na celkové fotosyntéze se čtyři listy pšenice podílí z 57 % a praporcový list z 35,5 %, z tohoto důvodu je ochrana praporcového listu velmi důležitá. Účinnost kvalitativního přihnojení je závislá na povětrnostních podmínkách (Vaněk et al., 2016).

3.7.2.3 Hnojení ostatními živinami

Významnou roli ve výživě zde hraje i fosfor a draslík. Fosfor zvyšuje odolnost rostlin proti vyzimování a významně přispívá k tvorbě silnějšího kořenového systému. Ovlivňuje všechny životní pochody tím, že je zprostředkovatel přenosu energie a pozitivně působí na růst a vývin. Další ze základních složek výživy je i draslík, který má význam pro tvorbu cukrů a bílkovin. Draslík podobně jako fosfor pozitivně ovlivňuje přezimování tím, že v období před nástupem zimy brzdí tvorbu bílkovin, což znamená, že v rostlinách je více cukrů a volných aminokyselin. Tím je zvýšena odolnost vůči nízkým a střídavým teplotám.

Aplikace těchto živin je vhodná v podzimním období na základě jejich obsahu v půdě. Přihnojení v průběhu vegetace není účelné. Vyrovnaná výživa těchto hlavních živin kladně ovlivňuje biochemické a fyziologické procesy, působící na morfologickou stavbu rostlin, ale také na hospodářské vlastnosti pšenice (Vaněk et al., 2016).

3.8 Nároky ozimé řepky na živiny

Ozimá řepka (*Brassica napus*) z čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*) je v osevních postupech velmi rozšířenou plodinou, která se během posledních let zařadila mezi nejatraktivnější plodiny našeho zemědělství (Baranyk, 1994).

Ozimá řepka je z olejnin významnou plodinou, která je velmi důležitou surovinou ve středoevropském regionu pro průmyslové a potravinářské využití. Biomasa řepky je využívána jako zelené hnojení nebo ke krmným účelům. Optimální zastoupení výnosotvorných prvků je základním předpokladem pro ekonomické pěstování řepky ozimé (Richter et Hřivna, 2001).

Tvorba výnosu je tvořena:

- počtem rostlin na jednotce plochy,
- počtem šesulí na rostlině,
- počtem větví na rostlině,
- počtem semen v šesuli,
- hmotností tisíce semen (HTS).

3.8.1 Požadavky na půdně - klimatické podmínky

Řepka ozimá je velmi náročnou plodinou na živiny a prostředí. Nejlépe ji vyhovují teplejší a vlhčí oblasti bez extrémního kolísání teplot zejména v zimním období, době kvetení a v době dozrávání. Průměrná roční teplota by se měla pohybovat kolem 6,5 - 8,5 °C a roční úhrn srážek by měl být v rozmezí 500 - 700 mm. Pro úspěšné vzejití a rovnoměrný počátečný vývoj je potřebné dostatečné množství srážek již začátkem srpna po zasetí. Naopak sušší a chladnější průběh počasí je žádoucí od vytvoření asi čtyř pravých listů, který podporuje tvorbu mohutného kořenového systému a přízemní růžice, což je základ dobrého přezimování. Během podzimního a zimního období jsou příznivější mírnější teploty, nebo v případě nízkých teplot je žádoucí sněhová pokrývka. Daleko větší riziko vyzimování hrozí

zvláště v teplejších nížinných oblastech během časnějšího nástupu jara. V případě častého střídání a kolísání teplot dochází k pohybu půdy, a tím k vytahování slaběji zakořeněných rostlin, popřípadě k druhotnému napadení houbovými chorobami. Velmi důležitým obdobím je fáze butonizace, kdy při chladném počasí způsobí opad květů a pupat, což je následkem snížením počtu šesulí a tím i výnosu (Baranyk, 1994).

Nejvhodnějšími půdami jsou půdy biologicky činné, dostatečně zásobené humusem a živinami. Vyhovují jí hluboké hlinité půdy s optimálním pH 6,0 - 6,5. Lze ji pěstovat i na lehkých a mělkých půdách za předpokladu dobré agrotechniky a dostatečného zásobení živinami. Nevhodné jsou těžké, špatně zpracovatelné půdy se sklonem ke hrudovitosti a přeschnutí, na kterých řepka jen těžko vzchází. Na zamokřených pozemcích, kde stojí voda déle jak týden, řepka hyne (Baranyk, 1994; Richter et al., 2001).

Řepka má v osevním postupu výbornou předplodinovou hodnotu pro následné plodiny. Po sklizni řepky v půdě zůstává na každých 100 kg vyprodukovaných semen asi 7,5 kg draslíku, 0,5 kg fosforu a 3,5 kg dusíku na 1 ha a dále se do půdy vrací asi 10 t slámy a kořenové hmoty. Připočítá se i postupně opadávající listy během jejího růstu, které činí asi 5 - 7 t sušiny slámy a příznivě obohacují půdu o organickou hmotu (Baranyk, 1994).

3.8.2 Hnojení řepky ozimé

Ozimou řepku řadíme k nejnáročnějším plodinám ve spotřebě živin. Spotřeba živin je v porovnání s obilninami 2 - 3 krát vyšší. Průměrná potřeba živin na 1 tunu výnosu je 50 až 60 kg dusíku, 11 - 15 kg fosforu, 50 - 60 kg draslíku, 28 - 50 kg vápníku, 4 - 7 kg hořčíku, 0,25 - 0,35 bóru a 18 - 22 kg síry (Bečka et al., 2013).

Obdobně jako v předchozí kapitole je možné hnojení dusíkem rozdělit na hnojení základní a hnojení během vegetace.

Vyvážené hnojení ozimé řepky dusíkem ovlivňuje tvorbu výnosotvorných prvků (počet větví, nasazení květů, počet šesulí, hmotnost tisíce semen) a vede k dostatečnému olistění a velikosti listů. Při nadměrném hnojení dusíkem je riziko špatného přezimování, zhoršení zdravotního stavu a vede k nevyrovnanému růstu i snížení obsahu oleje v semenu. Deficit dusíku je spojen s příjmem ostatních makroprvků, jako jsou fosfor, draslík, hořčík, vápník a síra (Bečka et al. 2013; Richter et Hřivna, 2001).

Ze statkových hnojiv je možné použít kvalitní, dostatečně vyzrálý chlévský hnůj zapravený k předplodině nebo zapravený minimálně 3 - 4 týdny před setím z důvodu

přirozené slehlosti a obnovení půdní kapilarity. Dále je možné využít i kejdu skotu, prasat a drůbeže již při přípravě půdy, k přihnojení během vegetace nebo k vyrovnání poměru C:N při zaorávce slámy předplodiny. Na 1 tunu slámy by dávka kejdy neměla přesáhnout 10 až 12 kg N a následně by měla po aplikaci následovat orba, popřípadě podmítka. Průměrná dávka kejdy při hnojení během vegetace je kolem 20 t.ha⁻¹, čímž dodáme zhruba 64 - 100 kg N. Nejvhodnější aplikace kejdy je v podzimním období ve fázi 4. - 6. listu, popřípadě aplikace v jarním období k regeneraci kořenového systému. Správná aplikace je podmíněna vhodnou aplikační technikou, dále by kejda měla mít obsah sušiny nižší než 5 %. Využitelnost dusíku je ovlivněna půdním druhem (Richter et Hřivna, 2001; Baranyk, 1994).

3.8.2.1 Základní hnojení dusíkem

Do nástupu zimy řepka přijme asi kolem 25 % dusíku z celkové potřeby, 65 % dusíku přijme v jarním období a během začátku kvetení a zrání přijme 10 % dusíku. Ovšem toto není závazné pravidlo hnojení řepky. V podzimní období je velké riziko vzniku přebujelých porostů a pravděpodobné poškození mrazem během zimního období, proto se obvykle dusíkem nehnojí. Podzimní hnojení lze provést při zaorávce slámy na úpravu poměru C:N, na mělkých a chudých půdách, v případě setí po agrotechnickém termínu, v sušším podzimním počasí nebo v případě, že předplodinami byly dvě obilniny v dávce 20 - 50 kg dusíku. V případě slabých porostů řepky v podzimním období je možné přihnojení začátkem října v dávce kolem 30 - 40 kg N.ha⁻¹. U těchto dávek není třeba se obávat ztrát vyplavením dusíku. Těsně před setím by obsah minerálního dusíku neměl být nižší než 15 mg.kg⁻¹ zeminy. V období před zimou by řepka měla dosáhnout úplného vyvinutí listové růžice a podpořit vývoj kořenů. Vhodnými hnojivy jsou DASA (dusičnan amonný a síran amonný), síran amonný (SA), ledek amonný s vápencem (LAV), ledek amonný s dolomitem (LAD), dusičnan amonný (DA) a močovina (Richter et al., 2001).

3.8.2.2 Hnojení dusíkem během vegetace

Hnojení během vegetace je možné uskutečnit v několika termínech, dle aktuálního stavu porostu a dalších faktorů.

1. jarní dávka

V jarním období řepka začíná svůj růst výrazně dříve než u obilnin, proto je zapotřebí velkého množství dusíku již z jara. První dávka dusíku by měla nastat tehdy, objevují-li se bělavé zóny nově přirůstajících kořínků na kořenovém vlášení vytržených rostlin. Tento příznak je známkou začátku vegetace rostlin, ke které dochází již při teplotě + 2 °C. Jarní dávky dusíku jsou rozhodující pro výnos a pro rychlou regeneraci kořenového systému a listové růžice po zimním období. Stanovení dávek se řídí podle rozboru půdního dusíku (N_{min}) nebo rozborů listových analýz, které mohou sloužit pro úpravu ostatních makro i mikroživin. U rozboru půdního dusíku je třeba si uvědomit, že vypovídající schopnost těchto analýz není dlouhodobá. Mineralizace dusíku z půdní organické hmoty je vzhledem k pozvolnému prohřívání půdy stále nízká. Značný vliv má také zpracování půdy, kdy po orbě ve srovnání s minimálním zpracováním se půda prohřívá pomaleji. Pokud jsou využity rozborů minerálního dusíku pro pozdější hnojení, je nutné analyzovat i dusík obsažený v nadzemní biomase, z důvodu stanovení přijatého dusíku rostlinami.

První jarní dávka se pohybuje v rozmezí 60 - 100 kg.ha⁻¹ a je vhodné ji aplikovat ve dvou dělených dávkách. Je zde riziko návratu nízkých teplot a tím ztráty zimovzdornosti. Z hnojiv je možné použít ledek amonný (LA), ledek amonný s vápencem (LAV), síran amonný s močovinou (SAM) aj., (Vaněk et al., 2016).

2. jarní dávka

Druhá jarní dávka (březen - duben) se provádí pro podporu nadzemní hmoty v dávce 50 - 80 kg.ha⁻¹ hnojivem DAM 390 nebo LAV. Vyšší dávku zhruba o 20 kg.ha⁻¹ je možné aplikovat u silných porostů, jejichž hustota dosahuje 40 rostlin na m². Kapalné hnojivo DAM 390 je výhodnější, protože se nabízí sloučení s insekticidní ochranou, případně s foliální výživou.

3. jarní dávka

V období začátku kvetení až do období zralosti řepka vyžaduje dostatečnou zásobu dusíku pro podporu funkčnosti a trvanlivosti listového aparátu a udržení počtu šesulí. Při nedostatku dusíku může dojít k opadu šesulí či snížené tvorbě semen. Naopak při nadměrném zásobení dusíku dochází k nerovnoměrné zralosti a snížení olejnatosti. Ve

fázi žlutých poupat je možné na základě stavu porostu aplikovat třetí dávku dusíku. Vhodným hnojivem je DAM 390 v dávce 20 - 30 kg.ha⁻¹ (Baranyk, 1994; Richter et al. 2001).

Toto hnojení má své opodstatnění spíše v sušších oblastech, na lehkých a chudých půdách, kde není zabezpečen odběr dusíku v době květu a zelených šesulí.

Pro zvýšení efektivnosti dusíkatého hnojení je možné použít hnojiva s inhibitory nitrifikace či s inhibitory ureázy, což nám umožní aplikaci vyšších dávek a určité omezení počtu vstupů do porostu (Bečka et al., 2013).

3.8.2.3 Hnojení ostatními živinami

Poměrně vysoké nároky má řepka i na draslík a fosfor. Draslík zvyšuje mrazuvzdornost, snižuje výpar, snižuje napadení černí řepkovou, pozitivně působí na kvetení a vylučování nektaru, což vede k intenzivnějšímu náletu včel. Fosfor ovlivňuje růst a životnost vlásečnicových kořínků a má značný vliv na kvetení a tvorbu plodů.

Ozimá řepka vyžaduje i dostatek manganu, boru, zinku a molybdenu. Na jeden hektar při průměrné sklizni odebere asi 250 - 500 g boru, 12 - 25 kg molybdenu a 1200 - 2500 g manganu. Příjem těchto prvků rostlinami závislý na hodnotě pH. Významné postavení má bor, na jehož nedostatek řepka citlivě reaguje. Bor ovlivňuje metabolismus, transport sacharidů a zasahuje do růstových pochodů (Vaněk et al., 2016).

Ve výživě řepky zaujímá důležité místo síra. Síra je nezbytná pro tvorbu bílkovin a pro syntézu esenciálních kyselin. V rostlinách síra zvyšuje využití dusíku a stabilizuje obsah oleje v semeni, podporuje tvorbu glykosidů, je součástí řady enzymů (koenzym A) a vitamínů (thiamin, biotin). Síra je potřebná k syntéze chlorofylu, i přes to, že není jeho součástí (Havlin et al., 1999). Při nedostatku síry dochází v rostlině ke kumulaci nitrátů, důsledkem snížení aktivity enzymu nitrátoreduktázy. V rostlině je síra málo mobilní a její deficit se projevuje délkou větví, opadem květů, změnou barvy z nejmladších listů s přechodem na staré, barvou květu a počtem semen. Klesá olejnatost, zvláště na stanovištích s vysokými dávkami dusíku. Spotřeba síry na tunu semen je asi 15 - 20 kg.ha⁻¹ (Richter et al., 2001; Baranyk, 1994).

4 Materiál a metody

V Bakalářské práci byly hodnoceny agrochemické vlastnosti půd s rozdílnými půdně - klimatickými podmínkami. S ohledem na používaný systém hnojení byla hodnocena efektivita dusíkatých hnojiv a dále byly popsány faktory ovlivňující výnos ozimé pšenice a ozimé řepky. Vyhodnocení probíhalo v letech 2013, 2014 a 2015 v zemědělské společnosti Rakochmel s.r.o. v obci Kolečovice ležící 60 km severozápadně od Prahy a 10 km od Rakovníka. Tato oblast leží ve Středočeském kraji na území Rakovnické pahorkatiny a do jejího územního plánu patří obce Heřmanov a Zderaz. Rakochmel s.r.o. hospodaří cca na 948 ha půdy, hlavní činností je rostlinná prvovýroba, přičemž její významnou součástí je i pěstování chmele, který z celkové výměry zaujímá plochu přibližně 150 ha. Všechny sledované půdní bloky se nacházejí v katastrálním území (dále jen k. ú.) Kolečovice u Rakovníka, k. ú. Heřmanov u Kolečovic a k. ú. Zderaz u Kolečovic. Nadmořská výška stanovišť se pohybuje v rozmezí 364 - 430 m. n. m. Výrobní zemědělská oblast je obilnářská a výrobní podoblast O2, klimatický region MT 1 (mírně teplý) s průměrnou roční teplotou 7 až 8,5 °C. Půdní bloky se nacházejí v lokalitě srážkového stínu Krušných hor a Doupovských vrchů. Roční úhrny srážek se pohybují v širokém rozmezí od 400 - 600 mm. Půdy jsou značně různorodé, počínaje od hnědozemí přes ilimerizované půdy až po glejové půdy.

