

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Analýza vlivu hnojení a agrochemických vlastností půd na
výnos ozimé řepky v zemědělském podniku**

Diplomová práce

Bc. et Bc. Simona Procházková

Výživa a ochrana rostlin

Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "Analýza vlivu hnojení a agrochemických vlastností půd na výnos ozimé řepky v zemědělském podniku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. za odborné, trpělivé vedení, cenné rady a připomínky při tvoření diplomové práce. Poděkování patří také Ing. Janu Procházkovi, Ph.D., Ing. Simoně Procházkové a společnosti AGRO PODLESÍ, a.s. za jejich spolupráci, ochotu, cenné rady a poskytnutí potřebných materiálů pro vypracování praktické části diplomové práce.

Analýza vlivu hnojení a agrochemických vlastností půd na výnos ozimé řepky v zemědělském podniku

Souhrn

Diplomová práce se zabývá vlivem hnojení chlěvským hnojem, digestátu, mletého vápence a minerálního hnojení na výnos semene ozimé řepky. Je předpokládáno, že na plochách, kde je provedena aplikace digestátu společně s minerálními hnojivy, bude dosahováno vyššího výnosu než na plochách hnojených pouze minerálně. Dále předpokládáme, že na pozemcích hnojených digestátem bude dosahováno vyšších výnosů řepky než na pozemcích hnojených hnojem. Na pozemcích, kde bude aplikován mletý vápenec, předpokládáme zvýšení výnosů řepky v důsledku zlepšení příjmu dalších živin a úpravou půdních vlastností.

Experimentální část práce byla provedena na základě údajů ze zemědělského podniku AGRO PODLEŠÍ, a.s. Červené Janovice. Z výsledků vyplývá, že nejvyššího výnosu bylo dosaženo v roce 2015 (4,3 t/ha) při celkové úrovni hnojení 193,5 kg N/ha. Při snižování celkové dávky N bylo sledováno snižování výnosů ozimé řepky.

Předpokládané vlivy použití organických a statkových hnojiv na zvýšení výnosu v rámci práce nebyly prokázány. Stejně tak nebylo na základě analýzy sledovaných dat prokázáno zvýšení výnosu řepky po aplikaci vápence na pozemky, kde byla pěstována ozimá řepka.

Klíčová slova: ozimá řepka, hnojení, výnos, agrochemické půdní vlastnosti

Analysis of the influence of fertilization and soil agrochemical properties on the yield of winter rape in farming company

Summary

This thesis deals with the influence of manure fertilization, digestate, ground limestone and mineral fertilization on the yield of winter rape seed. It is assumed that in areas where digestate is applied together with mineral fertilizers, a higher yield will be achieved than in areas fertilized only with mineral fertilizers. The thesis also assumes that higher rapeseed yield will be achieved on land fertilized with digestate than that on land fertilized with manure. On land where ground limestone will be applied, we expected an increase in rapeseed yield due to improved intake of the nutrients and adjustment of soil properties.

The experimental part of the work was performed on the basis of data from the agricultural company AGRO PODLESÍ, a.s. Červené Janovice. The results show that the highest yield was achieved in 2015 (4.3 t/ha) with a total fertilization level of 193.5 kg N/ha. When reducing the total dose N, a decrease in winter rape yields was observed.

The expected effects of the use of organic and livestock fertilizers on the increase in yield in the work have not been proven. Similarly, based on the analysis of the monitored data, no increase in rapeseed yield was demonstrated after the application of ground limestone to and where winter rape was grown.

Keywords: winter rape, fertilization, yield, soil agrochemical properties

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Ozimá řepka a tvorba výnosu.....	12
3.1.1	Faktory ovlivňující výnos.....	13
3.2	Výživa a hnojení	15
3.3	Dusík.....	17
3.3.1	Dusík v půdě.....	18
3.3.2	Dusík v rostlině.....	19
3.3.3	Hnojení a přihnojení v podzimním období	20
3.3.3.1	Organické hnojení	21
3.3.3.2	Založení porostu a přihnojení	23
3.3.4	Jarní přihnojení	24
3.4	Fosfor.....	25
3.4.1	Fosfor v půdě	26
3.4.2	Fosfor v rostlině	26
3.4.3	Výživa fosforem	28
3.5	Draslík.....	29
3.5.1	Draslík v půdě.....	29
3.5.2	Draslík v rostlině	30
3.5.3	Výživa draslíkem	30
3.6	Vápník.....	31
3.7	Půdní reakce	32
3.8	Hořčík	33
3.9	Síra	34
3.10	Bór a mikroprvky.....	36
4	Metodika	38
4.1	Charakteristika podniku	38
4.2	Pěstované plodiny	38
4.3	Výživa ozimé řepky.....	39
4.4	Zjišťování výnosu.....	40
4.5	Metoda hodnocení dat	40
5	Výsledky	41
5.1	Struktura předplodin	41
5.2	Vliv předplodiny na výnos.....	42

5.3	Vliv aplikované dávky dusíku na výnos	43
5.4	Vliv aplikace hnoje na výnosy	43
5.5	Vliv agrochemických vlastností na výnos	45
5.5.1	Rok 2015	45
5.5.2	Rok 2016	49
5.5.3	Rok 2017	51
5.5.4	Rok 2018 a 2019	54
6	Diskuze	56
6.1	Vliv předplodiny a data setí na výnos	56
6.2	Vliv organického a statkového hnojení na výnosy řepky	57
6.3	Vliv vápnění na výnosy řepky	58
6.4	Vliv aplikované dávky N na výnos řepky	59
7	Závěr	60
8	Literatura	61
9	Samostatné přílohy	I

Seznam Grafů

Graf 1: Odběr živin semeny a posklizňovými zbytky (dle Vaňka et al. 2016; Baranyk et al. 2007)	16
Graf 2: Potřeba mikroživin u řepky ozimé (Baranyk et al 2007)	17
Graf 3: Vliv aplikované dávky N na průměrný výnos řepky	43
Graf 4: Závislost výnosu na pH půdy 2015	46
Graf 5: Závislost výnosu na obsahu přijatelného P v půdě [mg/kg]	46
Graf 6: Vliv obsahu přijatelného draslíku v půdě [mg/kg] na výnosy 2015	47
Graf 7: Závislost výnosu řepky na obsahu přijatelného Mg 2015 [mg/kg]	48
Graf 8: Vliv obsahu přijatelného Ca [mg/kg] na výnos řepky 2015	48
Graf 9: Vliv pH na výnosy 2016	49
Graf 10: Vliv obsahu P na výnosy 2016	49
Graf 11: Vliv obsahu K v půdě na výnosy řepky 2016	50
Graf 12: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2016	50
Graf 13: Vliv obsahu přijatelného Ca [mg/kg] na výši výnosu řepky 2016	51
Graf 14: Vliv pH půdy na výnosy řepky 2017	52
Graf 15: Vliv přijatelného P na výnosy řepky 2017	52
Graf 16: Vliv obsahu K v půdě na výnos řepky 2017	53

Graf 17: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2017	53
Graf 18: Vliv obsahu Ca v půdě na výnos řepky 2017	54
Graf 19: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2019	55
Graf 20: Vliv pH půdy na výnos ozimé řepky 2018	55

Seznam tabulek

Tabulka 1: Odběrový normativ živin	16
Tabulka 2: Průměrný obsah, ztráty a využití živin hnoje skotu [%] (zpracováno dle Vaňka et al. 2016)	22
Tabulka 3: pH, obsah sušiny, OL a živin v digestátu (zpracováno dle Vaňka et al. 2016)	23
Tabulka 4: Zastoupení plodin na orné půdě 2015-2019 (interní podklady společnosti)	39
Tabulka 5: Procentuální zastoupení předplodin v jednotlivých letech	41
Tabulka 6: Vliv předplodiny na průměrný výnos řepky 2015	42
Tabulka 7: Vliv předplodiny na průměrný výnos řepky 2016	42
Tabulka 8: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2016	44
Tabulka 9: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2017	44
Tabulka 10: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2018	44
Tabulka 11: Procentuální aplikace jednotlivých hnojiv a vápence v letech 2015-2019	45
Tabulka 12: Vliv předplodin na výnos řepky 2018	57

1 Úvod

Řepka olejka (*Brassica napus*) je pěstována buď jako ozimá či jarní forma. V systému pěstování České republiky jí v převážné většině můžeme vidět jako ozimou plodinu. Společně tak s naší nejvíce pěstovanou plodinou pšenicí setou (*Triticum aestivum*) tvoří nejvýznamnější dvojici ozimů u nás pěstovaných a zároveň i co se počtu osetých ploch týče, udržují si tyto dvě plodiny svá místa v pomyslném žebříčku. Ač nedosahuje takové rozlohy osetých hektarů jako pšenice setá, patří řepka olejka k nejvíce mediálně zprofanovaným plodinám českého zemědělství.

Tato skutečnost je s údivem přijímána odborníky a zemědělci, kteří v pěstování řepky olejky zdaleka nevidí takovou hrozbu. Pokud se na tuto plodinu podíváme ze zemědělského hlediska, vyniká velmi dobrou předplodinovou hodnotou pro následné plodiny. A to jak díky velkému množství posklizňových zbytků, které po jejím sklizení na pozemku zůstanou, jako tzv. organické hnojivo, tak i díky stavbě jejich kořenů, které svou kúlovou strukturou dobře prostupují půdním profilem a pomáhají tak k udržení dobré půdní struktury a provzdušnění ornice.

Pokud bychom ohlédli do zemědělské minulosti, zjistili bychom v celku překvapivou věc, tato plodina totiž zaujímala v osevních postupech celkem nepatrné zastoupení. K radikální změně došlo po 2. světové válce, kdy křivka ploch osetých touto plodinou začala vykazovat čím dál tím strmější charakter. Důvodem tohoto nárůstu byla především potřeba nahradit chybějící živočišné tuky pro lidskou výživu těmi rostlinnými.

V těchto dobách však řepka olejka ještě zdaleka nedosahovala takových kvalitativních parametrů, jaké můžeme u této plodiny standardně pozorovat dnes. Velký dík by proto měl směřovat hlavně šlechtitelům, kdy na základě jejich dlouholetého úsilí a vytrvalé práce můžeme vybírat z tak kvalitní odrůdové nabídky, na kterou jsme dnes standardě zvyklí.

Vzhledem k faktu, že řepka olejka zatím stále patří k plodinám, jejichž pěstováním si daný zemědělec či zemědělský podnik zajistí rčitou výši výdělku, je na místě zajistit této plodině co možnánejlepší podmínky pro dosahování vysokého a kvalitního výnosu.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce bylo vyhodnocení vlivu systému hnojení při spolupůsobení agrochemických vlastností půd na výnosy ozimé řepky ve vybraném zemědělském podniku. Vyhodnocena byla data za období 2015–2019.

Hypotézy:

1. Předpokládá se, že na půdách s podobnými agrochemickými vlastnostmi bude řepka hnojená digestátem dosahovat vyššího výnosu než řepka digestátem nehnojená.
2. Předpokládá se, že vápnění půd před pěstováním řepky zvýší výnos semen.
3. Předpokládá se, že řepka hnojená digestátem bude dosahovat vyšších výnosů než řepka hnojená hnojem, při stejné úrovni dusíkatého hnojení.

3 Literární rešerše

3.1 Ozimá řepka a tvorba výnosu

Životní cyklus ozimé řepky se uskutečňuje ve dvou vegetačních obdobích. Na podzim prvního roku se tvoří vegetativní orgány jako kořenový systém a listová růžice a shromažďují se asimiláty v kořenové hmotě a hypokotylu (Fábry 2007, in Barayk et al. 2007). Termín založení porostu by měl před nástupem zimy zaručit, že rostlina ozimé řepky dosáhne růstové fáze 6-8 listů a tloušťky kořenového krčku 8-12 mm. Optimální agrotechnická lhůta pro výsev řepky se pohybuje v rozmezí druhé až třetí dekády srpna s mírnými krajovými a ročníkovými odlišnostmi. Dle zkušeností je v našich podmínkách vhodnější vysévat řepku na počátku agrotechnické lhůty (Baranyk et al. 2010).

Begna et Angadi (2016) na základě polních pokusů prováděných na jihozápadě USA uvádějí, že datum založení porostu má vliv na schopnost přezimování rostlin. U porostů založených počátkem října došlo k poklesu hustoty porostů v jarním období až o 25 %. Množství přezimovaných rostlin kleslo také u varianty, kde došlo k brzkému výsevu (o 19 %). Nižší schopnost přezimování se tak týká nejen malých rostlin (pozdě setých porostů), tak i rostlin přerostlých (porosty seté příliš brzy).

Pozdní založení porostu však má negativní vliv i na délku vegetačního období a délku období květu řepky, kde dochází ke zkrácení zhruba o 7 dní. Vzhledem ke zkrácené délce doby vegetace v podzimním období tak dochází k poklesu produkce nadzemní sušiny (Begna et Angadi 2016). Sieling et al. (2017) udávají, že opožděný termín zakládání porostů nemá vliv pouze na sníženou produkci nadzemní sušiny, tedy i indexu zelené plochy, ale především sníženou redukci sušiny kořenové hmoty. Tyto důsledky nebylo možné zcela kompenzovat ani aplikací dusíku (N) v hnojivech. Biologický výnos je pak výsledkem rychlosti růstu a doby trvání vegetačního období (Diepenbrock 2000). Baranyk et al. (2007) uvádí, že optimální pokryvnost listoví v období listové růžice se má pohybovat mezi 1,5 až 2,5 indexu listové plochy (LAI), přičemž byla zjištěna závislost mezi počtem listů na podzim a výnosovou schopností. Vývoj hodnoty indexu listové plochy (LAI) v podzimním a zimním období je závislý především na intercepci a schopnosti využití slunečního záření (Rossato et al. 2001).

Pro přechod řepky do generativního stavu je potřeba procesu vernalizace. Obecně se předpokládá, že vernalizace je proces probíhající v chladném období. Pokusy prováděné ve Velké Británii však ukázaly, že u ozimé řepky dochází k tomuto procesu v období podzimu. Optimální teplota vzduchu se pohybuje mezi 10 a 12 °C. Koncem listopadu pak dochází

k dokončení vývoje květů na apikálním meristému. Zvýšení teploty vzduchu koncem podzimu o 5 °C má vliv na zpoždění kvetení porostu ozimé řepky o 5-7 dní (O'Neill et al. 2019).

S nástupem zimy se v mnoha oblastech světa mohou vyskytovat nízké teploty nebo prudké výkyvy teploty vzduchu, což může být faktorem pro vyvolání chladového stresu a následného kritického snížení výnosu. U rostlin aklimatizovaných na nízké teploty je sledován vyšší obsah volného prolinu, aktivita H⁺-ATPázy a stabilní úroveň emisí ethylenu a vyšší míra přežití zimy porostem. Pokud dojde k výkyvům teplot, rostlina je pak schopna reaklimatizace vůči nízkým teplotám (Jankovská-Bortkevič et al. 2019).

Pro tvorbu výnosu je důležitý index listové plochy nejen v podzimním období, ale také v počáteční fázi prodlužování stonku. Hodnoty LAI v tomto období tak lze použít k odhadu výnosu řepkového semene s chybou 15 % (Peng et al. 2019). Předpokladem pro stabilitu výnosu je rovnoměrné rozmístění rostlin na jednotku plochy, jelikož hustota porostu vysoce ovlivňuje složky výnosu a tím i výnos semen. Pro vytvoření dobrých podmínek pro vznik vysokého výnosu je nutné založit optimálně hustý porost. U každé rostliny je vyžadován co nejvyšší počet dlouhých šesulí, jelikož délka šesule ovlivňuje počet semen uvnitř. Při šlechtění jsou tedy vybírány rostliny s nejdelšími šesulemi. Hmotnost semen je také úzce spojena s velikostí fotosyntetické plochy, tedy s nežádoucím úbytkem listoví od počátku kvetení (Diepenbrock 2000).

Weymann et al. (2015); Šiler et al. (2020) došli k závěru, že povětrnostní podmínky významně ovlivňují výnos. Tedy je možné asi 40 % variability ve výnosu semen řepky vysvětlit vlivem průběhu povětrnostních podmínek během jednotlivých růstových fází. Z pokusů realizovaných v Německu vyplývá, že nejcitlivějšími fázemi byla tvorba šesulí a semen a vývoj semen. V těchto fázích byla rostlina významně ovlivněna teplotou vzduchu, slunečním zářením a množstvím srážek.

3.1.1 Faktory ovlivňující výnos

Výše výnosu u řepky je ovlivněna mnoha prvky a faktory. Mezi hlavní výnosotvorné prvky patří množství rostlin na jednotku plochy (1 m²), počet šesulí na rostlině, počet semen v šesuli a hmotnost tisíce semen (HTS). Úroveň jmenovaných výnosotvorných prvků je ovlivňována genotypem použité odrůdy, který je často překryt ročníkem, ekologickými podmínkami a agrotechnikou. Podstatným faktorem působícím na výnos jsou také konkurenční vztahy v porostu (Baranyk et al. 2010).

Na výši výnosu má vliv již samotné datum založení porostu, které tak ovlivňuje nejen schopnost vytvoření dostatku nadzemní sušiny, ale také schopnost přezimování rostlin. Optimální je vysévat řepku ozimou zhruba uprostřed agrotechnického termínu. Zvyšuje se tím schopnost tvorby sušiny a přezimování porostu, což se následně projevuje i vyšším výnosem – v závislosti na ročníku se rozdíl ve výnosu středně zakládáných porostů oproti pozdním liší i o desítky procent (Robertson et al. 2004; Begna et Angadi 2016). Brown et al. (2019) uvádějí, že při výskytu nižších teplot koncem podzimního období a začátkem zimy je u některých odrůd dosahováno vyššího výnosu semen řepky. Stabilita výnosu v důsledku podzimních teplot je ve velké míře ovlivněna genotypem odrůdy.

V jarním období je klíčový optimální přísun srážek, teplota vzduchu a množství slunečního záření. Výše výnosu semen je zmíněnými faktory ovlivňována již před začátkem kvetení, kdy snížení listové plochy se může podílet na snížené asimilaci. Při nedostatku vody dochází k omezení transportu asimilátů a živin do orgánů rostliny. Ozimá řepka je citlivá na teplotu vzduchu jak v období tvorby šesulí a semen, tak i v období vývoje semen. Zvýšení teploty vzduchu zkracuje dobu vývoje semen a urychluje stárnutí šesulí a listů (Weymann et al. 2015).

Bečka et al. (2007) uvádějí, že z hlediska fyto-sanitárních důvodů pro výskyt řady chorob a škůdců, se nedoporučuje řepku pěstovat v monokultuře a na stejný pozemek by měla přijít minimálně za 4 roky. Přesto jsou běžně zakládány porosty po řepkové předplodině, kde je nutné zvýšit úroveň chemické ochrany a hnojení. Tento vývoj je patrný především u hlavních rostoucích regionů v EU, Kanadě, Číně, Indii a Austrálii, kde při pěstování řepky v monokultuře je dosahováno nižších výnosů – průměrně 3,33 t/ha (Hegewald et al. 2018). Hilton et al. (2013) udávají pokles výnosu monokultury řepky až o 25 %. To může být způsobeno přítomností patogenních hub (*Pyrenochaeta* sp., *Olpidium brassicae*) v rhizosféře, které při vysokém výskytu snižovaly tvorbu kořenové a nadzemní biomasy vzcházejících rostlin, dochází ke zpoždění kvetení porostu, snižuje se navětvení rostlin a následná produkce šesulí a semen a jejich kvalita.

Základním požadavkem na předplodinu je, aby umožnila výsev v agrotechnické lhůtě. Optimálně se jedná např. o rané brambory a zeleninu, ozimé a jarní směsky či hrách (Bečka et al. 2007). Při zvolení jiné předplodiny než je řepka, tak obvykle dochází k nárůstu výnosu. Ze získaných dat bylo zjištěno, že nejnižšího, ale konstantního nárůstu výnosu bylo u řepky dosahováno po ječmeni, kde se jednalo průměrně o 0,22 t/ha. Nejvyššího nárůstu výnosu je dosahováno po luštěninách. V případě luštěnin a pšenice jako předplodiny však dochází ke kolísání nárůstu výnosu v jednotlivých letech (Hegewald et al. 2018). Ren et al. (2015) na

základě pokusu prováděném v Číně konstatují, že předplodina má na výnos řepky významný vliv. V jejich studii byly sledovány výnosy ozimé řepky pěstované po rýži nebo po bavlníku. Bylo zjištěno, že výnosy řepky pěstované po bavlníku byly vyšší než výnosy řepky po rýži. Obecně je doporučeno zastoupení ozimé řepky v osevním postupu 12,5 %, ovšem běžně dochází ke střídání ozimé řepky a pšenice (Bečka et al. 2007). Hegewald et al. (2016) na základě několikaletých pokusů uvádějí, že v systému ozimá pšenice-ozimá pšenice-ozimá řepka dochází k poklesu výnosu řepky. Výnos však není ovlivňován pouze předplodinou, ale také časovým rozestupem ozimé řepky na daném pozemku.

Výživa rostlin hraje důležitou roli při produkci ozimé řepky. Wang et al. (2015) na základě pokusů prováděných v Číně konstatují, že nedostatek živin během vegetačního období výrazně ovlivňuje hustotu porostu, a to především ve fázi přezimování. V důsledku nedostatku živin v půdě je snižována koncentrace živin v rostlinách, je omezena produkce sušiny a příjem živin. Slabý růst jedinců a snížení hustoty porostu mají za následek snížení výnosu. Tian et al. (2020) uvádějí, že vztah mezi výnosem ozimé řepky a úrovní hnojení je velice úzký. Na základě provedených pokusů, kde byla sledována výše výnosu ozimé řepky v závislosti na úrovni hnojení a hustoty porostu, bylo zjištěno, že úroveň hnojení porostů měla významný vliv na zvýšení výnosu semen na rozdíl od hustoty porostu. Vzhledem k tomu, že může být pozorována různá hustota porostů, je nutné dodržovat vyvážené použití živin (N, P, K, S, B), protože nízká hustota rostlin na plochu může být kompenzována jejich individuálním růstem za předpokladu optimální míry hnojení.

3.2 Výživa a hnojení

Ozimá řepka se v posledních dvou desetiletích stala jednou z nejdůležitějších olejnin. Hlavním důvodem tohoto trendu je její multifunkční využití. U osevních ploch byl sledován vysoký nárůst, ovšem u výnosu takový trend pozorován nebyl. Klíčovým důvodem pro pomalý nárůst výnosu je velké množství požadovaných živin a citlivost rostlin na poškození během zimy. Nutriční stav rostlin během vegetativního růstu ovlivňuje výši výnosu semen, tedy zvýšené koncentrace některých živin oproti ostatním vedou k nevyrovnaným výnosům (Szczepaniak et al. 2015).

Pro dobrý výnos je tak nutné zajistit dostatečný přísun živin rostlinám. V jejich spotřebě se ozimá řepka řadí mezi velmi náročné plodiny (viz tab. 1), (Baranyk et al. 2010). Odběrový normativ na produkci 1 t semene a vedlejší produkt může být ovlivněn dosaženým výnosem hlavního, ale především vedlejšího produktu, průběhem počasí v daném roce a dalšími faktory. Řepka se vyznačuje dobrou osvojecí schopností pro živiny. Pro vytvoření dostatečné

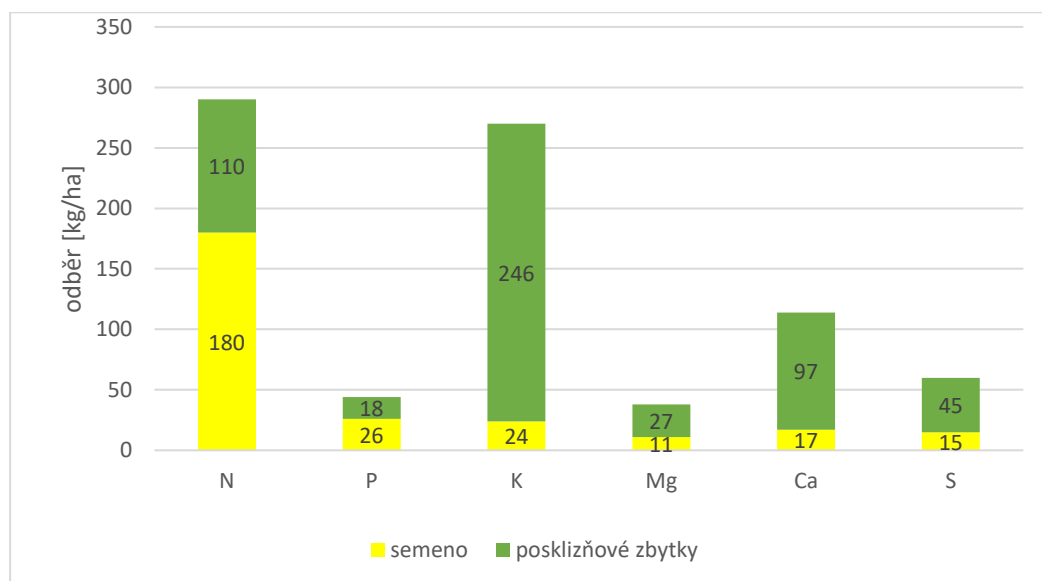
kořenové hmoty má vyšší schopnost příjmu živin a je schopna využívat i jejich méně dostupné formy. Rostliny řepky tak jsou schopny uvádět do oběhu živiny, které nedokáží ostatní plodiny využívat (Vaněk et al. 2016).

