

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv hnojení na výnos ozimé řepky a bilanci živin

Bakalářská práce

Autor práce: Kryštof Čech

Obor studia: Pěstování rostlin

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

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv hnojení na výnos ozimé řepky a bilanci živin" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

Poděkování

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

Vliv hnojení na výnos ozimé řepky a bilanci živin

Souhrn

Cílem práce bylo vyhodnocení vlivu systému hnojení na výnos ozimé řepky a bilanci živin. Zdrojem dat byly dva zemědělské podniky v Plzeňském kraji: Statek Kumberk s.r.o. a Statek Žihle s.r.o, přičemž v prvním jmenovaném zaujímá plocha pěstované řepky $\frac{1}{3}$ orné půdy, a to cca 230 ha. U druhého podniku je užíván širší osevní postup a řepka je pěstována na 17 % orné půdy, což odpovídá cca 300 ha. Rozdílný je i systém hnojení. V každém podniku bylo v letech 2019 – 2021 vybráno 10 reprezentativních půdních bloků.

Bakalářská práce se skládá z literární rešerše a z praktické části. Teoretická část je zaměřena na problematiku pěstování řepky ozimé v České republice, především na výživu, hnojení a bilanci živin. Popsána byla také agrotechnika a agroekologické požadavky a produkční význam pěstování.

Zkoumána byla povrchová bilance dusíku, draslíku a fosforu. V lokalitě Kumberk byla plošně před setím aplikována dávka hnojiva NPK, nebyla zde použita statková hnojiva. V lokalitě Žihle byla na vybrané půdní bloky aplikována kejda prasat a digestát jak před setím, tak za vegetace. Z hlediska výživy fosforem jsou tato organická hnojiva nevýznamná, výživa draslíkem především u digestátu je znatelnější. V lokalitě Kumberk bylo obecně dosahováno pozitivní bilance N, v lokalitě Žihle bylo dosahováno vyrovnanější bilance, vyjma roku 2021, kdy nebyla dávka N plně využita v důsledku nepřízně ročníku.

Ve výsledcích praktické části byl hodnocen vliv dávky dusíku, pH půdy a zásoby živin na výnos. V lokalitě Kumberk nebyla souhrnně za sledované období prokázána přímá závislost dávky N na výnos. Předpokládá se tak významnější vliv ročníku. V lokalitě Žihle byla tato závislost částečně prokázána vyjma sezony 2021, kdy byl silnější vliv ročníku, než dávky N. Z výsledků především v lokalitě Žihle bylo prokázáno, že vyšších výnosů bylo dosahováno na půdách mírně kyselých až neutrálních, avšak s $\text{pH} < 6,5$. V lokalitě Kumberk bylo dosaženo pozitivní korelace zásoby živin na výnos u P a K. Ca a Mg vykazovaly opačný efekt. V lokalitě Žihle byly u jednotlivých živin zaznamenány příliš nízká korelační čísla, z toho důvodu nebylo možné širší zobecnění.

Klíčová slova: řepka ozimá, hnojení, výnos, bilance živin

Effect of fertilization on winter rape yield and nutrient balance

Summary

The aim of the study was to analyse the effect of fertilisation system on winter rape yield and nutrient balance. The source of data was two farms in the Pilsen region: Statek Kumberk s.r.o. and Statek Žihle s.r.o. In the first one the area of cultivated rape occupies $\frac{1}{3}$ of arable land, i.e. about 230 ha. In the second company, a broader sowing method is used and rapeseed is grown on 17 % of arable land, which corresponds to roughly 300 ha. The fertilisation system is also different. On each farm, 10 representative soil blocks were selected in 2019 – 2021.

The bachelor thesis consists of a literature search and a practical part. The theoretical part focuses on the problems of winter rape cultivation in the Czech Republic, especially on nutrition, fertilization and nutrient balance. It also describes agrotechnics and agroecological requirements and the production significance of cultivation.

The surface balance of nitrogen, potassium and phosphorus was investigated. At the Kumberk site, an area rate of NPK fertiliser was applied before sowing, but no manure was applied. At the Žihle site, pig manure and digestate were applied to selected soil blocks both before sowing and during vegetation. In terms of phosphorus nutrition, these organic fertilisers are insignificant, while potassium nutrition, especially in the case of digestate, is more noticeable. The Kumberk site had a generally positive N balance, while the Žihle site had a more even balance, except in 2021, when the N rate was not fully utilised due to an unfavourable season.

In the results of the practical part, the effect of N rate, soil pH and nutrient supply on yield was evaluated. In the Kumberk site, no direct dependence of N rate on yield was proven in the cumulated period under study. Thus, a more significant effect of season is assumed. At the Žihle site, this dependence was partially demonstrated except for the 2021, when the effect of the season was stronger than that of the N rate. At the Kumberk site, a positive correlation of nutrient supply to yield was obtained for P and K. Ca and Mg showed the opposite effect. At the Žihle site, correlation numbers for individual nutrients were too low, hence a wider generalisation was not possible.

Keywords: winter oilseed rape, fertilization, yield, nutrient balance

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce a hypotézy	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Problematika pěstování ozimé řepky	11
3.1.1 Historie a současnost pěstování ozimé řepky	11
3.1.2 Udržitelnost pěstování ozimé řepky	11
3.2 Obecná charakteristika řepky ozimé	12
3.2.1 Původ řepky ozimé.....	12
3.2.2 Biologická charakteristika	13
3.2.3 Produkční význam pěstování	14
3.2.3.1 Potravinářství.....	14
3.2.3.2 Krmivářství	14
3.2.3.3 Oleochemie	14
3.2.3.4 Energetika	14
3.2.4 Společenské aspekty pěstování řepky ozimé	15
3.3 Agroekologické požadavky řepky ozimé.....	16
3.4 Agrotechnika	17
3.4.1 Výnosotvorné prvky	18
3.5 Výživa a hnojení	20
3.5.1 Odběry živin	20
3.5.2 Hnojení statkovými hnojivy	20
3.5.3 Hnojení minerálními hnojivy.....	21
3.5.3.1 Základní hnojení.....	21
3.5.3.2 Přihnojení během vegetace	21
3.5.4 Úloha jednotlivých živin.....	23
3.5.4.1 Dusík.....	23
3.5.4.2 Fosfor	24
3.5.4.3 Draslík	24
3.5.4.4 Vápník	25
3.5.4.5 Hořčík	25
3.5.4.6 Síra	25

3.5.4.7 Bór.....	26
3.5.5 Bilance živin	26
3.5.5.1 Hodnocení bilance živin	27
3.5.5.1.1 Bilance živin v zemědělském podniku (faremní bilance).....	27
3.5.5.1.2 Bilance živin na jednotlivých polích (povrchová bilance)	28
4 Materiál a metody.....	29
4.1 Zemědělský podnik č. 1.....	29
4.1.1 Systém hnojení.....	29
4.1.2 Zásoba živin.....	31
4.1.3 Meteorologická data.....	32
4.2 Zemědělský podnik č. 2.....	34
4.2.1 Systém hnojení.....	34
4.2.2 Zásoba živin.....	36
4.2.3 Meteorologická data.....	37
4.3 Výpočet bilance živin	39
5 Výsledky	40
5.1 Statek Kumberk.....	40
5.1.1 Vliv hnojení na výnos	40
5.1.2 Vliv pH a zásoby hlavních živin v půdě na výnos	41
5.2 Žihelský statek.....	44
5.2.1 Vliv hnojení na výnos	44
5.2.2 Vliv pH a zásoby hlavních živin v půdě na výnos	46
6 Diskuze	49
6.1 Porovnání výnosů v podnicích s okresem.....	49
6.2 Vliv pH půdy	49
6.3 Efektivita využití živin z aplikovaných hnojiv a bilance živin.....	50
6.2.1 Bilance dusíku	50
6.2.2 Bilance fosforu	53
6.2.3 Bilance draslíku	54
6.4 Návrh řešení pro optimalizaci hnojení.....	55
6.3.1 Statek Kumberk.....	55
6.3.2 Statek Žihle	55
6.5 Vliv průběhu počasí.....	55

7 Závěr.....	57
8 Použitá literatura	58

1 Úvod

Řepka ozimá (*Brassica napus L.*) zaujímala v České republice v posledních 5 letech cca 15 % orné půdy, což odpovídá zhruba 400 tisícům ha. Je tak v posledních letech pořád 2. nejpěstovanější plodinou co do oseté plochy, i když se její výměry mírně zmenšují. V tuzemských podmínkách je dosahováno průměrného výnosu 3,21 t/ha (data ČSÚ v letech 2016-2021). Řepka je v mnohých zemědělských podnicích nepostradatelnou plodinou v osevních postupech, kde mimo jiné zajišťuje stabilní ekonomický přínos i přes neustále se navyšující náklady. Rentabilita pěstování řepky je výrazně ovlivněna především cenou vstupů, ale i dalšími faktory jako jsou přírodní půdní a klimatické podmínky a celkovou efektivitou hospodaření v podnicích. Jedná se o plodinu zlepšující – má vynikající předplodinovou hodnotu. Díky tomu jsme schopni dosahovat především u obilnin a jiných plodin vyšších výnosů, než když by byly pěstovány po sobě.