Společnost Rakochmel s.r.o. hospodaří bez živočišné výroby a hlavními plodinami v osevním postupu jsou řepka ozimá a pšenice ozimá dále ječmen ozimý, kukuřice, hrách a mák. Vedlejší produkty (sláma obilnin, sláma řepky, aj.) jsou během sklizně rozdrnceny a následně zaorány. Vyrovnání poměru C:N odpovídající dávkou dusíku na posklizňové zbytky se neprovádí. Řepka ozimá je pěstována přibližně na 200 ha plochy, tj. 25 % z celkové obhospodařované plochy. V osevním postupu je velmi vítanou plodinou a plní funkci přerušovače obilních sledů. Ozimá pšenice je pěstována přibližně na 337 ha plochy, tj. 42 % z celkové obhospodařované plochy.

Agrochemické rozborů půd provádí Zemědělská oblastní laboratoř Malý a spol. Postoloprty. Rozborů minerálního dusíku (N_{min}) z půdní vrstvy 0 - 0,3 m slouží ke zjištění aktuálního stavu dusíku v půdě a k upřesnění dávky dusíkatého hnojení pro předseťové, regenerační, produkční a kvalitativní hnojení dusíkem. Hnojení dusíkem je prováděno na základě stavu porostu, klimatických podmínek, předpokládaných výnosů a doporučených dávek Zemědělské oblastní laboratoře. Stanovení půdních živin (P, K, Ca, Mg) je prováděno

metodou Mehlich III., pH/CaCl₂. Doplnování těchto živin je prováděno na základě doporučení laboratoře. Vzorky půdy byly během sledovaných let 2013 - 2015 odebrány na všech půdních blocích vždy v jarním období od 9.3 až 1.4. Listové analýzy jsou prováděny 2 - 6 krát na každém půdním bloku v intervalu 2 - 3 krát za měsíc, ale v bakalářské práci nebyly hodnoceny.

4.1 Systém hnojení dusíkem v jednotlivých letech

Používaná hnojiva u ozimé řepky jsou LAD (27,5 % N, 4 % Ca, 3 % Mg), DASA (26 % N, 13 % S), DAM 390 (100l = 39 kg N) a u ozimé pšenice jsou to LAD (27,5 % N, 4 % Ca, 3 % Mg) a DAM 390 (100l = 39 kg N). Dávky dusíku v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce 2 a 3. Dávky jsou uvedeny v čistých živinách v kg.ha⁻¹.

Tab. 2: Hnojení ozimé řepky

| Lokalita | Rozdělení dávek N | 2013 | | 2014 | | 2015 | |
|----------|----------------------|------|---|------|----|------|----|
| | | N | S | N | S | N | S |
| Ř13.1 | 110+70+0 | 180 | 0 | | | | |
| Ř13.2 | 110+70+0 | 180 | 0 | | | | |
| Ř13.3 | 110+70+0 | 180 | 0 | | | | |
| Ř13.4 | 110+70+0 | 180 | 0 | | | | |
| Ř14.1 | 106+23+78 | | | 207 | 65 | | |
| Ř14.2 | 103+12+78 | | | 193 | 57 | | |
| Ř14.3 | 92+78+0 | | | 170 | 46 | | |
| Ř14.4 | 90+23+78 | | | 191 | 57 | | |
| Ř15.1 | 49+49+78 | | | | | 176 | 48 |
| Ř15.2 | 49+49+78 | | | | | 176 | 48 |

Tab. 3: Hnojení ozimé pšenice

| Lokalita | Rozdělení dávek N | 2013 | 2014 | 2015 |
|----------|----------------------|------|------|------|
| | | N | N | N |
| P13.1 | 69+70+0 | 139 | | |
| P13.2 | 69+70+0 | 139 | | |
| P13.3 | 69+70+0 | 139 | | |
| P13.4 | 69+70+0 | 139 | | |
| P14.1 | 56+66+0 | | 200 | |
| P14.2 | 56+66+0 | | 200 | |
| P14.3 | 56+66+0 | | 200 | |
| P14.4 | 41+66+30+78 | | 215 | |
| P15.1 | 60+59+78 | | | 197 |
| P15.2 | 60+59+78 | | | 197 |

Vysvětlivky k tabulkám hnojení ozimé řepky a ozimé pšenice:

| | |
|----------|--|
| Ř/P | Počáteční písmeno označující druh plodiny. |
| 13/14/15 | Poslední dvojčíslí roku, ve kterém byla plodina pěstována. |
| 1/2/3/4 | Označení půdního bloku. |

4.2 Charakteristika pěstovaných odrůd

4.2.1 Odrůdy ozimé řepky

Arot

Polopozdní velmi výkonná liniová odrůda vynikající ve všech významných vlastnostech. Výnosová úroveň představuje oproti kontrolním liniovým odrůdám navíc + 5 % výnosu semen a + 9 % výnosu oleje. Nízký porost doplňuje vysoká odolnost poléhání. Nadprůměrný zdravotní stav, zlepšená odolnost hlízence a fómové hnilobě. Rychlý počáteční vývoj s dobře usazenou listovou růžicí na podzim, čímž výrazně zmírní rizika poškození mrazem.

Benefit

Liniová pozdní až polopozdí odrůda s velmi vysokými výnosy především v teplých oblastech. Výhodou je výborný zdravotní stav a výborná odolnost k plísní šedé, fomovému černání a hlízence. Je vhodná pro velmi rané setí. Vyniká i velmi dobrou kvalitou, kdy dosahuje středního až vysokého obsahu oleje. Obsahuje minimální obsahu glykosinulátů a kyseliny erukové. Má pomalejší podzimní růst a nemá sklony k přerůstání. Velmi dobrá mrazuvzdornost.

Californium

Liniová polopozdní odrůda. Rostliny jsou nízké, středně odolné proti poléhání. Odolnost proti vyzimování je vyhovující. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká až vysoká. Obsah oleje v semeni je nízký. Vysoký výnos semene zvláště v chladné oblasti, vysoká odolnost proti vyzimování.

DK Exquisite

Středně raná hybridní odrůda vhodná do kukuřičné, obilnářské a bramborářské výrobní oblasti. Dosahuje špičkových výnosů i v ročníkově klimaticky velmi odlišných podmínkách. Plně využívá prostor k bohatému navětvění a má vynikající odolnost proti poléhání. Silný kořenový systém umí efektivně hospodařit s živinami a přispůsobit se tak lokálním podmínkám.

Ladoga

Výkonná liniová odrůda středně raná vhodná do všech pěstitelských oblastí. Rostliny jsou nízké až středně vysoké. Vyniká výnosovým potenciálem, zdravotním stavem a vysokou odolností k poléhání. Vyznačuje se nižším až středním vzrůstem a bohatým větvením, má velmi dobrou schopnost přezimování a spolehlivě regeneruje. Vysoká olejnatost a velmi nízký obsah GSL jsou zárukou výborné kvality sklizených semen.

Marathon

Hybridní polopozdní velmi výnosná odrůda kratšího vzrůstu. Marathon významně zvyšuje rentabilitu pěstování ozimé řepky. Vysoká odolnost poléhání a kratší vzrůst vedou k rychlejšímu znovunapřímení rostlin při přejezdu techniky a tím k nižší tvorbě vedlejších

květů v kolejových řádcích. Plastičnost podtrhují výsledky na Slovensku, v Polsku, Anglii i v Německu. Spolehlivě poskytuje velmi vysoké výnosy.

Petra

Liniová polopozdní až pozdní odrůda. Rostliny jsou středně vysoké a středně odolné proti poléhání. Hmotnost tisíce semen je nízká až středně vysoká. Obsah oleje v semeni je vysoký, se zvýšeným podílem kyseliny olejové na úkor podílů kyseliny linolové a kyseliny linoleové.

4.2.2 Odrůdy ozimé pšenice

Bohemia

Poloraná odrůda pekařské kvality „A“ s delším stéblem, se střední intenzitou odnožování, s vysokou mrazuvzdorností a velmi dobrým zdravotním stavem. Rostliny jsou vysoké až velmi vysoké. Předností je vysoký výnos, střední odolnost proti vymrzání a vysoký obsah dusíkatých látek. Rizikem je náchylnost k napadení plísní sněžnou. Vykazuje dobrou odezvu na vyšší intenzitu pěstování, nadprůměrného výnosu dosahuje i při střední úrovni agrotechniky.

Jindra

Poloraná osinatá odrůda pekařské kvality „A“. Rostliny jsou středně vysoké až nízké, středně odnožující, zrno středně velké. Předností je vysoká úroveň čísla poklesu a velká objemová hmotnost. Rizikem je náchylnost k vymrzání a napadení fuzariózami kasů, menší odolnost proti napadení rzi pšeničnou.

Potenzial

Vysoce výnosná, středně raná až polopozdní odrůda, dosahující perfektní pekařské kvality „A“. Porost je nízkého až středního vzrůstu s vysokou odnožovací schopností, vysokou jarní regenerací a velmi dobrou odolností proti poléhání. Tvoří středně dlouhý klas s vyšším počtem zrn se střední HTS. Rostliny vykazují velmi dobrou odolnost proti chorobám pat stébel, rzi pšeničné a fusariósy klasu. Má vysokou plasticitu a nenáročnost na půdně-klimatické podmínky. Omezujícím faktorem je nižší mrazuvzdornost.

Raduza

Polopozdní odrůda s delším stéblem a střední odolností k vymrzání. Raduza je intenzivně odnožující odrůda se středně rychlým vývojem do metání a pomalejším vývojem ve zrání. Vyniká stabilními jakostními parametry a je zařazena do potravinářské třídy „A“. Svůj výkon potvrdila i v méně intenzivních podmínkách a vyšších polohách.

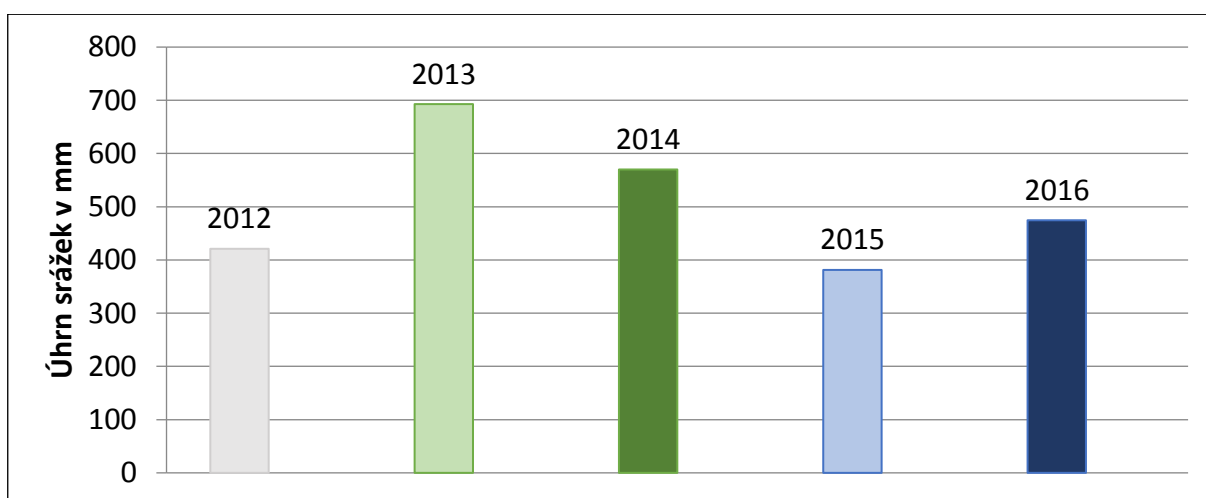
Sultán

Poloraná výnosná odrůda pekařské kvality „A+“. Rostliny jsou středně dlouhé s průměrnou odolností k poléhání. Díky své plasticitě je vhodná do všech výrobních oblastí. Odrůda Sultán vykazuje střední odolnost k fuzariózám klasu se střední akumulací mykotoxinů. Vykazuje vysokou odolnost k braničnatce plevové a dobrou odolnost k padlí travnímu. Není citlivá na termín setí a snáší i pozdní výsevy.

4.3 Meteorologická data v letech 2012 - 2016

Roční úhrny srážek v zemědělské společnosti Rakochmel s. r. o. nacházející se v obci Kolečovice jsou uvedeny v graf 1. Nejvyšší úhrn srážek byl v roce 2013, který byl 692,9 mm. Naopak nejnižší úhrn srážek byl v roce 2015, kdy suma srážek byla pouze 383,3 mm, což je o 310 mm méně než v roce 2013. Sledované půdní bloky jsou od meteorologické stanice Heřmanov vzdáleny v rozmezí 500 - 3000 m a byly získány z Českého hydrometeorologického ústavu a meteorologické stanice Heřmanov.

Graf 1: Roční úhrny srážek v letech 2012 - 2016



Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5, za časové období od založení porostů do konce roku (září až prosinec) a v následujícím roce jsou zaznamenány teploty a srážky během zimy až do nástupu jarního období (leden až duben).

Tab. 4: Měsíční úhrny srážek (mm)

| Rok | Měsíc | | | | | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 9. | 10. | 11. | 12. | 1. | 2. | 3 | 4. |
| 2012/2013 | 19 | 46 | 43 | 16,5 | 30 | 46,5 | 24,6 | 17,2 |
| 2013/2014 | 48,1 | 52,3 | 25,1 | 3 | 15,8 | 3,3 | 21,4 | 18,1 |
| 2014/2015 | 64,1 | 58,7 | 20,6 | 26,8 | 12,3 | 9,7 | 30,2 | 39,8 |

Nejnižší teploty byly pozorovány v prosinci roku 2012 (teplota - 0,4 °C) a 2013, kdy byly teploty od ledna až do března pod bodem mrazu. V následujících letech byly teploty nadprůměrné a v žádném měsíci neklesly pod 0 °C.

Tab. 5: Průměrné měsíční teploty (°C)

| Rok | Měsíc | | | | | | | |
|-----------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|------|
| | 9. | 10. | 11. | 12. | 1. | 2. | 3 | 4. |
| 2012/2013 | 13,8 | 7,6 | 5,1 | - 0,4 | - 1,1 | - 0,8 | - 0,3 | 8,7 |
| 2013/2014 | 12,6 | 9,3 | 4,5 | 1,8 | 1,1 | 2,7 | 6,9 | 10,6 |
| 2014/2015 | 14,7 | 10,6 | 6,4 | 2,5 | 1,9 | 0,5 | 4,8 | 8,4 |

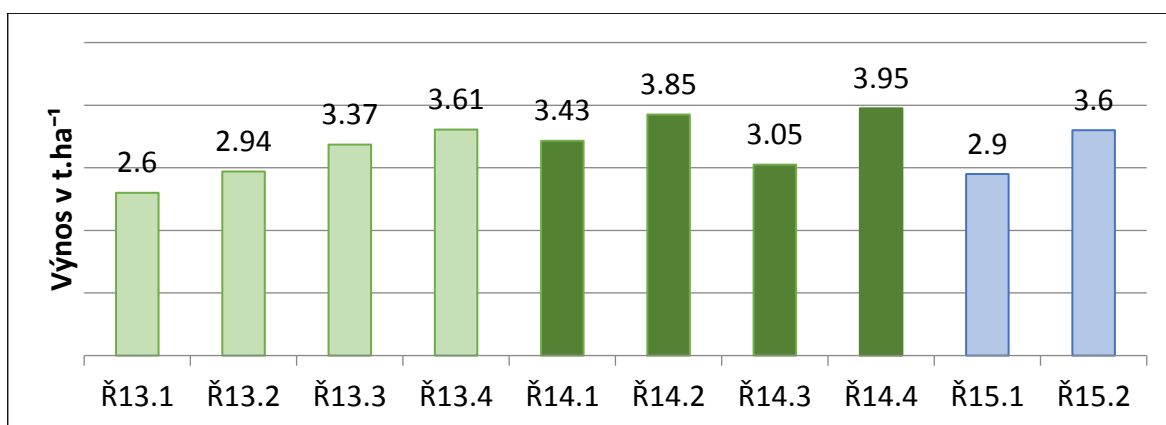
5 Výsledky

Ve sledovaném období 2013 - 2015 bylo u ozimé pšenice a ozimé řepky hodnoceno celkem deset půdních bloků. V roce 2013 a 2014 jsou sledovány vždy čtyři půdní bloky a v roce 2015 dva půdní bloky.