Tabulka 1: Odběrový normativ živin

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

Ve své nadzemní biomase jsou rostliny schopny akumulovat velké množství živin. Řepka začíná vegetovat již koncem zimy a brzy na jaře, přičemž intenzivní příjem živin začíná při dlouhivém růstu a přetrvává až do období květu. Rostliny tak přijmou velké množství živin v průběhu několika týdnů, a je tedy nutné, aby potřebné živiny byly v půdě k dispozici (Vaněk et al. 2016). Při sklizni, kdy je odváženo z pole pouze semeno řepky, je velké množství těchto prvků navraceno zpět do půdy prostřednictvím posklizňových zbytků viz graf 1 a 2 (Baranyk et al. 2007).

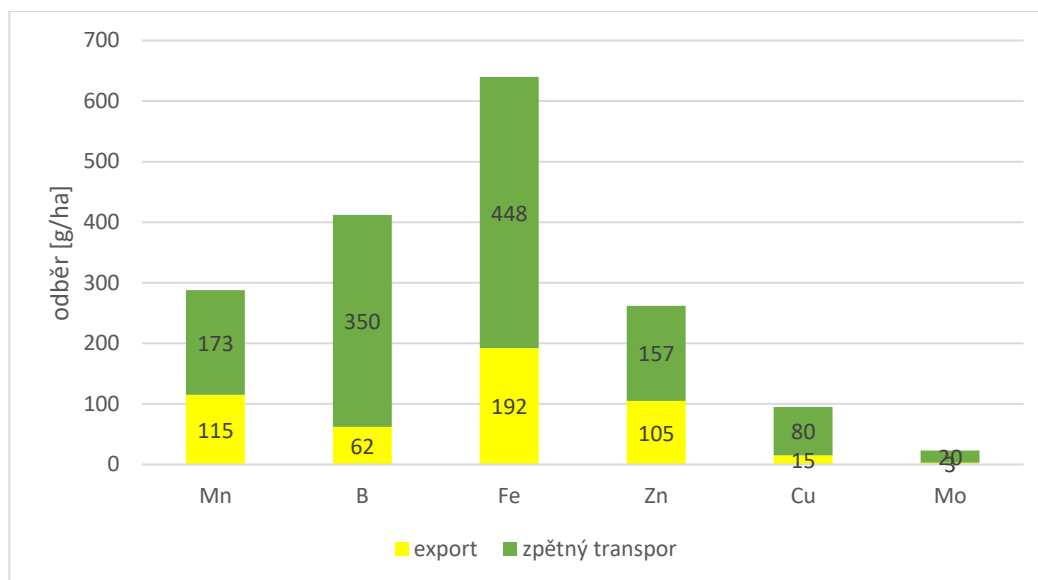
Graf 1: Odběr živin semeny a posklizňovými zbytky (dle Vaňka et al. 2016; Baranyk et al. 2007)



Weiser et al. (2018) poukazují na skutečnost, že v rámci intenzivního hospodaření na půdě je řepka vhodnou ředplodinou pro další plodiny, a to zejména z důvodu schopnosti navrácení velkého množství živin zpět do půdy. Na základě pokusů prováděných na několika farmách po celém Německu byl zjištěn pozitivní vliv ozimé řepky jako předplodiny na výnosy ozimé pšenice (průměrné zvýšení o 0,56 t/ha). Navíc bylo zjištěno, že po řepce měla ozimá pšenice k dispozici více dostupného N a snížily se tak její nároky na hnojení (spotřeba hnojiv poklesla průměrně o 5 kg N/ha). V rámci studie také byla vyslovena hypotéza, že obilky pšenice pěstované po řepce by mohly obsahovat vyšší obsah bílkovin. V takovém případě by zvyšovalo

efektivitu pěstovat odrůdy s vyšším potenciálem obsahu bílkovin po řepce. Hypotéza ovšem nebyla zcela prokázána vzhledem k různému zastoupení odrůd v jednotlivých spolkových zemích Německa.

Graf 2: Potřeba mikroživin u řepky ozimé (Baranyk et al 2007)



3.3 Dusík

Dusík je nepostradatelnou živinou nejen pro rostliny, ale pro všechny živé organismy včetně půdních mikroorganismů. Celkové množství dusíku vyskytujícího se na planetě je odhadováno na $2,1 \times 10^{17}$ t. Převážná většina je soustředěna v litosféře, ale v rámci koloběhu dusíku má největší význam N v atmosféře (Vaněk et al. 2012).

Všechny rostliny využívají N v iontové formě (NO_3^- nebo NH_4^+). Je to nejdůležitější prvek pro správný růst a vývoj rostlin, který významně zvyšuje výnos a jeho kvalitu a hraje zásadní roli v biochemických a fyziologických procesech v rostlinách (Leghari et al. 2016). Rathke et al. (2005) však na základě prováděných pokusů uvádějí, že při hnojení N dochází ke zvyšování výnosu, ale dodávají, že vysoké dávky mají negativní vliv na obsah oleje v semenech.

Přijatý dusík je v rostlinách využíván k tvorbě organických látek, jako jsou aminokyseliny a z nich bílkoviny, které jsou základní součástí všech živých buněk a pletiv rostlin (Vaněk et al. 1998). Rostliny přijatý minerální dusík především v listech redukuje na amonný dusík. Vznikající NH_3 je vázán na organické kyseliny a vznikají aminokyseliny. Nejčastěji dochází ke vzniku kyseliny glutamové a asparagové. Obě aminokyseliny jsou schopny vázat další molekulu NH_3 a tvořit tak amid – glutamin a aspargin. Z těchto aminokyselin a amidů se syntetizují další aminokyseliny, které jsou základními kameny peptidů a polypeptidů.

Bílkoviny tvoří podstatnou část živých buněk a rostlinných pletiv. Jsou obsaženy především v mladých orgánech, dělivých pletivech, enzýmech, nukleoproteidech a dalších látkách jako je např. chlorofyl (Vaněk et al. 2012).

Při nedostatku dusíku u rostliny dochází ke snížení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což má za následek omezení růstu a tvorby rostlinných orgánů. Porosty řepky jsou tedy nižšího a slabého vzrůstu, často nevyrovnané a rostliny jsou světlejší (Baranyk et al. 2007). Nároky většiny rostlin na dusík jsou vysoké, zvláště pak u druhů, které vytvářejí velké množství biomasy. U těchto druhů se pak zmíněné symptomy mohou projevovat častěji (Vaněk et al. 2012). Dle studie Gu et al. (2018) prováděné v Číně, je optimální dávkou pro zajištění vysokého výnosu 240 kg N/ha, přičemž při této dávce byly sledovány nejvyšší hodnoty LAI, množství vyprodukované sušiny biomasy a neoptimálnější hodnoty evapotranspirace.

3.3.1 Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě se nejčastěji pohybuje mezi 0,1–0,2 %, což v ornici představuje cca 3 000–6 000 kg N/ha (Vaněk et al. 2007). Velká část dusíku obsaženého v půdě (okolo 95 %) je přítomna v podobě organických sloučenin a látek, jako je biomasa rostlin, živočichů a mikroorganismů, humusové látky a další. Tyto formy dusíku jsou ale rostlinám nepřístupné a musí projít složitým procesem mineralizace, kde vznikají jeho minerální formy N-NH_4^+ a N-NO_3^- (Vaněk et al. 2012). Jenkinson (1990) uvádí, že rozklad materiálu rostlinného původu v půdě je extrémně složitým procesem.

V půdě dochází k zajímavým přeměnám dusíku. V principu zde dochází ke dvěma opačným procesům. Z pohledu rostlin je důležitým procesem mineralizace organických sloučenin na amoniak a skrze oxidaci přeměna na dusičnany. Naproti tomuto procesu probíhá tzv. imobilizace jednoduchých minerálních sloučenin, přičemž velká část uvedených přeměn probíhá za působení mikroorganismů (Stevenson 1982; Mengel et Kirkby 2006). Procesy přeměn dusíku v půdě jsou však významně ovlivňovány obsahem uhlíku (C) a jeho forem v půdě, poměrem C:N, oxidačně redukčními podmínkami, teplotními podmínkami a nasycením půdy (Burger et Jackson 2003; Knoepp et Swank 2002).

V procesu amonizace dochází k uvolňování NH_3 z organických látek, které jsou lehce rozložitelné – aminokyseliny, amidy a další. Postupné amonizaci podléhají i složité látky jako jsou např. polypeptidy (Vaněk et al. 2013). Velká část minerálního dusíku (zhruba 5–10 % celkového N v půdě) ve formě NH_4^+ je fixována v jílových minerálech a na výživě rostlin se podílí zanedbatelně (Vaněk 1997 a,b).

Nitrifikace a denitrifikace jsou procesy, které se významně podílejí a spolurozhodují o distribuci dusíku v půdě, potažmo využití N rostlinami (Vaněk et al. 1997 c). Woldendorp (1975) uvádí, že proces nitrifikace probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku dochází k oxidaci amoniaku na dusitan a ve druhém kroku dochází k oxidaci na dusičnan. Dle Vaňka et al. (2012) má na nitrifikaci rozhodující vliv teplota (optimálně 25-30 °C, pod 5 °C téměř neprobíhá), dostatek půdního vzduchu a vody, pH půdy (značné omezení procesu při $\text{pH} < 5,5$) a používaná hnojiva.

3.3.2 Dusík v rostlině

Všechny rostliny přijímají a využívají dusík ve formě NO_3^- a NH_4^+ . Dusík je nejdůležitějším prvkem pro správný růst a vývoj rostlin (Leghari et al. 2016). Na přijímanou formu dusíku mají vliv podmínky vnějšího prostředí i rostlina samotná. V různých hodnotách pH půdy převažuje příjem jiného iontu. V kyselém prostředí převažuje příjem dusičnanového iontu (NO_3^-) a v podmínkách neutrálního až alkalického pH půdy se příjem obou forem vyrovnává nebo se zvyšuje příjem amonného kationtu (NH_4^+), (Pavlíková et al. 2008). Na příjem iontů má vliv i teplota a aerace půdy, kdy při dosahování nižších teplot a vyšším stupni provzdušnění půdy dochází ke snížení příjmu a využití NO_3^- (Pavlíková et al. 2007).

V půdách, které jsou biologicky činné, dochází v důsledku rychlé oxidace amonného dusíku na dusík nitrátový, k vyššímu příjmu NO_3^- . Tento aniont je v půdě dobře pohyblivý, a tedy snadněji se pomocí hmotového toku půdního roztoku dostává do blízkosti kořenů (rhizosféry), kde je ve vyšší míře přístupný rostlinám (Pavlíková et al. 2007).

Kirkby (1968) uvádí, že nabízená forma N má v rostlině výrazný vliv, jak na růst, tak i na chemické složení. Rostliny, které přijímají především amonný dusík, mají obecně slabší růstové schopnosti a obsahují nižší koncentrace kationtů Ca, Mg a K. Oproti tomu vyšší koncentrace jsou sledovány u prvků absorbovaných jako anionty (S, P a Cl). Obsahy organických látek v rostlině jsou přijímanou formou N také ovlivněny. V případě příjmu amonného N jsou sledovány vyšší koncentrace aminokyselin.

V důsledku nedostatku dusíku od počátku vegetace je omezena tvorba stavebních a funkčních bílkovin. To se projevuje omezením růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů rostlin. Při nedostatku N jsou tak rostliny slabší s nižším vzrůstem. Dochází k nevyrovnanosti porostů a světlému zbarvení porostů. V důsledku omezené tvorby listů a také snížené syntézy chlorofylu dochází ke snižování intenzity fotosyntézy a v důsledku toho k redukci tvorby nadzemní biomasy. Negativně ovlivněna je však i tvorba kořenové biomasy, což vede také ke snížení schopnosti příjmu živin. Takové porosty vykazují kratší vegetační dobu, rychleji

dozrávají, a důsledkem působení těchto faktorů dochází ke snížení výnosu a kvality semen. Při dlouhotrvajícím nedostatku N dochází k odbourávání N-látek ve starších listech a transportu N do vegetačního vrcholu. Starší listy tak postupně žloutnou a usychají (Vaněk et al. 2012). V průběhu podzimního vegetativního růstu řepky je LAI ovlivněno obsahem N v půdě a závisí na pedoklimatických podmínkách. Nedostatek N v tomto období může negativně ovlivnit výnos. V průběhu zimy navíc může docházet ke ztrátám listové plochy v důsledku nízkých teplot, což vede ke ztrátám N 2-3,5 % v sušině (Bouchet et al. 2016).

Objevit se však mohou i negativní projevy nadměrného přísunu dusíku k rostlině. Při nadbytku v ranných fázích může u drobnosemenných plodin docházet k inhibici vzcházení a počátečního vývoje rostlin, přičemž vyšší riziko negativního působení je sledováno u amonné formy N než u formy nitrátové. Zvýšené koncentrace N ve svrchní vrstvě také negativně působí na vyvíjející se kořen (viz níže). Nadbytek dusíku je u řepky charakteristický především sytější zelenou barvou rostlin, listy jsou velké a zvlhčené, porost je mohutný, vyrovnaný a jednotlivé rostliny se bohatě větví. V důsledku bujných a navětvených rostlin však dochází ke změně mikroklimatických podmínek porostu, kde je sledováno zvýšení vlhkosti. Tím se zlepšují podmínky pro napadení rostlin chorobami, především houbovými (Vaněk et al. 2012). Negativními důsledky nadbytku je však také pozdější přechod do generativní fáze, nerovnoměrné kvetení a dozrávání. U semen se také snižuje obsah oleje v semeni (Baranyk et al. 2007). Pokud je dusík u rostliny v nadbytku v podzimním období, tak dochází k přerůstání a rostlina je snadněji a častěji porušena mrazem. Výrazný nadbytek N se viditelně projevuje na okrajích listů, které jsou poškozeny. Dochází k nekrotickým, zasycháním a může to vést až k úplnému odumření listu. Je to důsledek nadměrného transportu N až do krajů listů, kde dochází k hromadění a při vysoké koncentraci působí toxicky. Vyšší toxicita je sledována u N v amonné formě (Vaněk et al. 2016).

3.3.3 Hnojení a přihnojení v podzimním období

Hnojení dusíkem je vždy cíleno k rostlině. Vzhledem k dobré pohyblivosti dusíku půdou může v mimovegetačním období docházet ke značným ztrátám vyplavením či denitrifikací. Celkovou spotřebu dusíku je možné stanovit na základě odběrových normativů (Vaněk et al. 2012). Jelikož jsou tedy nároky řepky na výživu dusíkem značné, je nutné celkovou dávku rozdělit na několik aplikací během vegetace (Bečka, et al. 2007). V oblastech s mírným podnebím může v podzimním období k pokrytí potřeby N řepkou stačit pouze mineralizace půdy, ale v chladnějších oblastech může být nutné hnojení dusíkem. Ozimá řepka vykazuje v počátečních stádiích vysokou účinnost příjmu dusíku (až 100 kg N/ha). Dochází tedy

k dramatickému zvyšování biomasy a současné remobilizace N ze starších listů do mladších listů. V tomto období dochází k zakládání počtu větví, květů a šesulí (Bouchet et al. 2016).

3.3.3.1 Organické hnojení

Organická část půdy tvoří ve většině zemědělsky využívaných půdách jen malý podíl celkové hmotnosti pevné fáze (1-5 %). Organická hmota v půdě i přes nízký obsah v půdě významně ovlivňuje řadu jejích vlastností. Organická část půdy je tvořena částí živou a neživou, které se vzájemně podmiňují a jsou na sobě závislé. Ve svém důsledku působí na celkovou biologii půdy, mineralizační a imobilizační procesy, včetně transformace jednoduchých organických látek na složité a stabilní sloučeniny. Významné postavení mají i rostliny samotné, které svým kořenovým systémem, jeho utvářením, mohutností a prokořeněním půdního profilu značně ovlivňují biologické i chemické procesy v období vegetace. Organickou část půdy je možné rozdělit na primární organickou hmotu a humusové látky. Primární organická hmota představuje pestrou škálu látek, které přicházejí do půdy. Jsou jimi odumřelé části rostlin, půdní mikroflóra, zapravené rostlinné zbytky nebo aplikovaná organická hnojiva (Černý et al. 2019).

Část požadavku řepky je možné pokrýt organickým hnojením. Ve srovnání s minerálními hnojivy je působení statkových hnojiv pozvolnější. Organické látky, které jsou přítomny ve statkových hnojivech, mají vliv na dynamiku dusíku v půdě (Černý et al. 2013). Kristaponyte (2005) na základě prováděných pokusů, kdy byl zkoumán vliv minerálních hnojiv, organických hnojiv a společný vliv na obsah organické hmoty, fosforu a draslíku v půdě, uvádí, že využívání organických hnojiv (aplikovaná dávka 80 t/ha) v systému hnojení zvyšuje obsah organické hmoty ve zpracovávaném profilu půdy o 0,12 procentních jednotek. Oproti nehnojené kontrole pak došlo k navýšení výnosu o 34,1 %, ovšem stále bylo dosaženo o 14,1 % nižšího výnosu než v systému využívajícím pouze minerální hnojiva. V systému organicko-minerální výživy rostlin byly aplikovány dávky 40, 60 a 80 t/ha statkových hnojiv a vždy jednotná dávka NPK (56-48-60 kg/ha). U všech variant byl pozorován vyšší obsah organických látek v půdě oproti systému s využitím pouze organického nebo minerálního hnojiva. Nejlepších výsledků bylo dosaženo na variantě s aplikační dávkou 60 t/ha + NPK (56-48-60 kg/ha), kde byl zjištěn obsah organiky v půdě 0,24 procentních jednotek.

Weiser et al. (2017) dodávají, že v rámci zemědělské produkce s absencí živočišné výroby jsou posklizňové zbytky řepky vhodnou náhradou statkových hnojiv. V pokusech prováděných na území Německa, kde byl sledován vliv předplodiny řepky na ozimou pšenici, se dospělo k závěru, že pro dosažení stejného výnosu pšenice nebyl sledován rozdílný požadavek na výživu N mezi systémem s živočišnou výrobou a ryze rostlinnou výrobou.

Dle Černého et al. (2018) je vhodným hnojivem v podzimním období především chlévský hnůj, a to v dávce 20–30 t/ha, na který řepka reaguje lepším růstem a vyšším výnosem. Dalšími vhodnými statkovým hnojivy pak jsou kejda, močůvka a digestát, které se mohou aplikovat samostatně nebo na slámu po předplodině. Aplikací těchto hnojiv je možné pokrýt podzimní potřebu dusíku (cca 50–80 kg N/ha) a zvyšuje se obsah draslíku a fosforu v půdě (Kristaponyte 2005).

Vaněk et al. (2012) uvádí, že chlévským hnojem se hnojí hlavně plodiny s delší vegetační dobou, které vyžadují plynulé a dlouhodobé dodávání živin. Průměrná aplikační dávka hnoje na jednotku plochy je závislá na nárocích pěstované plodiny, množství vyprodukovaného hnoje, cyklu hnojení a zrnitostním složení půdy. Průměrně se dávka pohybuje mezi 25-45 t/ha, přičemž se počítá s průměrnou délkou působení v půdě 3 až 5 let. Průměrný obsah organických látek a živin v hnoji skotu je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Průměrný obsah, ztráty a využití živin hnoje skotu [%] (zpracováno dle Vaňka et al. 2016)

Ukazatel	Sušina	OL	N	P	K	Ca	Mg
Hnůj skotu	24	17	0,48	0,11	0,52	0,37	0,08
Ztráty při uložení¹⁾	-	-	30-40	5	10-20	-	-
Využití živin v 1. roce	-	-	25	15	40	-	-

1) Ztráty se liší v závislosti na kvalitě uložení

Kvalita hnoje a dodané množství živin závisí na druhu chovaných zvířat, jejich stáří a systému chovu, krmení (jeho množství a kvalitě), způsobu uložení a ošetření, délce zrání a uložení na hnojišti. V neposlední řadě má na přísun živin vliv i včasnost zapravení do půdy, kdy stávající předpisy ukládají časové období max. do 48 hodin od aplikace (Vaněk et al. 2016).

Digestát vzniká při anaerobní fermentaci a často se využívá jako hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem, které má poměr C:N zhruba 10 (Rozbrojová 2014). Proces vzniku látky je nazýván digescí a uskutečňuje se v bioplynových stanicích (BPS), ale podobný princip je běžný v přírodě – v rašeliništích, močálech a dalších (Budín 2017). Procesem vzniká specifická tekutina s obsahem sušiny 5 až 10 %. V sušině je obsaženo zhruba 60-80 % organických látek. Anaerobní digestát je možné dále upravovat, kdy pomocí separátoru je získán fugát (kapalná složka) nebo separát (tuhá složka), (Kasal et al. 2016).

Obsah živin v digestátu je závislý na použitých materiálech. To je důvodem kolísavého obsahu jednotlivých živin v něm obsažených – K, Ca, Mg, P, mikroprvky a stabilní rizikové prvky. Velká část dusíku obsaženého v digestátu je v amonné formě a zbylý uhlík, který se nepřemění na CH₄ a CO₂ zůstává v digestátu v podobě těžko rozložitelných organických látek. Digestát tak primárně neplní funkci kvalitního organického hnojiva, ale jsou pozorovány další

jiné příznivé vlivy na půdu (Vaněk et al. 2016). Průměrné zastoupení jednotlivých živin je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3: pH, obsah sušiny, OL a živin v digestátu (zpracováno dle Vaňka et al. 2016)

	pH	% v digestátu			% v sušině				
		OL	Sušina	N-NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
Digestát	9,6	4,7	7,4	0,18	2,4	1,8	5,8	4,0	1,0

3.3.3.2 Založení porostu a přihnojení

Pro moderní zemědělství je dosahování vysoké produktivity a účinnosti využívání živin nezbytné. S rozvojem zemědělské techniky se naskytla možnost aplikace hnojiv k osivu, kdy dochází k rozvoji příjmu živin již v ranných fázích vývoje rostlin. Dochází tak k rozvoji hnojení při zakládání porostů (Su et al. 2015). Hnojivo je ukládáno pod semeno, tzv. „pod patu“ (Brant et al. 2017). V Číně byly provedeny pokusy, kdy byla zkoumána optimální hloubka pro uložení hnojiva (NPK). Sledovány byly 4 kontroly, kde bylo hnojivo uloženo bezprostředně vedle osiva, v hloubce 5 cm, 10 cm a 15 cm pod osivem. Z pokusu vyplývá, že u variant se vzdáleností uložení NPK 10 a 15 cm od kořene byla sledována vyšší délka kořene po 76 dnech od zasetí. To znamenalo nárůst sušiny kořenů o 50-75 % oproti variantám 0 a 5 cm. V rámci studie byla srovnávána i hmotnost vytvořené sušiny kořenů v období květu, kdy byl u variant 10 a 15 cm zjištěn nárůst o 26-37 % ve srovnání se zbylými variantami (Su et al. 2015). Z provedených pokusů, kde bylo použito hnojivo NPK a UREAstabil, bylo zjištěno, že porosty, kde bylo zonálně aplikováno hnojivo, poskytovaly o 4–5 % vyšší výnosy než kontrola bez hnojení (Brant et al. 2017).

Pokud je obsah minerálního dusíku (N_{min}) v půdě před setím nízký a nejsou aplikována statková hnojiva, je nutné dodat N do půdy pomocí minerálních hnojiv. Pokud nejsou známy přesné hodnoty N_{min} v půdě, aplikuje se většinou do 40 kg N/ha před výsevem plodiny. Vhodnými hnojivy jsou DAM, NP a NPK hnojiva, Amofos, močovina nebo síran amonný (Vaněk et al. 2016). Pokud je v průběhu podzimního období sledován špatný růst rostlin nebo došlo k pozdnímu založení porostu, pak dodání dusíku je jen částečně schopno kompenzovat negativní důsledky, přičemž dávka přesahující 60 kg N/ha nemá žádný další vliv na růst sušiny kořene (Sieling et al. 2017). Weyman et al. (2017) uvádějí, že obsah N v rostlinách řepky od vzejití do počátku prodlužovacího růstu se pohybuje mezi 1,5-6 %.