Tvorba výnosu je podmíněna dostatečným obsahem živin v půdě a dostatečným hnojením. Tohoto cíle dosáhneme jedině pravidelným navrácením odebraných živin zpět do půdy. Živiny dělíme na makro a mikro prvky (dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra, bór, molybden a další). K zachování půdní úrodnosti je také zapotřebí doplňovat organické látky – pravidelným hnojením statkovými hnojivy (hnůj, kejda, močůvka). Současná doba však už ukázala, že si dovedeme poradit i bez živočišné výroby, aniž bychom půdu ochuzovali: kvalitně zapravenými posklizňovými zbytky do půdy, popřípadě pěstováním meziplodin a volbou vhodného osevního postupu.

Bilance živin nám pomůže ve správné orientaci v systému hnojení. Zjednodušeně se jedná o poměr mezi vstupy a výstupy do půdy. Sledováním těchto faktorů jsme schopni zajistit dostatečně vysokou produkci, s ohledem jak k environmentální, tak k ekonomické udržitelnosti. Nalezením optimální dávky a termínu aplikace hnojiv šetříme jak finance, tak přírodu.

2 Cíl práce a hypotézy

Cílem práce bylo popsat a vyhodnotit vliv systému hnojení na výnos ozimé řepky a bilanci živin. Na vybraných půdních blocích dvou zemědělských podniků byl vyhodnocen vliv systému hnojení k ozimé řepce na výnos semen, efektivitu využití živin z aplikovaných hnojiv a bilanci živin, s přihlédnutím k agrochemickým vlastnostem půd. Zároveň byl vypracován návrh řešení pro optimalizaci hnojení.

Hypotézy:

1. Předpokládá se, že využití dusíku rostlinami bude ovlivněno agrochemickými vlastnostmi půd a podmínkami stanoviště.
2. Deficit některé ze základních živin v půdě negativně ovlivní výnos.
3. Pro hnojení ozimé řepky dusíkem je dostačující dávka odpovídající odběrovému normativu 50 kg N na 1 t semen.
4. Vyšší hnojení N v klimaticky nepříznivých ročnících není efektivní a neprojeví se na výnosu.

3 Literární rešerše

3.1 Problematika pěstování ozimé řepky

3.1.1 Historie a současnost pěstování ozimé řepky

Řepka ozimá (*Brassica napus L.*) je nejpěstovanější evropskou olejninou. Ve světovém měřítku je na třetím místě, hned za sójou a palmou olejnou. Mezi její největší pěstitele patří Německo, Polsko, Litva, Lotyšsko, Francie, Česká republika, Itálie. V České republice je taktéž nejpěstovanější olejninou (v posledních letech se podílí cca 84 % ze všech olejnin) (Baranyk et al. 2019). Pěstuje se především za účelem výroby jedlých rostlinných olejů a biopaliv, šroty se uplatní v krmivářství hospodářských zvířat. V ČR taktéž výrazně podílí na diverzifikaci skladby pěstovaných druhů a tím tak pomáhá k optimalizaci osevních postupů. Pěstuje se zde v současnosti na plochách 350 – 400 tis. ha.

Evropská unie stanovila v roce 2009 cíl 20 % celkové výroby energie z obnovitelných zdrojů, v dopravě pak 10 % do roku 2020. Nicméně k této problematice se různé země EU postavily rozdílně. V České republice k tomuto cíli výrazně přispívá výroba MEŘO (metylester řepkového oleje), tento produkt je příměsí pro motorovou naftu. Bionafta jako taková představuje alternativu pro fosilní paliva. Její spalováním vzniká méně emisí než z normální nafty. Může tak bránit znečištění emisemi CO₂, SO₂, CO (Yan 2015). Zásadní je spíše bilance CO₂, která by měla být záporná-rostliny spotřebují více CO₂, než je pak vypouštěno při výrobě a spalovacím procesu bionafty. Musíme brát také v potaz, že při pěstování unikají do ovzduší i jiné skleníkové plyny: např. N₂O, který se uvolňuje z amoniaku. Tento fakt by mohl ohrozit přínosy pro klima (Köbke et al. 2018). V České republice je podíl osetých ploch, jejichž produkce byla použita na výrobu MEŘO cca 30 %.

3.1.2 Udržitelnost pěstování ozimé řepky

Poslední roky nám ukazují, že počasí se projevuje extrémněji, než tomu bylo v letech minulých. Jsou jak velká vedra, tak i intenzivní deště. Zemědělství je přímo závislé na počasí, a tak je nutná jeho adaptace na enviromentální výzvy, a to včetně tlaku škůdců a chorob. Podle pokusů týkající se možné změny klimatu jasně vyplývá, že řepka ozimá je nejcitlivější v modelu s nedostatkem srážek, nejvíce pak ve vegetativní fázi (Pullens et al. 2021). Rok 2021 ale ukázal, že i nadbytek srážek může být pro řepku stejně nepříznivý (Čech 2021). Zvýšení průměrné

teploty vzduchu by pak sice znamenalo rychlejší vývoj rostliny, ale mohlo by také způsobit větší citlivost k nízkým teplotám na jaře. Vyšší teploty by pak znamenaly rozšíření možných pěstitelských oblastí na sever, díky zkrácení vegetační doby (Pullens et al. 2021). Pozitivně by mohla ovlivnit výnos i zvýšená hladina CO₂ (Klatt et al. 2021). Stabilita výnosů je jedním z klíčů k předvídatelnosti zisků zemědělských podniků (Brown et al. 2019), bohužel se však u řepky během posledních desetiletí nezlepšila, na rozdíl od jiných polních plodin (Rondanini et al., 2012). Při jejím pěstování platí, že rozdíly ve výnosu způsobené počasím jsou mnohem výraznější, než např. rozdíly mezi odrůdami (Brown et al. 2019). Zásadním limitujícím faktorem je poškození hmyzími škůdci. Pro řepku je hmyzí škůdce škodlivější, než jiné škodlivé organismy. Hubení hmyzích škůdců je jednoznačně jedna z největších výzev budoucího pěstování řepky ozimé, a to jednak kvůli jejich rezistenci k insekticidním přípravkům, ale také kvůli stále se zpřísnující se legislativě týkající se jejich hubení. Zúžuje se škála přípravků, to následně přispívá k rezistenci. Tlak na omezení pesticidů je z hlediska ochrany životního prostředí pochopitelný, ne vždy však dává smysl-např. v roce 2014 došlo k zákazu moření osiva neonicotinoidy, kvůli tomu docházelo mnohdy k zvýšení spotřeby pesticidů v postřikové jímce.

Již delší dobu je v zemědělství uplatňována tzv. integrovaná ochrana rostlin (IOR). Tímto termínem se rozumí dodržování určitých vzájemně propojených zásad při pěstování tak, abychom minimalizovali vliv škodlivých organismů, díky čemuž snižujeme zátěž životního prostředí. V praxi se jedná o vhodné zpracování půdy, systém hnojení, výběr odrůdy, střídání plodin, podporu užitečných organismů a ochranu rostlin proti škodlivým činitelům. Jediné porušení zásady IOR může mít za následek narušení rovnováhy celku.

3.2 Obecná charakteristika řepky ozimé

3.2.1 Původ řepky ozimé

Řepka olejná neboli brukev řepka patří do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*). Jedná se o fylogeneticky velmi mladý druh. Její původní výskyt je vázán ke středomoří. Většina dnes pěstovaných odrůd kulturních rostlin vznikla z divokého (planého) předka díky spontánnímu i cílenému výběru a rozličným šlechtitelským metodám. Toto však není případ brukve řepky (*Brassica napus*). Vznikla totiž zkřížením brukve zelné (*Brassica oleracea*) a brukve řepáku (*Brassica rapa syn. campestris*) (řepice či vodnice). Z genetického hlediska se jedná o tzv. amfiallotetraploid s 38 chromozomy (Baranyk, Kazda et al. 2005). Pěstuje se ve 2 formách:

jarní a ozimá řepka. Jarní řepka je ve světě výrazně rozšířenější, díky většímu areálu, kde jí je možné pěstovat.

Řepka ozimá prošla za svou dobu dlouhotrvajícím procesem šlechtění. Už od 80. let se pracuje na šlechtění hybridních forem, které jsou dodnes nejpěstovanější díky svým lepším vlastnostem, oproti liniím. Mají o 5 – 10 % vyšší výnos. Becker (1987) uvádí, že heterozní efekt kolísá od 4 do 63 %. Projeví se zejména za nepříznivých podmínek, z čehož vyplývá lepší stabilita hybridních odrůd. Heteroze se ukazuje ve všech fázích vývoje. Hybridy mají více biomasy už na podzim, po odkvětu pak ještě více, což značí účinnější procesy podílející se na tvorbě semen (Grosse et al. 1992). Pro pěstování hybridních odrůd je třeba si uvědomit, že pro plné využití heterozního efektu je nutné vysévat s nižším výsevkem než u liniových odrůd (obvykle stačí 50 klíčivých semen na m²) (Baranyk et al. 2019). Stále se však pěstují ještě liniové odrůdy, i když jsou na ústupu. Linie jsou na rozdíl od hybridů geneticky heterogenní a tak jedna z mála výhod těchto odrůd je, že konkurence mezi jednotlivými genotypy může vézt ke zvýšení výnosu (Diepenbrock 2000). Výroba osiva je taktéž mnohem levnější. Šlechtění představuje do budoucna mnoho výzev. Je třeba se zaměřit na zvýšení odolnosti vůči škodlivým činitelům, odolnosti vůči pukání šešulí, zvýšení mrazuvzdornosti, zvýšení obsahu oleje v semenech a jeho kvalitativní složení, snížení antinutričních látek v řepkovém šrotu (Baranyk et al. 2007).