5.1 Ozimá řepka

Výnosy ozimé řepky (graf 2) při různém systému hnojení jsou v jednotlivých letech značně rozdílné. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo v roce 2014. Nejvyšší výnos byl zaznamenán na půdním bloku Ř14.4, který dosáhl 3,95 t.ha⁻¹. Nejnižší výnos byl 2,6 t.ha⁻¹ na půdním bloku Ř13.1. Podrobný přehled systému hnojení ozimé řepky je uveden v příloze (tabulka 2, 3, 4).

Graf 2: Přehled výnosů ozimé řepky v letech 2013 - 2015



Přehled pěstovaných odrůd řepky je uveden v tabulce 6. Nejčastěji byla pěstována hybridní odrůda DK Exquisite, která na půdním bloku Ř14.4 poskytla nejvyšší výnos (3,95 t.ha⁻¹) ze všech sledovaných lokalit. Druhý a třetí nejvyšší výnos byl na půdním bloku Ř14.2 u liniové odrůdy Arot (3,85 t.ha⁻¹) a na půdním bloku Ř15.2 u hybridní odrůdy Marathon (3,6 t.ha⁻¹). Nejnižší výnos poskytla liniová odrůda Petra (2,6 t.ha⁻¹) na půdním bloku Ř13.1.

Z uvedených výnosů vyplývá, že nejvyšší výnos poskytla hybridní odrůda DK Exquisite a druhý nejvyšší výnos poskytla liniová odrůda Arot. Rozdíl ve výnosu mezi těmito odrůdami

byl pouze 0,1 t.ha⁻¹. Lze předpokládat, že výnosy mezi hybridními a liniovými odrůdami jsou při optimálních pěstebních podmínkách a dobrém ročníku velmi vyrovnané.

Tab. 6: Přehled pěstovaných odrůd na jednotlivých půdních blocích

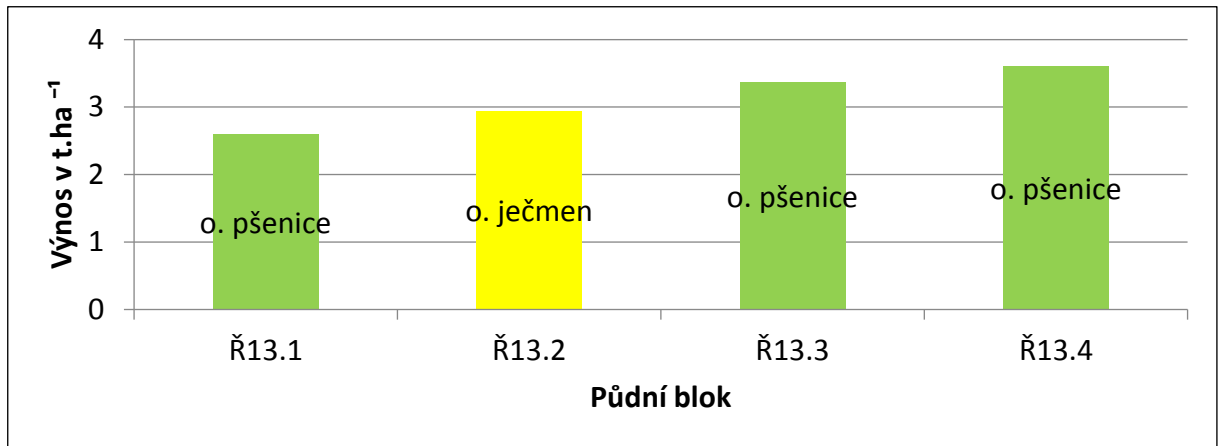
| Rok | Půdní blok | Odrůda |
|------|------------|--------------|
| 2013 | Ř13.1 | Petra |
| | Ř13.2 | Californium |
| | Ř13.3 | Benefit |
| | Ř13.4 | DK Exquisite |
| 2014 | Ř14.1 | DK Exquisite |
| | Ř14.2 | Arot |
| | Ř14.3 | Ladoga |
| | Ř14.4 | DK Exquisite |
| 2015 | Ř15.1 | DK Exquisite |
| | Ř15.2 | Marathon |

5.1.1 Porovnání výnosů ozimé řepky ve vztahu k předplodině

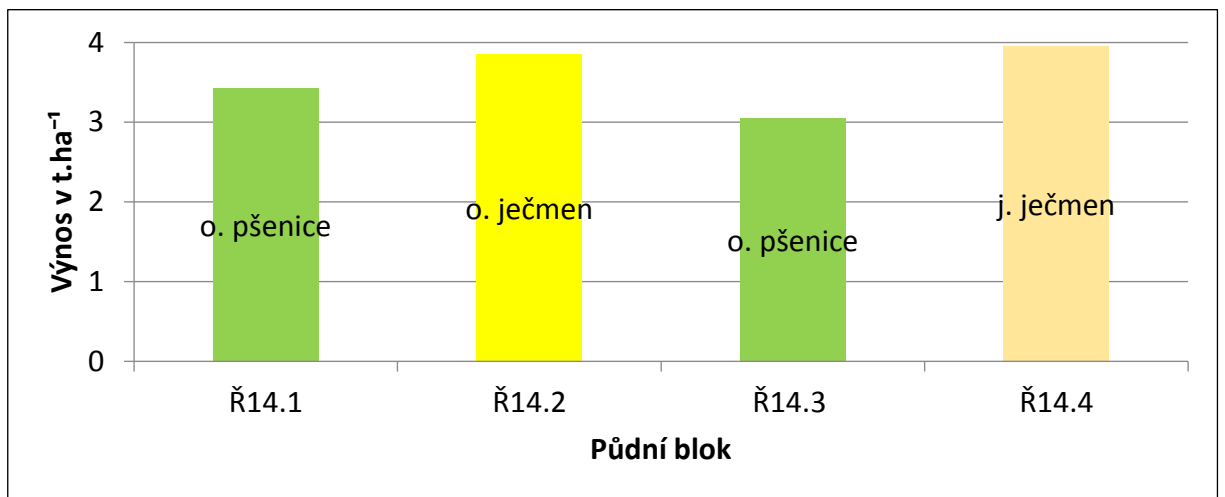
V následujících grafech (graf 3, 4, 5) jsou uvedeny výnosy ozimé řepky po předplodinách. Nejčastější předplodinou ozimé řepky z hodnocených půdních bloků byla ozimá pšenice. Dalšími předplodinami byl ozimý ječmen a jarní ječmen.

Z uvedených výsledků vyplývá, že nejvyšší výnos byl dosažen po jarním ječmeni (3,95 t.ha⁻¹) na půdním bloku Ř14.4. Druhý a třetí nejvyšší výnos byl dosažen po ozimém ječmeni (3,85 t.ha⁻¹) na půdním bloku Ř14.4 a ozimé pšenici (3,61 t.ha⁻¹) na půdním bloku Ř13.4. Nejnižší výnosy byly zaznamenány v roce 2013 a 2015 na půdních blocích Ř13.1 a Ř15.1, kdy předplodinou byla ozimá pšenice.

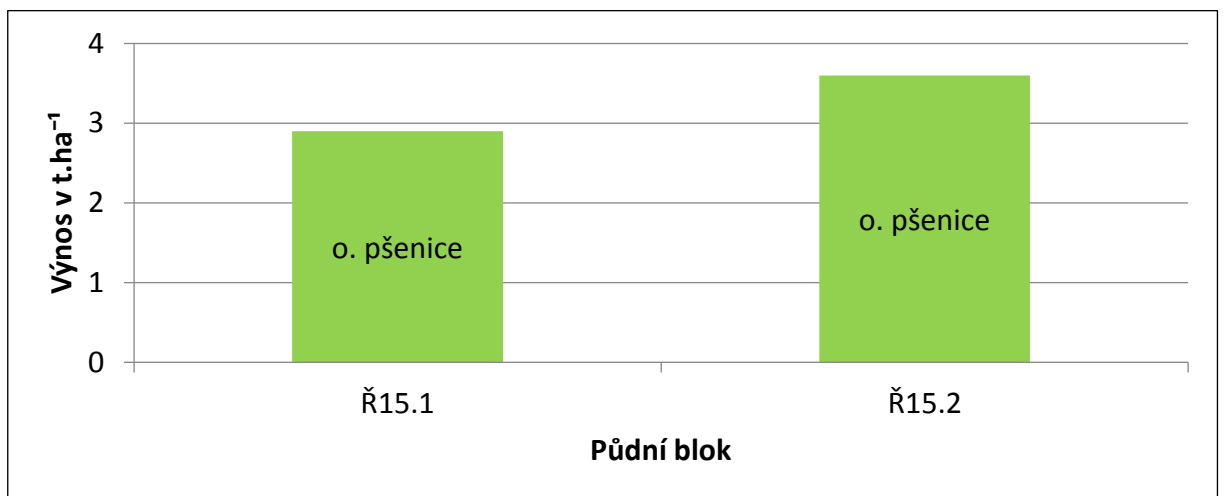
Graf 3: Výnosy ozimé řepky po předplodinách v roce 2013



Graf 4: Výnosy ozimé řepky po předplodinách v roce 2014



Graf 5: Výnosy ozimé řepky po předplodinách v roce 2015



5.1.2 Porovnání agrochemických vlastností půd a výnosů u ozimé řepky

Agrochemické vlastnosti jednotlivých pozemků v porovnání s výnosem jsou uvedeny v tabulce 7.

Rok 2013

Výnosy ozimé řepky se v roce 2013 pohybovaly od 2,6 do 3,61 t.ha⁻¹. Průměrný výnos zrna byl 2,84 t.ha⁻¹.

V roce 2013 se pohybovaly hodnoty pH od 6 - 6,3 a nejvyššího výnosu (3,61 t.ha⁻¹) bylo dosaženo na půdním bloku Ř13.3 při pH 6,3. Nejnižší výnos (2,6 t.ha⁻¹) byl na půdním bloku Ř13.1 s rozdílem 1,01 t.ha⁻¹, kdy pH bylo také 6,3.

Obsah fosforu se pohyboval od 69 do 135 mg.kg⁻¹ půdy. Vyhovující obsah fosforu byl na půdním bloku Ř13.1 a Ř13.2. Na těchto lokalitách bylo dosaženo nižšího výnosu v porovnání s půdním blokem Ř13.3, kde byl obsah fosforu velmi vysoký, a půdním blokem Ř13.4 s dobrým obsahem fosforu v půdě.

Dobré hodnocení obsahu draslíku v půdě bylo v roce 2013 zjištěno na všech sledovaných půdních blocích. Hodnoty obsahu draslíku se pohybovaly v rozmezí od 186 - 322 mg.kg⁻¹.

Zásobenost půd přístupným hořčíkem byla vyhodnocena jako vyhovující na půdním bloku Ř13.1 a Ř13.3. S dobrým obsahem hořčíku byly vyhodnoceny půdní bloky Ř13.2 a Ř13.4.

Obsah vápníku byl zjištěn jako vyhovující na půdním bloku Ř13.1 a Ř13.3. Dobrý obsah vápníku byl zaznamenán u lokalit Ř13.2 a Ř13.4. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo na pozemku s nejvyšším obsahem vápníku.

Rok 2014

V roce 2014 se výnosy pohybovaly od 3,05 do 3,95 t.ha⁻¹. Výnos 3,95 t.ha⁻¹ byl nejvyšší zaznamenaný výnos ze všech sledovaných lokalit a ročníků 2013 - 2015. Průměrný výnos zrna byl 3,55 t.ha⁻¹.

Nejnižší hodnota pH 5,9 byla na půdním bloku Ř14.4, kde byl zároveň zjištěn nejvyšší výnos 3,95 t.ha⁻¹. Značné rozdíly ve výnosech byly zaznamenány u ostatních lokalit (Ř13.1, Ř14.2 a Ř14.3) i přesto, že pH bylo téměř shodné, pouze s nepatrným rozdílem 0,1.

Obsah fosforu byl vyhodnocen na půdním bloku Ř14.2 jako velmi vysoký a byl zde zaznamenán druhý nejvyšší výnos. Lokality Ř14.1, Ř14.3 a Ř14.4 byly zásobeny fosforem na vysoké úrovni. Nejvyšší výnos byl na půdním bloku Ř14.4, kde byl obsah fosforu 184 mg.kg⁻¹.

Množství přístupného draslíku se pohybovalo od 289 do 470 mg.kg⁻¹. Na lokalitách Ř14.1 a Ř14.2 byl obsah draslíku vyhodnocen jako velmi vysoký a na lokalitách Ř14.3 a Ř14.4 hodnocen jako dobrý. Lze říci, že se vzrůstajícím obsahem draslíku v půdě jsou zaznamenány vyšší výnosy. Výjimkou je lokalita Ř14.4, kde bylo dosaženo nejvyššího výnosu 3,95 t.ha⁻¹ s nejnižším obsahem draslíku 289 mg.kg⁻¹.

Všechny sledované lokality Ř14.1, Ř14.2, Ř14.3, Ř14.4 byly hodnoceny jako dobře zásobené hořčíkem. Obsahy v půdě byly velmi podobné a pohybovaly se od 192 do 231 mg.kg⁻¹.

Dobrý obsah vápníku byl vyhodnocen na lokalitách Ř14.1, Ř14.2 a Ř14.3. Vzestupná tendence se projevila i ve výnosech a vyvrcholila na půdním bloku Ř14.4 s obsahem 3315 mg.kg⁻¹. Na tomto půdním bloku bylo dosaženo nejvyššího výnosu.

Rok 2015

V roce 2015 byly sledovány dvě lokality, kde byl výnosový rozdíl 0,7 t.ha⁻¹. Průměrný výnos byl 3,49 t.ha⁻¹.

Výsledky P, K, Mg a Ca byly na obou lokalitách hodnoceny na úrovni vyhovující až dobré.

Hodnoty pH byly na obou půdních blocích téměř shodné, s půdní reakcí slabě kyselou, přičemž rozdíl ve výnosech byl 0,7 t.ha⁻¹.

Obsah fosforu byl vyhodnocen jako dobrý. Na půdním bloku Ř15.1 byl obsah fosforu 113 mg.kg⁻¹ a výnos zrna 2,9 t.ha⁻¹. Naopak na půdním bloku Ř15.2 byl obsah fosforu 96mg.kg⁻¹ a vyšší výnos 3,6 t.ha⁻¹.

Hodnoty obsahu draslíku na sledovaných půdních blocích byly hodnoceny jako vyhovující.

Obsah hořčíku byl hodnocen na pozemku Ř15.1 jako vyhovující, na pozemku Ř15.2 byl obsah hořčíku vyhodnocen jako dobrý.

Vyhovující obsah vápníku byl zjištěn na obou lokalitách Ř15.1 a Ř15.2. Zjištěné obsahy vápníku jsou velmi podobné.