3.3.4 Jarní přihnojení

Na jaře se provádějí zpravidla 3 aplikace, a to regenerační hnojení, dávka v prodlužovací fázi a aplikace ve fázi žlutých pupat. S nástupem jara je nutné u porostů řepky podpořit regeneraci kořenového systému (Vaněk et al. 2007). Bouchet et al. (2016); Gu et al. (2018) připomínají, že během jara dochází k tvorbě nového indexu listové plochy, a to od počátku prodlužování stonků až do květu. Nabídka N v půdě v tomto období má velký vliv na tvorbu listů a jejich délku života. Během jarního období je přijatý dusík alokovaný ve starších listech remobilizován do mladších listů a vrůstného vrcholu, kde je následně zabudováván do šešulí a později semen.

Od stádia kvetení již nedochází k růstu nových listů na rostlinách řepky. V následujících stádiích vývoje řepky pak dochází k urychlování stárnutí listů, přičemž jednotlivé listy mají různou schopnost remobilizace N. Tato schopnost je závislá na poloze postavení listu na stonku rostliny řepky (Malagoli et al. 2005).

Aplikace dusíku na počátku jarní vegetace má zásadní vliv na výnosy semen (Růžek et al. 2016). V tomto období se aplikuje dávka cca 60-100 kg N/ha. Z důvodu vysoké dávky a možnosti návratu zimy se často dávka dělí na dvě aplikace (Vaněk et al. 2016). Při velmi brzkém hnojení je dle Černého et al. (2019 a) vhodné používat hnojiva s vyšším obsahem dusíku v amonné formě, např. síran amonný. Čím později je dávka aplikována, tím by však měl být vyšší obsah nitrátového dusíku. Mezi taková hnojiva patří ledky. Růžek et al. (2019) na základě analýzy využití dusíku z hnojiv v jarním období uvádějí, že pokud nastane nedostatek srážek v období přihnojování, pak nejvýraznější pokles příjmu dusíku rostlinou nastává u hnojiv s amonnou formou dusíku.

Při druhé aplikaci N, kdy již dochází k intenzivnímu nárůstu nadzemní biomasy, se aplikuje již nižší dávka, a to 50–80 kg N/ha v závislosti na stavu porostu. Nejvhodnějším dusíkatým hnojivem je v této fázi DAM 390 (Vaněk et al. 2016). V prodlužovací fázi růstu také dochází ke změně translokace přijatého dusíku v rostlině. Okolo 60 % dusíku je lokalizováno do listů a 30 % do stonku. Pouze 10 % přijatého dusíku se nachází v kořenech. Pokud však v období prodlužovacího růstu bude aplikována nízká dávka N, tak bude lokalizován především ve starých listech, které ale brzy opadnou, a přijatý dusík tak není plně využit k tvorbě generativních orgánů (Černý et al. 2019a). Po opadu listů je fotosyntetická aktivita částečně zajištěna zelenými šešulemi na rostlinách. Zbylá část požadavku na příjem dusíku je zajišťována reabsorbí z listů, které opadaly v průběhu podzimu a zimy. Příjem N z těchto listů může dosahovat účinnosti až 40 % (Dejoux et al. 2000).

Poměr obsahu N v rostlině a jeho dodané množství však u ozimé řepky nepřesahuje 50-60 % (Malagoliho et al. 2005). To znamená, že velká část (cca 40-50 %) aplikovaného N se stává přebytečným. Využitelnost dusíku rostlinou (NUE) je možné zvýšit pomocí šlechtění nových odrůd (Bouchet et al. 2016). Zhang et al. (2007) však uvádějí, že obsah dusíku v půdě má vliv na příjem dalších prvků rostlinou (např. K) nebo napomáhá účinnosti aplikace hnojiv s dalšími živinami na zvýšení dané živiny v půdě.

Ve fázi žlutých poupat se aplikuje zbytek celkové dávky, který představuje 20–30 kg N/ha. K přihnojení se nejčastěji používá DAM 390, ale je nutné aplikaci provádět včas, jelikož při opoždění může docházet k popálení rostlin řepky (Vaněk et al. 2007). Dle Zhanga et al. (2014) je ve stádiu listové růžice 84 % přijatého N distribuováno do listů, v prodlužovací fázi je již do listů distribuováno 67 % a ve fázi kvetení již pouze 43 %. Dusík, který je rostlinou přijímán ve fázi tvorby semen, je následně ze 42,4 % distribuován v semenech.

V době zralosti se snižuje příjem dusíku a dalších živin (Ca, S), což je způsobeno jednak sníženou produkcí sušiny nadzemní biomasy a také resorpcí živin do kořenů. V průběhu vegetace je také příjem dusíku rostlinami v jednotlivých fázích růstu jiný. V průběhu podzimu je spotřebováno asi 20 % celkové spotřeby, nejvyšší spotřeba (36 %) je v období jarní regenerace. V období intenzivního růstu až do počátku kvetení je rostlinou spotřebováno 31 %. Zbýlých 13 % připadá na období kvetení a dozrávání (Hřivna et Malý 2012).

3.4 Fosfor

Fosfor, jakožto jedna z hlavních makroživin se také podílí na dosahování výnosu pěstovaných plodin. Nedostatek fosforu v půdě je základním limitujícím faktorem růstu plodin po celém světě a je esenciální živinou pro rostliny (Shi et al. 2012; Yang et al. 2010). Wang et al. (2015) uvádějí, že při nedostatku P může být výnos plodiny snížen až o 38,3 %, přičemž deficit fosforu má vliv kromě růstu rostlin také na hustotu porostu. Existují však skupiny plodin, které na obsah P v půdě reagují citlivěji a naopak. Dokazuje to i studie Janssena (2011), která vycházela z výsledků pokusů prováděných ve Vietnamu a v Nizozemí. Na každém ze stanovišť byl sledován jiný obsah základních makroživin (NPK) v půdě. V Nizozemí byl výnos plodiny limitován aplikací N a ve Vietnamu to byl fosfor. Z uvedených poznatků plyne, že obsah všech prvků musí dosahovat požadované úrovně pro získání vysokého výnosu. Zhang et al. (2007) dodávají, že procentuální obsah P silně koreluje s procentuálním obsahem N.

3.4.1 Fosfor v půdě

Obsah fosforu v půdě je proměnlivý, zhruba od 0,01 do 0,15 %, přičemž vyšší obsahy jsou sledovány v půdách s vysokým obsahem organické hmoty. Půdy lehké, kde je malý obsah organické hmoty, vykazují také nízký obsah P (Vaněk et al. 2012). Bennett et al. (2001) uvádějí, že obsah fosforu v ekosystému vzrostl oproti předindustriálnímu období asi o 75 %, přičemž nejvyšší obsahy jsou sledovány v zemědělsky využívaných půdách. Studie také ukazuje, že míra akumulace P v půdě mírně klesá v rozvinutých zemích a od roku 1961 stoupá v zemích rozvojových, kde byl P z půdy skoro vyčerpán a následně došlo ke zvýšení vstupů. V rozvinutých zemích byla ve velké míře používána hnojiva minerální (zvyšují obsah P o 5 mg/kg – při požití N56-P48-K60) i organická (zvyšují P v půdě o 26 mg/kg – 80 t/ha hnoje) nebo docházelo k současné aplikaci (zvýšení obsahu P o 40-60 mg/kg), (Bennett et al. 2001; Kristaponyte 2005).

Fosfor sloužící k výživě rostlin je obsažen v minerálních a organických sloučeninách. Převážná část P v půdách je však pro rostliny nepřijatelná. Přijatelnost ve velké míře závisí na pH půdy, kdy při nízkých hodnotách dochází ke zvrhávání fosforu, tedy tvorbě solí s ionty hliníku a železa, které jsou v půdě velmi málo rozpustné. Naopak v půdách s vyšší hodnotou pH může docházet k vysrážení a absorpci fosforečnanů do vápenatých solí. Tyto reakce mohou vést až ke vzniku apatitů (Vaněk et al. 2012). Zásadní vliv na příjem P mají také vláhové poměry, kdy při vyšší vlhkosti se zvyšuje přístupnost fosforu a zlepšuje se účinnost některých fosforečných hnojiv. Z celkového obsahu fosforu v půdě je cca 20–80 % ve formě organických sloučenin (Kalčík 2000). Těmito organickými sloučeninami jsou nejčastěji monoestery, diestery a polyfosfáty. U některých monoesterů dochází ke stabilizaci v půdě z důvodu vysoké hustoty náboje nebo tvorbě solí kovových iontů. To znamená, že v mnoha půdách se nahromadila velká zásoba P, která ovšem není rostlinám dostupná (Stutter et al. 2012).

3.4.2 Fosfor v rostlině

Rostlina přijímá fosfor v podobě aniontu kyseliny trihydrogenfosforečné, přičemž se tak děje ve dvou formách – H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . V závislosti na podmínkách prostředí dochází k rozdílnému příjmu uvedených forem. V prostředí s nízkou hodnotou pH je fosfor přijímán více ve formě H_2PO_4^- a naopak v zásaditém prostředí ve formě HPO_4^{2-} . Obě formy jsou rostlinou přijímány rovnocenně v prostředí s neutrálním pH půdy (Vaněk et al. 2012).

Pro rostliny řepky je nutná optimální hodnota obsahu fosforu v půdě. Čím je obsah této živiny v půdě nižší, tím se zvyšuje riziko dosažení nižších výnosů. Obecně je vysoké procento fosforu (60–80 %) lokalizováno v semenech rostlin ve formě fytinu a z pole je při sklizni odváženo. Dochází tak ke vzniku deficitu obsahu P v půdě, který je nutný doplnit (Černý et al. 2018; Vaněk et al. 2012).

Pro příjem fosforu v půdě je nutným předpokladem dobře rozvinutý kořenový systém rostliny. Kritickým obdobím v příjmu fosforu rostlinou je stádium vzcházení rostliny, kdy dochází k vyčerpání zásoby P ze semene a rostlina přechází na příjem fosforu z půdy. Velká část základních plodin nedokáže přijímat P z organických zdrojů v půdě, protože pěstované odrůdy byly vyšlechtěny pro vyšší kompatibilitu s aplikací anorganických hnojiv. Některé rostliny však mají strategii, která jim pomáhá zpřístupňovat P stabilizovaný v organických sloučeninách. Touto strategií je exudace organických aniontů do rhizosféry, které zabezpečují mineralizaci organického fosforu (Stutter et al. 2012). Yang et al. (2010) uvádějí, že ozimá řepka je schopna se nedostatku dostupného P v půdě přizpůsobit. Toto přizpůsobení se projevilo ve změně morfologie kořenů, což bylo zapříčiněno změnami kvantitativních znaků lokusu. Na základě výzkumu bylo prokázáno, že schopnost zvýšení využití P rostlinami je možné ovlivnit šlechtěním. Další možností zvýšení využitelnosti organického P z půdy je zlepšení architektury kořenů rostliny nebo očkování kořenového systému houbami a bakteriemi vhodnými pro mobilizaci stabilizovaného P (Stutter et al. 2012).

Přijatý P je v rostlině zabudován do organických sloučenin a transportován do mladých listů, vegetačního vrcholu a v pozdějším období do květů a semen. Běžně vznikajícími organickými látkami jsou organofosfáty (estery cukrů a další) nebo nukleotidy. Nukleotidy jsou v živých organismech rozšířené ve velké míře a plní řadu funkcí – stavební jednotky nukleových kyselin, aktivují meziprodukty biosyntézy, součástí kofaktorů enzymů nebo jsou součástí přenašečů energie (např. ATP), (Vaněk et al. 2012).

Dostatek P je významný pro tvorbu velkých květů, většího nasazení květů v květenství, tvorbu semen a zkrácení vegetační doby (Vaněk et al. 2012). Fosfor má společně s draslíkem také vliv na mrazuvzdornost rostlin (Růžek et Kusá 2013).

Nedostatek fosforu se na rostlinách v našich podmínkách neprojevuje příliš často, pokud ano, pak se často jedná o latentní formu. Příznaky akutního nedostatku se mohou na rostlinách projevit především v ranných vývojových stádiích, kdy chladné a suché počasí snižuje schopnost příjmu P (Vaněk et al. 2012). Jansse (2010) na základě pokusů prováděných ve Vietnamu na rýži pěstované na půdách s nízkým obsahem P taktéž potvrzuje, že v suchém

období byl sledován vyšší příjem P z půdy a vyšší výnosy rýže než v období s vyšším úhrnem srážek.

Dlouhotrvající nedostatek fosforu se následně projevuje vnějšími příznaky, jako je nízký vzrůst porostu. Na rostlinách jsou pozorovány malé vzpřímené listy, slabší stonky a málo rozvinutý kořenový systém. Listy mají špinavě zelené zbarvení, které často přechází do načervenalého až fialového zbarvení v důsledku nadměrné tvorby antokyanů. Běžný je výskyt těchto příznaků v podzimním období na řepce nebo v jarním období na teplomilných plodinách nebo ječmeni. Příznaky způsobené nadměrným obsahem P v rostlině jsou v oblastech s nižší intenzitou vstupů v podobě statkových hnojiv málo časté (Vaněk et al. 2012).

3.4.3 Výživa fosforem

Většinu fosforu rostlina přijímá až během jarní vegetace a vrcholí ve stádiu tvorby šešulí a zrání semen. Fosfor je velice složité aplikovat během vegetace a hnojení se tak provádí v podzimním období přímo do půdy na základě výsledků rozboru půd (Černý et al. 2018). Odběrový normativ fosforu u rostlin řepky činí cca 9 kg P/t semene (Vaněk et al. 2007), přičemž Balík et al. in Baranyk et al. (2007) uvádí odběrový normativ vyšší – 11 až 18 kg P/t. Szczepaniak et al. (2015) upozorňují, že zvýšená koncentrace P, Ca a Zn v rostlinách řepky v podzimním období je indikátorem nevyrovnaného zásobení rostlin živinami, které může vést ke snížení výnosu plodiny.

K doplnění fosforu do půdy je možné využít minerální i organická hnojiva, optimálně kombinaci obou druhů hnojiv (Kristaponyte 2005). Ve statkových hnojivech je však oproti dusíku a draslíku obsaženo velmi malé množství P a navíc je pevně vázán v organických sloučeninách. Při využívání aplikace pouze stájových hnojiv je tedy dodávka využitelného P do půdy velice nízká. Optimálním řešením je kombinovaná aplikace minerálních fosforečných hnojiv a organických hnojiv. Hnůj, kejda a další organická hnojiva zefektivňují využití dodaného fosforu (Černý et al. 2013; Kristaponyte 2005). Při aplikaci 24 kg P/ha se v kombinaci se statkovými hnojivy zvýšil obsah přístupného fosforu o 34 % a při aplikaci 31 kg P/ha došlo ke zvýšení obsahu o 46 % (Macháček et Kunzová 2019). Pokud jsou dlouhodobě aplikována pouze minerální hnojiva (NPK) bez statkových, dochází ke zvýšení obsahu fosforu v půdě, ale na stranu druhou klesá obsah draslíku (Kristaponyte 2005).

Aplikace minerálních fosforečných hnojiv je neodmyslitelně spojena s přípravou půdy před setím. Pro fosforečná hnojiva je nutné, aby došlo k jejich zapravení do půdy, což ovlivní jejich rozpustnost. Fosforečné ionty jsou také velice málo pohyblivé v půdě. Pokud budou hnojiva aplikována na půdy s nízkou hodnotou pH a obsahem organické složky, stává se

přidaný P málo využitelný pro rostliny z důvodu tvorby nerozpustných solí (viz výše zvrhávání fosforu), (Černý et al. 2018).

Pro aplikaci minerálních hnojiv můžeme volit mezi více způsoby aplikace. Základním způsobem je plošná aplikace, ale využívána je také pásková aplikace hnojiva v době setí tzv. pod patu. Při využití této technologie je nutné aplikovat hnojivo do optimální vzdálenosti, aby nedocházelo k nežádoucímu nadměrnému větvení kořene v místě zdroje P a omezování růstu kořene do hloubky (Černý et al. 2018). Při aplikaci hnojiva do kratší vzdálenosti od semene, dochází sice během vegetace k vyššímu nárůstu nadzemní biomasy, ale výnos semene je nižší, než při aplikaci do větší hloubky, optimálně 10-15 cm (Su et al. 2015). Hlubší uložení je optimální především v sušších oblastech pěstování a také při aplikaci vyšší dávky hnojiva. Pro dodání fosforu do půdy se běžně používají superfosfáty, NPK, Amofos (Černý et al. 2018).

3.5 Draslík

Draslík (K) je pro rostliny potřebný v dostatečném množství, aby bylo dosaženo jeho maximálního výnosu. Funkce K v růstu rostlin není zcela jasně definována, ale je spojena s pohybem vody, živin a sacharidů v tkáních rostlin (Bahadur et al. 2016). Cong et al. (2016) dodávají, že hnojení draslíkem je pro ozimou řepku nezbytné, a to zejména v systémech intenzivního pěstování.

3.5.1 Draslík v půdě

Obsah draslíku v půdě je proměnlivý od 0,1 do 4 % a to v závislosti především na druhu půdy (Kulhánek et al. 2014). K se nachází v půdách především v anorganických sloučeninách. V podobě organických látek se draslík v ornici pohybuje pouze ve velmi malém množství - několik desítek kg K/ha. Draslík se v půdě vyskytuje především v primárních a sekundárních křemičitanech a v rámci systému půdy je možné rozlišit tři kategorie – nevýměnný, výměnný a vodorozpustný (Vaněk et al. 2012; Zhang et al. 2007). Bahadur et al. (2016) uvádí výskyt K v půdě ve čtyřech kategoriích – strukturální (minerální) formy, nevýměnný, výměnný a vodorozpustný. Půdy průměrně obsahují K ze 40 % v živcích, 25 % ve slídách a 28 % v jílové frakci (Vaněk et al. 2012). Barré et al. (2007) na základě provedených pokusů sdělují, že právě jílové minerály se chovají jako obnovitelný rezervoár draslíku v půdě, jejichž teoretická kapacita může dosahovat hodnot okolo 3 t/ha na úrodných půdách. Na základě studií je také uvažováno, že tyto nevýměnné formy K mohou přispívat k výživě rostlin.

3.5.2 Draslík v rostlině

Draslík je rostlinami přijímán ve formě draselných kationtů (K^+). Pokud je v půdě vysoký obsah K, rostliny jej přijímají v nadbytečném množství a hromadí jej ve svých pletivech. V takovém případě je omezován příjem jiných kationtů jako je Na^+ , Mg^{2+} nebo Ca^{2+} . K vyššímu příjmu draslíku rostlinou dochází při vyšší vlhkosti a teplotě prostředí (Vaněk et al. 2012).

Draslík u rostlin zabezpečuje dobré vyžrávání a stavbu pletiv, dochází ke zmnožování sklerenchymatických buněk a je tím snižováno riziko poléhání. Vzhledem ke zvyšujícímu se výskytu sklerenchymatických buněk, tak je zvyšována odolnost rostlin proti napadení škůdci. Dostatek K v pletivech zvyšuje schopnost rostliny odolávat nízkým teplotám, což je žádoucí především u ozimých plodin pěstovaných v oblastech s vnitrozemským podnebím. Při dobré zásobenosti rostlin draslíkem je také snižován opad listů v době kvetení (Vaněk et al. 2007).

Bahadur et al. (2016) upozorňuje, že při nedostatečné zásobenosti rostlin draslíkem bude docházet ke špatnému vývoji kořenového systému, u rostlin bude sledován pomalý růst, semena budou malá a celkově bude dosahováno nižšího výnosu. Nedostatek draslíku bude mít v rámci rostliny negativní vliv na tvorbu látek, jako jsou bílkoviny, cukry a škrob. Při vyšším deficitu jsou sledovány barevné změny vyskytující se na okrajích starších listů. Charakteristický je výskyt žlutého zabarvení s nádechem do červena a zasychání listů od okrajů. Pokud však je v půdě nadbytek draslíku, mohou se projevit jeho negativní účinky v podobě snížení klíčivosti a omezení vzcháživosti semen (Vaněk et al. 2007).

3.5.3 Výživa draslíkem

Řepka ozimá vyžaduje vysoký přísun draslíku zejména v průběhu intenzivního růstu. Pokud je sledován nedostatečný obsah draslíku v půdě, snižuje se tak výnos semene. Při nedostatku K po kvetení dochází k rychlejšímu stárnutí a opadu listů. Odběrový normativ u řepky se uvádí v širokém rozmezí 55–60 kg/t semene. Hnojení draselnými hnojivy by však optimálně mělo být vázáno na jeho obsah v půdě (Černý et al. 2018). Cong et al. (2016) upozorňují, že obecně se uvádí, že při aplikaci vyšší dávky K hnojiv by nemělo docházet ke snížení výnosu, avšak provedené pokusy ukázaly, že na více jak 70 % lokalit ke snížení došlo. To je vysvětleno antagonistickým působením draslíku na hořčík (Mg) v půdě (Ma et al. 2013).

Příjem draslíku je významný již po uložení osiva řepky do půdy, jelikož v semenech je obsaženo malé množství K a rostlina tak brzy přechází na příjem z půdy. V podzimním období je přijatý draslík důležitý pro transport asimilátů z listů do kořenů, což má pozitivní vliv na rozvoj kořenového systému a příjem ostatních živin. V období prodlužovacího růstu má řepka s nárůstem nadzemní biomasy zvýšený nárok na příjem draslíku během velmi krátkého období.

V průběhu této fáze je rostlinou přijato cca 70 % celkové potřeby K, která činí zhruba 250–300 kg K v závislosti na dosaženém výnosu. V období kvetení a tvorby šesulí se příjem draslíku stává důležitým pro utváření výnosu (Černý et al. 2015).

Draslík je možné do půdy dodávat prostřednictvím statkových hnojiv, kde především kapalná statková hnojiva jsou vhodným zdrojem mobilního minerálního draslíku (Černý et al. 2018). Ve stájových hnojivech je draslík společně s dusíkem zastoupen ve velkém množství, ale na rozdíl od dusíku je rychleji uvolnitelný z těchto hnojiv. Při další aplikaci K v podobě minerálních hnojiv je důležité brát v potaz již dodané množství K statkovými hnojivy (Černý et al. 2013).

Dodávání K do půdy minerálními hnojivy se provádí zapravením hnojiv do půdy, kdy jsou tak aplikována např. NPK hnojiva. Využití K při povrchové aplikaci je velice nízké. Z dalších hnojiv jsou řepkou dobře využitelné draselné soli a další s ohledem na potřebu hnojení dalšími živinami (Černý et al. 2018). Zhang et al. (2007) uvádějí, že procentuální obsah K v rostlině lze zvýšit aplikací N hnojiv. Negativní vliv na % K v rostlině však má aplikace fosforečných hnojiv.

3.6 Vápník

Optimální obsah vápníku v půdě má velký význam z hlediska chemických, fyzikálních a biologických procesů. Jodral-Segado et al. (2006) uvádějí, že pro tvorbu a stabilitu půdních agregátů má vliv především obsah vápenatých kationtů (Ca^{2+}), obsah jílu a obsah organické hmoty. Celkový obsah Ca v půdě se pohybuje v širokém rozmezí od 0,15 % do 10 % a více (Vaněk et al. 2012). Wuddivira et Camps-Roach (2007) uvádějí, že obsah Ca v půdě je také závislý na alokaci dané oblasti. V místech, kde je vyšší průmyslová činnost, byly sledovány vyšší (zhruba o 8 mg/g) obsahy vápníku v půdě oproti oblastem s nižší průmyslovou činností. I přes zvýšenou koncentraci Ca v půdě však nedošlo ke zvýšení příjmu živiny rostlinou.

Velká část vápníku se v půdách nachází v obtížně rozpustných sloučeninách, kterými jsou uhličitany, křemičitany a další. U rozpustnosti uhličitánů je sledována úzká závislost na hodnotách pH jednotlivých půd, kdy vyšší rozpustnost těchto sloučenin je při nižších hodnotách pH (Vaněk et al. 2012).

Rostliny přijímají vápník v podobě kationtu Ca^{2+} z půdního roztoku, přičemž jeho příjem může být značně ovlivňován přítomností dalších kationtů, jako jsou NH_4^+ , Mg^{2+} , H^+ a především K^+ . Optimální množství vápníku v půdě v kombinaci s dobrou půdní reakcí má vliv na vytváření bohatého kořenového systému plodin, což má úzký vztah s lepším příjmem živin rostlinou. Wuddivira et Camps-Roach (2007) ale došli ke zjištění, že hodnota pH půdy neměla

výrazný vliv na obsah Ca v rostlině. Dakora et Phillips (2002) uvádějí, že rostliny jsou schopny pomocí kořenových exudátů zpřístupňovat živiny obsažené v nerozpustných látkách a využívat je pro svou potřebu. Mezi živiny, které takto mohou být uvolňovány, patří Ca, P, Fe nebo Al.