Využití genetických modifikací nabízí mnoho možností. Lze totiž získat nové užitečné vlastnosti odrůd, které bychom klasickou cestou těžko dosáhli. V Evropské unii bylo však rozšíření transgenní řepky zablokováno. V Jižní i Severní Americe a Číně jsou geneticky modifikované (GM) odrůdy volně rozšířeny. Zatím bylo dosaženo těchto nových vlastností: tolerance k totálním herbicidům, změna složení mastných kyselin v oleji, vnesení genů rezistence vůči chorobám (Baranyk et al. 2007).

3.2.2 Biologická charakteristika

Životní cyklus ozimé řepky se odehrává ve dvou vegetačních obdobích. Na podzim se tvoří vegetativní orgány-kořenový systém a listová růžice. Shromažďují se asimiláty především v kořenové hmotě. Aby mohla nastat další fáze, musí rostlina přejít určitým obdobím nízkých teplot (jarovizace). Na jaře pak rostlina využije zásobní látky a přejde tak do generativní fáze, která je zakončena tvorbou semen. Teploty nutné pro jarovizaci se liší dle odrůdy a prostředí: 2 – 8°C po dobu 30 – 60 dní.

3.2.3 Produkční význam pěstování

Jak bylo již v úvodu naznačeno, řepka ozimá se v ČR pěstuje za účelem výroby jedlých rostlinných olejů, biopaliv, šrotů pro hospodářská zvířata, výroby energie z biomasy a v chemickém zpracovatelském průmyslu. Uplatnění tedy najde v těchto čtyřech oblastech: potravinářství, krmivářství, oleochemie a energetika.

3.2.3.1 Potravinářství

V potravinářství se uplatní řepkový olej, který je vylisován ze semen. Olejnatost řepkových semen se pohybuje kolem 40 %. Kvalitně rafinovaný řepkový olej se v porovnání s ostatními rostlinnými oleji řadí mezi ty nejkvalitnější z hlediska nízkého obsahu nasycených mastných kyselin (6 – 8 %) a naopak vysokého obsahu nenasycených mastných kyselin (Baranyk et al. 2007).

3.2.3.2 Krmivářství

V krmivářství využijeme řepkové extrahované šroty a výlisky, které zbydou po vylisování semen, popřípadě i samotná drcená semena. Tyto produkty se vyznačují vysokým obsahem bílkovin, čímž se dokáží vyrovnat šrotům ze sóji, které se do ČR jinak musí importovat většinou z Ameriky. Bohužel u některých tuzemských zemědělců stále přetrvává obava z vyššího obsahu antinutričních látek-glukosinolátů, což zabraňuje širšímu rozšíření řepkových šrotů. V praxi se však ukazuje, že se není třeba obávat. Limitní hranici glukosinolátů v krmných směsích stanovuje legislativa (Baranyk et al. 2007).

3.2.3.3 Oleochemie

Oblast oleochemie zahrnuje výrobu technických olejů, glycerolu, derivátů mastných kyselin atd. Řepkový olej je rozložen na dílčí produkty buď za pomoci hydrolýzy nebo alkoholýzy (Baranyk et al. 2007).

3.2.3.4 Energetika

Do této kategorie spadá výroba bionafty, ta se vyrábí z řepkového oleje chemickou reakcí s metylalkoholem. Výsledným produktem je metylester řepkového oleje (MEŘO) neboli bionafta (a glycerol). Tento produkt se svými vlastnostmi velmi přibližuje běžné motorové naftě. Oproti variantě vyráběné z ropy má tyto nevýhody: agrese vůči některým plastům,

zhoršené vlastnosti při nižších teplotách (jde vyřešit aditivou) (Baranyk et al. 2007). Naopak mezi její výhody patří velmi dobrá biologická rozložitelnost a příznivý obsah emisí ve srovnání s motorovou naftou (Baranyk, Kazda et al. 2005)

Dalším energetickým využitím je výroba energie spalováním vedlejších produktů po vylisování semene (řepkových šrotů a pokrutin) nebo slámy. Výrobci MEŘO budují i vlastní elektrárny, kde využijí řepkový šrot a výlisky. Řepka vytvoří při výnosu 3 t semen také cca 5 t slámy, z níž je možno vyrábět brikety nebo peletky na spalování v topeništích. Z agronomického pohledu však nelze toto využití zásadně doporučit. Tím, že z pole odvezeme slámu se ochudíme o živiny (zejména dusík) a organickou hmotu, kterou musíme do půdy dodat jiným způsobem, jinak by při takovémto dlouhodobějším konání docházelo k půdní únavě (Baranyk et al. 2007).

3.2.4 Společenské aspekty pěstování řepky ozimé

Řepka ozimá je již několik desetiletí významnou plodinou českého zemědělství. Stále se však mezi širokou veřejností a v některých médiích objevuje mnoho nejasností, polopravd i dezinformací souvisejících s jejím pěstováním v České republice. Zde je pár názorných příkladů. Každý je následně uveden na pravou míru.

Řepka škodí osevnímu postupu.

V posledních 20 letech došlo k výraznému poklesu živočišné výroby a s tím pochopitelně i snížení plochy krmných plodin (především víceletých píceňin a luskovin). Omezila se tak diverzita v osevních postupech a snížilo se množství zlepšujících plodin. Řepka tak nahradila tento nedostatek. Zlepšuje dlouhodobě úrodnost půd a je vhodnou předplodinou zejména pro obilniny (pšenice pěstovaná po řepce má o cca 10 % větší výnos, než pšenice po pšenici).

Řepka vyčerpává půdu a přispívá k erozi.

Řepka má v porovnání s ostatními plodinami mohutný kořenový systém s objemným kořenovým vlášením, tím dobře odolává erozi a mimo jiné zpřístupňuje živiny pro následné plodiny (např. fosfor). V porovnání s ostatními plodinami ale spotřebuje více živin. Většina živin a organické hmoty však zůstává po sklizni na stanovišti a v podobě posklizňových zbytků

se vrací zpět do půdy. Řepka také bývá na poli nejdéle z jednoletých plodin (cca 11 měsíců v roce), čímž výrazně přispívá k omezování větrné a vodní eroze.

Při pěstování řepky se používá příliš pesticidů.

V konvenčním zemědělství se neobejdeme bez pesticidní ochrany rostlin vůči škodlivým organismům. Řepka z tohoto hlediska není nikterak výjimečná a používají se k její ochraně stejné nebo podobné přípravky jako u jiných plodin. Navíc se v tuzemsku dlouhodobě snižuje spotřeba pesticidů a zejména ve srovnání se západní Evropou jsme na tom výrazně lépe. V současné praxi se osvědčuje systém integrované ochrany rostlin, který se vyznačuje racionálním použitím chemické ochrany.

(Brát, Baranyk et al. 2018)

3.3 Agroekologické požadavky řepky ozimé

Řepka ozimá vyžaduje oproti jiným polním plodinám pěstovaných v ČR poněkud intenzivnější pěstitelské podmínky, a to jak z hlediska výživy, tak z hlediska tlaku škůdců a chorob. Nejvíce se řepce daří ve středních až vyšších polohách (Vaněk et al. 2007), což odpovídá bramborářským a řepařským výrobním oblastem s ročním úhrnem srážek 500 – 750 mm a ročním průměrem teplot 6,5 – 8,5 °C (Baranyk, Kazda et al. 2005). Ukázalo se, že lze řepku relativně úspěšně pěstovat i v podhorských oblastech. V ČR se dá úspěšně pěstovat do nadmořské výšky 650 m. Zde má pozitivní vliv menší výskyt škůdců, výhodnější vláhové poměry, déle ležící sněhová pokrývka zabraňující holomrazům a menší výkyvy teplot v předjaří. Důsledek kratší vegetační doby je možno eliminovat vhodným výběrem odrůdy, vhodnou předplodinou a dostatečným organickým hnojením (Baranyk et al. 2007). Řepka se vyznačuje relativně vysokou plasticitou, avšak k jejímu ohrožení může docházet při následujících okolnostech: zamokření půd delší než týden; výrazné kolísání teplot (zejména při holomrazech); lokalita s pokrývkou sněhu trvající déle než 2 měsíce; lokalita na těžkých půdách, kde v důsledku nevhodné přípravy půdy zhrudkovatěly a dochází tak za sucha k horšímu vzcházení; půda se zbytky sulfonilmočoviny, na níž řepka pomalu vzchází a vyvíjí se nepřírozně. Z hlediska počasí řepku mohou nejvíce ohrozit tyto meteorologické jevy: dlouhotrvající sucho; nadbytek srážek zejména v počátcích vegetace (srpen, září) a po zimě při obnově vegetace; kolísání teploty v zimě a v předjaří způsobující časté zamrzání a rozmrzání půdy; výskyt silných holomrazů a vysoké teploty v období květu (Baranyk, Kazda et al. 2005).