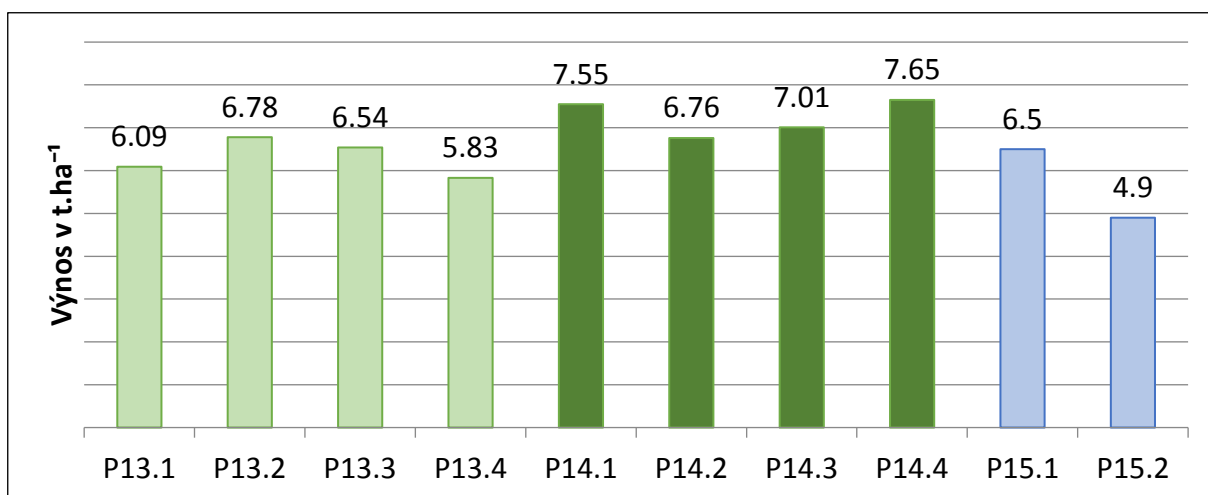
Tab. 7: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích

| 2013 | | | | | | |
|------------|--------------------------------|------|-----|-----|-----|------|
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř13.1 | 2,6 | 6,3 | 69 | 223 | 153 | 1725 |
| Ř13.2 | 2,94 | 6,25 | 75 | 186 | 176 | 2314 |
| Ř13.3 | 3,37 | 6 | 135 | 274 | 141 | 1958 |
| Ř13.4 | 3,61 | 6,3 | 103 | 322 | 208 | 3613 |
| 2014 | | | | | | |
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř14.1 | 3,43 | 6,4 | 163 | 357 | 211 | 2280 |
| Ř14.2 | 3,85 | 6,3 | 231 | 470 | 192 | 2946 |
| Ř14.3 | 3,05 | 6,4 | 138 | 310 | 213 | 2048 |
| Ř14.4 | 3,95 | 5,9 | 184 | 289 | 231 | 3315 |
| 2015 | | | | | | |
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř15.1 | 2,9 | 6,3 | 113 | 107 | 142 | 1894 |
| Ř15.2 | 3,6 | 6,2 | 96 | 113 | 163 | 1795 |

5.2 Ozimá pšenice

Přehled výnosů ozimé pšenice dokumentuje graf 6 a potvrzuje, že nejvyšších výnosů bylo dosaženo stejně jako u ozimé řepky v roce 2014. Tento ročník byl výnosově nadprůměrný. Mezi jednotlivými lety jsou rozdílné dávky dusíku, které se příznivě projeví i ve výnosech. Systém hnojení ozimé pšenice je podrobně zpracován v příloze (tabulka 5, 6, 7).

Graf 6: Přehled výnosů ozimé pšenice v letech 2013 - 2015



Přehled pěstovaných odrůd je uveden v tabulce 8. Nejčastěji pěstovanou odrůdou byla odrůda Potenzial, která zároveň poskytla nejvyšší výnos 7,65 t.ha⁻¹. Druhý nejvyšší výnos byl u odrůdy Sultán 7,55 t.ha⁻¹. Nejnižšího výnosu 4,9 t.ha⁻¹ bylo dosaženo v roce 2015 také u odrůdy Potenzial.

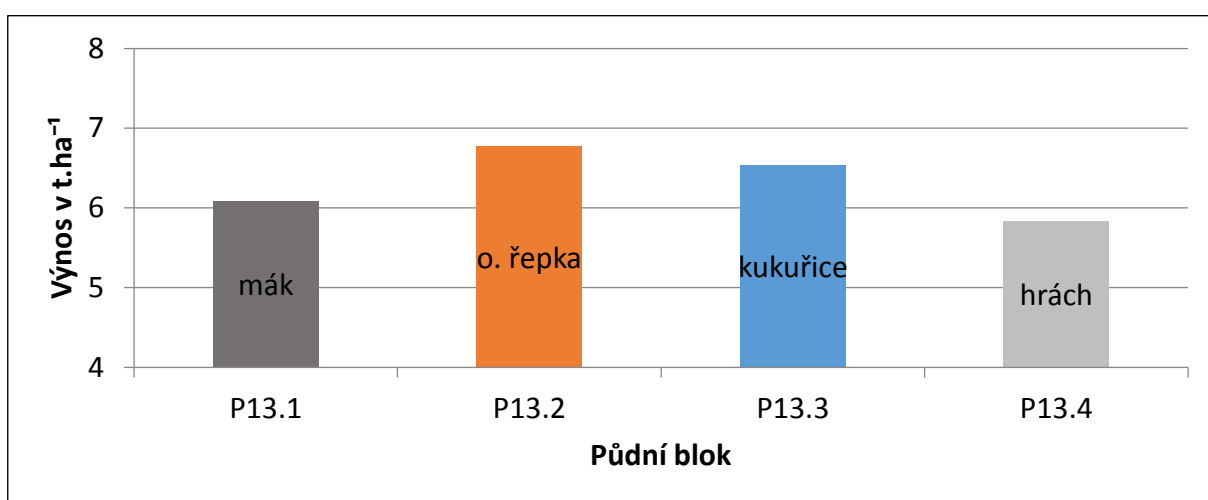
Tab. 8: Přehled pěstovaných odrůd na jednotlivých půdních blocích

| Rok | Půdní blok | Odrůda |
|------|------------|-----------|
| 2013 | P13.1 | Potenzial |
| | P13.2 | Bohemia |
| | P13.3 | Jindra |
| | P13.4 | Raduza |
| 2014 | P14.1 | Sultán |
| | P14.2 | Jindra |
| | P14.3 | Potenzial |
| | P14.4 | Potenzial |
| 2015 | P15.1 | Bohemia |
| | P15.2 | Potenzial |

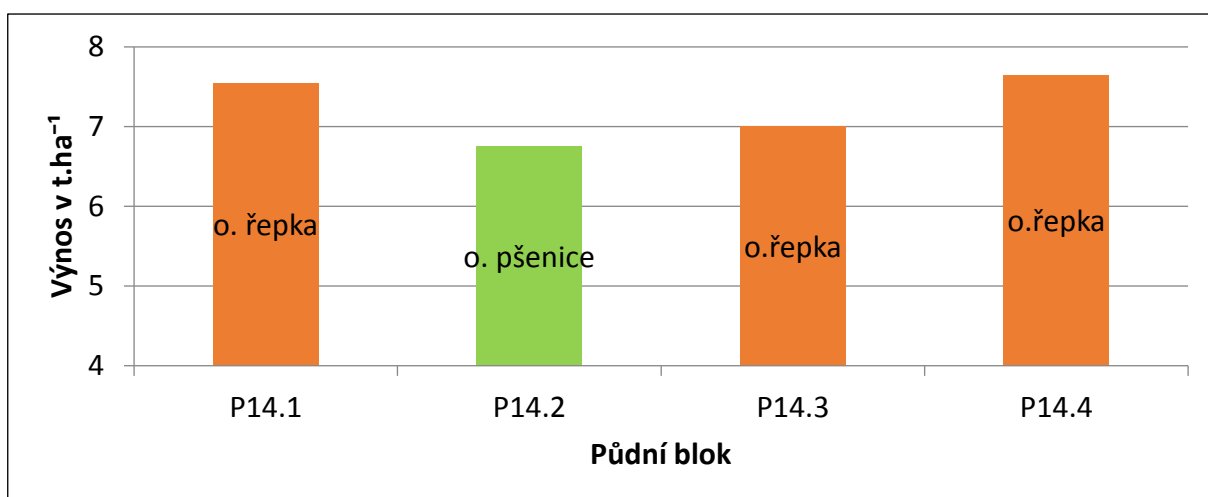
5.2.1 Porovnání výnosů ozimé pšenice ve vztahu k předplodině

Předplodiny ozimé pšenice jsou uvedeny v následujících grafech 6, 7 a 8. Z níže uvedených grafů vyplývá, že nejvhodnější předplodinou je ozimá řepka. Ozimá řepka byla nejčastěji používanou předplodinou a vždy bylo dosaženo nejvyšších výnosů ($7,65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) v porovnání z ostatními předplodinami, kterými byly mák, kukuřice, hrách a ozimá pšenice. Nejnižší výnos byl po ozimé pšenici, kde byl propad o $2,75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v porovnání s nejvyšším výnosem.

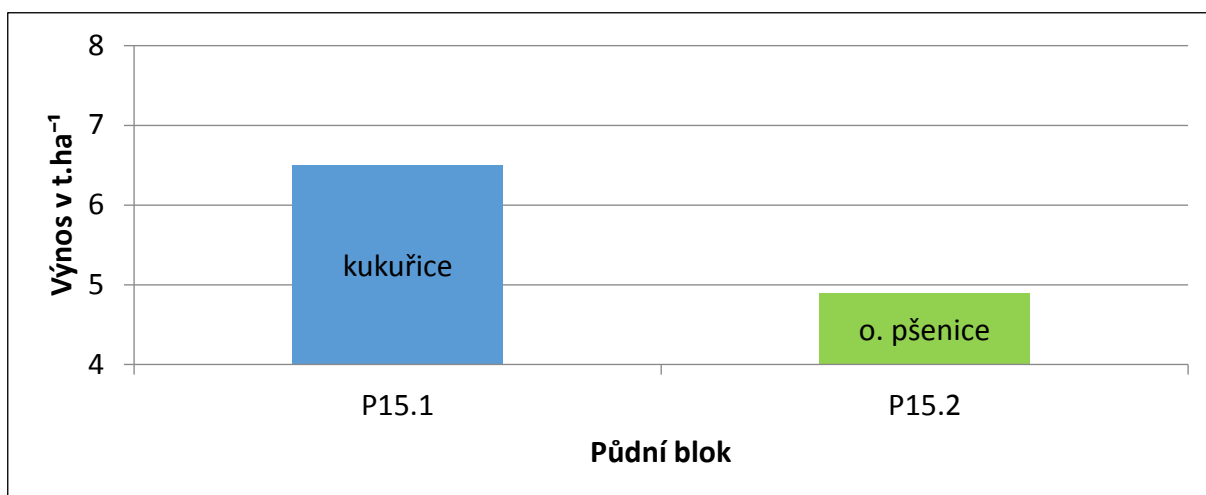
Graf 6: Výnosy ozimé pšenice po předplodinách v roce 2013



Graf 7: Výnosy ozimé pšenice po předplodinách v roce 2014



Graf 8: Výnosy ozimé pšenice po předplodinách v roce 2015



5.2.2 Porovnání agrochemických vlastností půd a výnosů u ozimé pšenice

Agrochemické vlastnosti jednotlivých pozemků v porovnání s výnosem jsou uvedeny v tabulce 9.

Rok 2013

Výnosové rozpětí se pohybovalo od 5,83 až do 6,78 t.ha⁻¹. Průměrný výnos zrna ozimé pšenice byl 6,2 t.ha⁻¹.

Hodnoty pH byly vyhodnoceny na půdních blocích P13.1, P13.2, P13.3 jako slabě kyselé a na půdním bloku Ř13.4 hodnocen jako alkalický. Podprůměrný výnos 5,83 t.ha⁻¹ byl zjištěn na alkalickém půdním bloku Ř13.4. Nejvyšší výnos 6,78 t.ha⁻¹ byl na půdním bloku se slabě kyselou půdní reakcí.

Obsah fosforu se pohyboval na dobré úrovni s výjimkou půdního bloku P13.1, kde byl obsah fosforu vysoký.

Hodnocení obsahu draslíku je na úrovni vyhovující až dobré. Hodnoty se pohybovaly od 160 do 302 mg.kg⁻¹. Vyhovující úrovně zásobení bylo dosaženo na lokalitě P13.1.

Dobrého hodnocení obsahu přístupného hořčíku v půdě bylo vyhodnoceno na všech sledovaných půdních blocích. Obsahy hořčíku se pohybovaly od 163 do 259 mg.kg⁻¹.

Vyhovující obsah vápníku byl zjištěn na lokalitě P13.2. Dobré úrovně zásobení vápníkem bylo zjištěno na lokalitách P13.1 a P13.3 a vysokého obsahu vápníku na lokalitě P13.4.

Rok 2014

V roce 2014 bylo dosaženo nejvyšších výnosů, které se pohybovaly od 6,76 až do 7,65 t.ha⁻¹. Průměrný výnos zrna ozimé pšenice činil 7,1 t.ha⁻¹.

Půdní reakce je na půdních blocích P14.1, P14.2, P14.4 hodnocena jako slabě kyselá. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo s hodnotou půdní reakce 6,3. Výjimkou je půdní blok P14.3, který má půdní reakci kyselou s hodnotou pH 5,2, a i přesto bylo dosaženo výnosu 7,01 t.ha⁻¹ oproti půdnímu bloku P14.2, kde byla hodnota půdní reakce 5,9 výnos 6,76 t.ha⁻¹.

Obsah fosforu je vyhodnocen na vyhovující až vysoké úrovni. Lokality s dobrým zásobením fosforem poskytly nejvyšší výnosy.

Vysoké hodnoty draslíku jsou zaznamenány na půdních blocích P14.2, P14.4 a dobrý obsah draslíku na půdních blocích P14.1 a P14.3.

Hodnocení obsahu hořčíku na všech sledovaných lokalitách bylo na dobré úrovni, hodnoty se pohybovaly od 163 do 250 mg.kg⁻¹.

Obsah vápníku v půdě dosahoval vyhovující až dobré úrovně zásobením. Lokalita P14.2 s vyhovujícím obsahem vápníku dosáhla nejnižšího výnosu 6,76 t.ha⁻¹.

Rok 2015

V roce 2015 byly sledovány dvě lokality, které poskytly značně rozdílné výnosy. Rozdíl ve výnosech mezi lokalitami byl 1,6 t.ha⁻¹.

Výnos 6,5 t.ha⁻¹ byl na půdním bloku P15.1s hodnotou půdní reakce 6,3 a výnos 4,9 t.ha⁻¹ měl hodnotu půdní reakce 5,6.

Výsledky agrochemických vlastností půd uvedené v tabulce 9 uvádějí, že obsahy všech přístupných živin jsou vyhodnoceny na vyhovující až dobré úrovni. Níže uvedené hodnoty všech živin jsou na velmi podobné úrovni.