Dostatek vápníku v rostlinných pletivech zvyšuje odolnost vůči působení nepříznivých vlivů. Současně s draslíkem má vliv na odolnost rostlin vůči nízkým teplotám a proti napadení chorobami a škůdci (Vaněk et al. 2016). Dle Javadiho et al. (2016) působí optimální příjem Ca společně s bórem na zvýšení tolerance rostlin vůči solnému stresu.

Nedostatek Ca v rostlinách se může projevovat sníženou tvorbou kořenů, poruchami růstu až lámáním vegetačního vrcholu a opadem květů (Vaněk et al. 2007). Na dodání Ca do půdy pomocí přímého vápnění reaguje ozimá řepka velice dobře, a to zvýšením výnosů především na kyselých půdách. Mezi hodnotou pH a obsahem vápníku v půdě je úzký vztah, pokud je půda kyselá, je v půdním roztoku malý obsah Ca a také je nižší přístupnost dalších živin, jako je fosfor, síra, hořčík nebo bór pro rostliny (Černý et al. 2018). Dle Čermáka (2012) navíc neustále dochází ke snižování hodnot pH orných půd. Řepka však potřebuje poměrně velké množství vápníku. Odběrový normativ se udává v rozmezí 30–38 kg/t semene (Baranyk et al. 2007).

Pro úpravu pH a dodání vápníku do půdního roztoku se využívá aplikace vápence. Dle zjištěné kyselosti půdy se aplikuje vápenec, který je nutné zapravit do ornice. Pokud není provedeno zapravení a vápenec je aplikován pouze na povrch, dochází ke snížení účinnosti úkonu (Černý et al. 2018). Pro dodání části Ca je možné taktéž využít ledek amonný s vápencem - LAV nebo ledek amonný s dolomitickým vápencem - LAD (Vaněk et al. 2007).

3.7 Půdní reakce

V obecné rovině se jedná o koncentraci vodíkových iontů v půdním roztoku nebo v půdním výluhu (Vaněk et al. 2012). Na půdní reakci působí poměr půdního roztoku k půdě (Sparks et al. 1996). Reakce půdy je podmíněna obsahem sloučenin v půdě, které mají vliv na koncentraci H^+ a OH^- iontů v půdním roztoku (Vaněk et al. 2012). Mezi látky ovlivňující tyto ionty patří ionty tvořící kyseliny – H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} a Fe^{3+} – a ionty tvořící báze v půdě – Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ a Na^+ (McCauley et al. 2009). Tyto ionty pocházejí z látek $CaCO_3$, H_2CO_3 , $Ca(HCO_3)_2$, huminových kyselin, fulvokyselin a dalších, přičemž jejich obsah je závislý na mateřské hornině. Půdní reakce je označována jako pH, přičemž půdy s vyšším obsahem H^+ iontů jsou označovány za kyselé a půdy s vyšším obsahem OH^- za půdy zásadité. Sparks et al. (1996) uvádí, že půdy s hodnotou pH v okolí 2-3 vykazují obsah volné minerální kyseliny,

kteřou je často H_2SO_4 . Půdy, které mají naopak vysoké hodnoty pH obsahují látky, které svou reakcí mají tendenci udržovat stabilní pH.

Reakce půdy má vliv téměř na všechny procesy v půdě, a to jak při procesech vzniku půd (zvětrávací a půdotvorné procesy), tak i později velmi významně zasahuje do chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Dochází tak k přímému i nepřímému ovlivňování rostlin, kdy se jedná především o působení na koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, rozpustnost sloučenin a látek v půdě, sorpci živin, biologickou činnost mikroorganismů, půdní koloidy a další. Při výskytu nevhodného pH dochází ke zhoršení podmínek pro vývoj kořenů rostlin, příjem vody a živin – tedy zhoršují se růstové schopnosti a kvalita produkce. Optimální hodnota pH pro pěstování plodin je uváděna v rozmezí 6,0-6,5 (Vaněk et al. 2012).

Hodnota pH půdy přímo ovlivňuje kationtovou a aniontovou výměnnou kapacitu, přičemž kationtová výměnná kapacita (KVK) je schopna zadržovat více kationtů (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} a další), a následně je poskytovat pro výživu rostlin. Půdy s vyšší KVK mají díky vázaným bazickým iontům schopnost zvyšovat odolnost půdy vůči výkyvům v hodnotě pH, jsou to půdy hlinité s vysokým obsahem organické hmoty (McCauley et al. 2009).

3.8 Hořčík

Půda obsahuje cca 0,2-0,4 % hořčíku a mění se v závislosti na pH půdy (Vaněk et al. 2012). Z důvodu zvětrávání minerálů obsahujících Mg dochází k jeho vyluhování. Mg je obsaženo v některých minerálech, jako jsou vermikulit, amfibolit atd., a uvolňování hořčíků z nich je velice obtížné. Půdy vyvinuté z žuly, pískovce nebo břidlice vykazují nižší obsah Mg než půdy, které se vyvinuly z vyvřelých hornin obsahujících hořčík (Vaněk et al. 2012; Yang et Hou 2018). Naopak dobrým zdrojem jsou hořečnaté soli, které jsou v půdě dobře rozpustné a jsou tak důležitým zdrojem Mg. Hořčík je v půdě velice dobře pohyblivý a může tak docházet k jeho ztrátám (Vaněk et al. 2012).

Rostlinami je hořčík přijímán v podobě kationtu Mg^{2+} . Jeho příjem je však závislý na vztahu k dalším iontům jako jsou K^+ nebo Ca^{2+} (Vaněk et al. 2007). Samotný hořčík pak pozitivně ovlivňuje příjem fosforu rostlinami (Vaněk et al. 2012). V rostlinách je vázán v chlorofylu, fyтину (zásobní látce semen) a dalších látkách (Vaněk et al. 2007). V metabolismu působí Mg od začátku růstu rostliny a v podzimním období se významně podílí na transportu asimilátů a živin do kořenů (Černý et al. 2018).

Nedostatek hořčíku je často se vyskytujícím limitujícím faktorem pro rostlinnou výrobu v důsledku nízkého obsahu výměnného Mg na kyselých půdách (Wang et al. 2020). Nejprve dochází k latentní formě projevu, ale při dlouhodobě trvajícím deficitu jsou narušovány důležité fyziologické procesy jako je fotosyntéza, syntéza bílkovin a dalších látek. V důsledku těchto poruch dochází k omezení růstu kořenů a odbourávání chlorofylu ve starších listech. Zelené zbarvení zůstává pouze v okolí nervatury listů (Vaněk et al. 2012). V České republice může k těmto projevům docházet, jelikož je zde velké množství půd s deficitem Mg, a to nejen tam, kde se hojně pěstuje řepka, ale i v ostatních oblastech (Černý et al. 2018).

Odběrový normativ Mg není oproti ostatním makroživinám velký (4-6 kg/t semene), (Baranyk et al. 2007), avšak jeho bilance v půdě je záporná, což je mimo jiné způsobeno transportem Mg do semen. Hlavním zdrojem Mg by pak měla být především půda (Černý et al. 2018). Pro dodání potřebného hořčíku do půdy je nejdříve důležité upravit její vlastnosti, především pH půdy. K těmto účelům je vhodné použít vápenatá hnojiva s obsahem Mg, jako jsou dolomity, dolomitické vápence a další (Vaněk et al. 2016). Před setím řepky je také možné aplikovat Mg v podobě kieseritu nebo jako součást některých draselných hnojiv. Hořčík může být aplikován i během vegetace, ale efektivita využití je velice nízká. K přihnojení během vegetace se používají dusíkatá hnojiva s obsahem Mg nebo hořká sůl a další (Černý et al. 2018). Wang et al. (2020) uvádějí, že aplikace Mg hnojiv poskytuje potenciál pro zvýšení výnosu plodiny, přičemž nejlepších výsledků účinnosti hnojiv (zvýšení výnosu o 11,3 %) je dosahováno na půdách s deficitním obsahem Mg (pod 6,5 mg/kg) a naopak na půdách s obsahem nad 120 mg Mg/kg bylo sledováno zvýšení výnosu plodiny pouze o 4,9 %.

3.9 Síra

Obsah síry je v půdě velice proměnlivý a běžně kolísá mezi 50-500 mg/kg. Většina z tohoto množství (až 98 %) je však v organických sloučeninách, ve kterých se nejčastěji vyskytuje ve dvou podobách - v oxidované formě a v redukované formě. Větší část představují organické látky s oxidovanou formou síry. Z těchto sloučenin je často síra uvolňována pomocí mineralizace a je tak hlavním potenciálním zdrojem živiny pro rostliny. Anorganické sloučeniny S jsou pak částečně rozpuštěny v půdním roztoku a zbytek je vázán na koloidy (Vaněk et al. 2016). Scherer (2001) poukazuje na to, že síra se stává omezujícím prvkem rostlinné výroby, protože je sledován deficit S v půdách, zejména se jedná o půdy západní Evropy, kde je sledována pozitivní odezva na aplikaci S hnojiv.

Rostliny přijímají síru z půdy především ve formě aniontu SO_4^{2-} . Tento iont je velmi málo ovlivňován ostatními ionty a vlastnostmi půdy. Využitelným zdrojem síry pro rostliny je i ovzduší, ze kterého ji dokáží v malém množství přijímat (Vaněk et al. 2012). Z imisí ve vzduchu se S může také dostat do půdy, ale v posledních letech je tento zdroj silně eliminován. Síranové anionty jsou v půdě dobře pohyblivé a hrozí tak značné riziko vyplavení, nedochází tak k akumulaci síry v půdě (Černý et al. 2017).

Sloučeniny síry v rostlinách jsou často prekurzory vonných a chuťových látek. Výživa sírou se tedy podílí na kvalitě produkce. V brukvovitých rostlinách, jako je řepka, je S součástí sloučenin zvaných glukosinoláty. Tyto látky jsou rostlinou využívány nejen k obranným účelům, ale taktéž jako zásoba síry. Jednotlivé skupiny rostlin mají rozdílné nároky na potřebu S. Mezi náročné rostliny patří především řepka, brukvovitá zelenina, cibule, česnek, jeteloviny a další (Vaněk et al. 2012).

Dle Černého et al. (2017) má nedostatek síry negativní účinky na výnos řepky, kde může docházet ke snížení o 5-40 %, a olejnatost semen. Běžnými projevy deficitu síry u rostlin je snížená intenzita růstu a snížená plocha listoví. Při období kvetení může docházet také k nevykvetení poupát a následně k nižší intenzitě tvorby šešulí s méně semeny.

Baranyk et al. (2007) uvádějí, že na produkci 1 tuny řepkového semene rostlina odebere 12-16 kg síry. Během vegetace jsou také rostlinou kladeny různé požadavky na příjem S. V podzimním období je řepka schopná akceptovat mírný deficit této živiny, kdy naopak je sledován spíše pozitivní vliv na tvorbu kořenového systému. Na půdách s vyšším nedostatkem S je nutné přihnojení (Černý et al. 2017). Přihnojení není zcela efektivní při aplikaci pouze stájových hnojiv, zejména těch kapalných. V těchto hnojivech je velice malý obsah S. Vyšší obsah síry je pouze ve hnoji, kde je přítomna v organické formě a musí projít procesem mineralizace (Černý et al. 2013). V podzimním období je možné aplikovat minerální dusíkatá hnojiva s obsahem síry. Stěžejní je aplikace těchto živin především v jarním období (Černý et al. 2018).

V jarním období je vysoký příjem S zejména při prodlužování a kvetení rostlin. Pokud navíc proběhla vlhká zima, je možné předpokládat, že obsah síry v půdě se snížil. V těchto případech je nutné aplikovat vysoké dávky S, kdy se může jednat až o 30-40 kg/ha. Tento prvek je pro rostlinu také důležitý z důvodu vztahu mezi S a N, kdy při deficitu dochází ke zhoršení příjmu a využití dusíku (Černý et al. 2017).

3.10 Bór a mikroprvky

Obsah bóru v půdě je značně závislý na přítomných minerálech a hodnotě pH půdy. V půdách se běžně vyskytuje obsah 30-40 ppm, ale může být i vyšší. Vyskytuje se v podobě boritanů nebo je obsažen v křemičitanech. Bór uvolněný z minerálů, nebo mineralizace organické hmoty je velice dobře pohyblivý a hrozí riziko vyplavování, a to především při nižších hodnotách pH. V kyselejších půdách je však také lépe přijatelný pro rostliny, které jej přijímají ve formě kyseliny borité (Vaněk et al. 2012). Schopnost přijímat bór rostlinami je ovlivňována vlhkostí prostředí, kdy při suchém počasí je B méně přístupný. Totéž se děje při vysokých nebo naopak nízkých teplotách (Černý et al. 2015b).

Pro rostliny je B důležitý v rámci výstavby buněčných stěn, pro růst a činnost meristemických pletiv, pro růst kořenů, transport asimilátů v rostlině, pro tvorbu generativních orgánů a také zvyšuje odolnost vůči nízkým teplotám. Pokud je v místě růstu deficit bóru, dochází ke snižování počtu květů a šesulí, tedy ke snižování výnosu. S nedostatkem B je také spjat zpomalený růst nadzemní biomasy, kdy dochází k zesilování lodyh a možnému následnému praskání. V paždí listů se také mohou objevovat nové postranní výhony (Vaněk et al. 2012).

Z hlediska příjmu bóru jsou zásadní dvě období, a to podzim, kdy je důležité jeho fyziologické působení na rostlinu, a období kvetení, tvorby šesulí a zrání. Aplikaci hnojiv obsahujících B je vhodné provádět na podzim do půdy, jelikož odtud je převážně přijímán. Během vegetace je možné dodat bór také prostřednictvím listové výživy, na což řepka reaguje taktéž pozitivně (Černý et al. 2015b). Liang et Shen (2008) také zmiňují, že křemík napomáhá rostlinám přijímat z půdy B i při jeho deficitu. Při optimálním a nadměrném obsahu však může na rostliny působit až toxicky.

Řepka je náročnou plodinou na příjem bóru (dle Baranyka et al. (2007), 75–110 g/t semene), ale při hnojení tímto prvkem je hranice mezi optimem a nadbytkem velice úzká. Příliš vysoký obsah B v půdě může působit toxicky na některé plodiny, jako jsou např. obilniny, ale také se mohou negativní dopady projevit snížením výnosu a olejnatosti řepky (Černý et al. 2015b).

Důležitým stopovým prvkem pro řepku je také zinek. V půdách je ale přítomno optimální množství a není proto nutné jej dodávat. Nepřímé hnojení zinkem je prováděno při aplikaci statkových hnojiv (Dostál et al. 2014). Prostřednictvím statkových hnojiv je možné do půdy dodávat nejenom zinek, ale také nikl, měď a mangan. Aplikace těchto hnojiv za účelem dodání

stopových prvků je vhodná především na půdách s nižšími hodnotami pH. Pro dobrý příjem většiny stopových prvků jsou vhodné kyselější půdy (Černý et al. 2013).

Bibordy et Mamedov (2010) uvádějí, že kromě výše jmenovaných živin mají na výnos ozimé řepky vliv i mikroelementy jako je zinek (Zn) a železo (Fe). U těchto živin se na základě prováděných pokusů ukázala jako optimální možnost dodání kombinovaná aplikace do půdy a na list během vegetace, kdy bylo dosaženo nejvyšších výnosů.

Brennan et Bolland (2015) varují, že po provedení vápnění může být sledován nedostatek Mn na pozemku. Obsah moilního Mn nestačí pro pokrytí potřeb a dochází ke snižování výnosu. V takových případech je nutné aplikovat Mn hnojiva.

4 Metodika

4.1 Charakteristika podniku

Hodnocení vlivu agrochemických vlastností půd a hnojení na výnos ozimé řepky bylo provedeno v provozních podmínkách společnosti AGRO PODLESÍ, a.s., které má sídlo v obci Červené Janovice, ve Středočeském kraji, v jižní části okresu Kutná Hora. Akciová společnost vznikla v roce 1998 jako dceřiná firma Zemědělského družstva Červené Janovice, které zde hospodaří od roku 1952. Hlavním předmětem podnikání obou společností je zemědělská výroba. Další významný předmět podnikání akciové společnosti je výroba elektrické energie z bioplynu.

V rámci zemědělské prvovýroby společnosti se vymezují dva směry – živočišná výroba a rostlinná výroba. V živočišné produkci se společnost specializuje na chov krav s tržní produkcí mléka, přičemž mají uzavřený obrat stáda. Společnost celkem chová zhruba 2 500 kusů skotu, z čehož je asi 1 350 kusů dojnic. Společnost hospodaří na 3 810 ha zemědělské půdy, z čehož jsou cca 290 ha TTP. Obhospodařovaná oblast se nachází v nadmořské výšce cca od 350 m n. m. do zhruba 570 m n. m., což odpovídá klimatickému regionu MT2, který přechází až do klimatického regionu MCH, kde v těchto oblastech končí Středočeský kraj a začíná kraj Vysočina. Celé obhospodařované území spadá do bramborářské výrobní oblasti. Společnost hospodaří na kambizemích, luvizemích, pseudoglejích a glejích.

4.2 Pěstované plodiny

Mezi hlavní pěstované plodiny ve společnosti patří ozimá řepka, která je zastoupena v osevním postupu společnosti zhruba z 27 %, ozimá pšenice (průměrně 24 %) s kukuřicí na siláž (průměrně 18 %). Celkové zastoupení obilnin v osevním postupu je pak cca 56 %. Přesné zastoupení plodin v jednotlivých letech je uvedeno v tabulce 4, ze které je vidět, že společnost pěstuje nezanedbatelnou část plodin na produkci krmiv pro ŽV. V rámci výroby řepky jsou v pěstovaném portfoliu společnosti zastoupeny jak liniové, tak i hybridní odrůdy, přičemž z hlediska hektarového zastoupení převažují hybridní. Odrůdové složení v průběhu let se mění, v posledních letech mezi nejzastoupenější liniové odrůdy patří např. Arabella, Sonyx nebo Zakari. Mezi pěstovanými hybridními odrůdami jsou zastoupeny např. Atora, SY Florida, DK Exception a další.

Tabulka 4: Zastoupení plodin na orné půdě 2015-2019 (interní podklady společnosti)

Plodina	Rok sklizně									
	2015		2016		2017		2018		2019	
	Plocha [ha]	Plocha [%]	Plocha [ha]	Plocha [%]	Plocha [ha]	Plocha [%]	Plocha [ha]	Plocha [%]	Plocha [ha]	Plocha [%]
Řepka ozimá	910	25	893	25	995	28	985	28	993	28
Pšenice ozimá	902	25	914	26	791	22	843	24	857	24
Kukuřice	676	19	624	18	640	18	611	17	576	16
Ječmen ozimý	280	8	270	8	241	7	239	7	237	7
Tritikále	29	1	251	7	229	7	231	7	246	7
Ječmen j., oves	56	2	31	1	32	1	27	1	29	1
Obilniny celkem	1943	54	2090	59	1933	55	1951	56	1945	55
JVT, jetel	289	8	273	8	274	8	292	8	343	10
LOS	294	8	166	5	241	7	208	6	162	5
Trávy na o.p.	134	4	13	0	79	2	69	2	83	2
Plocha celkem	3570	100	3552	100	3522	100	3505	100	3526	100

4.3 Výživa ozimé řepky

Ve společnosti je dbáno na dodávání limitujících živin (P, Mg, Ca a další) do půdy, přičemž jsou zohledňovány agrochemické vlastnosti půd, především pH půdy. Jednotlivé živiny jsou rostlinám dodávány jak minerálními hnojivy, tak i statkovými hnojivy, kde je využíván hnůj skotu a digestát z BPS. Rozsah aplikace těchto hnojiv je však omezen jejich produkcí v živočišné výrobě a ekonomickou náročností dopravy na vzdálené hony. Pomocí těchto hnojiv nedochází pouze k přísunu živin, ale také k dodávání organické hmoty do půdy. Stejný význam v rámci hospodaření plní také posklizňové zbytky a drcená sláma předplodiny. Část slámy obilnin je z pozemků odvážena a využívána v ŽV jako stelivo nebo komponent krmné dávky pro některé kategorie skotu. Děje se tak především na pozemcích blízko areálů ŽV, kde je následně tato organická složka častěji nahrazována hnojem nebo digestátem.

V rámci podniku je uplatňován relativně jednotný vzorec hnojení plodin. Přehled použitých hnojiv v jednotlivých letech a jejich aplikační dávky a přínos jednotlivých makroživin je uveden v Příloze č. 1. Běžně jsou využívána hnojiva trojitý superfosfát (TSP), ledek amonný s vápencem (LAV/ s dolomitickým vápencem – LAD), DAM 390, Kieserit, Bor, Krista. V této příloze jsou však vzhledem k objemu analyzovaných dat uvedeny pouze obecné aplikační dávky, které na jednotlivých pozemcích mohou být dále upravovány dle stavu porostu, průběhu počasí atd. V příloze č. 1 není zahrnuto vápnění, které se provádí každoročně na vybrané části pozemků a aplikovaná dávka činí paušálně 2 t/ha mletého vápence. Na

vybraných pozemcích je také minerální hnojení částečně nahrazováno aplikací organických a statkových hnojiv – hnůj, digestát (v dávkách 30 t/ha). Podrobné informace o aplikaci hnoje, digestátu a vápence na jednotlivých pozemcích jsou uvedeny v Příloze č. 2. Ve společnosti je pro hnojení řepky dusíkem obecně používána celková dávka okolo 170 kg N/ha (minerální + organická hnojiva dle pozemku).

4.4 Zjišťování výnosu

Výnosy z jednotlivých honů jsou v průběhu žní zjišťovány pomocí mostní váhy, kde jsou váženy traktorové soupravy se semeny sklizené řepky, a od brutto váhy je odečítána hmotnost prázdné soupravy. Hrubý odhad výnosu je podílem celkové produkce a velikosti plochy honu. Zjištěné údaje jsou po jednotlivých vozech zadávány do interního SW programu, který s využitím hodnot vlhkosti semen a procenta nečistot vypočítá průměrný výnos z honu a také z celé výměry plodiny. Sklizené semeno je odváženo na posklizňové linky, kde dochází k odloučení nečistot, a v případě nutnosti také k dosoušení produkce. V rámci posledních sledovaných let nebylo ve společnosti nutné dosoušet sklizenou úrodu. Přechištěná sklizeň je následně skladována v silech nebo větraných halách k tomu určených.

4.5 Metoda hodnocení dat

Pro práci s hony, kde byla v průběhu let 2015–2019 pěstována řepka ozimá, byly společností AGRO PODLESÍ, a.s. poskytnuty archivované osevnické plány, plány hnojení a vápnění a sestavy o výnosech v jednotlivých letech z interního SW. Společností byly také poskytnuty výsledky agrochemického zkoušení půd z roku 2012 a 2016, které jsou dostupné na portálu faráře v LPIS. Mezi zjištěnými hodnotami z roku 2012 a 2016 nebyly zjištěny u sledovaných pozemků žádné výrazné změny ani v jednom ze sledovaných ukazatelů - pH půdy, obsah přístupného P, K, Mg, Ca. Pro vyhodnocení vzájemných závislostí mezi používanými organickými hnojivy, agrochemickými vlastnostmi půd a výší výnosu byly použity metody ANOVA a lineární korelace a regrese. Grafy a tabulky vlivů a závislostí byly vytvářeny v softwaru STATISTICA 12 Cz.

5 Výsledky

Pro potřeby diplomové práce byly v rámci společnosti AGRO PODLEŠÍ, a.s. a Zemědělského družstva Červené Janovice sledovány výnosy ozimé řepky v letech 2015-2019. V rámci tohoto období bylo sledováno celkem 153 honů. Seznam sledovaných honů s jejich agrochemickými vlastnostmi, výnosy řepky v jednotlivých letech a zaznamenanými předplodinami je uveden v příloze č. 3 a 4. Průměrně je ve společnosti řepka pěstována na 955 ha.

5.1 Struktura předplodin

Během sledovaných pěti let (2015-2019) došlo ke změně zastoupení jednotlivých předplodin řepky ozimé. Na počátku sledovaného období (rok 2015) byla řepka pěstována především po ozimém ječmeni (údaje z roku 2014), který v tomto roce byl v rámci osevního postupu společnosti pěstován na výměře zhruba 450 ha (60 %). Další významnou předplodinou řepky byla sama řepka (21 %) a v malém zastoupení se objevovala ozimá pšenice a jarní ječmen viz tabulka 5.