Z hlediska nároků na půdu se řepce nejvíce daří v hlubokých půdách v dobrém strukturním stavu s vysokou zádržností vody a s neurální až slabě kyselou reakcí. Pokud se nacházíme na kyselých a méně úrodných půdách, je pro lepší tvorbu výnosu nutná úprava půdní reakce a obohacení o organickou hmotu. V minulosti převládal názor, že řepku je možné pěstovat jen na nejlepších, nejúrodnějších půdách. Toto tvrzení můžeme dnes již částečně popřít díky zvýšení celkové pěstitelské úrovně, vysoké intenzitě hnojení a výkonnější zemědělské technice (Baranyk et al. 2007).

3.4 Agrotechnika

Zastoupení řepky ozimé v osevním postupu se na různých podnicích velmi liší. Většinou se jedná do 20 % orné půdy. Jsou však i podniky, kde je řepka hlavní tržní plodinou a zaujímá tak i přes 30 % orné půdy. Zastoupení plodiny v osevním postupu úzce souvisí s rotací plodiny na stanovišti. V minulosti byl považován optimální interval 6 – 7 let, což odpovídalo cca 17 % v osevním postupu. Dnes se díky zlepšení ošetření fungicidy a insekticidy stává standardem interval 4-5 let. Kratší rotace je odůvodnitelná pouze tam, kde je řepka jedinou alternativou pro přerušování obilných sledů (Baranyk et al. 2007).

Řepka se výrazně podílí na diverzifikaci osevních postupů a to zejména díky své vysoké předplodinové hodnotě. Ta je výsledkem téměř celoročního působení na stanovišti. Řepka má vysokou pokryvnost listoví a hluboký rozvětvený křovitý kořen, který je součástí téměř celého orničního profilu, což má pozitivní vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Dalším hodnotným faktorem je návratnost živin a organické hmoty do půdy ve formě posklizňových zbytků. V praxi se potvrzuje, že je řepka v našich podmínkách velmi vhodnou plodinou do intenzivních obilnářských sledů, kde působí jako přerušovač a napravuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Řepka se svojí předplodinovou hodnotou pro obilniny srovnává s víceletými pícninami i s jinými širokolistými předplodinami. Z opačné strany se ale ukazuje, že obilniny (s výjimkou oz. ječmene) jako předplodina pro řepku představují určitá rizika. Například nemožnost sít řepku v optimálním termínu z důvodu opožděné sklizně předplodiny a bez dostatečného časového odstupu (Baranyk et al. 2007).

Založení porostu řepky předchází zpracování půdy, to je prováděno v široké škále možností dle půdně-klimatických podmínek a dle volby systému zpracování půdy pěstitele. V hlavních pěstitelských oblastech (střední a vyšší polohy) je preferována orba. Bezorebné systémy jsou naopak využívány v sušších oblastech na těžších půdách nebo naopak na mělkých

kamenitých půdách. Pro správný růst kořene je pro řepku žádoucí hlubší zpracování půdy, ať už orba nebo kypření. Dojde k provzdušnění půdy a srážky se lépe infiltrují. Pouze pokud má řepka dostatečně vyvinutý kořen, může lépe odolávat suchu tím, že čerpá vláhu z větších hloubek půdního profilu. Spolehlivě přezimují porosty s dostatečně vyvinutým kořenovým systémem a neprodlouženým vegetačním vrcholem (Baranyk 2007).

Ozimá řepka následuje v osevních postupech zpravidla po obilninách, zde je hlavní úkol vypořádat se s posklizňovými zbytky (strništěm, slámou, výdrolem). Při sklizni obilní předplodiny bychom měli brát v potaz výšku strniště-čím nižší, tím lepší. Vysoké strniště by nám činilo problémy při následné předseťové přípravě. Pokud slámu nesbíráme, je nezbytné se postarat o její kvalitní rozřezání a rozptýlení sklízecí mlátičkou. Plodiny zanechávající velké množství slámy (oves, žito, triticales) mohou z tohoto důvodu představovat určité riziko. Následný způsob zapravení těchto organických zbytků a hloubka zpracování půdy by se měla řídit především vláhovými poměry stanoviště a půdním druhem. Podmítka by měla nastat co nejdříve po sklizni předplodiny, neměla by být příliš hluboká, aby zbytečně nedocházelo k výparu z nakypřené vrstvy. Podmítka je obzvláště nutná při bezorebném systému. Orba je velmi vhodný způsob zpracování půdy pod porost řepky. Značí jí vyšší jistota při založení porostu a dokáže eliminovat některé agrotechnické chyby. Je však časově a energeticky náročná. Současně s orbou nebo bezprostředně po ní by mělo nastat hrubé urovnání povrchu, abychom rozdrtily hroudy a obnovili půdní kapilaritu. Optimální je, když může být stanoviště ponecháno přirozenému slehnutí 2 - 3 týdny. To však v praxi nebývá možné, proto se stává standardem setí do čerstvé brázdy, nejčastěji za pomoci secích kombinací s aktivními nebo pasivními pracovními orgány. V tomto případě porost většinou rychle vzejde, hrozí však zaschnutí v důsledku nedostatečně obnovené půdní kapilarity, zejména při deficitu srážek. Správný termín výsevu volíme dle agro-klimatické oblasti od začátku druhé dekády srpna do konce tohoto měsíce. Čím vyšší a chladnější stanoviště, tím vyséváme dříve. Taktéž čím pozdnější výsev, tím vyšší výsevek (Baranyk et al. 2007). Příprava půdy a založení porostu je nejdůležitější etapa pěstování řepky. Úspěch či neúspěch v této fázi se projeví v porostu v průběhu vegetace. Cílem je mít optimální a zdravý porost (Baranyk, Kazda et al. 2005).

3.4.1 Výnosotvorné prvky

Výnosový potenciál odrůdy je výsledkem maximálního teoretického výnosu v optimálních fyzikálně-chemických podmínkách. V reálných polních podmínkách se mu však

málokdy přiblížíme. Výnosem jsou někdy myšleny 2 věci: celkový biologický výnos=celková biomasa a ekonomický výnos=ekonomicky využitelná část rostliny. Potenciální biologický výnos je součinem rychlosti růstu a délkou vegetačního období.

Výnos na plochu určuje hustota porostu, počet šesulí na rostlinu, počet semen v šesuli a HTS (Diepenbrock 2000). Uvnitř porostu probíhá konkurence mezi jednotlivými rostlinami, hustota rostlin má tak největší vliv na výnos každé rostliny. Řepka se vyznačuje značnou schopností autoregulace, v posledních letech se tak ukazuje, že vyšších výnosů je docilováno na řidších porostech (30 – 45 rostlin/m²). Důležitá je pak také rovnoměrnost setí, aby se předešlo nepřesnému rozmístění rostlin. Výsledky pokusů ukazují, že pokud jsou rostliny rovnoměrně rozmístěny, dochází k menším ztrátám v důsledku stresu prostředí (Diepenbrock 2000), což dokazuje např. počet vitálních rostlin po přezimování, který se je vyšší při setí do úzkých řádků a u nízkého až středního počtu rostlin na m² (Baranyk et al. 2007). Fotosyntetická asimilace je dána pokryvností listoví (LAI) u jednotlivých rostlin či celého porostu. Existuje totiž pozitivní korelace mezi pokryvností listoví na začátku kvetení a tvorbou hlavních výnosových prvků (Baranyk et al. 2007). Množství a rychlost akumulace sušiny je pak ovlivněné nejvíce těmito třemi agronomickými ukazateli: předplodina, typ N hnojiva a zásobenost N v půdě (Diepenbrock 2000).

Dalším ze zásadních výnosových ukazatelů je počet šesulí na rostlinu. Tato vlastnost je ze všech výnosotvorných prvků nejvíce ovlivněna konkurencí mezi jedinci, prostředím, ale i redukcujícími faktory (Baranyk et al. 2007). Je determinována přežitím větví a květů, což závisí na přísunu živin a vody v průběhu ontogeneze (Rood et Major 1984). Rostlina může mít až 20-25 primárních větví, ne však všechny nasadí šesule (Diepenbrock 2000). Platí tak přímá souvislost mezi výsevkem (počtem rostlin na metr čtvereční) a počtem šesulí na rostlinu. Délka šesule je pochopitelně dobrým ukazatelem počtu semen na lusk (Diepenbrock 2000).