Tab. 9: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích

| 2013 | | | | | | |
|------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| P13.1 | 6,09 | 6,4 | 120 | 160 | 163 | 2056 |
| P13.2 | 6,78 | 6,1 | 97 | 178 | 183 | 1987 |
| P13.3 | 6,54 | 5,9 | 108 | 211 | 249 | 2140 |
| P13.4 | 5,83 | 7,3 | 177 | 302 | 259 | 4400 |
| 2014 | | | | | | |
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| P14.1 | 7,55 | 6,3 | 93 | 304 | 164 | 2685 |
| P14.2 | 6,76 | 6,4 | 62 | 399 | 172 | 1879 |
| P14.3 | 7,01 | 5,6 | 201 | 173 | 250 | 2220 |
| P14.4 | 7,65 | 6,3 | 110 | 324 | 162 | 3070 |
| 2015 | | | | | | |
| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | pH | P | K | Mg | Ca |
| P15.1 | 6,5 | 6,1 | 74 | 149 | 204 | 1989 |
| P15.2 | 4,9 | 5,6 | 56 | 210 | 197 | 1782 |

6 Diskuze

Růst a vývoj rostlin je ovlivněn řadou vnějších a vnitřních faktorů, které se mezi sebou ovlivňují, a tak utvářejí na určitém stanovišti a v určitém časovém úseku specifické podmínky pro rostliny. Tyto faktory lze souhrnně označit jako vegetační a ovlivňují nejen rostliny, ale i biologické, chemické a fyzikálně - chemické procesy, sorpční procesy, a tím i přijatelnost živin. Rostliny jsou významně ovlivňovány vnějšími faktory, mezi které lze zařadit jako jedny z nejvýznamnějších atmosférické srážky a teplotu (Šarapatka et al., 2010; Vaněk et al., 2016).

6.1 Vliv hnojení a faktory ovlivňují výnos ozimé řepky

6.1.1 Rok 2013

Při stejné dávce dusíku $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (příloha - tabulka 1) v roce 2013 se výnos zrna ozimé řepky pohyboval od 2,6 do $3,61 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hnojení sírou v tomto roce nebylo provedeno u žádné sledované lokality. Síra a dusík v rostlině působí společně a v případě nedostatku síry v rostlině nemůže být využit dusík z aplikovaného hnojiva. Kritické období pro porosty řepky je po zimě, kdy převládá zasakování srážkové vody, což snižuje koncentraci síranů ve svrchním půdním profilu (Matula et Markytán, 2008).

Hodnoty pH byly vyhodnoceny jako slabě kyselé a pohybovaly se ve velmi těsném rozmezí od 6 do 6,3. Optimální hodnoty pH u ozimé řepky jsou 6,0 až 6,5. V tomto rozmezí je zajištěn dostatečný přísun ostatních živin. Ovšem jak uvádí Bečka et al. (2007), řepka je poměrně tolerantní i k nízkému pH do 5,6 až 5,0. Agrochemické vlastnosti půd v roce 2013 vykazovaly vyhovující až dobré zásobení P, K, Mg a Ca. Nejnížší výnos $2,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ byl zjištěn na půdním bloku Ř13.1 s vyhovujícím obsahem P, Mg a Ca. Hodnoty draslíku vykazovaly dobrou úroveň zásobenosti v půdě. Nejvyšší výnos $3,61 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ měl na půdním bloku Ř13.4 zásobu P, K, Mg a Ca na dobré úrovni.

Máme zde tři půdní typy (příloha - tabulka 10), kterými jsou kambizem, fluvizem a černozem. Nejvyšší výnos ($3,61 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byl dosažen na fluvizemi a druhý nejnížší výnos ($2,94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) na černozemi. Lokality s výnosem $2,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $3,37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ mají půdní typ kambizem. Černozemě jsou vysokohumózní půdy s obsahem humusu 2 - 5 % a vyznačují se vysokou sorpční schopností.

Pro dosažení optimální a kvalitní produkce je nezbytné pěstovat v daných podmínkách nejvýkonnější a nejvhodnější odrůdy a používat osivo s nejvyšší biologickou hodnotou. Bečka et al. (2007) uvádí, že hybridní odrůdy poskytují vyšší výnos při vysoké intenzitě pěstování oproti liniovým odrůdám. Toto tvrzení se shoduje s dosaženými výnosy v roce 2013, kdy byly pěstovány na půdním bloku Ř13.1, Ř13.2, Ř13.3 liniové odrůdy. Jediná hybridní odrůda DK Exquisite pěstována na půdním bloku Ř13.4 poskytla oproti průměru vysoký výnos 3,55 t.ha⁻¹. Lze tedy potvrdit i výsledky Baranyka (2013), kde se odrůda DK Exquisit rovněž umístila na předních pozicích ve výnosu semen. Odrůda DK Exquisit je vhodná do oblastí, které jsou ročníkově i klimaticky odlišné. Většina hybridních odrůd, s ohledem na povětrnostní podmínky na jaře obnovuje jarní vegetaci velmi rychle (Bečka et al., 2007). V roce 2013 se povětrnostní podmínky vyvíjely příznivě a jsou uvedeny v příloze v grafu 2. V době od začátku března do konce června byla suma srážek 312,2 mm.

V tomto roce by se vyšší dávka dusíku, současně i s hnojením sírou příznivě projevila ve výnosech. Dávka dusíku by se měla pohybovat nad 200 kg.ha⁻¹ a dávka síry kolem 50 až 80 kg.ha⁻¹. Vyšší efektivitu dusíkatého hnojení bychom byli schopni docílit rozdělením dávek do několika dílčích. Rozhodujícím faktorem pro využití živin z hnojiv je průběh daného ročníku.

6.1.2 Rok 2014

Dusíkaté hnojení bylo na všech čtyřech lokalitách rozdílné (příloha – tabulka 3) a pohybovalo se ve čtyřech hladinách 170 kg.ha⁻¹, 191 kg.ha⁻¹, 193 kg.ha⁻¹ a 207 kg.ha⁻¹. V tomto roce bylo hnojení rozšířeno o síru, která byla aplikována v rozmezí 46 - 65 kg.ha⁻¹. Hlavním hnojivem byla DASA a DAM 390, který byl použit v druhé až třetí dávce. Vyšší dávky dusíku se pozitivně projevily na výnosech. Půdní reakce byla hodnocena jako slabě kyselá. Hodnoty se pohybovaly od 5,9 - 6,4. Půdní blok Ř14.4 s pH 5,9 zároveň vykazoval nejvyšší obsah vápníku a poskytl nejvyšší výnos. Zásoba přístupných živin je na dobré až vysoké úrovni.

Půdních bloky, na kterých byla pěstována ozimá řepka v tomto roce byly obsahy P, K, Mg a Ca na dobré až vysoké úrovni. Lze říci, že se zvyšujícím se obsahem přístupných živin se zvyšuje i výnos. Z uvedených výsledků je známo, že nejvyšších výnosů bylo dosaženo na půdních blocích Ř14.2 a Ř14.4 s vysokým a vysokým obsahem fosforu v půdě. Černý et al. (2014) ve svém příspěvku uvádí, že i bez dalšího příjmu P po období kvetení, nedochází ke

snížení výnosu za předpokladu, že je dostatek anorganického P uložen ve vakuolách buněk pro zajištění potřeby P při tvorbě semen. Pokud není v rostlině dostatek P, omezený příjem kořeny po kvetení může omezit klíčové fyziologické procesy (fotosyntéza, transport asimilátů, bílkovin aj.), (Černý et al., 2014).

Z pěstovaných odrůd byla na dvou půdních blocích použita již známá hybridní odrůda DK Exquisit a dvě liniové odrůdy Arot a Ladoga. I v tomto roce je možné potvrdit stabilitu a vysoký výnos odrůdy DK Exquisit. Nejvyššího výnosu $3,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ bylo u odrůdy DK Exquisit. Druhý nejvyšší výnos $3,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v tomto roce a během sledovaných let byl zjištěn u liniové odrůdy Arot. Tento výsledek dokazuje, že i v intenzivní rostlinné produkci je možné dosáhnout vyrovnaných výnosů i u liniových odrůd.

U dávky dusíku $170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ byl zjištěn v porovnání s průměrem nejnižší výnos $3,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Při dávce $207 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ je výnos spíše průměrný. Dusík v aplikovaném množství kolem $190 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ poskytl nejvyšší výnosy.

V roce 2014 byly teploty velmi nadprůměrné (příloha - graf 3). Teploty během zimního období neklesly pod $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Při teplotách kolem $5 \text{ }^\circ\text{C}$ lze předpokládat přeměny dusíku v půdě až na nitrátovou formu, která je pro rostliny dobře přístupná. U dobře vyvinutých porostů s dobře vyvinutým kořenovým systémem mohlo docházet k příjmu této formy dusíku. U slabších porostů je možné předpokládat využitelnost dusíku nižší, popřípadě ztrátu dusíku mimo kořenovou zónu (Watson, 2008). Úhrn srážek od začátku března do konce června byl $154,9 \text{ mm}$, což je ve srovnání s roky 2013 a 2015 nejméně.

Při dobrém rozložení srážek, což je v tomto roce spíše limitující faktor a dobré volbě odrůdy je možné dosáhnout výnosů téměř $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vaněk et al., 2016 uvádí, že pro dosažení výnosu $4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ je odpovídající dávka dusíku 230 kg/ha^{-1} . S rostoucí dávkou dusíku a síry jsou zjištěny i vyšší výnosy. Efektivita využití dusíku je značně závislá na povětrnostních podmínkách, které nelze předpokládat (Černý et al., 2015). Současný systém hnojení dusíkem spočívá v dělené aplikaci hnojiva DASA na dvě dílčí dávky a jako třetí přihnojení se provádí hnojivem DAM 390. V příznivých ročnících, kdy je možné větší využití dusíku, je tento systém považován za méně vhodný.

6.1.3 Rok 2015

Dávky dusíku a síry byly u obou hodnocených lokalit stejné. Dusík byl aplikován v dávce $176 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a síra v dávce $48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dělení dávek a datum aplikace je uveden

v příloze (tabulka 4). Nadprůměrného výnosu bylo dosaženo na půdním bloku Ř15.2. Naopak výnosový propad o 0,7 t.ha⁻¹ je zaznamenán na pozemku Ř15.1.

Půdní reakce je u těchto lokalit téměř shodná, pouze s nepatrným rozdílem 0,1. Agrochemické vlastnosti pozemků jsou na vyhovující až dobré úrovni. Půdní blok Ř15.1 má obsah P dobrý a K, Mg a Ca má vyhovující obsah. Obdobně je tomu tak na pozemku Ř15.2, kde je obsah P a Mg na dobré úrovni, K a Ca na vyhovující úrovni. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, půdní blok Ř15.1 s půdním typem černozem dosáhl výnosu 2,9 t.ha⁻¹ ve srovnání s půdním blokem Ř15.2, kde je půdním typem kambizem.

Výnosový rozdíl je částečně přičítán obdobně jako v roce 2013 volbě odrůdy. Na pozemku Ř15.1 byla pěstována odrůda DK Exquisite, která poskytla podprůměrný výnos 2,9 t.ha⁻¹. Novou odrůdou oproti předcházejícím ročníkům je rovněž hybridní odrůda Marathon. Její plastičnost významně zvyšuje rentabilitu pěstování ozimé řepky a potvrzuje, že pro intenzivní rostlinnou výrobu jsou hybridní odrůdy velmi vhodné (Wolf et Zeman, 2015).

Rok 2015 byl stejně jako rok předchozí teplotně nadprůměrný (příloha - graf 4). Suma srážek v hlavním vegetačním období od začátku března do konce června byla 157,9 mm. Dávka dusíku a síry v tomto roce je nízká. S ohledem na časně otevření jara by se měly dávky dusíku lišit a celková dávka by se měla pohybovat kolem 200 kg.ha⁻¹.

Hodnocení předplodiny ozimé řepky v letech 2013 - 2015

V jednotlivých letech byla nejčastější předplodinou ozimé řepky ozimá pšenice, ozimý ječmen a jarní ječmen. Nejvyššího výnosu ze všech sledovaných ročníků bylo dosaženo v roce 2014 u jarního ječmene (3,95 t.ha⁻¹). V tomto případě se dostáváme do rozporu s tvrzením Bečky et al. (2007), který uvádí, že jarní ječmen je problematickou předplodinou, protože zanechává půdu nestrukturní, poškozenou větrnou, vodní i sluneční erozí a chudou na živiny.

Druhý nejvyšší výnos (3,85 t.ha⁻¹) s nepatrným rozdílem 0,1 t.ha⁻¹ byl zjištěn po ozimém ječmeni. Dle Bothe (2009) je nejvhodnější předplodinou ozimý ječmen v porovnání s ostatními obilninami. Jeho včasná sklizeň před vysetím ozimé řepky umožní včasnou přípravu pozemku.

Třetí nejvyšší výnos (3,61 t.ha⁻¹) byl zaznamenán po ozimé pšenici. Ozimá pšenice je přijatelnou předplodinou pro ozimou řepku, ovšem období mezi sklizní předplodiny a vysetím řepky se však ještě zkracuje. Obilniny jsou nejčastějšími předplodinami řepky asi z 90 % (Bothe, 2009; Bečka et al., 2007).

6.2 Vliv hnojení a faktory ovlivňují výnos ozimé pšenice

6.2.1 Rok 2013

Během jednotlivých sledovaných ročníků u ozimé pšenice bylo v roce 2013 dosaženo nejnižšího průměrného výnosu $6,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Systém a dávky dusíkatého hnojení (příloha - tabulka 14) byly na všech půdních blocích $139 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Půdní reakce na pozemcích P13.1, P13.2 a P13.3 je slabě kyselá a hodnoty se pohybují od 5,9 - 6,4. Výjimkou je lokalita P13.4, kde je pH alkalické s hodnotou 7,3 a rovněž je zjištěn vysoký obsah vápníku v půdě. U této lokality bylo dosaženo nejnižšího výnosu $5,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na pozemku Ř13.2 je zjištěno pH 6,1 s nejvyšším výnosem ve sledovaném ročníku s rozdílem $0,58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ v porovnání s průměrným výnosem. Lze říci, že optimální hodnoty pH pro ozimou pšenici se pohybují v rozmezí 6 - 6,3. Toto tvrzení se shoduje se Zimolkou et al. (2005) a bude potvrzeno i následujících sledovaných letech. Přístupnost hlavních živin (P, K, Mg, Ca) je na vyhovující až vysoké úrovni. Výnosy s hodnocením vyhovujícím až dobrým poskytly vyšší výnos zrna oproti pozemkům s obsahem vysokým až velmi vysokým. Z uvedených výsledků vyplývá, že optimální obsahy přístupných živin v půdě plně postačují rostlinám s hodnocením vyhovujícím až dobrým. Vysoké až velmi vysoké obsahy těchto živin nemají opodstatněný význam a jsou zbytečné.

V tomto ročníku byly pěstovány odrůdy Potenzial, Bohemia, Jindra a Raduza. Nejvýnosnější odrůdou v tomto roce byla odrůda Bohemia, která poskytla výnos $6,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Tímto výsledkem můžeme potvrdit, že předností této odrůdy je vysoký výnos a vykazuje dobrou odezvu na intenzivní rostlinnou produkci.

Průměrné teploty a úhrny srážek v jednotlivých měsících jsou uvedeny v příloze (graf 2). V této oblasti srážkového stínu je využitelnost dusíku ovlivněna průběhem počasí v jarním období. Teploty se od ledna do konce března pohybovaly bod bodem mrazu a měly vzestupnou tendenci. V dubnu jsou zaznamenány průměrné teploty $8,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Watson (2008) uvádí, že pro příjem nitrátového dusíku jsou hraniční teploty kolem $5 \text{ }^\circ\text{C}$, kdežto amoniakální dusík jsou schopny rostliny přijímat i při nižší teplotě. Vzhledem k průběhu teplot lze předpokládat, že příjem dusíku ozimou pšenicí byl realizován od počátku dubna. Suma srážek od konce března až do konce června byla $312,2 \text{ mm}$.

Sledované půdní bloky se nacházejí lehčích půdách (příloha - tabulka 1) a lze konstatovat, že vliv stanoviště má vliv na výnos zrna ozimé pšenice.