Tabulka 5: Procentuální zastoupení předplodin v jednotlivých letech

Předplodina	2014	2015	2016	2017	2018
Ječmen ozimý	60	35	27	21	16
Ječmen jarní	5	2	2	2	0
Pšenice ozimá	14	21	9	25	19
Tritikále	0	5	40	21	33
Řepka ozimá	21	26	20	26	30
LOS	0	7	0	2	2
Oves	0	5	2	0	0
JVT	0	0	0	4	0
Celkem	100	100	100	100	100

V průběhu sledovaných let se měnilo procentuální zastoupení jednotlivých předplodin. Poměrně stálou předplodinou, ohledně procentuálního zastoupení, je sama řepka, která se pěstuje sama po sobě průměrně ve 25 % případech. V posledních letech je u řepky jako předplodiny vidět nárůst, což je částečně způsobeno navyšováním osevních ploch řepky. Ozimý ječmen byl v počátcích sledovaného období nejvýznamnější předplodinou řepky (60 % - 2014, 35 % - 2015), ale během pěti let došlo k výraznému snížení jeho výměry v osevním postupu. Stále se objevující předplodinou je ozimá pšenice, avšak vzhledem k jejímu vysokému zastoupení v osevním postupu je překvapivé, že jakožto předplodina se objevuje pouze v 17 %

případů. V roce 2015 se v portfoliu významných předplodin objevilo tritikále, které je v rámci podniku v současné době pěstováno průměrně na 240 ha, a to především na zeleno.

5.2 Vliv předplodiny na výnos

Během sledovaných pěti let bylo zastoupení jednotlivých předplodin proměnlivé. Pro všechny roky 2015-2019 bylo provedeno statistické zkoumání, kde jako nulová hypotéza bylo předpokládáno, že předplodina nemá vliv na průměrný výnos ozimé řepky. V roce 2015 a 2019 nebyl na základě provedené analýzy při koeficientu spolehlivosti 0,05 sledován žádný vliv předplodiny na průměrný výnos (viz tabulka 6).

Tabulka 6: Vliv předplodiny na průměrný výnos řepky 2015

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Prům. výnos (Data2 DP) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,37277, sv = 38,000				
	Předplodina	1 4,1364	2 4,0950	3 4,1800	4 4,1500
1	ječmen oz.		0,999788	0,998957	0,999949
2	ječmen j.	0,999788		0,998668	0,999587
3	pšenice	0,998957	0,998668		0,999781
4	řepka	0,999949	0,999587	0,999781	

Naproti tomu v letech 2016, 2017 a 2018 byl na základě provedených Scheffeho testů sledován statisticky významný vliv (na hladině významnosti 0,05) některých předplodin na průměrné výnosy řepky. V letech 2016 a 2017 byl takový vliv pozorován u tritikále jako předplodiny (viz tabulka 7) a v roce 2018 byl sledován vliv u řepky jako své vlastní předplodiny.

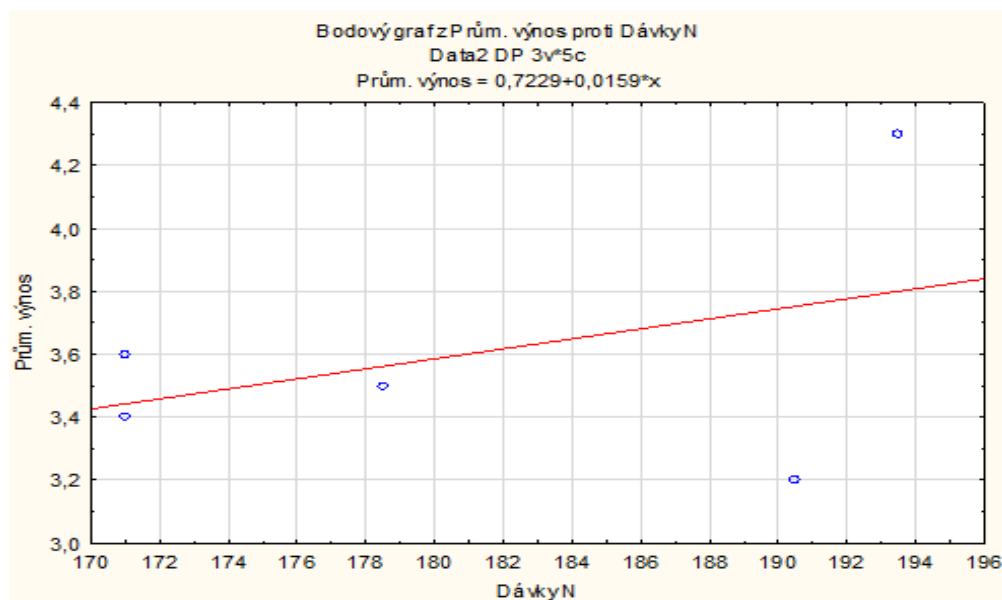
Tabulka 7: Vliv předplodiny na průměrný výnos řepky 2016

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Prům. výnos (Data2 DP) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,20129, sv = 38,000						
	Předplodina	1 3,7140	2 3,8600	3 3,1633	4 1,9250	5 3,7567	6 3,3225
1	ječmen oz.		0,999825	0,159462	0,000004	0,999996	0,422246
2	ječmen j.	0,999825		0,821982	0,023079	0,999982	0,929405
3	pšenice	0,159462	0,821982		0,003786	0,565525	0,984743
4	tritikale	0,000004	0,023079	0,003786		0,000502	0,000437
5	LOS	0,999996	0,999982	0,565525	0,000502		0,810943
6	řepka	0,422246	0,929405	0,984743	0,000437	0,810943	

5.3 Vliv aplikované dávky dusíku na výnos

Vzhledem k různorodosti aplikované dávky dusíku během sledovaných pěti let bylo možné předvídat různé úrovně dosahovaného celkového výnosu. V grafu 3 je uvedena závislost mezi výší aplikovaného N na ha a dosahovaným výnosem na celou plochu pěstování řepky.

Graf 3: Vliv aplikované dávky N na průměrný výnos řepky



Křivka regresní analýzy má stoupající tvar, jedná se tedy o pozitivní vztah mezi sledovanými znaky, a čím vyšší dávka N byla při pěstování ozimé řepky použita, tím vyššího výnosu bylo dosaženo. V roce 2019 však bylo dosaženo průměrného výnosu pouze 3,2 t/ha, což neodpovídá zjištěné závislosti. Tato odlehlá hodnota byla způsobena nepříznivými povětrnostními vlivy. V období sklizně byl zaznamenán lokální výskyt krupobití, což způsobilo značné ztráty na výnose. Informace o této živelné události jsou vedeny ve vnitropodnikovém účetnictví. Společnost AGRO PODLEŠÍ, a.s. každoročně uzavírá pojištění na pěstované plodiny a ve zmiňovaném roce obdržela od pojišťovny náhradu za živelnou událost (zdroj: interní účetní podklady společnosti).

5.4 Vliv aplikace hnoje na výnosy

Z výsledků provedené analýzy pro všechny sledované roky vyplývá, že ani v jednom roce se neprojevil statisticky významný rozdíl mezi výnosy řepky, která byla hnojena organickými hnojivy – hnojem a digestátem – a minerálními hnojivy (viz tabulky 8, 9, 10).

Tabulka 8: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2016

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná 2016 (dpdata) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,37135, sv = 40,000				
	Hnojení	1 3,4300	2 3,4104	3 3,1700	4 3,5383
1	hnůj		0,999839	0,982954	0,989976
2	minerální	0,999839		0,984971	0,974295
3	Ca	0,982954	0,984971		0,957033
4	digestát	0,989976	0,974295	0,957033	

Obecně je možné uvést, že aplikace hnoje skotu a digestátu v rámci celé výměry pěstování řepky je značně rozkolísaná. Procento plochy, kde byla provedena aplikace hnoje, se ve sledovaném období pohybovala mezi 4-20 % a aplikace digestátu byla prováděna na 5-14 % ploch. V rámci jednotlivých let se tak jedná o poměrně malé množství dat a výsledky mohou být zatíženy chybou. V rámci organického hnojení také nebyly započítávány posklizňové zbytky a sláma obilnin.

Tabulka 9: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2017

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná 2017 (dpdata) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,32298, sv = 51,000				
	Hnojení	1 3,2569	2 4,2350	3 3,5958	4 3,7522
1	minerální		0,148356	0,385058	0,162917
2	hnůj	0,148356		0,543032	0,758107
3	Ca	0,385058	0,543032		0,941944
4	digestát	0,162917	0,758107	0,941944	

Tabulka 10: Vliv organického hnojení a vápnění na výnosy řepky 2018

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná 2018 (dpdata) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,25540, sv = 48,000				
	Hnojení	1 3,5429	2 3,8700	3 3,7045	4 4,3867
1	hnůj		0,785325	0,894838	0,133899
2	digestát	0,785325		0,942162	0,619896
3	minerální	0,894838	0,942162		0,181879
4	Ca	0,133899	0,619896	0,181879	

Podobné podmínky jako u hodnocení vlivu organických hnojiv na výnos nastává i u hodnocení vlivu vápnění. V prvním sledovaném roce nebyla vápněna žádná ze sledovaných ploch, kde byla pěstována ozimá řepka a v ostatních letech docházelo k aplikaci vápence poměrně zřídka. Pouze v roce 2017 byla sledována zvýšená aplikace Ca na osevní plochy řepky (viz tabulka 11). Přičemž půdy, které se v obhospodařované oblasti vyskytují, jsou slabě kyselé až extrémně kyselé.

Tabulka 11: Procentuální aplikace jednotlivých hnojiv a vápence v letech 2015-2019

Hnojivo/Ca	2015	2016	2017	2018	2019
Ca	0	2	22	6	7
Hněj	5	20	4	13	7
Digestát	7	14	13	8	5
Minerální	88	64	62	73	81

5.5 Vliv agrochemických vlastností na výnos

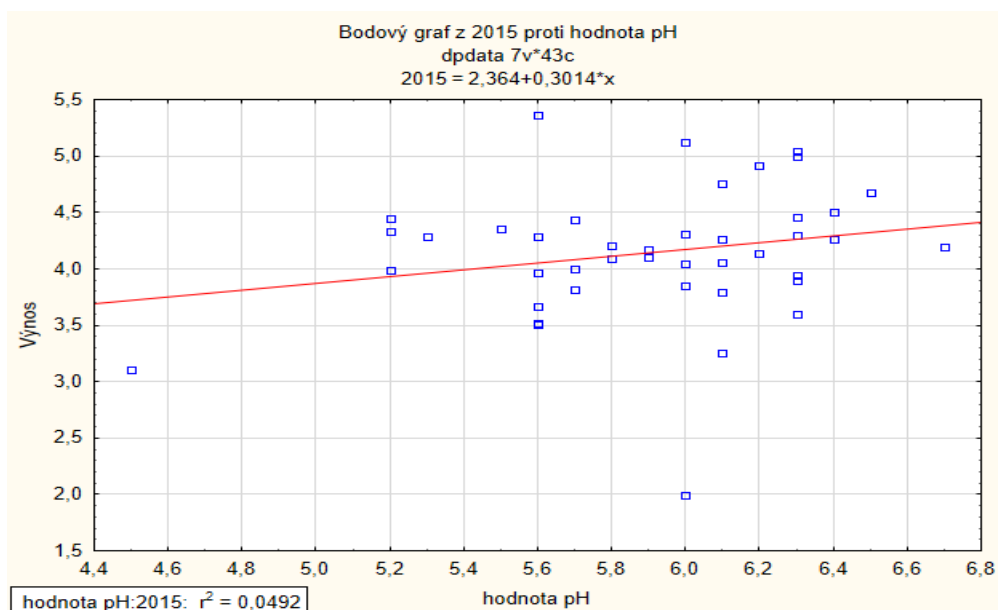
5.5.1 Rok 2015

V hospodářském roce 2014/2015 byla ozimá řepka pěstována na 25 % orné půdy, což je zhruba 910 ha. V tomto roce bylo na celé výměře dosaženo průměrného výnosu 4,27 t/ha ze 43 honů. Nejnižším dosaženým výnosem bylo 1,99 t/ha, který byl zaznamenán na pozemku v blízkosti kraje Vysočina s nadmořskou výškou nad 550 m.n.m. Naopak nejvyšší dosahované výnosy převyšovaly 5 t/ha.

Vztah mezi výší výnosu a pH půdy je vyjádřen v grafu 4. Lze vidět, že získané hodnoty mají poměrně velký rozptyl. Hodnota koeficientu determinace je 0,0492, tedy závislost mezi sledovanými veličinami je zvoleným modelem vysvětlena pouze z necelých 5 %. To znamená, že závislost by bylo možné lépe vysvětlit pomocí nelineárního modelu regresní analýzy.

Druhý nejnižší výnos byl sledován u řepky, která rostla v podmínkách kyselého až silně kyselého pH půdy. I přes nevhodné růstové podmínky, však bylo dosaženo na tomto pozemku relativně dobrého výsledku 3,1 t/ha. Nejvyšších výnosů bylo dosahováno v oblasti slabě kyselého až spíše neutrálního pH.

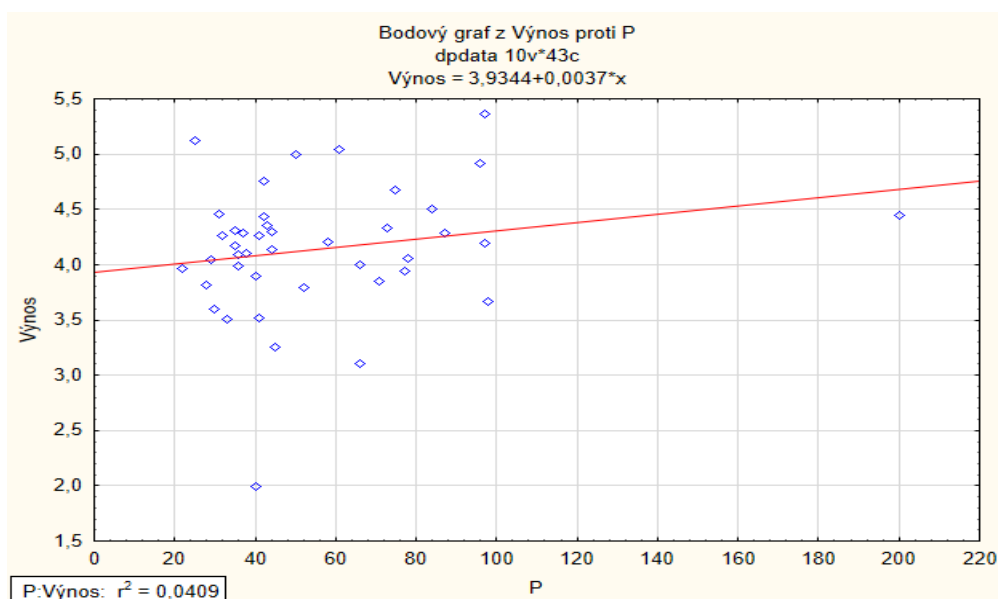
Graf 4: Závislost výnosu na pH půdy 2015



Na rozdíl od pH, kde byly jednotlivé hodnoty výnosu rozmístěny podél lineární křivky, tak v případě závislosti výnosu na obsaženém množství přijatelného fosforu v půdě je zřejmá vyšší hodnota rozptylu jednotlivých bodů.

Dle metodiky pro hodnocení obsahu dostupných forem jednotlivých prvků v půdách jsou považovány hodnoty do 50 mg/kg za příliš nízké a je nutné je hnojením upravit. Z grafu 5 je patrné, že většina obhospodařovaných pozemků má deficitní nebo pouze vyhovující obsah P. Avšak i s nízkým obsahem jsou rostliny řepky schopny dosahovat vysokých výnosů. Samotná závislost mezi sledovanými proměnnými je pomocí lineárního modelu vysvětlitelná pouze ze 4 %.

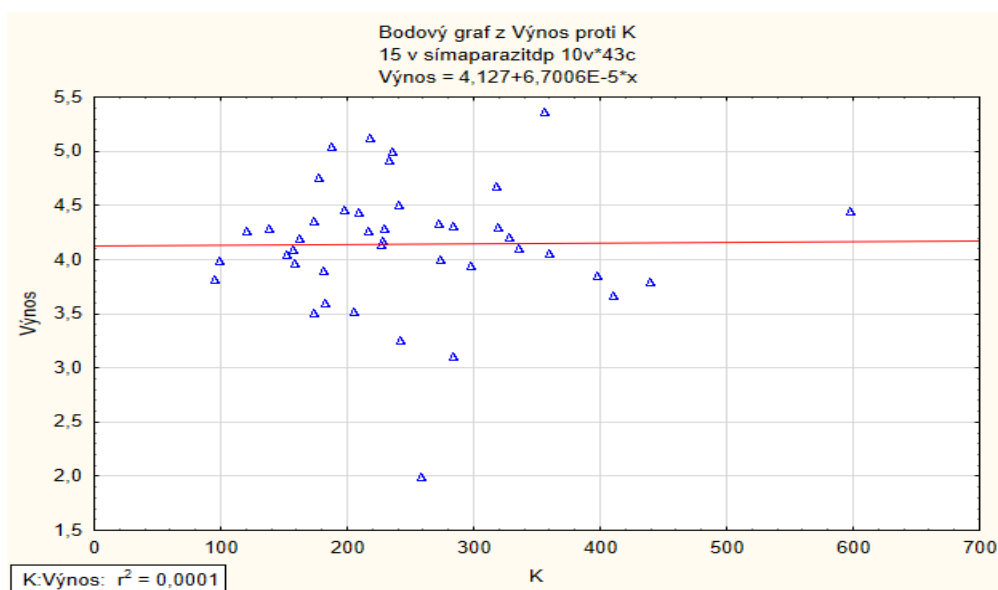
Graf 5: Závislost výnosu na obsahu přijatelného P v půdě [mg/kg]



Korelační pole závislosti mezi výnosem a obsahem draslíku v půdě má podobný tvar jako v grafu 4. V této situaci je však hodnota regresního koeficientu pouze 0,01 %, což značí, že obsah K nemá v roce 2015 žádný vliv na výši výnosu.

Většina obdělávané půdy obsahuje, dle grafu 6, vyhovující až dobrý obsah přístupného K. Tedy je zde sledován obsah zhruba od 100 mg/kg do zhruba 400 mg/kg, přičemž na středně těžkých půdách jako dobré rozpětí je uváděno 171-310 mg/kg. Zhruba na čtvrtině sledovaných půd je vhodné dbát na optimální dodávání K do půdy.

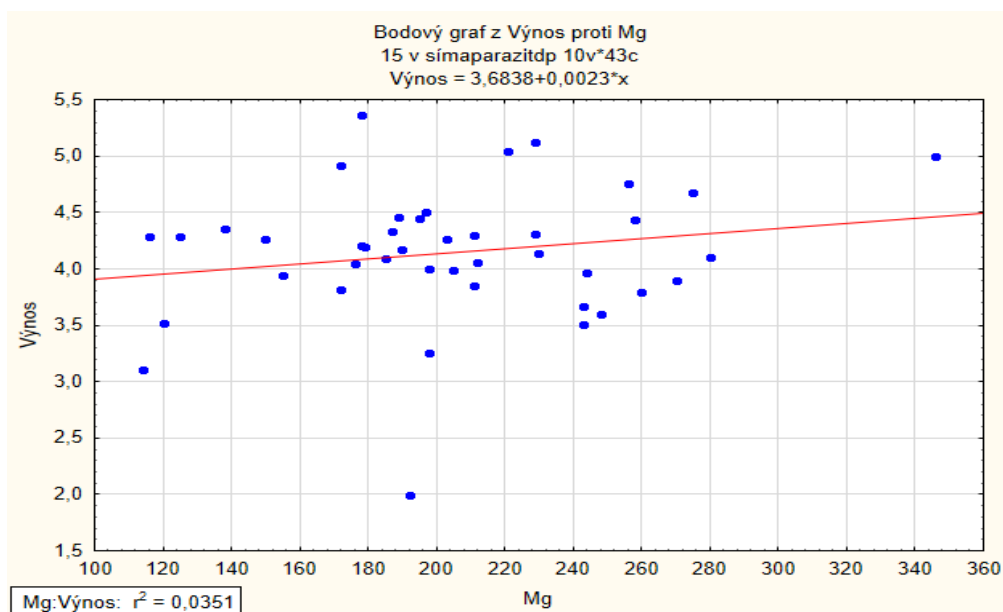
Graf 6: Vliv obsahu přijatelného draslíku v půdě [mg/kg] na výnosy 2015



V grafu 7 je uveden obsah Mg na zkoumaných pozemcích. Dobré množství pro středně těžké půdy je v rozmezí 161-265 mg/kg půdy. Zhruba ¼ obhospodařovaných pozemků tak vyžaduje pravidelné dodávání hnojiv s Mg. Rostliny na takové podmínky mohou reagovat snížením dosahovaného výnosu. To se však z grafu lineární regrese nepotvrdilo a vzájemná závislost proměnných je lineárním modelem vysvětlena pouze z 3,5 %.

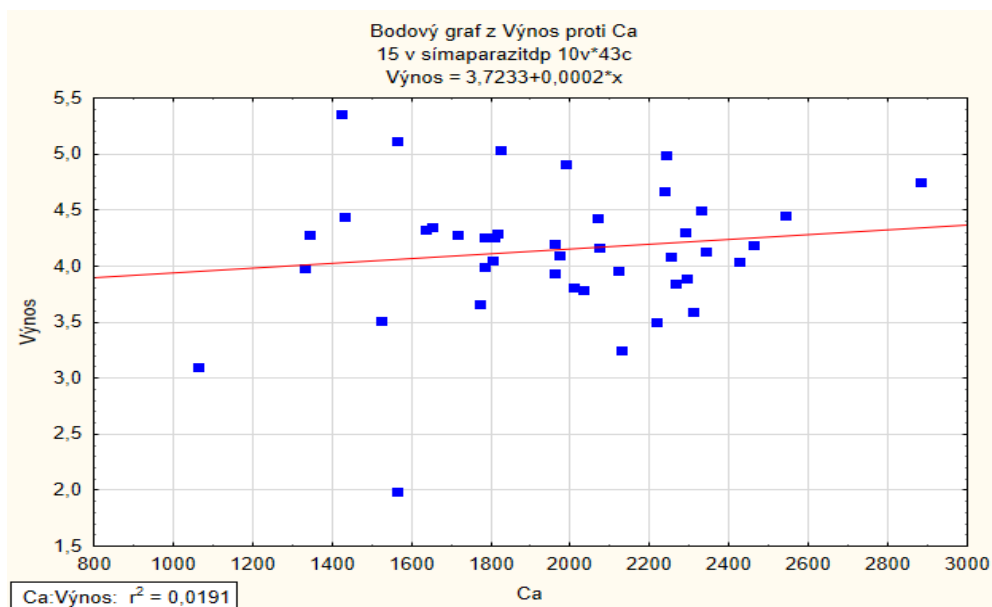
Překvapivé jsou výsledky obsahu Mg na honech, kde bylo dosaženo nejnižšího, a naopak nejvyššího výnosu, kde bylo sledované množství hořčíku nižší (necelých 180 mg/kg).

Graf 7: Závislost výnosu řepky na obsahu přijatelného Mg 2015 [mg/kg]



Hodnota koeficientu determinace je i v tomto případě velice nízká – necelá 2 %. Tedy vývoj výnosů na jednotlivých pozemcích je ovlivňován dalšími faktory. Pozemky, na kterých bylo dosaženo nejvyššího a nejnižšího výnosu mají zhruba stejné množství přístupného Ca. Hodnota obsahu Ca na většině pozemků se nachází zhruba mezi 1 600 až 2 400 mg/kg.

Graf 8: Vliv obsahu přijatelného Ca [mg/kg] na výnos řepky 2015

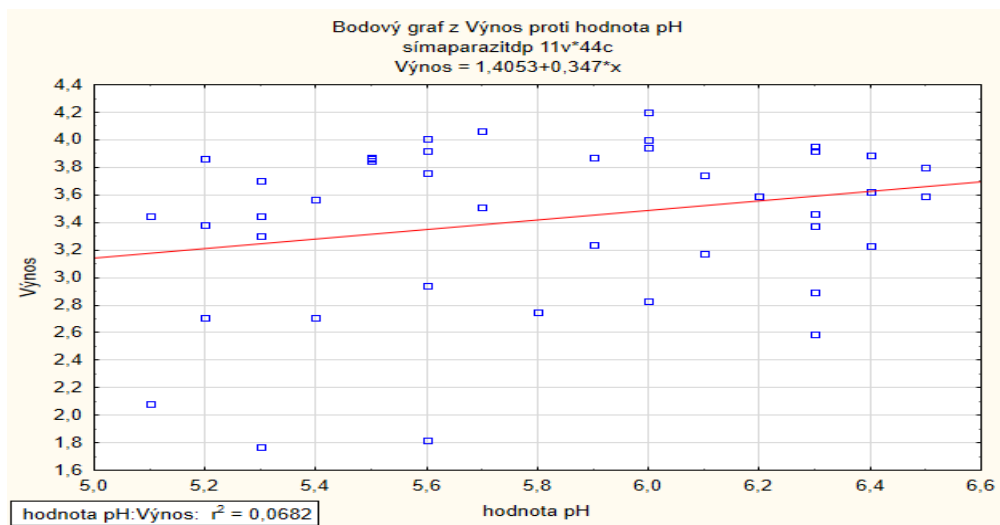


Za sledovaný rok 2015 bylo nejvyšší hodnoty koeficientu determinace dosaženo u vztahu pH půdy a výnosu – 5 %. V daném roce tedy byla výše výnosů ovlivňována, více jak 90 % jinými faktory, než byla reakce půdy a v ní přítomné přijatelné formy živin.