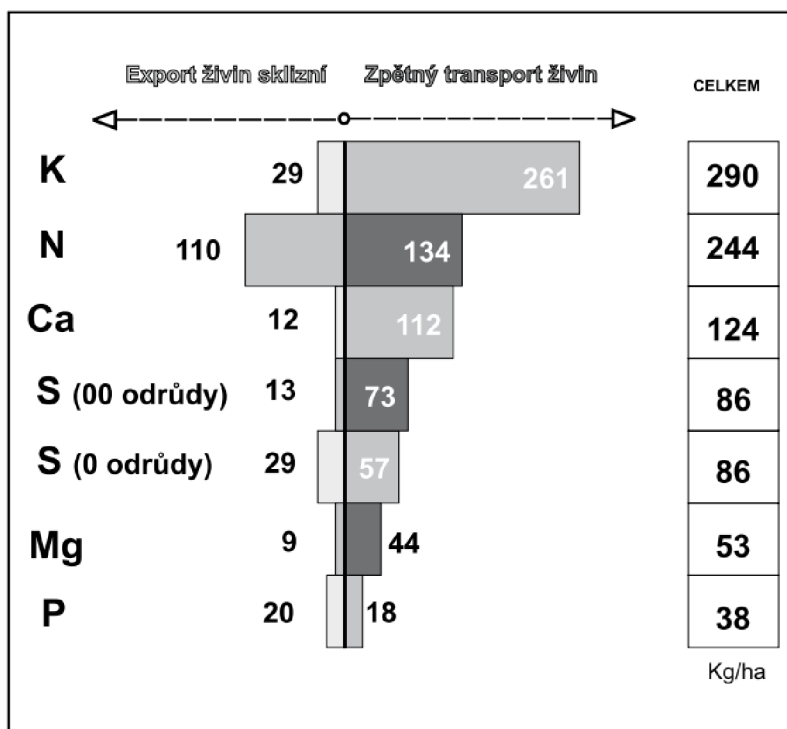
Hmotnost tisíce semen je nejjednodušeji stanovitelný prvek. Je ovlivněn geneticky (odrůda), ročníkem, prostředím, zdravotním stavem ale i způsobem sklizně. Počet semen v šesuli si odporuje s HTS, to znamená, že čím méně semen v šesuli, tím vyšší HTS (Baranyk et al. 2007).

3.5 Výživa a hnojení

3.5.1 Odběry živin

Jelikož řepka patří mezi plodiny vyžadující intenzivní pěstování, odpovídají tomu i celkové odběry živin akumulované v biomase: 250 – 290 kg N, 42 – 48 kg P a 250 – 290 kg K (údaje v kg/ha) (Vaněk et al. 2007). Tyto údaje by naznačovaly, že řepka snad výrazně ochuzuje půdu, naštěstí tomu tak není, protože se značný podíl odebraných živin se vrací zpět do půdy zaorávkou posklizňových zbytků (sláma, zbytky šešulí, listy, kořeny). Množství vrácených a odebraných jednotlivých živin znázorňuje obr.1. Vzhledem k tomu, že pěstováním řepky navracíme do půdy kvalitní organickou hmotu, považujeme ji za zlepšující plodinu.

Obr.1 návratnost živin do půdy (Cetiom, upravil Mikšík 2007)



3.5.2 Hnojení statkovými hnojivy

Chlévským hnojem hnojíme většinou k předplodině (převážně ozimé obiloviny), když je dostatek času můžeme i přímo pod řepku. Pro tuto možnost je nezbytný dostatečný časový odstup-minimálně 3 – 4 týdny (podle vyžralosti hnoje), aby se obnovila půdní kapilarita. Hnůj musí být nejlépe vyžralý. Čerstvý a slamnatý hnůj je nevhodný. Další možností je kejda, tu je možno použít před setím (optimalizuje nám poměr C : N spolu se zapravením slámy) nebo i za

vegetace a to jak na podzim, tak na jaře. V tomto případě je důležité rovnoměrné rozmístění na povrch půdy pomocí vlečných hadicových aplikátorů. Při hnojení kejdou „na list“ je třeba omezovat nadměrný únik NH₃ do ovzduší, zejména pak při teplém větrném počasí (Baranyk et al. 2007). Při správné dávce kejdy na jaře dokážeme plně nahradit regenerační dávku dusíku (Vaněk et al. 2007). S rozšířením bioplynových stanic se pojí produkce odpadního fermentačního zbytku-digestátu. Ten je možno použít jako doplňkové organické hnojivo k řepce. Digestát obsahuje všechny makro i mikro živiny, avšak stejně jako kejda obsahuje nízké množství síry, proto je nutné k řepce-plodině náročné na síru zajistit dostatečný přísun této živiny jiným způsobem. Na stanovištích pravidelně hnojených digestátem je nutné použití statkových hnojiv, meziplodin, zaorávky slámy či kompostů jako zdroje primární labilní organické hmoty. Názor, že digestát ze zemědělských plynových stanic vnáší do půdy rizikové prvky je zpravidla mýtus. Obdobně jako kejda, je možné ho aplikovat jak před setím, tak za vegetace (Lošák et Dostál 2017).

3.5.3 Hnojení minerálními hnojivy

3.5.3.1 Základní hnojení

Předsetové hnojení dusíkem ve většině případech není potřeba. Můžeme tak činit v případě existence několika těchto faktorů současně: nebylo využito přímé organické hnojení, nacházíme se ve vyšších polohách/na chudších půdách, předplodinou byly 2 obilniny, při nižším výsevku nebo při opožděném výsevu. Dávku 20 – 30 kg N/ha volíme nejčastěji ve formě těchto hnojiv: LAV (ledek amonný s vápencem), DA (dusičnan amonný), SA (síran amonný), DAM 390, močovina, DASA (dusičnan amonný + síran amonný), amofos nebo kombinovaná hnojiva (NPK) (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007).

3.5.3.2 Přihnojení během vegetace

Přihnojení za vegetace můžeme rozdělit na dvě části, a to hnojení podzimní a jarní. Podstata hnojení minerálními hnojivy za vegetace je, že bychom měli doplňovat pouze rozdíl mezi celkovou potřebou rostlin a množstvím, které poskytuje půda (především dusík z organického hnojení a z posklizňových zbytků) (Baranyk et al. 2007).

Podzimního přihnojení není vždy nutné, využíváme jej právě například pokud jsme nevyužili hnojení předsetové nebo na slabších porostech. Přihnojujeme na konci září či začátkem října dávkou 20 – 30 kg N/ha. Pozdější přihnojení není přípustné z těchto důvodů:

došlo by k narušení přirozenému průběhu růstu v důsledku oddálení přesunu asimilátu z nadzemní části do kořenového systému. Mezní termín přihnojení N udává legislativa. Dobře vyvinutý kořenový systém je podmínkou pro zajištění dobrého přezimování. Díky mírnému nedostatku dusíku je taktéž podporován rozvoj kořenů na úkor listové růžice. Z těchto důvodů bychom se také měli vyvarovat přerostlým porostům v důsledku přehnojení. Slabé porosty můžeme přihnojit těmito hnojivy: LAV (ledek amonný s vápencem), LV (ledek vápenatý), DA (dusičnan amonný) DAM 390, DASA (dusičnan amonný + síran amonný) (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007).

Mnohem zásadnější pro vyživení biomasy je hnojení během jara. Řepka reaguje již na mírné zvýšení teplot, proto je nutná včasná regenerační dávka dusíkem, ne však dříve než 20. února (Vaněk et al. 2007), nebo jak udává legislativa. První jarní dávku nejlépe stanovíme na základě obsahu N_{\min} v půdě. Obvykle se jedná o cca 60 – 100 kg N/ha dle okolností. Pokud si nejsme jisti, je možné tuto dávku rozdělit na dvě s odstupem asi 14 dní. U porostů na lehčích a promyvných půdách bychom ale neměli první dávku uspěchat, hrozí totiž vyplavení. U slabších porostů bychom ale neměli časně regenerační hnojení propásnout. Vhodným hnojivem je LV (ledek vápenatý) nebo LAV (ledek amonný s vápencem), méně vhodným hnojivem, ale možným za určitých podmínek je močovina (pouze na kyselejších těžších půdách), nutností je také dostatečně vlhká půda v době aplikace. U slabších porostů bychom se měli vyvarovat větších dávek amonného dusíku (DASA a močovina), ty by mohly působit inhibičně. Při volbě dávky jarního hnojení musíme brát v potaz půdní druh. Na těžkých půdách si můžeme dovolit větší dávky dusíku, nehrozí zde tolik vyplavování a taktéž se dusík dostává pomaleji do hlubších vrstev půdy. Z tohoto hlediska by nemuselo být zejména v kombinaci se suchem pozdější jarní hnojení efektivní. Naopak na lehkých promyvných půdách volíme opakovaně menší dávky.

Druhou dávku N zajišťujeme od začátku dubna v období intenzivní tvorby nadzemní biomasy až po začátek prodlužování. Hnojíme dávkou 60 – 80 kg N/ha, silnější a hustší porosty o cca 20 kg více. V tomto období můžeme aplikovat i listová hnojiva s obsahem hořčíku nebo bóru (Vaněk et al. 2007).

Ve fázi žlutých poupat je možné naposledy přihnojit. Hnojíme ale pouze ve výjimečných případech-např. na lehčích a chudších půdách v sušších oblastech dávkou 20 – 30 kg N/ha (Vaněk et al. 2007).