Hnojení dusíkem nejvíce ovlivňuje výnos a kvalitativní parametry zrna, pšenice ozimá pro výnos okolo 6 t.ha⁻¹ odčerpá asi 150 kg dusíku (Černý et al., 2014; Vaněk et al., 2016). Z uvedených výsledků vyplývá, že dávka dusíku nebyla optimální. Pro tento rok by byla vhodná dávka od 150 - 190 kg.ha⁻¹ a rozdělení na dílčí dávky by přispělo k vyššímu výnosu, s ohledem na průběh klimatických podmínek.

6.2.2 Rok 2014

V roce 2014 byla dávka dusíku na lokalitách P14.1, P14.2, P14.3 200 kg.ha⁻¹ a na pozemku P14.4 dávka 215 kg.ha⁻¹. Tento ročník byl výnosově nadprůměrný (graf 6). Vysoké výnosy jsou přičítány dobrému rozložení srážek (příloha - graf 3) a vysokým dávkám dusíku. U hodnocených půdních bloků se pH půd pohybovalo od 5,2 - 6,3. Při hodnotách 6,3 bylo dosaženo nejvyšších výnosů. Hodnoty 5,2 a 5,9 jsou hodnoceny jako kyselé a slabě kyselé. V tomto případě se shodujeme se Zimolkou et al. (2005), který ve své publikaci uvádí, že pšenice ozimá je citlivá k nižší půdní kyselosti, zvláště, je-li hodnota výměnného pH nižší než 6. Při tomto pH je částečně omezen příjem živin a dochází k redukci výnosu. Obsahy živin P, K, Mg a Ca jsou na vyhovující až velmi vysoké úrovni.

Z hlediska typu odrůd byly použity odrůdy Potenzial, Jindra a Sultán. Nejvyšší výnos poskytla odrůda Potenzial 7,65 t.ha⁻¹ a odrůda Sultán 7,55 t.ha⁻¹. Přednosti těchto odrůd spočívají v platičnosti, vysokých výnosech a jsou vhodné do všech výrobních oblastí.

Nadprůměrné teploty a menší četnost srážek (příloha - graf 13) umožnily včasný vstup do porostů a aplikaci dusíkatého hnojení. Na pozemku P14.4 byly dávky dusíku rozděleny do čtyřech dílčích což se projevilo i na výnosu. Jak uvádí Vaněk et al. (2016) včasná aplikace dusíku je vhodná pro vývin porostu po zimě a pro podporu odnožování. Zvláště v teplých a sušších oblastech je to jedno z nejdůležitějších opatření. Na této lokalitě se potvrzuje, že dělení dávek dusíku vede ke zvýšení výnosu zrna. Optimální dávka dusíku je ve sledovaném ročníku do 200 t.ha⁻¹.

Půdní úrodnost na jednotlivých půdních blocích značně ovlivňuje výnos. V našem území je převažujícím půdním typem kambizem, vyznačující se nižším produkčním potenciálem.

6.2.3 Rok 2015

Dávky dusíku v roce 2015 byly u obou lokalit $197 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na těchto lokalitách byl výnosový rozdíl $1,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Optimální hodnota pH 6,1 byla na pozemku P15.1, kdežto na pozemku P15.2 mělo hodnotu 5,6, což se může shodovat s tvrzením Zimolky et al. (2005) o redukcí výnosu vlivem poklesu výměnného pH pod 6. Obsahy živin mají hodnocení vyhovující až dobré. Půdním typem na stanovišti P15.1 je hnědozem a na stanovišti P15.2 kambizem. Lze předpokládat, že výnos byl ovlivněn vlivem stanovištěm a nerovnoměrným rozložením srážek, v důsledku vysokých teplot a nízkým úhrnem srážek v červenci. Z pěstovaných odrůd byla použita odrůda Potenzial a Bohemia, která poskytla vyšší výnos o $1,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dávka dusíku $197 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ je pro tento rok dostačující.

Hodnocení předplodiny ozimé pšenice v letech 2013 - 2015

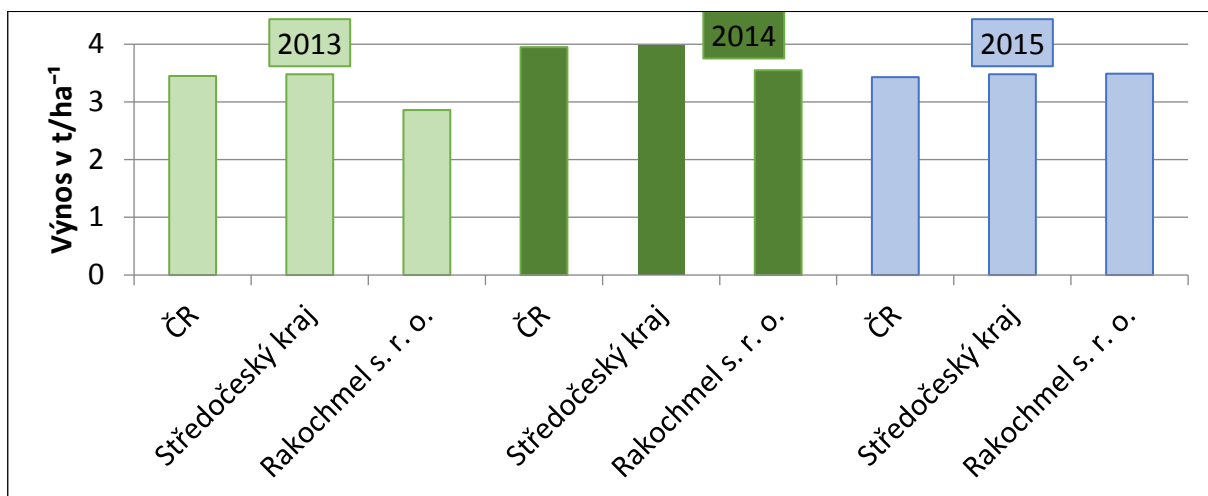
Nejlepší a nejčastěji pěstovanou předplodinou ozimé pšenice byla ozimá řepka. Po ozimé řepce vždy bylo dosaženo vysokých výnosů. Řepka patří mezi širokolisté plodiny a je výbornou předplodinou a přerušovačem obilních sledů. V obilnářských výrobních oblastech nahrazuje luskoviny, které dříve plnily tuto funkci (Bothe, 2007; Bečka et al., 2007).

Z pěstovaných předplodin byly dále použita ozimá pšenice, kukuřice, hrách a mák. Uspokojivých výnosů lze dosáhnout i po ozimé pšenici. V roce 2014 bylo po ozimé pšenici dosaženo na půdním bloku P14.2 výnosu $6,76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Naopak v roce 2015 byl na pozemku P15.2 zjištěn výnos nejnižší $4,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výnosový rozdíl mezi jednotlivými výnosy je přičítán rozdílnému ročníku, povětrnostním vlivům a volbě odrůdy. Zimolka et al. (2005) uvádí, že pěstování obilnin po sobě je v každém případě méně vhodné, vedle obtížně kompenzovatelného zhoršení půdních vlastností se zvyšuje riziko většího zaplevelení a rozšířené napadení houbovými chorobami a škůdci.

6.3 Porovnání výnosů s ČR, Středočeským krajem a podnikem

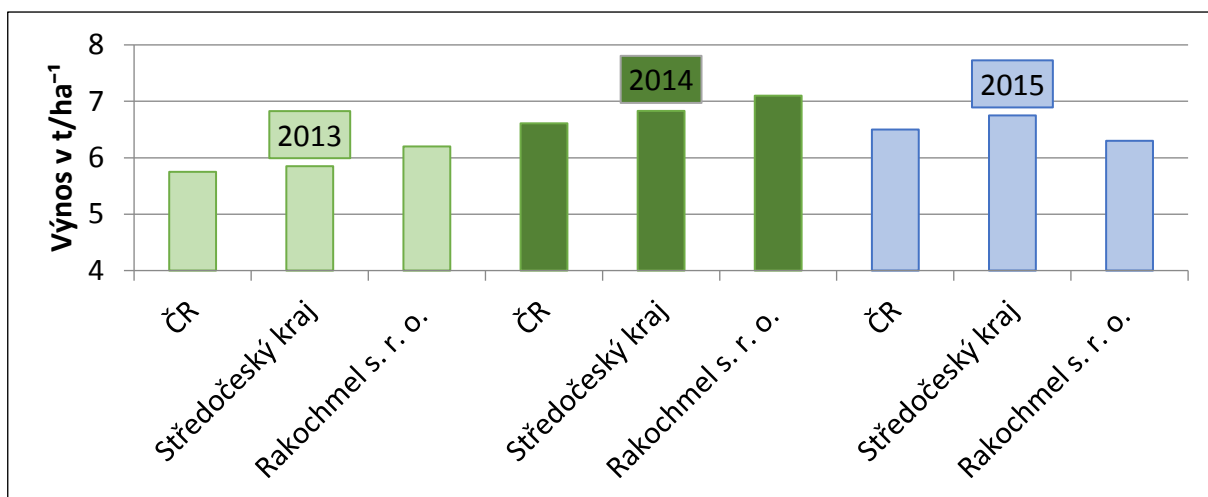
Porovnání výnosů ozimé řepky je uvedeno v grafu 9. V roce 2013 a 2014 měla společnost Rakochmel s. r. o. v porovnání s ČR i Středočeským krajem nižší výnosy. Opakem byl rok 2015, kdy bylo dosaženo vyšších výnosů s oběma porovnávanými údaji.

Graf 9: Porovnání výnosů ozimé řepky se společností Rakochmel s. r. o., ČR a Středočeským krajem (zdroj: <https://www.czso.cz/>)



Výnosy ozimé pšenice jsou zaznamenány v grafu 10. V letech 2013 a 2014 bylo ve společnosti Rakochmel s. r. o. dosaženo nadprůměrného výnosu ve srovnání s ČR a Středočeským krajem. Průměrný dosažený výnos v roce 2015 byl nižší s oběma porovnávanými údaji.

Graf 10: Porovnání výnosů ozimé pšenice se společností Rakochmel s. r. o., ČR a Středočeským krajem (zdroj: <https://www.czso.cz/>)



7 Závěr

Vyhodnocení probíhalo v zemědělské společnosti Rakochmel s. r. o. v letech 2013 - 2015. Byly hodnoceny agrochemické vlastnosti půd a používaný systém dusíkatého hnojení v závislosti na výnosu semen u ozimé řepky a ozimé pšenice. Dále byly popsány faktory ovlivňující výnos semen u těchto plodin. Z uvedených výsledků lze vyvodit:

- nejvyšších výnosů u ozimé řepky je dosaženo při dávce dusíku v rozmezí 191 - 207 kg.ha⁻¹,
- při použití hnojiva DASA v porovnání s hnojivem LAD, jsou u ozimé řepky zjištěny vyšší výnosy,
- na půdním typu kambizem bylo dosaženo nejvyšších výnosů,
- výsledky bylo potvrzeno, že nejvýnosnější odrůdou ozimé řepky je hybridní odrůda DK Exquisite,
- nejvyšší výnosy ozimé řepky jsou zaznamenány na půdních blocích Ř14.2 a Ř14.4 s vysokým obsahem fosforu v půdě,
- dostačující dávka pro výnos zrna ozimé pšenice kolem 7,5 t.ha⁻¹ je 200 - 215 kg.ha⁻¹,
- při hodnotě pH 6,3 bylo u ozimé pšenice dosaženo nejvyšších výnosů,
- z použitých odrůd ozimé pšenice byly vyhodnoceny jako nejvýnosnější odrůdy Potenzial a Sultán,
- bylo potvrzeno, že optimální zastoupení přístupných živin (P, K, Mg a Ca) pro dosažení požadovaných výnosů se pohybuje na vyhovující až dobré úrovni,
- na lokalitě P14.4 se rozdělení dávky dusíkatého hnojení na čtyři dílčí, příznivě projevilo ve výnosu, kde bylo dosaženo nejvyšší výnosu 7,65 t.ha⁻¹,
- byl prokázán vliv ročníku a půdně - klimatických podmínek na výnos semen ozimé pšenice a ozimé řepky,

Hypotéza 1)

Předpokládá se, že správné hnojení dusíkem bude mít vliv na výnos ozimé řepky a ozimé pšenice v zemědělském podniku, s ohledem na používaný systém hnojení. Výsledky bylo prokázáno, že nejvyšší výnos (7,65 t.ha⁻¹) u ozimé pšenice byl na půdním bloku P14.4 kde bylo dusíkaté hnojení rozděleno na čtyři dílčí dávky. Tato hypotéza byla potvrzena.

Hypotéza 2)

Předpokládá se, že vliv hnojení dusíkem na výnos se bude měnit se změnou stanovištních podmínek a agrochemických vlastností půd. Výsledky bylo prokázáno, že výnos ozimé pšenice a ozimé řepky se mění na stanovištích s rozdílnými podmínkami a agrochemickými vlastnostmi půd. Tato hypotéza byla potvrzena.

Hypotéza 3)

Při pravidelném hnojení a doplňování živin bude bilance dusíku vyrovnaná. Tato hypotéza nebyla v Bakalářské práci řešena.

Doporučení

Hnojení dusíkem by mělo být rozděleno během celé vegetace s ohledem na druh pěstované plodiny a růstovou fázi, což vede k efektivnějšímu využití dusíku rostlinami. V případě obilní předplodiny je třeba brát ohled na poměr C:N a aplikovat odpovídající dávku dusíku pro podporu rozkladu slámy. Vysoké výnosy jsou podmíněny dobrou zásobou stopových prvků v půdě. U řepky ozimé je žádoucí aplikace bóru formou listové výživy alespoň dvakrát až třikrát za vegetaci.

8 Seznam použité literatury

Altieri, M., A., Farrell, G., J., Hecht, B., S., Liebman, M., Magdoff, F., Murphy, B., Norgaard, B., R., Sikor, T. 1995. Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture. 2.nd. ed. U.S.A, Colorado. 107 s., 179 s., 349 p. ISBN 0-8133-1717-7-ISBN 0-8133-1718-5.

Andersen, Arden, B. 2000. Science in Agriculture. Advanced methods for sustainable farming. 2.nd ed. Acres U.S.A. 11 - 72 s, 116 s. ISBN 978-0-911311-35-8.

Baier, J. 1973. Základní principy výživy rostlin. Ústav vědeckotechnických informací, Praha, 6 - 53 s., evid. č. 73655.

Baier, J., 1982. Výživa rostlin v soustavě hnojení. Institut výchovy a vzdělávání MZVŘ ČSR v Praze, 12- 15 s., 65- 71 s., 89- 102 s., publ. č. 426.

Baier, J., Baierová, V. 1985. Abeceda výživy rostlin. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 6 - 350 s., publikace č. 3802.

Balík, J. 1993. Základy výživy rostlin. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze. 1 - 31 s. ISBN 80-7105056-3.

Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství, Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, 10-13 s. ISBN 978-80-213-2329-2.

Baranyk, P. 1994. Základy pěstování řepky ozimé. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze, 3 - 28 s. ISBN 80-7105-065-2.

Baranyk, P. 2013. Sborník výsledků pokusů SPZO. 30. vyhodnocovací seminář, Hluk, 20. - 21.11. 2013. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha. 8 - 9 s. ISBN 978-80-87065-49-5.

Bečka, D., Šimka, J., Cihlář, P., Prokinová, E., Mikšík, V., Vašák, J., Zukalová, H. 2013. Řepka ozimá: Inovace pěstitelské technologie. Powerprint, s. r. o. Praha. 10s. ISBN 978- 80-213-2382-7.

Bečka, D., Vašák, J., Zukalová, H., Mikšík, V. 2007. Řepka ozimá, pěstitelský rádce. ČZU Praha. 8 - 25 s., 46 s. ISBN 978-80-87111-05-5.

Bielek, P. 1984. Dusík v pódě a jeho premeny. Vydala Příroda, vydavatel'stvo kníh a časopisov, n. p., Bratislava pre Ministerstvo poľnohospodárstva a výživy SSR. 135 s., publikace č. 5737.