5.5.2 Rok 2016

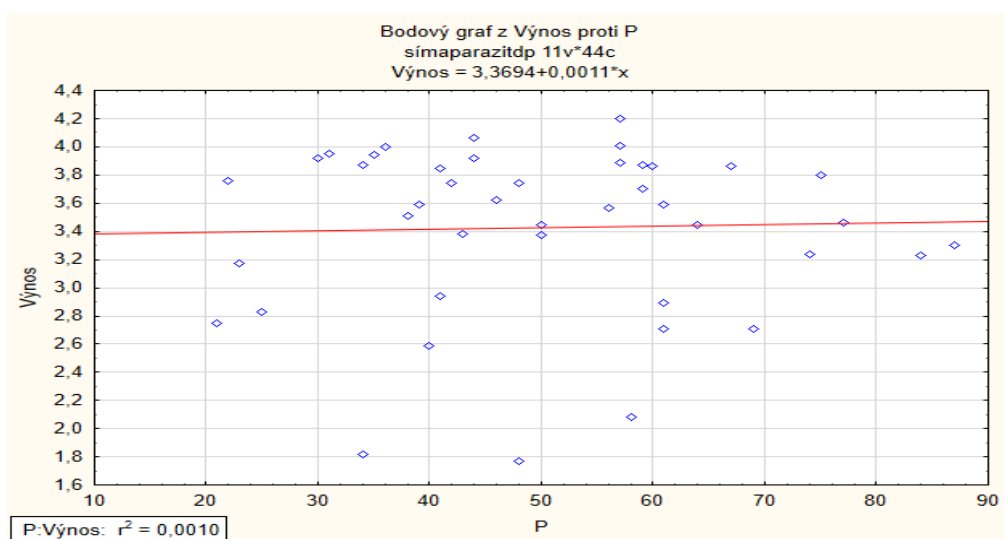
V roce 2016 se částečně obměnily pozemky, na kterých byla řepka pěstována v předešlém roce. Částečně se tak i změnila půdní vlastnosti celkového portfolia osetých ploch. Hodnoty půdních reakcí jsou rovnoměrněji rozmístěné od hodnot pH 5,0 do 6,6. Nejnižší výnosy (1,77; 1,82 t/ha) byly sledovány právě na nejkyselějších honech, ale na ostatních pozemcích s podobnými vlastnostmi bylo dosahováno výnosů i okolo 4 t/ha. Koeficient determinace u tohoto zastoupení pozemků vysvětloval závislost proměnných ze 6,8 %.

Graf 9: Vliv pH na výnosy 2016



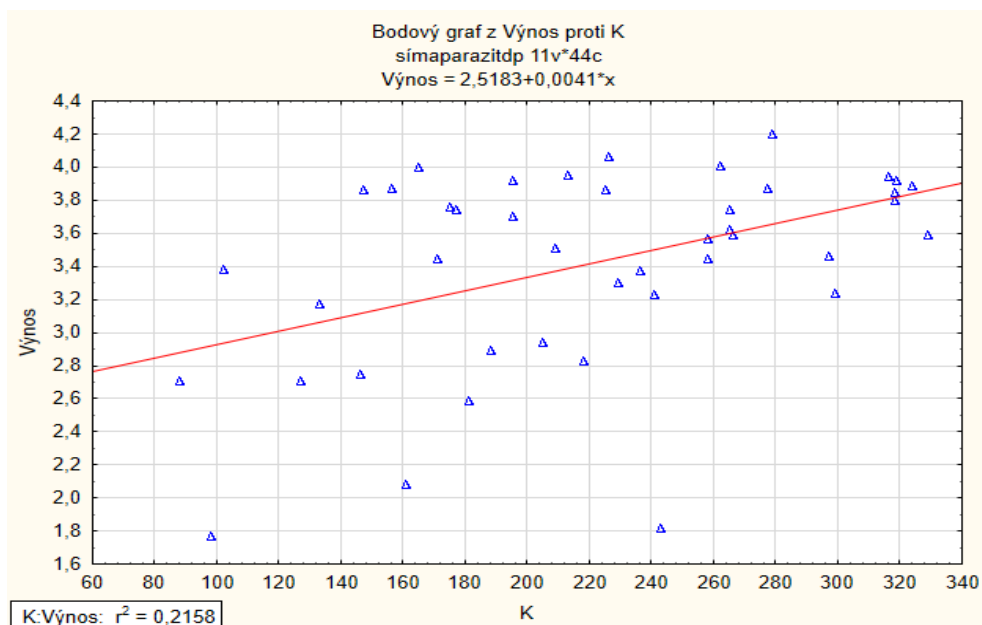
V případě vlivu obsahu přijatelného fosforu v půdě nedošlo mezi sledovanými lety k žádné změně. Obsah fosforu v půdě nevykazuje žádný vliv na dosahované výnosy. Koeficient determinace dosahoval hodnoty 0,1 %, přičemž rozptyl sledovaných bodů v okolí regresní křivky je značný.

Graf 10: Vliv obsahu P na výnosy 2016



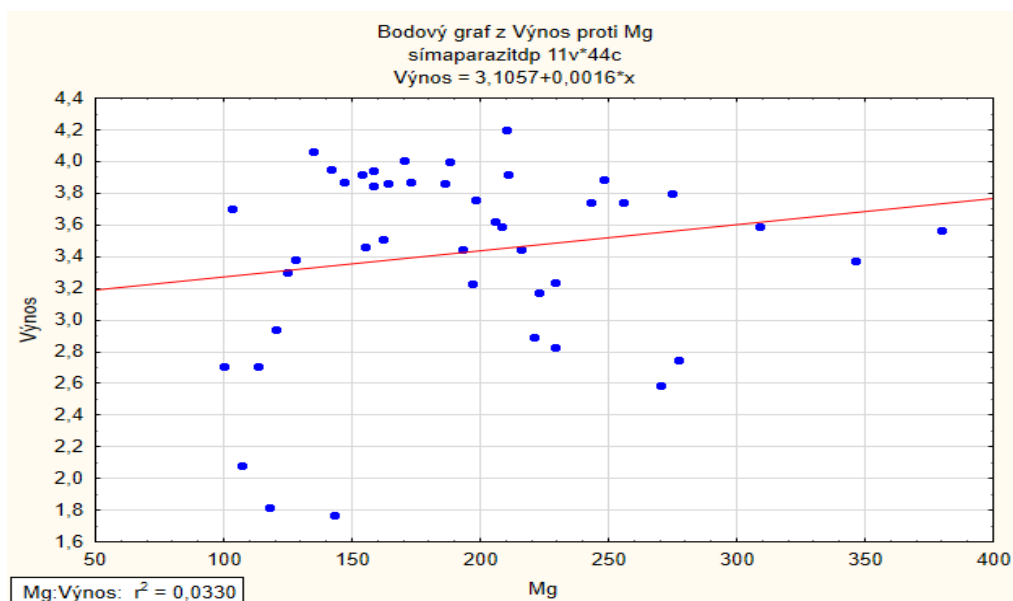
Rozptyl jednotlivých hodnot v grafu 11 ukazuje, že čím vyšší obsah přístupného K v půdě byl obsažen, tím se snižoval rozptyl a zvyšovala se úroveň výnosů. Oproti roku 2015 je hodnota koeficientu determinace 21,5 %, což je sice ze statistického hlediska slabá závislost mezi proměnnými, ale dalších spolupůsobících faktorů je velké množství.

Graf 11: Vliv obsahu K v půdě na výnosy řepky 2016



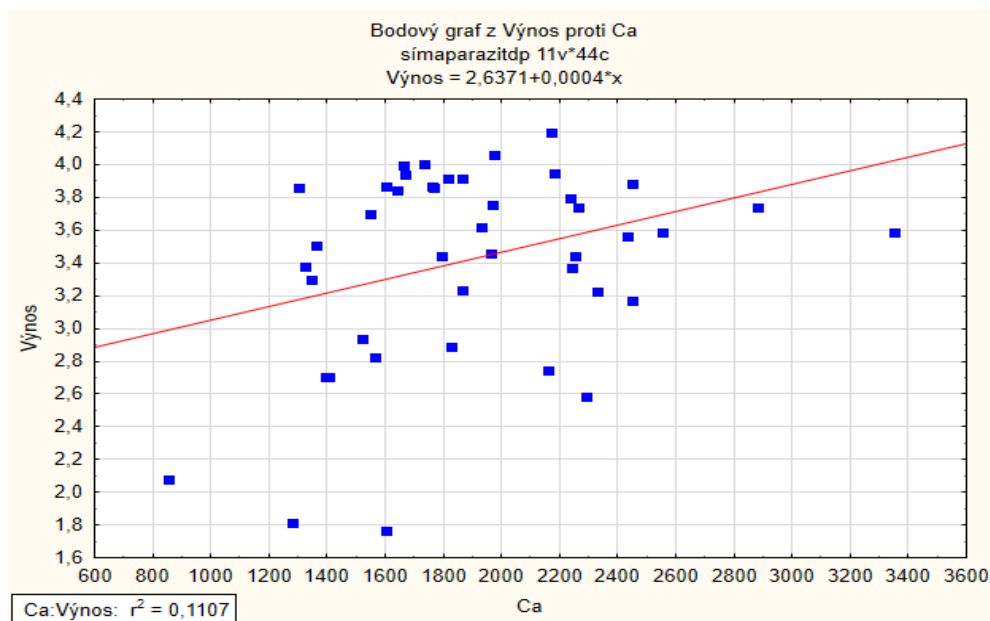
Podobnou hodnotu koeficientu determinace v obou hodnocených letech nemá pouze fosfor, ale také hořčík. V rámci grafu 12 je zřetelně vidět, že především na méně nasycených půdách dochází k velkému rozptylu výnosu a jeho velkým hodnotovým výkyvům. V intervalu obsahu Mg v půdě 100–150 mg/kg se nacházejí jak jedny z nejvyšších výnosů okolo 4 t/ha, tak i nejnižší výnosy 1,7–2,2 t/ha.

Graf 12: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2016



Ve výše prováděné analýze Scheffeho metodou, kde byl zkoumán vliv aplikace mletého vápence na výnosy řepky, tak na hladině spolehlivosti $\alpha=0,05$ nebyla tato domněnka prokázána. V grafu 13 je určitá slabá závislost viditelná. Lineární funkce je schopna model vysvětlit z 11 %, avšak je zde vidět vysoký rozptyl v dosahovaných výnosech, a to především u nejnižších dosahovaných výnosů.

Graf 13: Vliv obsahu přijatelného Ca [mg/kg] na výši výnosu řepky 2016

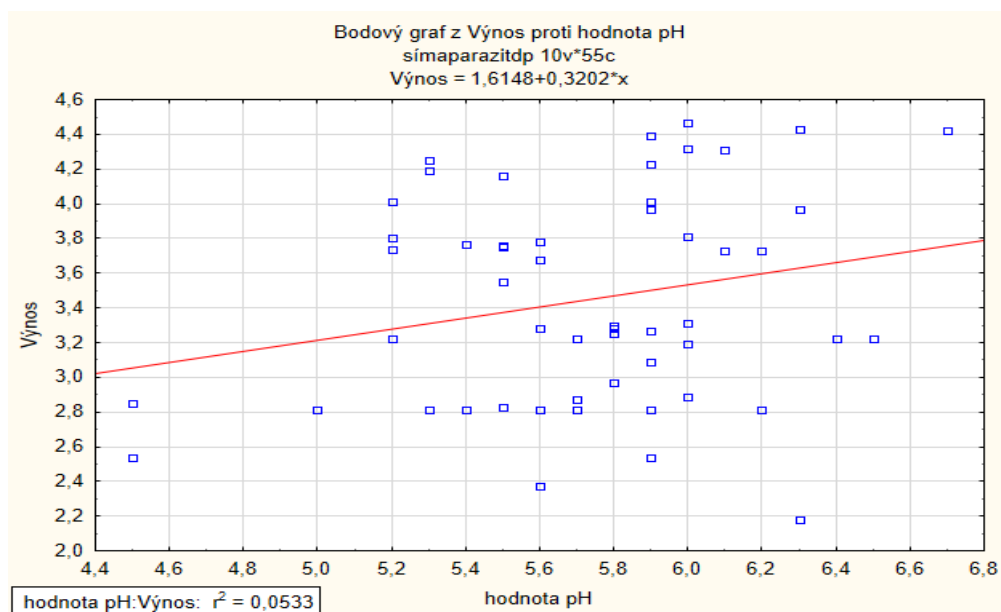


Ze sledovaných závislostí agrochemických vlastností půd na výnosy ozimé řepky je zřejmé, že množství obsahu jednotlivých živin snadno dostupných rostlinám v roce 2016 nebyl výrazně zásadním faktorem. U makroživin hodnocených na základě jejich obsahu v půdě, vycházela nejvyšší závislost mezi Ca a výnosem, přičemž analýza prováděná jinou metodou (ANOVA) vyvrátila jakýkoliv statisticky významný vliv.

5.5.3 Rok 2017

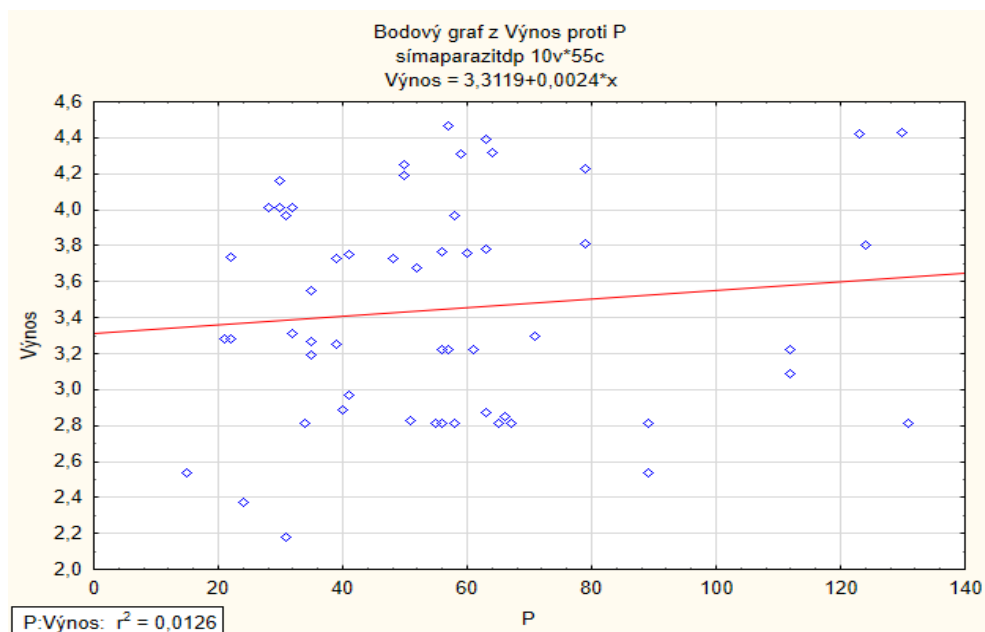
Vliv pH půdy na výnos řepky je vysvětlen zhruba 5 %, avšak rozptyl jednotlivých hodnot výnosu je enormní. Nejnižšího výnosu v roce 2017 bylo paradoxně dosaženo na pozemku s relativně optimálními acidobazickými vlastnostmi. V roce 2017 (2016) bylo provedeno poměrně rozsáhlé vápnění ploch (22 % výměry), na kterých byla pěstována ozimá řepka.

Graf 14: Vliv pH půdy na výnosy řepky 2017



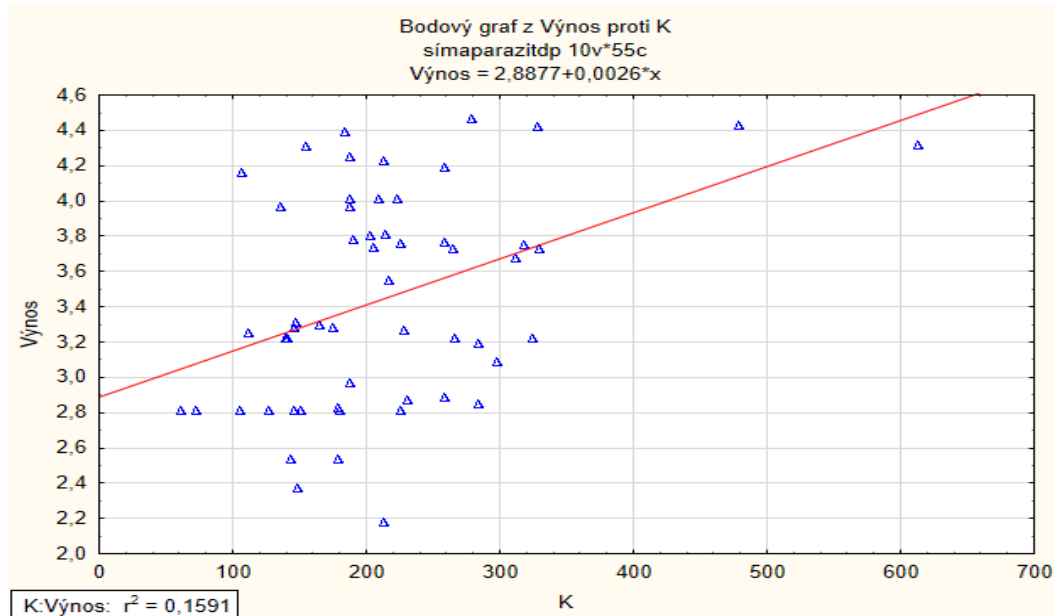
Obsah rostlinami přijatelného fosforu v půdě opět nevykazuje v podstatě žádný vliv na dosahované výnosy řepky ozimé. Koeficient determinace je pouze 1,26 %, což je zanedbatelná schopnost lineárního modelu regrese vysvětlit změny výnosů. Prvky obsažené v grafu 15 vykazují vysoký rozptyl hodnot. V rámci osevního postupu začíná být řepka více pěstována sama po sobě a je zřetelné, že ve většině půd obhospodařovaných společností AGRO PODLEŠÍ, a.s. obsahuje v půdě vyhovující obsah přijatelného fosforu a jen relativně málo půd vykazuje hodnoty vyšší.

Graf 15: Vliv přijatelného P na výnosy řepky 2017



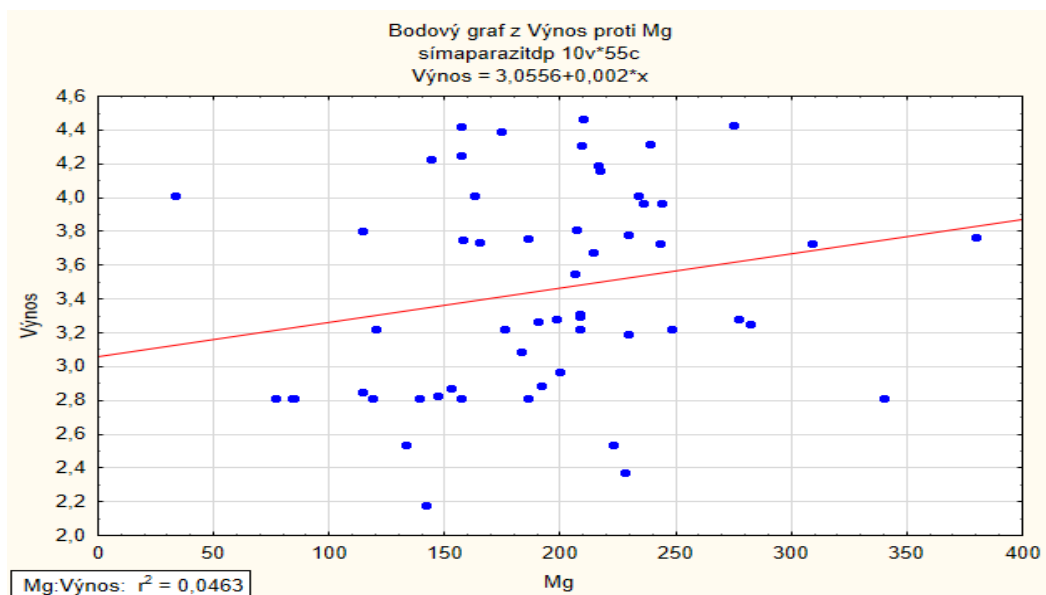
V roce 2017 je opět sledován relativně vysoký vliv obsahu přijatelného draslíku na výnosy ozimé řepky. Hodnota koeficientu determinace je rovna 15,9 %. Z grafu 16 je patrné, že většina obhospodařovaných půd vykazuje vyhovující nebo dobrý obsah přijatelného K a rozptyl dosažených výnosů řepky je z velké části ovlivňován jinými vlivy.

Graf 16: Vliv obsahu K v půdě na výnos řepky 2017



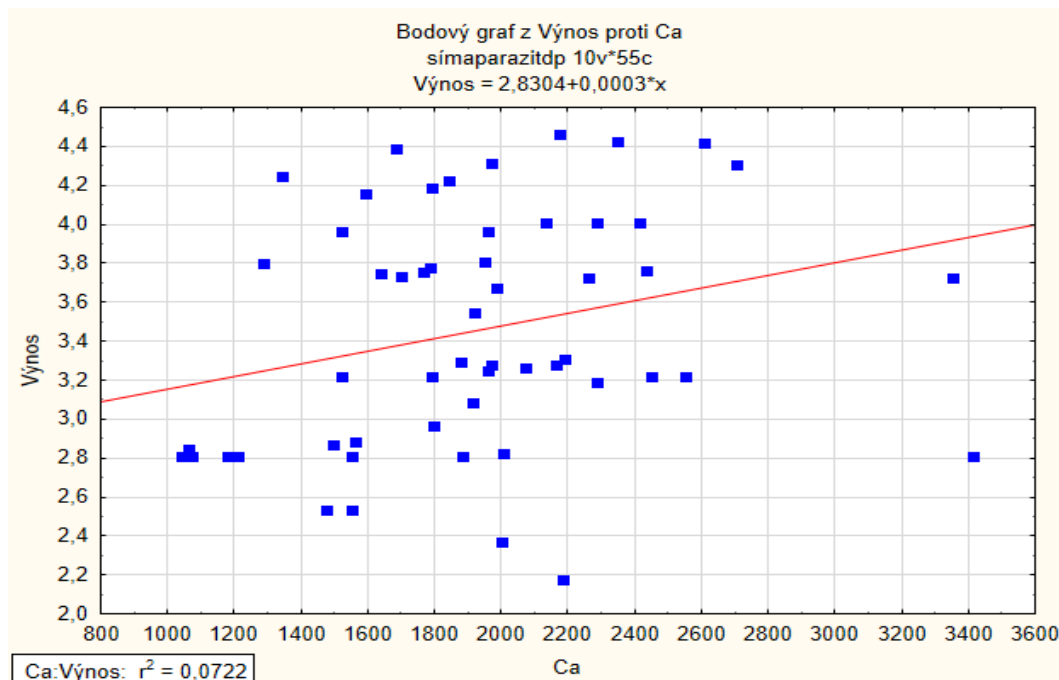
Poměrně stálý vliv na výnosy vykazuje i obsah přijatelného hořčíku v půdě, kde se koeficient determinace pohybuje okolo 2 až 4 %. Tak jako v předchozích hodnocených letech je v grafu 17 zřetelná vysoká variabilita prvků. Nově zařazené pozemky se na snižování této variability příliš nepodílí.

Graf 17: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2017



Oproti předešlému roku se snížil vliv vápenatých iontů na dosahování výnosů ozimou řepkou. Koeficient determinace je roven hodnotě 7,2 %. Opět je u vlivu živiny sledován velký rozptyl hodnot stejně jako u většiny hodnocených prvků v jednotlivých letech.