3.5.4 Úloha jednotlivých živin

3.5.4.1 Dusík

Dusíkem je jednoznačně nejdůležitějším prvkem ve výživě polních plodin a u ozimé řepky to platí dvojnásob, odběrový se normativ totiž pohybuje na úrovni 50 – 55 kg N/t semene (Vaněk et al. 2007). Celkový odběr dusíku je výrazně ovlivněn agroekologickými podmínkami, proto je nutné vždy přistupovat k této problematice individuálně. Nedostatek dusíku se projevuje zpomalením stavebních fyziologických procesů, což se projevuje omezením růstu všech rostlinných orgánů (listů, větví, květů atd.) Rostliny jsou slabší a nižší. Snadným poznávacím znakem je jejich světlejší zbarvení. Naopak nadbytek dusíku poznáme podle silné, robustní stavby a sytě zeleného zbarvení. Později přecházejí do generativní fáze, což zpomaluje dozrávání (Baranyk et al. 2007).

Rostliny přijímají dusík ve 2 minerálních formách: NH_4^+ (amonná forma) a NO_3^- (nitrátová dusičnanová forma). Dusík ve formě nitrátu podporuje růst nadzemní části rostliny na úkor kořenů. Nitrát je transportován do plně vyvinutých listů, které nejvíce transpirují. Buďto je uložen do buněčných vakuol, nebo je redukován na NH_4^+ formu, aby mohl být zabudován do organických vazeb. Amonný iont je rostlinou rychleji vstřebán, při nadměrné výživě močovinou ale může nastat fytotoxicita způsobená amoniakem. Transport asimilovaného amonného dusíku probíhá na rozdíl od nitrátů do mladých částí rostliny, taktéž je zpomalené stárnutí starších a zastíněných listů. Z uvedeného výčtu vyplývá podstata hnojení oběma formami dusíku (Baranyk et al. 2007).

Minerální dusíkaté hnojení v mnohém zlepšilo výnosy plodin, bohužel však někdy za cenu znečištění vody a ovzduší, proto je vyvíjen tlak na snížení přísunu dusíku z minerálních hnojiv při udržení stávajících vysokých výnosů. Pěstování řepky ozimé často doprovází relativně nízký NUE (nitrogen use efficiency – účinnost využití dusíku), tedy podíl obsahu rostlinného dusíku k dodávanému dusíku minerálním hnojením, ten mnohdy nepřesahuje 60 % (Bouchet et al. 2016). Moll et al (1982) definuje NUE jako výnos semene vyprodukovaný na jednotku dostupného dusíku. NUE zahrnuje 2 složky: NUpE (nitrogen uptake efficiency – účinnost přijímání dusíku neboli schopnost rostliny přijímat dusík z půdy) a NUtE (nitrogen utilization efficiency – schopnost využít přijatý dusík k produkci semen) (Moll et al. 1982). I když se NUE u řepky ozimé obtížně stanovuje, je důležité se zaměřit na jeho optimalizaci pro zajištění konkurenceschopnosti (Bouchet et al. 2016).

3.5.4.2 Fosfor

Fosfor je u ozimé řepky druhou nejdůležitější živinou. Organické sloučeniny fosforu se výrazně podílejí na biochemických reakcích a přenosu energie, proto je jasné, že při jeho omezeném příjmu v rostlinách dochází k významnému narušení základních fyziologických procesů, především fotosyntézy (Vaněk et al. 2007). Taktéž se při jeho nedostatku zkracuje vegetativní fáze rostliny, z toho důvodu dochází ke zkrácení vegetačního období a tím dojde k snížení výnosu. U řepky se mimo jiné dostatek fosforu zajistí kvalitnější květenství, což předpokládá tvorbu semen. K deficitu fosforu v rostlinách dochází nejčastěji v zimě a začátkem jara za chladného a suchého počasí. Při dlouhodobém nedostatku pozorujeme purpurové až fialové zabarvení listů (Baranyk et al. 2007). Odstranění nedostatku fosforu za vegetace je problematické, proto je třeba mít půdu v dobrém stavu a dělat preventivní opatření. Hnojení fosforečnými hnojivy bez zapravení do celého orničního profilu je téměř neúčinné a ani mimokořenová výživa nemusí nedostatek vyřešit. Lepší příjem fosforu zajistíme zvýšením nevyhovující půdní reakce vápněním, zvýšení organické hmoty hnojením statkovými hnojivy, a použitím fosforečných hnojiv (Vaněk et al. 2007).

3.5.4.3 Draslík

Draslík následuje ve své důležitosti hned za fosforem. Je v rostlině velmi dobře pohyblivý, z toho důvodu se podílí na transportu látek především do kořenů, kde mimo jiné působí na příjem vody (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007). Dostatečná výživa draslíkem snižuje transpirační koeficient (množství vody potřebné na jednotku sušiny) a zajistí pevnější pletiva rostliny díky zesílení buněčných stěn, což pomůže při přezimování (Baranyk et al. 2007). Draslík taktéž zvyšuje intenzitu kvetení a vylučování nektaru, což zintenzivňuje nálet včel (Richter et al. 2001). Začínající deficit draslíku nejčastěji poznáme podle osychajících okrajů spodních listů, popřípadě jejich opadem (Baranyk et al. 2007). Při nadbytku draslíku v půdě dochází díky pasivnímu příjmu k jeho nadbytečné akumulaci v rostlině. Tento jev může vést k omezení příjmu kationtů sodíku, hořčíku a vápníku. Příjem draslíku také výrazně ovlivňuje vlhkost, teplota a intenzita slunečního záření, tato vlastnost tak vysvětluje rozdílnou akumulaci v biomase při rozdílných ročních (Vaněk et al. 2007).

3.5.4.4 Vápník

Vápník je v půdě většinou nejsilnější kationt, proto jeho příjem probíhá téměř výhradně ve směru koncentračního gradientu. Působí pozitivně na příjem většiny dalších iontů, a proto je základem pro optimální výživu rostlin. Vápenatý kationt taktéž stabilizuje buněčné stěny a membrány, zejména pak v kořenech a kořenovém vlášení, což pochopitelně zlepší příjem živin. Nedostatek vápníku se pak projeví slabšími kořeny nebo poruchami vegetačního vrcholu. Na základě agrochemických rozborů půd systematicky a podle osevních postupů vápníme, abychom dosáhli optimálního pH půdy (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007).

3.5.4.5 Hořčík

Hořečnatý kationt působí antagonisticky s draselným kationtem. Dusík taktéž ovlivňuje příjem hořčíku: amonný iont ho omezuje, a naopak nitrátový iont jeho příjem podporuje. Zhoršený příjem hořčíku taktéž nastává v kyselém prostředí. Transport hořčíku v rostlině je poměrně dobrý, o čemž svědčí to, že jeho nedostatek zjistíme většinou podle starších listů, kde je omezena fotosyntéza (tvorba tzv. chlóróz), hořčík se totiž podílí na tvorbě chlorofylu a chloroplastů. Pokud však na rostlině pozorujeme zjevný nedostatek Mg, je už relativně pozdě, protože se tyto příznaky dostavují až po výraznějším a dlouhodobějším nedostatku. Tyto příznaky jsou ještě často doprovázeny purpurovým zabarvením, což znamená současný nedostatek fosforu-hořčík a fosfor jsou v synergickém vztahu (působí současně). Nejvíce používaným Mg hnojivem je Kieserit, je možné použít i dolomitické vápence. Hnojíme opět půdu dle agrochemických rozborů a osevních postupů. Je možné i listové přihnojení hořkou solí (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007).

3.5.4.6 Síra

Síra se v rostlinách podílí na tvorbě důležitých aminokyselin jako cystein a metionin a na syntéze bílkovin. Také je složkou vitamínů (thiaminu a biotinu) a glukosinolátů. Rostliny přijímají síru z půdy ve formě síranů, které se postupně v půdě uvolňují z méně rozpustných sloučenin nebo jsou sírany získávány ze srážek po oxidaci siřičitanů. Omezeně jsou rostliny také schopny přijímat oxid siřičitý z ovzduší. Nedostatek síry se v rostlinách projeví omezením syntézy bílkovin a snížením aktivity enzymů. Náchylnější jsou porosty na lehkých půdách a při omezeném hnojení statkovými hnojivy. Tyto projevy poznáme podle žloutnutí mladších listů,

při trvalejším nedostatku i spodních listů. V důsledku toho u řepky dochází k redukci počtu a délky větví, redukci a k opadu květů. Šešule jsou nevyvinuté s drobnými semeny nebo i bez semen. Příjem síry u řepky vrcholí v období prodlužovacího růstu až po počátek kvetení (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007). Při včasném zjištění nedostatku síry ještě před fází dlouhivého růstu, lze ještě provést korekci hnojením a mít tak slušnou šanci zachránit výnos. Ozimá řepka je skutečně nejnáročnější na výživu sírou z plodin pěstovaných v ČR. Její odběrový normativ je 70 – 90 kg S/ha. Většina takto vázané síry je opět vrácena do půdy v podobě posklizňových zbytků. Nejběžnějšími hnojivy jsou DASA (dusičnan amonný + síran amonný), SA (síran amonný), kieserit (síran hořečnatý) a popřípadě další hnojiva s obsahem síry: SD (síran draselný), LAS (LA + síran vápenatý), superfosfáty, pro listovou aplikaci je nejvhodnější hořká sůl. Při deficitu v půdě volíme pro předseťové hnojení SV (síran vápenatý) a pro časně jarní hnojení ostatní sírany (Matula 2007; Baranyk et al. 2007).