Bizík, J., Fecenko, J., Kotvas, F., Ložek, O. 1988. Metodika hnojenia a výživy rastlín. AT Publishing, Bratislava, 62 - 68 s., ISBN 80-967812-1-9.

Bothe, H., 2009. Řepka - plodina s budoucností. BASF spol. s.r.o., Praha. 73 - 97 s.

Cooke, G., W. 1982. Fertilizing for Maximum Yield. 3rd ed. Collins 8 Grafton Street, London W1. 124 - 142, 252, 285 p. ISBN 0-00-383326-7.

Černý, J., Balík, J., Peklová, L., Kulhánek, M. 2014. Sborník SPZO. 31. vyhodnocovací seminář, Hluk, 19. - 20.11.2014. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha. 168 s. ISBN 978-80-87065-57-0.

Černý, J., Kovářík, J., Kulhánek, M., Balík, J. Hnojení řepky na podzim [online]. Agromanuál. 28. srpna 2015 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-repky-na-podzim> >

Černý, J., Shejbalová, Š., Kovářík, J., Kulhánek, M. Předsetové a podzimní hnojení pšenice ozimé [online]. Agromanuál. 27. srpna 2014 [cit. 2017-10-03]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/predsetove-a-podzimni-hnojeni-psenice-ozime>>

Faměra, O. 1983. Základy pěstování ozimé pšenice. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze, 3 - 18 s. ISBN 80-7105-045-8.

Havlin, J., L., Beaton, J., D., Tisdale S., L., Nelson W., R. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 500 - 530 s. ISBN 978-0130278241.

Hřivna, L. Výživa a hnojení porostů ozimé pšenice a kvalita produkce [online]. Šlechtitelské listy, podzim 2012. Dostupné z <http://farmseed2.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kv_alita_produkce.pdf>

Hůla, J., Procházková, B., Badalíková, B., Dryšlová, T., Horáček, J., Javůrek, M., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Smutný, V., Tippl, M., Winkler, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 9 - 31 s. ISBN 978-80-86884-53-0.

Klír, J., Kunzová, E., Čermák, P. 2008. Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení, Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha, 8 - 48 s., ISBN 978-80-87011-61-4.

Kováčik, P. 2009. Výživa a systémy hnojení rostlin. Kurent. České Budějovice. 98 - 109 s. ISBN 978-80-87111-16-1.

Lea, P., J., 2002, Nitrogen, In: Rattan, L. (ed.), Encyklopedia of Soil Science. Marcel Dekker, USA, 850 – 858 s. ISBN 0-8247-0634-X.

Matula, J. 1977. Výživa rostlin. Institut Vzdělávání MZVŽ ČSR v Praze. s 1 - 120, publikace č. 289.

Matula, J., Markytán, P. Výživa a hnojení řepky [online]. Listy Olejnin. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, únor 2008 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z <<http://www.spzo.cz/wp-content/uploads/2012/10/vyz.pdf>>

Mikanová, O., Šimon, T. 2013. Alternativní výživa rostlin dusíkem, Metodika pro praxi, VÚRV, v.v.i., Praha, 3-11 s. ISBN 978-80-7427-143-4.

Myrbeck, A., Stenberg, M., Arvidsson, J., Rydberg, T. 2012. Effects of autumn tillage of clay soil in mineral N content, spring cereal yield and soil structure over time, European journal of agronomy. 96-104 s.

Nátr, L. 2002. Fotosyntetická produkce a výživa lidstva. Vydalo ISV nakladatelství, Zelená, Praha 6, s. 60, 141- 144, 166. ISBN 80-85866-92-7.

Němeček, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Česká zemědělská univerzita. Praha. 75 - 79 s. ISBN 80-238-8061-6.

Pavlíková, D., Pavlík, M., Balík, J. 2008. Vliv amonného dusíku na metabolismus rostlin. Agrochémia, XXII, č. 4, 3-8 s.

Petr, J., Bartoška, J., Bechyně, M., Duffek, J., Fábry, A., Fric, V., Havlíček, Z., Hnilica, P., Hosnedl, V., Hron, F., Klabzuba, J., Kohout, V., Kozák, J., Kraus, V., Kudrna, K., Kvěch, O., Půlkrábek, J., Řezáč, A., Slavík, L., Šantrůček, J., Šedivý, J., Škoda, V., Špirk, L., Šroller, J., Štaud, J., Šráfelda, J., Táborský, V., Urban, V., Urbanová, M., Vachůn, Z., Vaněk, V., Vostal, J., Vašák, J. 1989, Rukověť agronoma, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 136 - 170 s. ISBN 80-209-0062-4.

Richter, R., Hřivna, L. 2001. Výživa a hnojení ozimé řepky. SPZO Praha, 5 - 38 s. ISBN 80-238-8096-9.

Růžek, P., Kasal, P., Kusá, H. 2005. Nové poznatky při používání minerálních hnojiv v bramborářské oblasti, in Sborník z konference „Hospodaření v méně příznivých oblastech, VÚRV Praha. 20 – 27 s. ISBN 80-86555-83-6.

Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B., T. 2004. Managing of soil. Challenges in Modern Agriculture. Cabi Publishing. USA. 47 - 64 s. ISBN 085199 47-64.

Šarapatka, B., Abrahamová, M., Čížková, S., Dotlačil, L., Hluchý, M., Křen, J., Kuras, T., Laštůvka, Z., Lososový, Z., Pokorný, E., Pokorný, J., Pokorný, R., Salašová, A., Tkadlec, E., Tuf, I. H., Vácha, M., Zámečník, V., Zeidler, M., Žalud, Z. 2010. Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, o. p. s. Olomouc. 172 - 174 s. ISBN 978-80-87371-10-7.

Tlustoš, P., Balík, J., Pavlíková, D., Száková, J., Vaněk, V., 2007. Koloběh dusíku v přírodě, Sborník z konference „Racionální použití hnojiv“, ČZU Praha, Praha, s.20-27, ISBN 978-80-213-1707-9.

Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 75 - 102 s., 545 - 568 s. ISBN 978-80-200-2147-2.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press. Praha. 10 - 30 s., 61 s., 128 s., 166 - 186 s. ISBN 978-80-86726-79-3.

Watson C., Akhonzada N.A., Hamilton J.T.G., Matthews D.I. 2008. Rate and mode of application of the urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization from surface-applied urea. Soil Use and Management 24: 240 – 250 p.

Wolf, M., Zeman, J. 2015. Sborník SPZO. 32. vyhodnocovací seminář, Hluk, 25. - 26.11.2016. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha. 3 - 28 s. ISBN 978-80-87065-64-8.

Zelený, F. 1993. Výživa rostlin a potřeba hnojení. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha, 1 - 14 s., 39s., ISSN 0862- 3562.

Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, s. r. o. Praha. 150 - 179 s. ISBN: 80-86726-09-6.

9 Seznam příloh

Seznam grafů

Graf 1: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2012

Graf 2: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2013

Graf 3: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2014

Graf 4: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2015

Graf 5: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2016

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika sledovaných půdních bloků lokalit dle BPEJ

Tabulka 2: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2013

Tabulka 3: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2014

Tabulka 4: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2015

Tabulka 5: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2013

Tabulka 6: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2014

Tabulka 7: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2015

Tabulka 8: Kritéria hodnocení půdní reakce

Tabulka 9: Kritéria hodnocení obsahu fosforu v půdě

Tabulka 10: Kritéria hodnocení draslíku v půdě

Tabulka 11: Kritéria hodnocení hořčíku a vápníku v půdě

Tabulka 12: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích u ozimé řepky

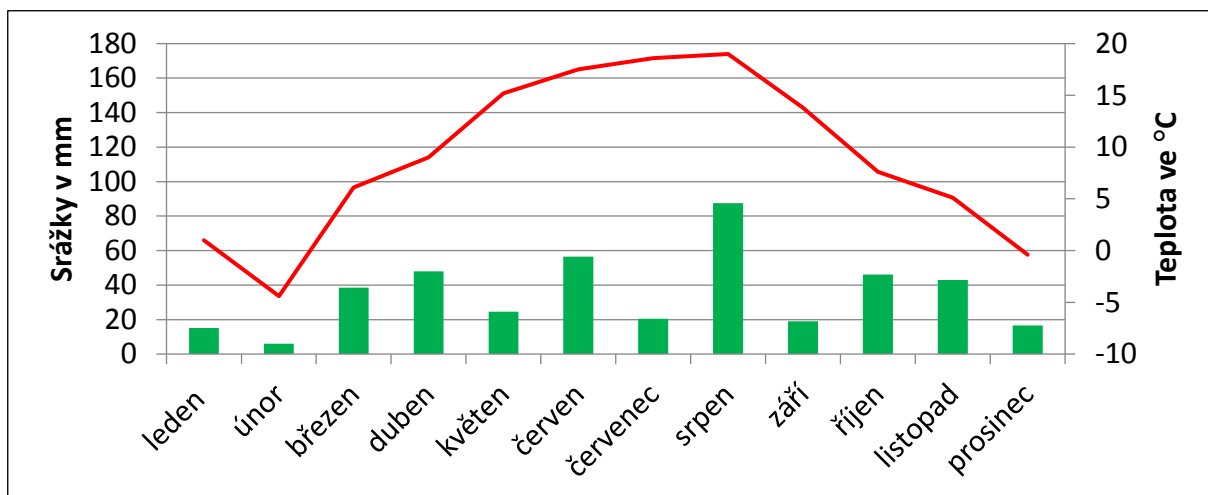
Tabulka 13: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích u ozimé pšenice

Tabulka 14: Korekce dávky P, K, Mg a Ca

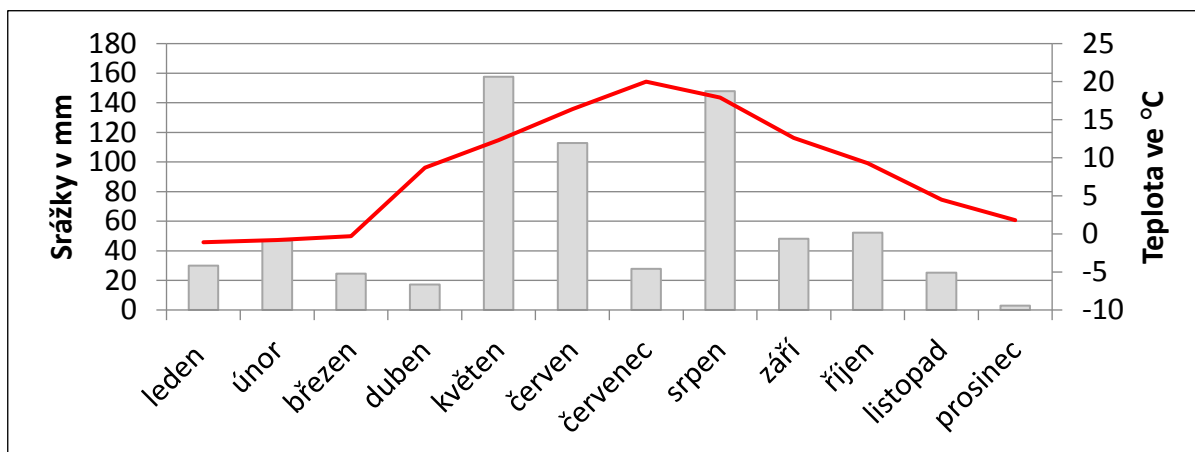
Tabulka 15: Agronomická efektivita využití dusíku ozimé řepky

Tabulka 16: Agronomická efektivita využití dusíku ozimé pšenice

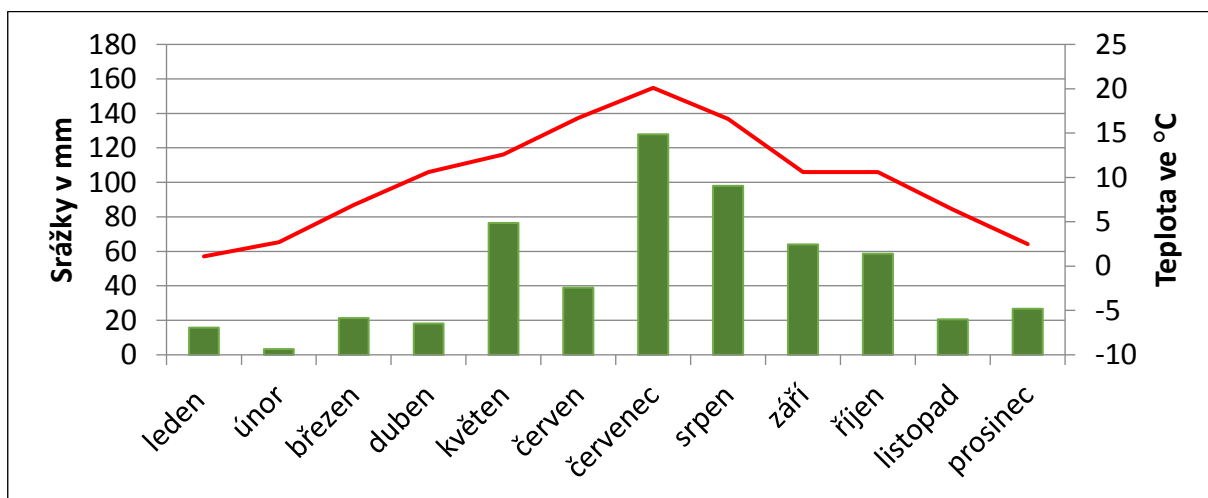
Graf 1: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2012



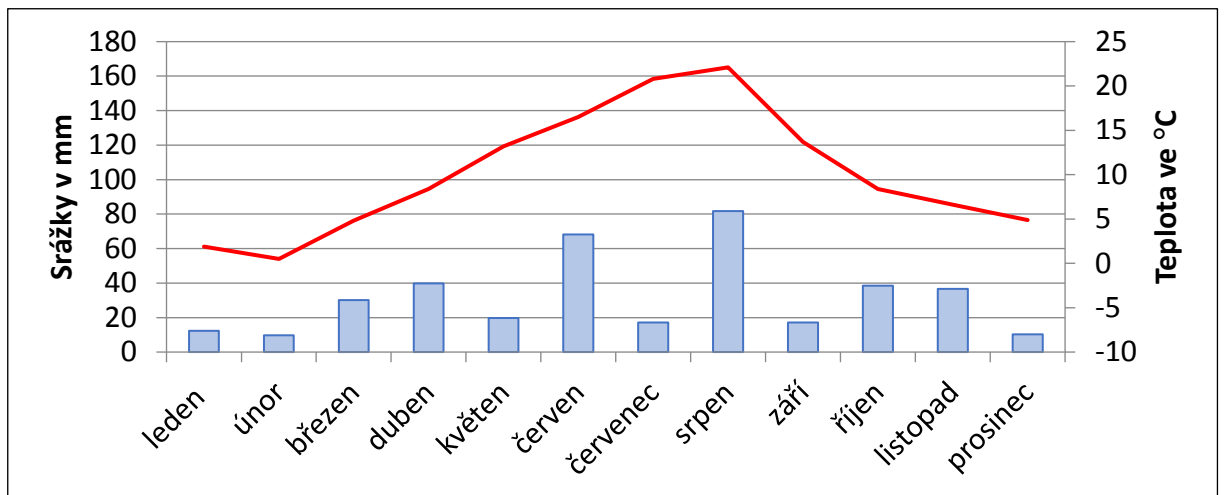
Graf 2: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2013