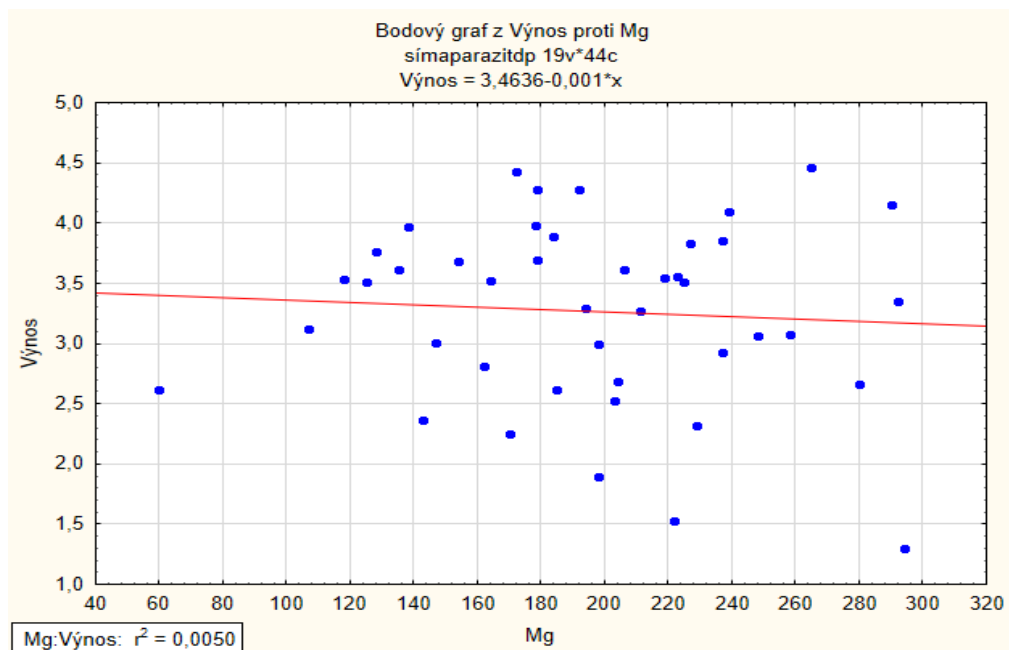
Graf 18: Vliv obsahu Ca v půdě na výnos řepky 2017



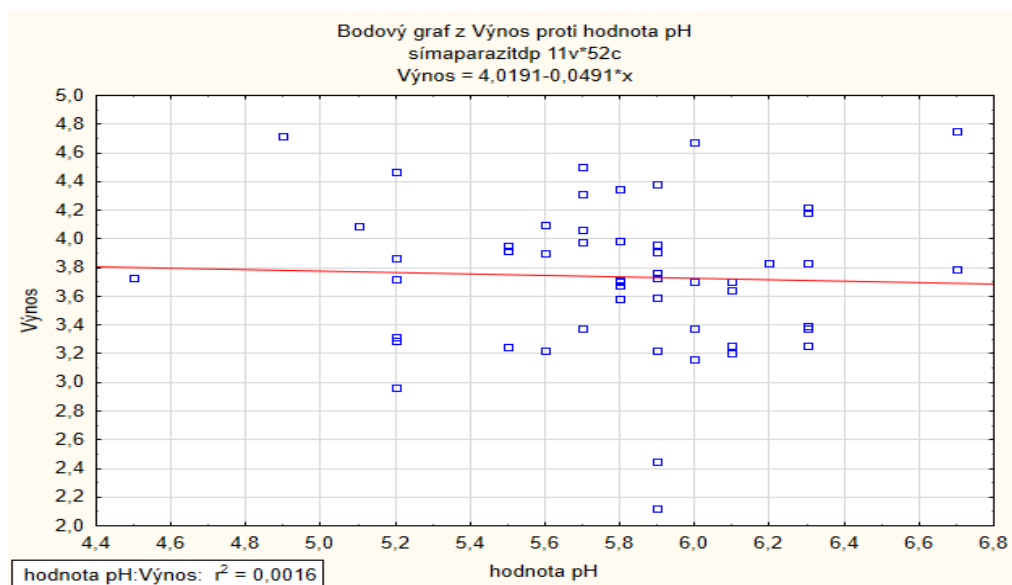
5.5.4 Rok 2018 a 2019

Obecně lze konstatovat, že v posledních dvou hodnocených letech se koeficienty determinace pro jednotlivé regresní analýzy pohybují nejvýše v řádu jednotek procent. Naopak u většiny sledovaných závislostí prochází regresní křivka korelačním polem v opačném směru, než tomu bylo v dřívějších případech. Tedy se zvyšující se hodnotou pH půdy nebo se zvyšujícím se obsahem přijatelného prvku v půdě, jako by dochází ke snižování výnosové schopnosti rostliny (viz graf 19, 20). Pro rok 2019 je možným vysvětlením daného trendu skutečnost, že přes část území obhospodařovaného společností AGRO PODLEŠÍ, a.s přešlo krupobití (viz vyplacení škodní události výše). Tato škodní událost se stala v oblasti s nižší nadmořskou výškou, kde jsou běžně dosahovány vyšší výnosy i u ostatních plodin.

Graf 19: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos řepky 2019



Graf 20: Vliv pH půdy na výnos ozimé řepky 2018



6 Diskuze

6.1 Vliv předplodiny a data setí na výnos

V rámci společnosti AGRO PODLESÍ, a.s. je ozimá řepka pěstována po různých předplodinách, ale tak, aby vždy došlo k založení v rámci agrotechnické lhůty. Robertson et al. 2004; Begna et Angadi 2016 uvádějí, že prvním důležitým krokem pro vysoký výnos je již založení porostu. Na základě prováděných pokusů stanovili jako optimální období pro setí zhruba střed uváděné agrotechnické lhůty. Ve společnosti AGRO PODLESÍ, a.s je naopak dbáno na to, aby byly porosty zakládány již začátkem agrotechnické lhůty, tedy začátkem srpna. Begna et Agadi však poukazují na to, že brzy zakládané porosty během podzimního období vytvoří příliš velké množství biomasy a přes zimu jsou sledovány velké ztráty na hustotě porostu v důsledku vyzimování.

Vzhledem k velkým rozdílům nadmořských výšek v rámci obhospodařovaného území (klimatické regiony MT2 až MCH) a velkému zastoupení ozimé řepky v osevním postupu musí být kalkulováno také s možnými překážkami ze strany přírody v zakládání porostů. Nejprve jsou zasety porosty v nejvýše položených oblastech, kde je vzcházení a ranný vývoj pomalejší vzhledem k nižší teplotám vzduchu, a následně je postupováno až do nejteplejších obhospodařovaných oblastí. V průběhu podzimního období dochází ke kontrolám a možné aplikaci regulátorů růstu. Tak je zabezpečen optimální vzrůst porostů pro vstup do zimního období v optimálním vzrůstu.

Vzhledem k nárokům na rychlou sklizeň předplodiny pro možnost založení porostů je ozimá řepka v rámci podniku často seta na pozemky po obilninách, především po ozimém ječmeni, ozimé pšenici a tritikále (viz tabulka 5 kap. 5.1). Hegewald et al. (2016; 2018); Bečka et al. (2007) uvádějí, že optimálními předplodinami jsou právě včas sklizené obilniny nebo luskoviny a další zlepšující plodiny. Především luskoviny pak mají dle prováděných pokusů zlepšující účinky na výši výnosů ozimé řepky. V rámci společnosti se jako předplodiny objevují i JVT (jetelo-votěško-trávy) nebo jarní luskovinoobilné směsky (LOS). Na základě výsledků získaných z SW STATISTIKA, kde byla použita statistická metoda analýzy rozptylu (ANOVA), konkrétně Schefeho metoda, kde byl zkoumán vliv všech vyskytujících se předplodin (ječmen ozimý a jarní, oves, tritikále, ozimá pšenice, LOS, JVT a ozimá řepka) v jednotlivých letech, byla pouze v roce 2016 a částečně v roce 2017 zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi průměrnými výnosy řepky dosahovaných po tritikále a po ostatních

předplodinách. Dle Hegewalda et al. (2018) by nejlepšími předplodinami měly být právě LOS a JVT, u kterých se však žádný pozitivní vliv na výnosy v rámci společnosti neprokázal.

V roce 2018 bylo zaznamenáno statisticky prokazatelné zvýšení výnosů u řepky pěstovaných po řepce (viz tabulka 12). Zde ovšem namítá Bečka et al. (2007), že z hlediska fytosanitárního by měla být ozimá řepka pěstována na stejném pozemku nejdříve po 4 až 5 letech. Také uvádějí, že optimální zastoupení řepky v rámci osevního postupu by nemělo přesáhnout 12 až 13 %, přičemž ve společnosti AGRO PODLESÍ, a.s. se její zastoupení na orné půdě během sledovaného pětiletého období zvyšovalo na cca 28 %.

Tabulka 12: Vliv předplodin na výnos řepky 2018

Č. buňky	Scheffého test; proměnná Prům. výnos Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,20568, sv = 45,000						
	Předplodina	1 4,0227	2 3,7100	3 3,7969	4 3,9830	5 4,1000	6 3,1700
1	ječmen oz.		0,998367	0,958370	0,999998	1,000000	0,438980
2	ječmen j.	0,998367		0,999999	0,999263	0,998975	0,986496
3	pšenice	0,958370	0,999999		0,986258	0,998581	0,765759
4	tritikale	0,999998	0,999263	0,986258		0,999995	0,508433
5	j. směska	1,000000	0,998975	0,998581	0,999995		0,828883
6	JVT	0,438980	0,986496	0,765759	0,508433	0,828883	
7	řepka	0,042946	0,994933	0,328462	0,083234	0,842248	0,999777

Hegewald et al. (2018) dále uvádí, že při dlouhodobém pěstování řepky v monokultuře bude docházet k postupnému snižování výnosů. Vzhledem ke skutečnosti, že sama řepka je zlepšující předplodinou a do půdy navrácí velké množství živin (Weiser et al. 2008), pak při krátkodobém (např. dvouletém) cyklu monokultury s důrazem na ochranu zdravotního stavu, by měla být řepka schopna být zlepšující předplodinou pro sebe samu.

6.2 Vliv organického a statkového hnojení na výnosy řepky

Černý et al. (2013) uvádí, že aplikace statkových hnojiv, především chlévského hnoje, má pozitivní účinky na půdu, kam dodává nejen živiny, ale i organickou hmotu. Kristaponyte (2005) na základě prováděných pokusů dodává, že aplikace organických a statkových hnojiv do půdy zvyšuje nejen obsah organických látek a živin v půdě, ale především pozitivně působí na vývoj výnosu ozimé řepky. Zmíněné účinky se optimalizují při kombinované aplikaci minerálních a statkových nebo organických hnojí.

V rámci společnosti je chován skot s tržní produkcí mléka a je tedy produkován chlévský hnůj, který se využívá k hnojení orné půdy. Navíc společnost provozuje bioplynovou stanici, ze které je jako vedlejší produkt získáváno organické hnojivo digestát. Obě zmíněná hnojiva (hnůj i digestát) jsou běžně aplikována na ornou půdu, a to v paušální dávce 30 t/ha, která je odečítána od paušální dávky minerálních hnojiv (viz příloha č. 1). Podrobný přehled aplikací hnoje a digestátu je uveden v příloze č. 2.

Na základě získaných teoretických předpokladů bylo uvažováno, že na pozemcích, kde byla použita kombinace hnůj a minerální hnojiva nebo digestát a minerální hnojiva bude dosahováno vyšších výnosů řepky ozimé. V rámci společnosti, kde je hlavní důraz dbán na aplikaci statkových a organických hnojiv k plodinám jako je kukuřice na siláž nebo často právě ozimá pšenice, tak docházelo k malému procentuálnímu zastoupení zmíněných kombinací hnojiv na hnojení ozimé řepky. Pro ověření teoretických předpokladů byla provedena statistická analýza – analýza rozptylu. Výsledkem této metody bylo, že v rámci podniku společná aplikace statkových, minerálních a organických hnojiv nevykazuje totožné výsledky, jako uvádí Krystaponyte (2005).

Vysvětlením také může být to, že řepka je zhruba ve 28 % případů pěstována sama po sobě. Jak uvádí Weiser et al (2018) a Vaněk et al. (2016), řepka má velkou předplodinovou hodnotu. Prostřednictvím posklizňových zbytků zanechává na pozemcích velké množství nejen rostlinné biomasy, organických látek, ale také velké množství živin, které může následná plodina využít pro svou výživu. Je tedy pravděpodobné, že zlepšující efekt hnoje a digestátu na výnos řepky mohl být částečně překryt působením posklizňových zbytků (ne pouze těch po řepce, ale i slámy obilnin).

6.3 Vliv vápnění na výnosy řepky

Baranyk et al. (2007) uvádějí, že optimální podmínky pro pěstování řepky jsou na hlubokých, činných půdách s neutrálním nebo slabě alkalickým pH. Společností obhospodařovaná orná půda se nachází v bramborářské výrobní oblasti s převažujícími gleji a pseudogleji. S vyšší nadmořskou výškou také stoupá skeletovitost půdy a klesá hloubka ornice. Většina obhospodařovaných půd má slabě kyselé až kyselé pH. Wuddivira et Camps-Roach (2007) uvádějí, že hodnota pH půdy nemá výrazný vliv na obsah vápníku v rostlinách. V rámci diplomové práce byl zkoumán vliv aplikace mletého vápence na vyšší výnosu ozimé řepky.

Společnost provádí aplikaci pomocí agroslužeb k tomu specializovaných a aplikuje paušální dávku 2 t/ha mletého vápence. Z výsledků získaných po provedení statistické analýzy (viz tabulky 8, 9, 10) je zřejmé, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi výnosy řepky pěstované bez aplikace a s aplikací vápence.

Dakora et Phillips (2002) uvádějí, že rostliny jsou schopny si pomocí kořenových exudátů zpřístupňovat živiny vázané v nerozpustných látkách a následně je využívat pro svou potřebu. Mezi takové živiny patří především Ca, P, Fe nebo Al. Ozimá řepka si je tedy schopna potřebné živiny pro svůj růst a vývoj relativně dobře obstarat a samotná aplikace vápence na kyselých půdách nemusí nutně znamenat významné zvýšení výnosu. Vzhledem k tomu, že často uvolňovanou živinou z nerozpustných sloučenin v půdě je právě fosfor a navíc rostliny řepky jsou schopny přizpůsobit svůj kořenový systém pro příjem P (Yang et al. 2010), pak v podmínkách slabě kyselých až kyselých půd, kde je relativně nízký obsah nebo pouze vyhovující obsah přijatelného P pro rostliny, není viditelný vliv obsahu tohoto přijatelného P v půdě na výnosy ozimé řepky. Řepka si dokáže potřebný fosfor z půdy sama uvolnit.

6.4 Vliv aplikované dávky N na výnos řepky

Růžek et al. (2016) uvádí, že v průběhu počátku a v průběhu jarní vegetace ozimé řepky je důležité dodat dostatek dusíku, neboť má vliv na výnos semen. V příloze č. 1 je uveden obecný systém hnojení ozimé řepky celkovými dávkami dusíku a dalších živin během celé vegetace, přičemž převážná dávka dusíku je aplikována v jarním období. Vzhledem k potřebě N pro dosažení vysokých výnosů, byl sledován vliv různých celkových dávek na průměrný výnos během pětiletého období. Z grafu (graf 3 kap. 5.3) získaného pomocí metody statistické korelace a regrese je zřejmé, že se zvyšující se aplikovanou dávkou dusíku rostl výnos řepky. V grafu 3 je zřetelná odlehlá hodnota, kdy v roce 2019 byla použita dávka 190,5 kg N/ha a dosažený průměrný výnos byl pouze 3,2 t/ha. Tato problematika již byla v kapitole 5.3. vysvětlena – nízký výnos byl způsoben lokálním krupobitím.

7 Závěr

V rámci diplomové práce byla zkoumána a vyhodnocována data za období 2015 až 2019, získaná ze zemědělského podniku AGRO PODLESÍ, a.s a Zemědělské družstvo Červené Janovice. V rámci práce bylo pozorováno celkem 153 pozemků, kde byla v průběhu sledovaného období pěstována ozimá řepka, a její výnosy. Z vyhodnocení výsledků plynou následující závěry:

- S výší aplikovaného dusíkatého hnojení během vegetace roste výnos ozimé řepky.
- Na pozemcích s použitím organického a statkového hnojiva nebylo na základě výsledků statistické metody analýzy rozptylu prokázáno zvýšení výnosů ozimé řepky oproti pozemkům hnojených minerálními hnojivy.
- V rámci analyzovaných předplodin řepky nebyl na základě statistických metod určen u žádné předplodiny dlouhotrvající efekt zvýšení výnosu oproti ostatním předplodinám

Hypotéza 1.

Hypotéza předpokládající dosahování vyšších výnosů ozimé řepky na variantách hnojených digestátem oproti variantám digestátem nehnojených nebyla během sledovaného období dle výsledků statistické metody analýzy rozptylu (na hladině významnosti $\alpha=0,05$) prokázána.

Hypotéza 2.

Hypotéza předpokládající zvýšení výnosu semen ozimé řepky na plochách, kde bylo před pěstováním provedeno vápnění, se na základě výsledků statistické metody analýzy rozptylu neprokázala.

Hypotéza 3.

Hypotéza předpokládající dosahování vyšších výnosů ozimé řepky na variantách hnojených digestátem oproti variantám hnojených hnojem při stejné úrovni dusíkatého hnojení se na základě výsledků provedené statistické metody analýzy rozptylu neprokázala.

8 Literatura

- BARANYK, P.; FÁBRY, A. *Řepka: pěstování, využití, ekonomika*. Profi Press, 2007.
- BAHADUR, I., et al. Towards the soil sustainability and potassium-solubilizing microorganisms. In: *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. Springer, New Delhi, 2016. p. 255-266.
- BARANYK, P., et al. *Olejniny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2010, 205: 2010.
- BARRÉ, Pierre, et al. Soil-plant potassium transfer: impact of plant activity on clay minerals as seen from X-ray diffraction. *Plant and Soil*, 2007, 292.1: 137-146.
- BEČKA, D., et al. 2007. *Řepka ozimá - Pěstitelský rádce*. Kurent, s.r.o., Praha.
- BEGNA, S. H.; ANGADI, S. V. Effects of planting date on winter canola growth and yield in the southwestern US. *American Journal of Plant Sciences*, 2016, 7.1: 201-217.
- BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F. Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: a global perspective: increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 2001, 51.3: 227-234.
- BOUCHET, A. S., et al. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2016, 36.2: 1-20.
- BRANT, V., et al. 2017. Zonální aplikace hnojiv při setí ozimé řepky. Available from [https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zonalni-aplikace-hnojiv\[1\]pri-seti-ozime-repky](https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zonalni-aplikace-hnojiv[1]pri-seti-ozime-repky) (accessed Březen 2019).
- BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Manganese deficiency in canola induced by liming to ameliorate soil acidity. *Journal of Plant Nutrition*, 2015, 38.6: 886-903.
- BROWN, J. KM; BEEBY, R.; PENFIELD, S.. Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. *Scientific reports*, 2019, 9.1: 1-9.
- BUDÍN, O.. *Zpracování fermentačních zbytků z bioplynových stanic*. [MSc. Thesis]. Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2017
- BURGER, M., et JACKSON, L. E. Microbial immobilization of ammonium and nitrate in relation to ammonification and nitrification rates in organic and conventional cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003, 35(1), 29-36.
- BYBORDI, A.; MAMEDOV, G. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2010, 2.1: 94-103.

- CONG, R., et al. Evaluate regional potassium fertilization strategy of winter oilseed rape under intensive cropping systems: Large-scale field experiment analysis. *Field Crops Research*, 2016, 193: 34-42.
- ČERMÁK, P. Stanovení optimálních dávek hnojení podle aktuální zásoby živin v půdě. in *Sborník Hluk 2012*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2012, 135-142.
- ČERNÝ, J. et al. 2019 a. Příjem a využití dusíku ozimou řepkou na jaře a možnosti hnojení. Available from [https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/prijem-a\[1\]vyuziti-dusiku-ozimou-repkou-na-jare-a-moznosti-hnojen](https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/prijem-a[1]vyuziti-dusiku-ozimou-repkou-na-jare-a-moznosti-hnojen)
- ČERNÝ, J. et al. Význam bóru (B) ve výživě ozimé řepky. in *Sborník Hluk 2015*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2015: 122-129.
- ČERNÝ, J. et al. 2018. Hnojení ozimé řepky na podzim. Available from [https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-ozime-repky\[1\]na-podzim](https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-ozime-repky[1]na-podzim) (accessed Březen 2019).
- ČERNÝ, J. et al. Význam organické hmoty v půdě (nejen) při pěstování ozimé řepky. in *Sborník Hluk 2019*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2019: 94-101.
- ČERNÝ, J. et al. Specifika hnojení sírou u ozimé řepky. in *Sborník Hluk 2017*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2017: 91-97.
- ČERNÝ, J. et al. Bilance draslíku při pěstování ozimé řepky. *Úroda*, 2015, 3: 55-60.
- ČERNÝ, J. et al. Využití živin ze statkových hnojiv. *Zemědělec*, 2013, 38: 10-13.
- DAKORA, F. D.; PHILLIPS, D. A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Food security in nutrient-stressed environments: Exploiting plants' genetic capabilities*, 2002, 201-213.
- DEJOUX, J.-F., et al. The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. *Plant and soil*, 2000, 218.1: 257-272.
- DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field crops research*, 2000, 67.1: 35-49.
- DOSTÁL, J. et al. Výživa a hnojení ozimé řepky bórem. *Úroda*, 2014, 6: 68-71.
- GU, X.-B.; LI, Y.-N.; DU, Y.-D.. Effects of ridge-furrow film mulching and nitrogen fertilization on growth, seed yield and water productivity of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in Northwestern China. *Agricultural Water Management*, 2018, 200: 60-70.
- HEGEWALD, H., et al. Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: A review. *European journal of agronomy*, 2018, 101: 63-77.

- HEGEWALD, H., et al. Impacts of high intensity crop rotation and N management on oilseed rape productivity in Germany. *Crop and Pasture Science*, 2016, 67.4: 439-449.
- HILTON, S., et al. Impact of shortened crop rotation of oilseed rape on soil and rhizosphere microbial diversity in relation to yield decline. *PLOS one*, 2013, 8.4: e59859.
- HŘIVNA, L., MALÝ, J. Dynamika růstu a příjem živin rostlinami ozimé řepky ve vegetačním roce 2012. in *Sborník Hluk 2012*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2012: 143-148.
- JANKOVSKA-BORTKEVIČ, E., et al. Response of winter oilseed rape to imitated temperature fluctuations in autumn-winter period. *Environmental and Experimental Botany*, 2019, 166: 103801.
- JANSSEN, B. H. Simple models and concepts as tools for the study of sustained soil productivity in long-term experiments. II. Crop nutrient equivalents, balanced supplies of available nutrients, and NPK triangles. *Plant and soil*, 2011, 339.1: 17-33.
- JAVADI, A.; KHOMARI, S.; SOFALIAN, O.. Seed vigor and boron and calcium nutrition influence oilseed rape germinability and seedling growth under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 2016, 39.12: 1688-1696.
- JENKINSON, D. S. The turnover of organic carbon and nitrogen in soil. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 1990, 329.1255: 361-368.
- JODRAL-SEGADO, A. M., et al. Calcium and magnesium levels in agricultural soil and sewage sludge in an industrial area from Southeastern Spain: relationship with plant (*Saccharum officinarum*) disposition. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2006, 15.4: 367-377.
- KALČÍK, J. Dynamika půdních fosforečnanů a efektivní hnojení půdy fosforem. *Úroda*, 2000, 12: 32-33.
- KASAL, P. et al. 2016. Užití digestátu zemědělských bioplynových stanic ke hnojení brambor. Výzkumný bramborářský ústav Havlíčkův Brod. Available from https://www.cazv.cz/wp-content/uploads/2019/10/PI_65_HNOJENI_DIGESTATY_BS_CERT.pdf (accessed March 2021).
- KIRKBY, E. A. Influence of Ammonium and Nitrate Nutrition on the Cation-Anion Balance and Nitrogen and Carbohydrate Metabolism of White Mustard Plants Grown in Dilute Nutrient Solutions. *Soil Science*, 1968, 105.3: 133-141.
- KNOEPP, J. D., et SWANK, W. T. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 36(3), 177-182.

- KRISTAPONYTE, I. Effect of fertilization systems on the balance of plant nutrients and soil agrochemical properties. *Agron. J.*, 2005, 3.1: 45-54.
- KULHÁNEK, M. et al. Draslík - podceňovaný prvek ve výživě rostlin. *Úroda*, 2014, 3: 64-66.
- LEGHARI, S. J., et al. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 2016, 10.9: 209-219.
- LIANG, Y., SHEN, Z. 2008. Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. Available from <https://www-tandfonline-com.infozdroje.czu.cz/doi/abs/10.1080/01904169409364736> (accessed Duben 2019).
- MA, Y. C., et al. Net global warming potential and greenhouse gas intensity of annual rice–wheat rotations with integrated soil–crop system management. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2013, 164: 209-219.
- MACHÁČEK, V., KUNZOVÁ, E. 2019. Vliv statkových hnojiv na bilanci fosforu v dlouhodobých pokusech. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vliv-statkovych-hnojiv-na-bilanci-fosforu-v-dlouhodobych-pokusech>
- MALAGOLI, P., et al. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest: I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual N. *Annals of botany*, 2005, 95.5: 853-861.
- MCCAULEY, A.; JONES, C.; JACOBSEN, J. Soil pH and organic matter. *Nutrient management module*, 2009, 8.2: 1-12. ISO 690
- MENGEL, K., et KIRKBY E. A. Principles of plant nutrition. (Fifth Edition); Springer/Star Educational Books Distributor Pvt. Ltd, 206 849.
- O'NEILL, C. M., et al. Vernalization and floral transition in autumn drive winter annual life history in oilseed rape. *Current Biology*, 2019, 29.24: 4300-4306. e2.
- PAVLÍKOVÁ, D. et al. Dusík v rostlině a jeho využití. in *Sborník z 13. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2007: 28-33.
- PAVLÍKOVÁ, D., PAVLÍK, M., BALÍK, J. Vliv amonného dusíku na metabolismus rostlin. *Agrochémia XII*, 2008, 4:3-8.
- PENG, Y., et al. Remote prediction of yield based on LAI estimation in oilseed rape under different planting methods and nitrogen fertilizer applications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2019, 271: 116-125.