3.5.4.7 Bór

Bór přijímají rostliny pasivně ve formě kyseliny borité. Podobně jako vápník je v rostlině málo pohyblivý. Ovlivňuje procesy související s energetickými látkami (především sacharózy) a růst meristémů a stabilitu buněčných stěn. Výsledkem je vliv na hospodaření s vodou. Deficit bóru se většinou projevuje latentně-snížením kvality semen, teprve při výraznějším nedostatku je snižován i výnos v důsledku celkového zpomalení růstu vegetačního vrcholu a kořenové špičky, zakrněním listů a někdy i praskáním stonku. Řepka jako taková je velice citlivá na nedostatek bóru, proto hnojení tímto prvkem nesmíme opomenout téměř na žádném stanovišti. Příjem bóru je výrazně ovlivněn vnějšími podmínkami-za sucha je jeho přijatelnost omezena, rovněž v zásaditém prostředí je hůře dostupný. Na stanovištích s nedostatkem boru je tedy třeba se vyhnout přímému vápnění. K doplnění tohoto mikroprvku je možné hnojení boraxem (tetraboritan sodný), kyselinou boritou, případně jinými specializovanými hnojivy. V praxi je nejvíce využíváno listové přihnojení na podzim a v období dlouhivého růstu až po počátek kvetení (Vaněk et al. 2007; Baranyk et al. 2007).

3.5.5 Bilance živin

Bilance živin je znázorněním jejich toků v půdě. Obecně se vychází z rozdílů mezi vstupy a výstupy. Vysoké externí vstupy mohou vést k vyplavování živin a tím znečišťovat podzemní i povrchové vody a ovzduší. Naopak nízké vnější vstupy ochuzují zásobu živin v půdě, snižují

půdní úrodnost a způsobují tak reálnou hrozbu pro pěstované plodiny. V tuzemských podmínkách se většinou setkáváme s kladnou bilancí dusíku, ale u např. fosforu, draslíku a hořčíku se zápornou bilancí. Stanovení toků bilance živin v půdě je poměrně komplikovaná disciplína. Snadno stanovíme obsah odebraných živin v rostlinou a množství dodaných živin organickým, minerálním hnojením nebo např. předplodinou. Obtížněji se naopak stanovuje vyplavování živin, spady a přeměna živin (mineralizace, fixace, denitrifikace), těkání amoniaku a oxidů dusíku do ovzduší, eroze. Toto všechno jsou přirozeně se vyskytující přírodní procesy, které jsou ovlivněny celou řadou faktorů a jsou tak obtížně stanovitelné. Jedná se např. o množství srážek (a především jejich rozdělení během vegetace), teplotu vzduchu a půdy (Balík et al. 2012).

Monitoring bilance živin nám umožňuje vhodně vyhodnotit efektivitu hospodaření s živinami na různých úrovních agrosystémů. Sledována je většina živin (P, K, Ca, Mg, S), nejčastěji je však sledován dusík (N), z důvodu jeho rychlých přeměn: přeměna mineralizovaných forem dusíku, obrat mikrobiální biomasy apod. Dusík se ale také podílí i na dlouhodobějších humifikačních procesech. Často dochází k jeho ztrátám. Kladný výsledek bilance (bilanční přebytek) by měl být u jednotlivých živin vždy posuzován individuálně, zejména díky odlišným formám živin. Kladná bilance může způsobit přílišnou akumulaci v půdě, záporná bilance naopak ochuzování půdy (Balík et al. 2012; Černý et al. 2020).

3.5.5.1 Hodnocení bilance živin

Bilance živin (nejčastěji dusíku) může být vypočtena v různém časovém období a z různě velké plochy-od bilance živin na jednotlivých polích/půdních blocích (=povrchová bilance) přes bilanci živin na zemědělském podniku (=faremní bilance) až po větší národní měřítko. Při výpočtech bilance se většinou nevyhneme zkreslení. Nejčastěji se jedná o chyby ve vzorkování, chyby při manipulaci s daty, nebo osobní zkreslení (Oenema et al. 2003).

3.5.5.1.1 Bilance živin v zemědělském podniku (faremní bilance)

Hodnotíme-li bilanci živin na celém zemědělském podniku, musíme započítávat všechny toky, které do systému vstupují a vystupují. Do vstupů zařazujeme všechny živiny vstupující do zemědělského podniku. Sem patří nakoupené všechny druhy hnojiv, další cizí zdroje hnojiv-např. čistírenské kaly, ale také např. dusík v krmných směsích. Do výstupů zahrnujeme živiny v prodaných komoditách (plodiny, produkty živočišné výroby aj.). Pro

monitoring bilance je využíváno běžných údajů z účetnictví, evidence hnojení apod. Faremní bilanci je nutno vézt hlavně z důvodu legislativy (ochrana životního prostředí, účinnost jednotlivých opatření). V tomto opatření nejsou však hodnoceny dílčí toky živin uvnitř farmy (stáj-pole, stáj – atmosféra atd.), které mohou výrazně ovlivnit bilanci živin (Černý et al. 2020).

3.5.5.1.2 Bilance živin na jednotlivých polích (povrchová bilance)

Povrchovou bilanci na úrovni podniku stanovíme rozdílem mezi „kontrolovanými vstupy“ živin do půdy a výstupem živin z půdy. Mezi vstupy živin řadíme aplikovaná minerální a organická hnojiva, statková hnojiva, aplikaci upravených kalů a sedimentů, symbiotickou fixaci N luskovin a jetelovin. Naopak výstupy vypočítáme dle odběru živin hlavního a vedlejšího produktu. Kalkulaci činíme nejčastěji za rok nebo za osevní postup. V zemědělském podniku jsou tyto údaje běžně k dispozici, tak lze poměrně přesně tuto bilanci na každém pozemku stanovit. Je nutné např. zohlednit, zda jsou při pěstování plodiny z pozemku odváženy i vedlejší produkty (sláma aj.) nebo jsou ponechávány, či se vracejí zpět do půdy prostřednictvím statkových hnojiv. V bilančním přebytku dusíku musí být zohledněny jeho ztráty do podzemních a povrchových vod a do ovzduší zapříčiněné změnou jeho forem a dalšími souvisejícími procesy (denitrifikace, volatilizace, vyplavování atd.). V systémech hospodaření v České republice je uvažována ztráta v průměrné výši 50 kg N/ha za rok. V závislosti na půdně-klimatických podmínkách a počasí může tato hodnota značně kolísat (Balík et al. 2012; Černý et al. 2020).

4 Materiál a metody

V bakalářské práci byl hodnocen vliv systému hnojení k ozimé řepce na výnos semen, efektivitu využití živin z aplikovaných hnojiv a bilanci živin, s přihlédnutím k agrochemickým vlastnostem půd. Vyhodnocení probíhalo v letech 2019, 2020 a 2021 na 2 zemědělských podnicích: Statek Kumberk s.r.o. a Žihelský statek a.s. Na obou podnicích bylo vždy vybráno 10 (9) reprezentativních půdních bloků s osetou řepkou v každém sledovaném roce.

4.1 Zemědělský podnik č. 1

První společností je Statek Kumberk s.r.o. nacházející se asi 5 km severozápadně od Plzně. Hospodaří na území 740 ha v nadmořské výšce v rozmezí 325 – 425 m.n.m. Území spadá do výrobní oblasti obilnářské (podoblast O2) a klimatického regionu MT1 – mírně teplý, suchý s průměrnou roční teplotou 7 – 8,5 °C a ročním průměrným úhrnem srážek 450 – 550 mm. Zdejší půdy jsou relativně homogenní. Počínaje fluvizeměmi modálními v údolí řeky Mže, až po hnědozemě a kambizemě modální na svazích a ve vyšších polohách. Hlavním zdrojem příjmů podniku je rostlinná výroba. Pěstovanými plodinami jsou ozimá pšenice, ozimý ječmen a ozimá řepka, z tohoto důvodu je použit poměrně skromný 3 honový osevní postup doplněný o patřičnou část plodin zahrnující greening. Plochy oseté řepkou ozimou se každoročně pohybují od 230 do 240 ha a je zde dlouhodobě dosahováno průměrného výnosu semene 3,95 t/ha (průměr z let 2015-2021), což zdejší podnik řadí mezi premianty v regionu. Vysoký výnos je důkazem celkově dobré úrovně zemědělské výroby (agrotechnika, ochrana rostlin, hnojení). Společnost Statek Kumberk s.r.o. hospodaří bez živočišné výroby, a tak zde nejsou aplikována statková hnojiva. Organická hmota je do půdy dodávána primárně posklizňovými zbytky (sláma obilnin a sláma řepky atd.), které jsou rozdrčeny a zapraveny většinou orbou. Pro vyrovnání poměru C:N je před zaoráním obilní slámy aplikováno na strniště adekvátní množství dusíku ve formě DAM. Doplnění živin do půdy probíhá výhradně minerálními hnojivy. Korekci půdní reakce a doplnění Ca a Mg zajišťuje pravidelné vápnění v dávce 2 t/ha vápence nebo dolomitického vápence, a to každoročně na 20 – 30 % obdělávané půdy.