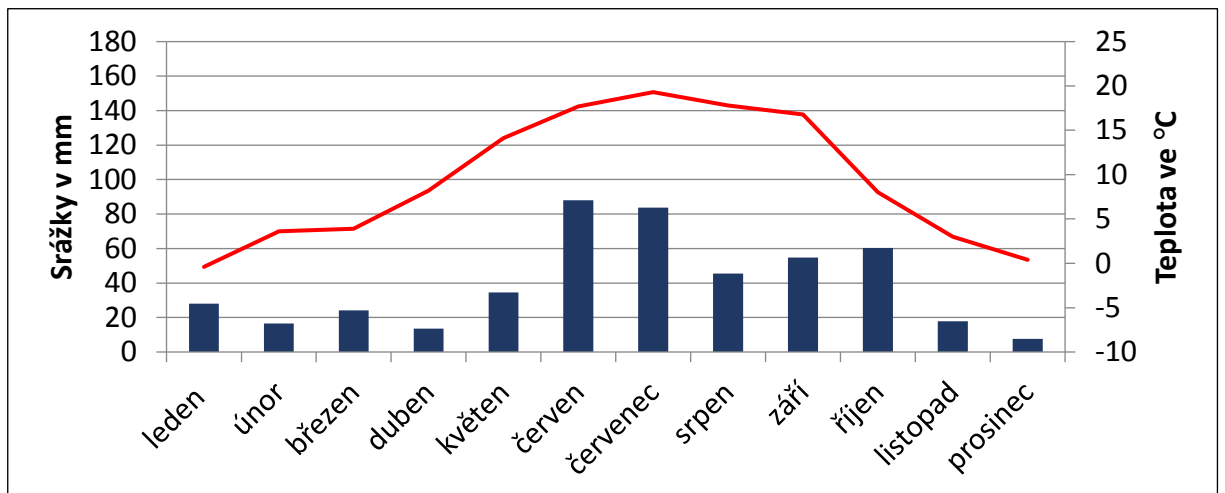
Graf 3: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2014



Graf 4: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2015



Graf 5: Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v roce 2016



Tab. 1: Charakteristika hodnocených lokalit dle BPEJ (zdroj: <http://bpej.vumop.cz/52911>)

| Půdní blok | Reliéf | Půdní typ | Půdní druh | pH | Humus (%) |
|--|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|
| P13.3 P14.2 Ř15.2 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | jh - jv; h - ph | 5,6 - 6,5; 6,5 - 7 | 1 - 2,5 |
| Ř14.4 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | jh - jv; h - ph | 5,6 - 6,5; 6,5 - 7 | 1 - 2,5 |
| Ř13.2 P14.1 Ř15.1 | rovina, mírný svah | černozem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 2 - 5 |
| P13.2 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 1 - 2 |
| Ř13.4 P14.4 | rovina | fluvizem | ph - h | 5,6 - 7,2 | 1,5 - 3 |
| Ř14.2 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 1 - 2 |
| Ř13.3 P14.3 P15.2 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | ph - h | 5,6 - 7,2 | 1,5 - 3 |
| P15.1 | rovina, mírný svah | hnědozem | ph - h; jh - jv | 5,6 - 6,5; 4,6 - 5,5 | 1 - 2,5 |
| P13.1 Ř14.1 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 1 - 2 |
| Ř13.1 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 1 - 2 |

Tab. 1: Pokračování

| Půdní blok | Reliéf | Půdní typ | Půdní druh | pH | Humus (%) |
|------------|-------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-----------|
| P13.4 | rovina, mírný až střední svah | kambizem | jh - jv; h - ph | 5,6 - 6,5; 6,5 - 7 | 1 - 2,5 |
| Ř14.3 | rovina | kambizem | ph - h | 5,6 - 6,5 | 1- 2 |

Tab. 2: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2013 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | N | Dávka N |
|------------|-----------------------------|----------------|---------|-----|---------|
| Ř13.2 | 7,55 | 12.3. | LAD | 110 | 180 |
| | | 18.4. | DAM 390 | 70 | |
| Ř13.2 | 6,76 | 5.3 | LAD | 110 | 180 |
| | | 18.4 | DAM 390 | 70 | |
| Ř13.3 | 7,01 | 5.3. | LAD | 110 | 180 |
| | | 24.4. | DAM 390 | 70 | |
| Ř13.4 | 7,65 | 5.3. | LAD | 110 | 180 |

Tab. 3: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2014 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | S | N | Dávka S | Dávka N |
|------------|-----------------------------|----------------|---------|----|-----|---------|---------|
| Ř14.1 | 3,43 | 12.2. | DASA | 53 | 106 | 65 | 207 |
| | | 24.2. | DASA | 12 | 23 | | |
| | | 6.4. | DAM 390 | - | 78 | | |
| Ř14.2 | 3,85 | 12.2. | DASA | 51 | 103 | 57 | 193 |
| | | 24.2. | DASA | 6 | 12 | | |
| | | 6.4. | DAM 390 | - | 78 | | |
| Ř14.3 | 3,05 | 18.2. | DASA | 46 | 92 | 46 | 170 |
| | | 6.4. | DAM 390 | - | 78 | | |

Tab. 3: Pokračování

| | | | | | | | |
|-------|------|-------|---------|----|----|----|-----|
| Ř14.4 | 3,95 | 12.2. | DASA | 45 | 90 | 57 | 191 |
| | | 24.2 | DASA | 12 | 23 | | |
| | | 6.4. | DAM 390 | - | 78 | | |

Tab. 4: Systém hnojení ozimé řepky v roce 2015 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | S | N | Dávka S | Dávka N |
|------------|--------------------------------|-------------------|---------|----|----|---------|---------|
| Ř15.1 | 2,9 | 23.2 | DASA | 24 | 49 | 48 | 176 |
| | | 26.2. | DASA | 24 | 49 | | |
| | | 14.4. | DAM 390 | - | 78 | | |
| Ř15.2 | 3,6 | 23.2. | DASA | 24 | 49 | 48 | 176 |
| | | 26.2. | DASA | 24 | 49 | | |
| | | 14.4. | DAM 390 | - | 78 | | |

Tab. 5: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2013 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Půdní blok | Výnos (t.ha ⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | N | Dávka N |
|------------|--------------------------------|-------------------|---------|----|---------|
| P13.1 | 6,09 | 25.3. | LAD | 69 | 139 |
| | | 26.4. | DAM 390 | 70 | |
| P13.2 | 6,78 | 25.3. | LAD | 69 | 139 |
| | | 26.4. | DAM 390 | 70 | |
| P13.3 | 6,54 | 25.3. | LAD | 69 | 139 |
| | | 26.4. | DAM 390 | 70 | |
| P13.4 | 5,83 | 25.3. | LAD | 69 | 139 |
| | | 26.4. | DAM 390 | 70 | |

Tab. 6: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2014 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Půdní blok | Výnos (t.ha⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | N | Dávka N |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|----------|----------------|
| P14.1 | 7,55 | 26.2. | LAD | 56 | 200 |
| | | 5.3. | LAD | 66 | |
| | | 8.4. | DAM 390 | 78 | |
| P14.2 | 6,76 | 26.2. | LAD | 56 | 200 |
| | | 5.3. | LAD | 66 | |
| | | 8.4. | DAM 390 | 78 | |
| P14.3 | 7,01 | 26.2. | LAD | 56 | 200 |
| | | 5.3. | LAD | 66 | |
| | | 8.4. | DAM 390 | 78 | |
| P14.4 | 7,65 | 25.2. | LAD | 41 | 215 |
| | | 5.3. | LAD | 66 | |
| | | 18.3. | LAD | 30 | |
| | | 8.4. | DAM 390 | 78 | |

Tab. 7: Systém hnojení ozimé pšenice v roce 2015 (kg č. ž./ha⁻¹)

| Lokalita | Výnos (t.ha⁻¹) | Datum aplikace | Hnojivo | N | Dávka N |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|----------|----------------|
| P15.1 | 6,5 | 25.2. | LAD | 60 | 197 |
| | | 5.3. | LAD | 59 | |
| | | 16.4. | DAM 390 | 78 | |
| P15.2 | 4,9 | 25.2. | LAD | 60 | 197 |
| | | 4.3. | LAD | 59 | |
| | | 16.4. | DAM 390 | 78 | |

Tab. 8: Kritéria hodnocení půdní reakce

| Hodnota pH | Půdní reakce |
|------------|-----------------|
| do 4,5 | extrémně kyselá |
| 4,6 - 5,0 | silně kyselá |
| 5,1 - 5,5 | kyselá |
| 5,6 - 6,5 | slabě kyselá |
| 6,6 - 7,2 | neutrální |
| 7,3 - 7,7 | alkalická |
| nad 7,7 | silně alkalická |

Tab. 9: Kritéria hodnocení obsahu fosforu v půdě (mg.kg⁻¹)

| Obsah | Fosfor |
|--------------|-----------|
| nízký | do 50 |
| vyhovující | 51 - 80 |
| dobrý | 81 - 115 |
| vysoký | 116 - 185 |
| Velmi vysoký | nad 185 |

Tab. 10: Kritéria hodnocení draslíku v půdě (mg.kg⁻¹)

| Obsah | Draslík | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | půda | | |
| | L | S | T |
| nízký | do 100 | do 105 | do 170 |
| vyhovující | 101 - 160 | 106 - 170 | 171 - 260 |
| dobrý | 161 - 275 | 171 - 310 | 261 - 350 |
| vysoký | 276 - 380 | 311 - 420 | 351 - 420 |
| Velmi vysoký | nad 380 | nad 400 | nad 470 |

Tab. 11: Kritéria hodnocení hořčíku a vápníku v půdě (mg.kg⁻¹)

| Obsah | Hořčík | | | Vápník | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| | půda | | | půda | | |
| | L | S | T | L | S | T |
| nízký | do 80 | do 105 | do 120 | do 1000 | do 1100 | do 1700 |
| vyhovující | 81 - 135 | 106 - 160 | 121 - 220 | 1001 - 1800 | 1101 - 2000 | 1701 - 3000 |
| dobrý | 136 - 200 | 161 - 265 | 221 - 330 | 1801 - 2800 | 2001 - 3300 | 3001 - 4200 |
| vysoký | 201 - 285 | 266 - 330 | 331 - 460 | 2801 - 3700 | 3301 - 5400 | 4201 - 6600 |
| Velmi vysoký | nad 285 | nad 330 | nad 460 | nad 3700 | nad 5400 | nad 6600 |

Tab. 12: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích u ozimé řepky

| 2013 | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř13.1 | slabě kyselá | vyhovující | dobrý | vyhovující | vyhovující |
| Ř13.2 | slabě kyselá | vyhovující | dobrý | dobrý | dobrý |
| Ř13.3 | slabě kyselá | vysoký | dobrý | vyhovující | vyhovující |
| Ř13.4 | slabě kyselá | vysoký | dobrý | dobrý | dobrý |
| 2014 | | | | | |
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř14.1 | slabě kyselá | vysoký | vysoký | dobrý | dobrý |
| Ř14.2 | slabě kyselá | velmi vysoký | velmi vysoký | dobrý | dobrý |
| Ř14.3 | slabě kyselá | vysoký | dobrý | dobrý | dobrý |
| Ř14.4 | slabě kyselá | vysoký | dobrý | dobrý | vysoký |
| 2015 | | | | | |
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| Ř15.1 | slabě kyselá | dobrý | vyhovující | vyhovující | vyhovující |
| Ř15.2 | slabě kyselá | dobrý | vyhovující | dobrý | vyhovující |

Tab. 13: Hodnocení agrochemických vlastností půd na jednotlivých půdních blocích u ozimé pšenice

| 2013 | | | | | |
|------------|--------------|--------------|------------|-------|------------|
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| P13.1 | slabě kyselá | vysoký | vyhovující | dobry | dobry |
| P13.2 | slabě kyselá | dobry | dobry | dobry | vyhovující |
| P13.3 | slabě kyselá | dobry | dobry | dobry | dobry |
| P13.4 | alkalická | vysoký | dobry | dobry | vysoký |
| 2014 | | | | | |
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| P14.1 | slabě kyselá | dobry | dobry | dobry | dobry |
| P14.2 | slabě kyselá | vyhovující | vysoký | dobry | vyhovující |
| P14.3 | kyselá | velmi vysoký | dobry | dobry | dobry |
| P14.4 | slabě kyselá | dobry | vysoký | dobry | dobry |
| 2015 | | | | | |
| Půdní blok | pH | P | K | Mg | Ca |
| P15.1 | slabě kyselá | vyhovující | vyhovující | dobry | vyhovující |
| P15.2 | slabě kyselá | vyhovující | dobry | dobry | vyhovující |

Tab. 14: Korekce dávky P, K, Mg a Ca

| Obsah | Hodnocení + korekce dávky P, K, Mg a Ca |
|--------------|---|
| nizký | potřeba dosycení příslušnou živinou, zvýšit vypočtenou dávku o 50 % |
| vyhovující | potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, zvýšit vypočtenou dávku o 20 až 30 % |
| dobry | příznivý obsah, jehož udržení je třeba zajistit nahrazovacím hnojením příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů |
| vysoký | potřeba vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (2 - 3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré |
| velmi vysoký | tento obsah je z ekologického hlediska nevhodný, hnojení příslušnou živinou je nepřijatelné - je třeba vypustit hnojení danou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZPP |

Tab. 15: Efektivita využití dusíku u ozimé řepky
$$\text{PFP} - \text{N} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}) = \text{výnos} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}) / \text{aplikované množství N} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1})$$

| 2013 | | | |
|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Půdní blok | Výnos (kg.ha ⁻¹) | Dávka N (kg.ha ⁻¹) | N (kg.ha ⁻¹) |
| Ř13.1 | 2600 | 180 | 14,4 |
| Ř13.2 | 2940 | 180 | 16,33 |
| Ř13.3 | 3370 | 180 | 18,72 |
| Ř13.4 | 3610 | 180 | 20,05 |
| 2014 | | | |
| Půdní blok | Výnos (kg.ha ⁻¹) | Dávka N (kg.ha ⁻¹) | N (kg.ha ⁻¹) |
| Ř14.1 | 3430 | 207 | 16,57 |
| Ř14.2 | 3850 | 193 | 19,94 |
| Ř14.3 | 3050 | 170 | 17,94 |
| Ř14.4 | 3950 | 191 | 20,68 |
| 2015 | | | |
| Půdní blok | Výnos (kg.ha ⁻¹) | Dávka N (kg.ha ⁻¹) | N (kg.ha ⁻¹) |
| Ř15.1 | 2900 | 197 | 14,72 |
| Ř15.2 | 3600 | 197 | 18,27 |

Tab. 16: Efektivita využití dusíku u ozimé pšenice
$$\text{PFP} - \text{N} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}) = \text{výnos} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}) / \text{aplikované množství N} (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1})$$

| 2013 | | | |
|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Půdní blok | Výnos (kg.ha ⁻¹) | Dávka N (kg.ha ⁻¹) | N (kg.ha ⁻¹) |
| P13.1 | 6090 | 139 | 43,81 |
| P13.2 | 6780 | 139 | 48,77 |
| P13.3 | 6540 | 139 | 47,05 |
| P13.4 | 5830 | 139 | 41,94 |

Tab. 16: pokračování

| 2014 | | | |
|-------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|
| Půdní blok | Výnos (kg.ha⁻¹) | Dávka N (kg.ha⁻¹) | N (kg.ha⁻¹) |
| P14.1 | 7550 | 200 | 37,75 |
| P14.2 | 6760 | 200 | 33,8 |
| P14.3 | 7010 | 200 | 35,05 |
| P14.4 | 7650 | 215 | 35,58 |
| 2015 | | | |
| Půdní blok | Výnos (kg.ha⁻¹) | Dávka N (kg.ha⁻¹) | N (kg.ha⁻¹) |
| P15.1 | 6500 | 197 | 32,99 |
| P15.2 | 4900 | 197 | 24,87 |