- RATHKE, G.-W.; CHRISTEN, O.; DIEPENBROCK, W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field crops research*, 2005, 94.2-3: 103-113.
- REN, T., et al. Crop rotation-dependent yield responses to fertilization in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Crop Journal*, 2015, 3.5: 396-404.
- ROBERTSON, M. J.; HOLLAND, J. F.; BAMBACH, R. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2004, 44.1: 43-52.
- ROSSATO, L.; LAINE, P.; OURRY, A. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. *Journal of Experimental Botany*, 2001, 52.361: 1655-1663.
- ROZBROJOVÁ, K. *Posouzení možnosti využití fugátu pro závlahu*. [BSc. Thesis]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava, 2014.
- RŮŽEK, P., KUSÁ, H. Hnojení ozimé řepky před setím a během podzimního růstu. *Úroda*, 2013, 6: 37-40.
- RŮŽEK, P. et al. Zpracování půdy k řepce a efektivnost hnojení dusíkem v roce 2019. in *Sborník Hluk 2019*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha. 2019: 89-93.
- RŮŽEK, P., KUSÁ, H., VAVERA, R. Efektivnost hnojení řepky dusíkem v ročníku 2015-16. in *Sborník Hluk 2016*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha, 2016: 185-191.
- SHI, L., et al. High-throughput root phenotyping screens identify genetic loci associated with root architectural traits in *Brassica napus* under contrasting phosphate availabilities. *Annals of Botany*, 2013, 112.2: 381-389.
- SCHERER, H. W. Sulphur in crop production. *European Journal of agronomy*, 2001, 14.2: 81-111.
- SIELING, K.; BÖTTCHER, U.; KAGE, H. Sowing date and N application effects on tap root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *European Journal of Agronomy*, 2017, 83: 40-46.
- STEVENSON, F. J., et al. Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy. *Inc. Madison, Wisconsin*, 1982.
- STUTTER, Marc I., et al. Recovering phosphorus from soil: a root solution?. 2012.
- SU, Wei, et al. Effect of depth of fertilizer banded-placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *European Journal of Agronomy*, 2015, 62: 38-45.

- SZCZEPANIAK, W., et al. Nutritional status of winter oilseed rape in cardinal stages of growth as the yield indicator. *Plant, Soil and Environment*, 2015, 61.7: 291-296.
- ŠILER, D., ČERNÝ, J., BAÍK, J. (2020). Analýza vztahů mezi výnosem ozimé řepky a hnojením dusíkem. *Úroda*, Available from *Uroda_03_20_str-76-80.pdf* (accessed April 2021).
- THOMAS, G. W. Soil pH and soil acidity. *Methods of soil analysis: part 3 chemical methods*, 1996, 5: 475-490.
- TIAN, Ch., et al. Balanced fertilization under different plant densities for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on paddy soils in Southern China. *Industrial Crops and Products*, 2020, 151: 112413.
- VANĚK, V. *Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. 1. vyd. Praha: Farmář-Zemědělské listy, 1998, 124 s. ISBN 80-902413-1.*
- VANĚK, V. et al. *Výživa pol'ných a záhradných plodín. Profi Press, Nitra, 2013.*
- VANĚK, V., NĚMEČEK, R., NAJMANOVÁ, J. Vliv stanoviště a způsobu hospodaření na obsah minerálního a mineralizovatelného dusíku v půdách. *Rostlinná výroba*, 1997a, 43, 463-471.
- VANĚK, V. et al. Dusík v půdě a jeho přeměny. *Sborník z 3. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv. ČZU, Praha, 1997b: 8-11.*
- VANĚK, V. et al. Dusík v půdě a jeho přeměny. in *Sborník z konference Racionální použití průmyslových hnojiv. Katedra agrochemie a výživy rostlin ČZU Praha, Praha, 1997c: 8-14.*
- VANĚK, V., et al. *Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press sro, 2016.*
- VANĚK, V. *Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, 2007.*
- VANĚK, V. *Výživa zahradních rostlin. Academia, 2012.*
- WANG, Z., et al. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 2020, 10: 1727.
- WEISER, Ch., et al. Do farmers in Germany exploit the potential yield and nitrogen benefits from preceding oilseed rape in winter wheat cultivation?. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2018, 64.1: 25-37.
- WEYMANN, W., et al. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Research*, 2015, 173: 41-48.
- WEYMANN, W.; SIELING, Klaus; KAGE, Henning. Organ-specific approaches describing crop growth of winter oilseed rape under optimal and N-limited conditions. *European Journal of Agronomy*, 2017, 82: 71-79.
- WOLDENDORP, J. W. (1975). Nitrification and denitrification in the rhizosphere, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 122:sup2, 89-107.

WUDDIVIRA, M. N.; CAMPS-ROACH, G. Effects of organic matter and calcium on soil structural stability. *European Journal of Soil Science*, 2007, 58.3: 722-727.

YAN, B.; HOU, Y.. Effect of soil magnesium on plants: a review. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2018. p. 022168.

YANG, M., et al. Quantitative trait loci for root morphology in response to low phosphorus stress in *Brassica napus*. *Theoretical and Applied Genetics*, 2010, 121.1: 181-193.

YIN, W. A. N. G., et al. Nutrient deficiency limits population development, yield formation, and nutrient uptake of direct sown winter oilseed rape. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14.4: 670-680.

ZHANG, K., et al. A dynamic model for the combined effects of N, P and K fertilizers on yield and mineral composition; description and experimental test. *Plant and Soil*, 2007, 298.1: 81-98.

ZHANG, Z.-H., Song, H.-x., Liu, Q. et al. 2014. Distribution Characters of Absorption Nitrogen in Oilseed Rape (*Brassica Napus L.*) at Different Growth Stages. Available from [https://www\[1\]tandfonline-com.infozdroje.czu.cz/doi/full/10.1080/01904167.2014.888747](https://www[1]tandfonline-com.infozdroje.czu.cz/doi/full/10.1080/01904167.2014.888747) (accessed Duben 2019).

9 Samostatné přílohy

Příloha 1: Přehled minerálního hnojení v letech 2014-2019 (část A).....	II
Příloha 2: Systém organického hnojení a vápnění na jednotlivých honech 2015-2019	IV
Příloha 3: Agrochemické vlastnosti honů, výnosy řepky a předplodiny 2015-2019.....	VIII

Příloha 1: Přehled minerálního hnojení v letech 2014-2019 (část A)

2014/2015							
Hnojivo	Dávka	N	P	K	S	Mg	Ca
TSP	150 kg/ha		31,5				
Bor	1,0 l/ha						
DAM 390	70 l/ha	21					
Kieserit	150 kg/ha			7,5	31,5	22,5	
LAD 27	250 kg/ha	67,5				7,5	10
DAM 390	200 l/ha	60					
DAM 390	150 l/ha	45					
Borosan + Krista	1,0 l/ha + 3 kg/ha						
Celkem [kg/ha]		193,5	31,5	7,5	31,5	30	10
2015/2016							
Hnojivo	Dávka	N	P	K	S	Mg	Ca
TSP	150 kg/ha		31,5				
Bor + Krista	1,0 l/ha + 3 kg/ha						
Borosan + Krista	1,0 l/ha + 3 kg/ha						
DAM 390 + Lignohumát	25 l/ha + 0,4 l/ha	7,5					
Kieserit	150 kg/ha			7,5	31,5	22,5	
LAV 27	300 kg/ha	81					24
DAM 390 + Stabiluren	300 l/ha + 0,25 l/ha	90					
Bor + Krista	1,8 l/ha + 3 kg/ha						
Celkem [kg/ha]		178,5	31,5	7,5	31,5	22,5	24
2016/2017							
Hnojivo	Dávka	N	P	K	S	Mg	Ca
TSP	150 kg/ha		31,5				
Bor + Krista	1,0 l/ha + 3 kg/ha						
LAV 27	300 kg/ha	81					24
Kieserit	150 kg/ha			7,5	31,5	22,5	
DAM 390 + Stabiluren	300 l/ha + 0,25 l/ha	90					
Bor + Krista	1,0 l/ha + 3 kg/ha						
Bor + Krista	0,5 l/ha + 3 kg/ha						
Celkem [kg/ha]		171	31,5	7,5	31,5	22,5	24

Příloha I: Přehled minerálního hnojení v letech 2014-2019 (část B)

2017/2018							
Hnojivo	Dávka	N	P	K	S	Mg	Ca
TSP	150 kg/ha		31,5				
Bor	1,0 l/ha						
Kieserit	150 kg/ha			7,5	31,5	22,5	
LAV 27	30kg kg/ha	81					24
DAM 390	300 l/ha	90					
Bor + Krista	1,0 l/ha + 3,0 kg/ha						
Krista	3,0 kg/ha						
Celkem [kg/ha]		171	31,5	7,5	31,5	22,5	24
2018/2019							
Hnojivo	Dávka	N	P	K	S	Mg	Ca
Amofos	100 q/ha	12	22				
Bor	1,0 l/ha						
Fulhum	0,5 l/ha						
DAM 390	25 l/ha	7,5					
Kieserit	150 kg/ha			7,5	31,5	22,5	
LAV 27	300 kg/ha	81					24
DAM 390	300 l/ha	90					
Bor + Krista	1,0 l/ha + 3,0 kg/ha						
Krista	3,0 kg/ha						
Celkem [kg/ha]		190,5	22	7,5	31,5	2,5	24

Příloha 2: Systém organického hnojení a vápnění na jednotlivých honech 2015-2019

Č. honu	pH	2015			2016			2017			2018			2019		
		D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca
1	5,6			2		30					30					
2	5,8		30					30					2			
3	6,2													30		2
4	5,6											30		30		
5	6,3													30		
6	5,1													30		
7	6,4										30		2		30	
8	6,5										30		2		30	
9	6,2										30		2		30	
10	5,6															
11	5,8										30					
12	5,9									2	30					
13	6					30									30	
14	6,2						2		30							
15	6				30							30				
16	6,1			2					30		30					
17	5,8				30		2					30				
18	5,7															
19	6,3								30							
20	5,3			2					30							
21	5,6															
22	5,6								30				2		30	
23	6,2						2	30				30				
24	5,1			2							30					
25	6,1														30	
26	6,3		30												30	
27	6				30							30				
28	5,9								30		30					
29	6										30				30	2
30	6,3											30			30	2
31	5,5	30							30							
32	5,2	30							30				2			
33	5,7				30								2			
34	6,1								30						30	
35	6,3				30										30	
36	5,2								30							
37	5,8	30					2									
38	6,1				30								2			
39	4,5											30		30		2
40	5,8				30							30				
41	5,6						2		30						30	
42	5,1						2		30							

Č. honu	pH	2015			2016			2017			2018			2019		
		D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca
43	5,6				30				30							
44	5,7										30					2
45	6,2							30					2		30	
46	6			2							30					
47	6,1		30										2	30		
48	5,8									2				30		
49	5,9										30					2
50	5,7							30					2		30	
51	6,3					30				2						
52	5,6				30							30				
53	5,2					30					30					2
54	6,4												2		30	
55	5,8														30	
56	5,2													30	30	
57	5,3													30		2
58	5,9							30	30				2			
59	5										30					2
60	5,5													30	30	
61	5,9				30					2						
62	5,6								30		30					
63	5,9				30					2						
64	6				30					2		30				
65	6,1						2							30		
66	5,7								30							
67	5,7	30											2			
68	5,7													30		2
69	6		30		30					2						
70	5,5	30							30							2
71	5,8				30								30			
72	5,9													30		
73	5,6							30				30				2
74	5,2										30					
75	6,7								30							
76	6					30								2	30	
77	5,6													30		2
78	6,3						2	30							30	
79	6,5					30								30		2
80	6,5					30								30		2
81	5,9								30		30					2
82	6,7															
83	6					30		30								
84	5,3					30								30		2
85	5,9		30		30					2						
86	5,2															

Č. honu	pH	2015			2016			2017			2018			2019		
		D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca
87	6,3						2				30					
88	5,9				30					2						
89	6,3								30		30					2
90	5,6										30					
91	5,5				30							30				2
92	5,2							30				30				
93	5,9							30				30				
94	5,9							30				30				
95	6,1	30					2		30							
96	5,9						2		30							
97	6,6															
98	5,5										30				30	
99	5,9									2		30				
100	5,7											30		30		
101	5,2											30		30		
102	5,2											30		30		
103	5,5													30		2
104	6	30														
105	6,3					30					30		2			
106	5,7	30							30							2
107	5,4							30				30				
108	5,2								30					30		2
109	6		30											30		2
110	5,6					30							2	30		
111	5,5				30					2					30	
112	6,3															
113	6															
114	4,5									2						
115	5,8		30							2				30		
116	5,8									2						
117	5,9				30					2						
118	5,2									2				30		
119	6,4								30							
120	5,3							30				30				
121	5,8	30														2
122	5,8					30				2	30					
123	5,9					30				2	30					
124	5,2				30					2						
125	6,3					30					30					2
126	6,4													30		
127	5,3									2						
128	5,4													30		2
129	5,3													30		2
130	5,9					30								30		2

Č. honu	pH	2015			2016			2017			2018			2019		
		D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca	D	H	Ca
131	5,5				30											
132	5,3														30	
133	5,8		30					30						30		
134	5,7		30					30								
135	5,6							30					2			
136	5,6				30				30							2
137	5,7							30					2			
138	6				30					2		30				
139	4,9				30											
140	5,6								30					30		2
141	6,1				30							30				
142	6,1								30					30		
143	6					30							2	30		
144	6,4					30							2	30		
145	6			2					30					30		
146	5,4															
147	5,2															
148	4,5							30								
149	6,6									2	30				30	
150	6,2						2	30								
151	6,7												2	30	30	
152	5,9						2	30								
153	5,9	30														

Příloha 3: Agrochemické vlastnosti honů, výnosy řepky a předplodiny 2015-2019

Č. honu	pH	P	K	Mg	Ca	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	5,6	34	243	118	1280	2,89	PO	1,82		T	3,53
2	5,8	40	175	227	1996	3,84				T	3,83
3	6,2	89	225	340	3410	3,63		T	2,81		
4	5,6	52	311	214	1985			PO	3,68	3,9	
5	6,3	31	213	142	2180		JO	3,95	2,18		
6	5,1	64	171	193	2250		PO	3,45			
7	6,4	57	324	248	2447		JO	3,89	3,22		
8	6,5	61	266	208	2550		JO	3,59	3,22		
9	6,2	39	329	309	3350		JO	3,59	3,73		
10	5,6	33	174	243	2213	JO	3,51				
11	5,8	36	157	185	2250	JJ	4,09		JJ	3,71	2,62
12	5,9	38	335	280	1970	JJ	4,1			JO	2,66
13	6	71	397	211	2263	4,47	3,85			PO	3,27
14	6,2	53	242	265	2297				JO	3,83	4,46
15	6	72	182	196	2200				JO	3,7	
16	6,1	23	133	223	2448	4,76	PO	3,17		JO	3,56
17	5,8	51	207	222	1680				PO	3,7	1,53
18	5,7	21	176	142	2970				JVT	3,38	
19	6,3	30	182	248	2305	JO	3,6		T	3,38	
20	5,3	48	98	143	1600		T	1,77		T	2,36
21	5,6	24	148	228	2000	2,84		T	2,37		
22	5,6	97	356	178	1420	JO	5,36				
23	6,2	44	226	230	2340	5,01	4,14				
24	5,1	58	161	107	851		T	2,08		T	3,12
25	6,1	48	265	243	2260		PO	3,74	3,73		
26	6,3	49	199	232	2348	4,26			JO	4,18	
27	6	35	284	229	2286	PO	4,31	JO	3,19		
28	5,9	55	264	225	2074				PO	3,96	3,51
29	6	40	258	192	1560	JO	1,99	T	2,89		
30	6,3	50	236	346	2237	JO	5	3,37			
31	5,5	51	253	173	1627				T	3,95	
32	5,2	45	114	144	1640				T	4,47	
33	5,7	44	226	135	1970		LOS	4,06	PO	4,31	3,61
34	6,1	59	154	209	2700			JO	4,31	3,26	
35	6,3	130	479	275	2347			JO	4,43	3,26	
36	5,2	36	99	205	1330	JO	3,99		JO	3,72	
37	5,8	58	328	178	1960	JO	4,21		JO	PO	3,98
38	6,1	45	242	198	2127	PO	3,26			JO	3
39	4,5	66	283	114	1060	JO	3,1	T	2,85		
40	5,8	21	146	277	2160		JO	2,75	3,28		
41	5,6	98	410	243	1770	4,5	3,67		PO	3,22	
42	5,1	89	529	192	2020				JO	4,09	4,28
43	5,6	65	213	179	1860				LOS	4,1	4,28


Č. honu	pH	P	K	Mg	Ca	2014	2015	2016	2017	2018	2019
44	5,7	38	209	162	1360		LOS	3,51		T	2,81
45	6,2	96	233	172	1987	JO	4,92				
46	6	57	279	210	2171			PO	4,47		
47	6,1	41	217	150	1780	JO	4,26				
48	5,8	71	165	208	1876	4,32		JO	3,3		
49	5,9	55	151	139	1880	4,18		T	2,81		
50	5,7	63	231	153	1495	3,99		T	2,87		
51	6,3	58	187	244	1960			JO	3,97	3,39	
52	5,6	22	175	198	1967		JO	3,76	3,28		
53	5,2	43	102	128	1320		PO	3,38		T	3,76
54	6,4	58	321	237	2123	4,65				PO	2,93
55	5,8	41	187	200	1795	4,45		T	2,97		
56	5,2	40	134	129	1758				T/JVT	3,32	
57	5,3	67	105	119	1210	3,68		T	2,81		
58	5,9	49	173	184	1927				T	4,38	3,89
59	5	56	72	85	1070	3,73		T	2,81		
60	5,5	60	225	186	1762		JJ	3,86	3,76		
61	5,9	79	213	144	1840			JO	4,23	3,91	
62	5,6	57	262	170	1730		JO	4,01		T	2,25
63	5,9	63	183	174	1680			JO	4,39	2,45	
64	6	32	147	208	2185			T	3,31	3,16	
65	6,1	52	439	260	2030	4,23	3,79		PO	3,2	
66	5,7	66	274	198	1783	JO	4		JO	3,98	
67	5,7	42	209	258	2065	PO	4,43			PO	3,08
68	5,7	34	127	186	1550	3,65		T	2,81		
69	6	79	214	207	1947			JO	3,81	3,38	
70	5,5	30	106	217	1590			PO	4,16		
71	5,8	64	152	253	2410				PO	3,68	
72	5,9	35	228	190	2070	4,38	4,17	JJ	3,27		
73	5,6	63	190	229	1784			PO	3,78		
74	5,2	67	147	164	1302		O	3,86		T	3,52
75	6,7	97	162	179	2460	JO	4,19		JO	4,75	
76	6	35	316	158	1668		JO	3,94			
77	5,6	65	61	157	1040	4,39		T	2,81		
78	6,3	53	212	234	2200				T	3,83	
79	6,5	75	318	275	2235	JO	4,68	3,8			
80	6,5	75	318	275	2235	JO		3,8			
81	5,9	74	299	229	1863		JO	3,24		T	2,32
82	6,7	123	328	157	2605			JO	4,42	3,79	
83	6	64	613	239	1970	4,15		T	4,32		
84	5,3	50	187	157	1340	4,03		T	4,25		
85	5,9	31	136	236	1520			JO	3,97	3,73	
86	5,2	200	597	195	1430	3,96	4,45		PO	3,87	
87	6,3	31	197	189	2541	4,9	4,46		PO	4,22	

Č. honu	pH	P	K	Mg	Ca	2014	2015	2016	2017	2018	2019
88	5,9	23	131	292	2530				PO	3,22	3,35
89	6,3	61	188	221	1823	JO	5,04	2,89			
90	5,6	30	195	154	1862		PO	3,92		JO	3,68
91	5,5	41	318	158	1637		JO	3,85	3,75		
92	5,2	32	188	234	2130			JO	4,01		
93	5,9	28	223	33	2410			JO	4,01		
94	5,9	30	209	163	2285			JO	4,01		
95	6,1	78	360	212	1800	4,92	4,06		PO	3,64	
96	5,9	47	375	248	2223				JO	3,76	3,06
97	6,6	49	161	254	2090	5,2					
98	5,5	51	178	147	2003	3,63		T	2,83		
99	5,9	59	277	147	1600		O	3,87		T	3,01
100	5,7	56	141	176	1790	3,79		T	3,22		
101	5,2	112	139	120	1520	4,47		T	3,22		
102	5,2	27	118	146	1380				JVT	2,96	
103	5,5	43	174	138	1650	JO	4,35				
104	6	38	164	204	1790	4,69			JO	4,67	2,69
105	6,3	44	319	211	1815	JO	4,3	3,92			
106	5,7	114	269	201	1680				T	4,06	
107	5,4	56	258	380	2430		PO	3,57	3,77		
108	5,2	73	272	187	1635	JO	4,33				
109	6	29	152	176	2423	JO	4,05				
110	5,6	37	138	116	1713	PO	4,29				
111	5,5	35	217	206	1917			T	3,55	3,25	
112	6,3	77	297	155	1960	JO	3,94	3,46			
113	6	25	218	229	1560	JO	5,12	2,83			
114	4,5	89	178	133	1475	3,66		O	2,54	3,73	
115	5,8	47	398	196	1943				JO	3,58	
116	5,8	19	120	144	1983				T	4,35	
117	5,9	15	143	223	1550			T	2,54	2,12	
118	5,2	124	203	114	1285	4,51		JO	3,8		
119	6,4	32	120	203	1807	JO	4,26			PO	2,52
120	5,3	50	258	216	1790		JO	3,45	4,19		
121	5,8	39	112	282	1960			PO	3,25		
122	5,8	56	237	239	1907	4,44				JO	4,09
123	5,9	51	110	177	2045				T	3,59	
124	5,2	22	205	165	1700			JO	3,74	3,29	
125	6,3	40	181	270	2290	JO	3,9	2,59			
126	6,4	84	241	197	2328	PO	4,5	3,23			
127	5,3	87	229	125	1342	PO	4,29	3,3		T	3,51
128	5,4	131	180	77	1045	3,51		T	2,81		
129	5,3	58	146	84	1180	3,47		T	2,81		
130	5,9	112	297	183	1910	3,82		T	3,09		
131	5,5	34	156	173	1757		JO	3,87	PO	3,92	

Č. honu	pH	P	K	Mg	Ca	2014	2015	2016	2017	2018	2019
132	5,3	59	195	103	1543		LOS	3,7			
133	5,8	46	279	138	1430	4,7			JO	3,99	3,97
134	5,7	38	161	219	2072	4,62			T	4,5	3,54
135	5,6	35	164	206	1846	4,35				JO	3,62
136	5,6	41	205	120	1520	JO	3,52	2,94			
137	5,7	28	95	172	2007	JO	3,82			PO	4,43
138	6	38	248	179	2248	3,71				T	3,69
139	4,9	61	208	153	1443				PO	4,72	
140	5,6	22	158	244	2120	JO	3,97				
141	6,1	47	224	199	2220				PO	3,7	
142	6,1	42	177	256	2880	4,39	4,76	3,74			
143	6	36	165	188	1660		JO	4			
144	6,4	46	265	206	1930		JO	3,62			
145	6	57	279	210	2171		JO	4,2			
146	5,4	69	127	113	1395	3,86	PO	2,71			
147	5,2	61	88	100	1405	3,97	PO	2,71			
148	4,5	157	211	60	498					LOS	2,62
149	6,6	66	266	290	2950					JO	4,15
150	6,2	31	195	294	1830					T	1,3
151	6,7	46	174	237	2200					PO	3,86
152	5,9	33	230	198	1510					T	1,89
153	5,9	60	163	194	1880					PO	3,29

Vysvětlivky:

JO Ječmen ozimý
 JJ Ječmen jarní
 JVT JVT
 O Oves

PO Pšenice ozimá
 LOS Luskovinoobilná směska
 T Tritikále
 Řepka ozimá