4.1.1 Systém hnojení

Při pěstování ozimé řepky jsou používána tato hnojiva: NPK (10 % N, 26 % P₂O₅, 26 % K₂O), DASA (26 % N, 13 % S), DAM (39 kg N ve 100 l). Dávky hnojiv jsou uvedeny v tabulce 1.

Dávka NPK je aplikována vždy před setím a je na všech půdních blocích stejná, ale ostatní dávky hnojiv za vegetace se mezi jednotlivými hony mírně liší dle výnosového potenciálu půdy a zkušenosti agronoma (tabulka 2). Hnojení minerálními hnojivy se skládá z 1 operace před setím a 3 operací na jaře. Při aplikaci insekticidů na list je vždy ještě aplikováno 10 l DAM ve 3 etapách. Tabulka 3 zobrazuje celkovou dávku N ve vztahu k dosaženému výnosu.

Tab. 1: Typ hnojiva a jeho dávka v lokalitě Kumberk

	Typ hnojiva	Dávka hnojiva (ha)	Dávka N (ha)
Základní hnojení	NPK	170 kg	17 kg
Regenerační 1	DASA	300 kg	78 kg
Regenerační 2	DAM	200 l	78 kg
Produkční	DAM	100 l	39 kg
Doplňující	DAM	3x10 l	12 kg
Celkem (100% dávka)			224 kg

Tab. 2: Dávkování dle výnosového potenciálu konkrétního honu v lokalitě Kumberk

Výnosový potenciál	Celková dávka N
115 %	255 kg
110 %	245 kg
100 %	224 kg
90 %	203 kg
85 %	193 kg

Tab. 3: Výnosy a celková dávka N v lokalitě Kumberk (v t.ha⁻¹)

Půdní blok	Celková dávka N (kg.ha ⁻¹)	2019	2020	2021
1	203	2,74		
2	255	3,55		
3	224	3,55		
4	224	3,98		
5	224	4,32		
6	193	3,39		
7	224	4,26		
8	255	4,34		
9	224	4,47		
10	224	4,04		
11	224		3,96	
12	203		5,19	

Tab. 3 pokračování

Půdní blok	Celková dávka N (kg.ha ⁻¹)	2019	2020	2021
13	224		4,76	
14	224		4,91	
15	224		4,68	
16	245		4,27	
17	245		3,59	
18	224		4,62	
19	203		4,43	
20	224		4,50	
21	224			3,94
22	224			3,69
23	224			3,62
24	224			3,34
25	224			3,95
26	224			4,20
27	224			3,37
28	224			3,42
29	224			3,11
30	245			4,40

4.1.2 Zásoba živin

Agrochemické zkoušení zemědělských půd zajišťuje Laboratoř Postoloprty s.r.o. Vzorky půdy byly pro dané sledování odebrány na jaře v roce 2019. Na každém sledovaném půdním bloku byly vždy odebrány 1 – 3 vzorky. Stanovení živin je provedeno metodou Mehlich III. a stanovení výměnného pH (CaCl₂) potenciometricky. Minimální měřitelná hodnota byla 50 mg.kg⁻¹. Doplnění živin (P, K, Ca, Mg, S) je prováděno na základě doporučení laboratoře. Zásoba živin ve vztahu k výnosu v jednotlivých letech zobrazují tabulky 4.

Tab. 4: Agrochemické zkoušení půd na jednotlivých půdních blocích v lokalitě Kumberk (obsah živin v mg.kg⁻¹ a hodnota pH)

Rok 2019							
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	S
1	2,74	6,5	94	126	1326	99	19
2	3,55	6,6	50	153	2653	211	33
3	3,55	6,3	74	400	2583	320	31
4	3,98	6,5	50	219	1333	109	25
5	4,32	6,9	70	272	2420	234	25

Tab. 4 pokračování

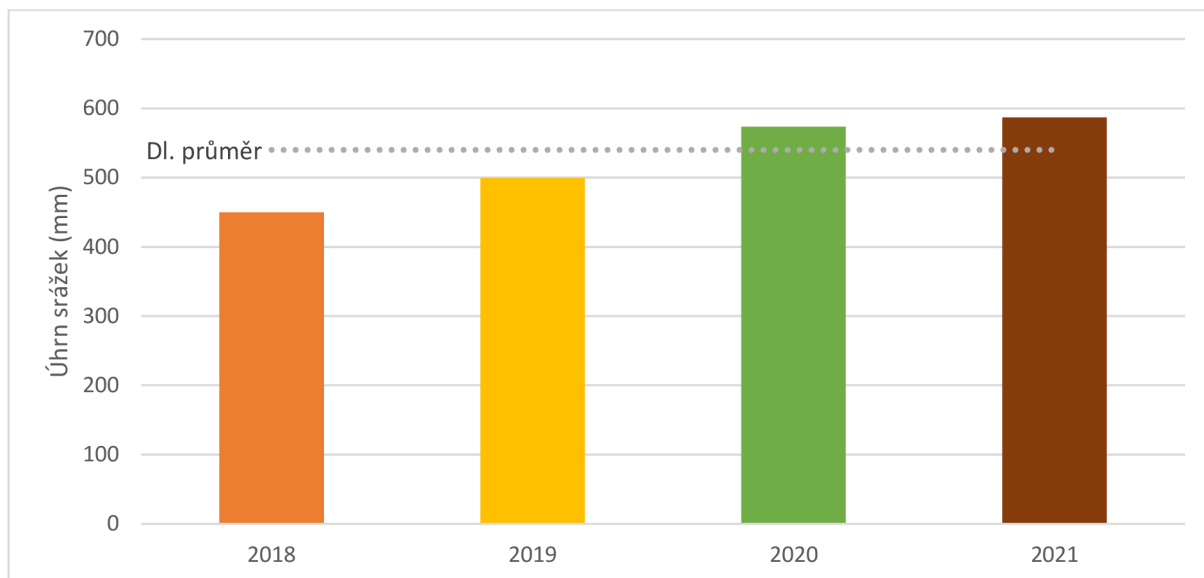
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	S
6	3,39	6,5	71	241	1100	78	23
7	4,26	6,5	122	432	2600	326	19
8	4,34	6,4	59	473	2120	231	21
9	4,47	6,4	66	235	1355	148	22
10	4,04	6,4	78	315	1400	124	17
Rok 2020							
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	S
11	3,96	6,1	85	165	1380	111	10
12	5,19	6,3	60	162	1035	63	16
13	4,76	6,4	165	145	1040	61	12
14	4,91	6,4	75	136	1175	87	14
15	4,68	6,2	61	167	1600	144	23
16	4,27	6,0	59	121	1870	147	18
17	3,59	6,3	50	123	2050	128	23
18	4,62	6,8	107	163	1476	106	12
19	4,43	6,9	117	129	990	68	6
20	4,50	6,6	83	119	1260	108	8
Rok 2021							
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	S
21	3,94	7,1	50	163	2380	116	17
22	3,69	5,9	58	186	1260	107	32
23	3,62	5,9	104	227	1160	77	22
24	3,34	7,4	50	58	3370	131	30
25	3,95	7,0	50	52	2990	215	29
26	4,20	6,9	50	63	2630	316	22
27	3,37	6,4	50	54	2160	335	25
28	3,42	6,4	183	233	2320	187	27
29	3,11	6,5	50	95	3080	279	32
30	4,40	6,1	73	276	1740	156	19

4.1.3 Meteorologická data

Meteorologická data pro podnik Statek Kumberk s.r.o. byla získána z meteorologické stanice Plzeň Mikulka, která je od sledované oblasti vzdálená přibližně 8 km. Roční úhrny srážek uvádí graf 1. Nejvyšší roční úhrn srážek byl zaznamenán v roce 2021, a to 586,8 mm, což představuje 108,7 % dlouhodobého průměru (od r.2005). Naopak nejnižší úhrn byl zaznamenán v roce 2018 – 449,7 mm odpovídající 83,3 % dlouhodobého průměru. Srážkově

velmi podprůměrný byl tedy rok 2018, naopak nadprůměrné byly roky 2020 a 2021. Prezentovaná data byla stažena z Českého hydrometeorologického ústavu.

Graf 1: Roční úhrny srážek v lokalitě Kumberk v letech 2018 – 2021 (mm)



Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v jednotlivých sezonách jsou uvedeny v tabulce 5 a 6. Zobrazeno je hlavní vegetační období (září – červen). Z hlediska celkového úhrnu srážek za vegetační sezonu byly sezony 2018/2019 a 2019/2020 průměrné. Nejvýraznější byla sezona 2020/2021 s 115,6 % dlouhodobého průměru. Průměrné měsíční teploty se po většinu období držely nad dlouhodobým průměrem.

Tab. 5: Měsíční úhrny srážek v lokalitě Kumberk (mm)

Sezona	Měsíc										Celkem
	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
2018/2019	57,7	20,1	14,4	55,2	30,4	29,8	28,5	16,6	87,3	39	379
2019/2020	32,8	36,6	27,1	15,9	11,7	70,9	26,7	19,4	66,2	92,9	400,2
2020/2021	45,2	52,4	6,2	22,1	54,1	27,3	27,6	23,5	87,4	107,8	453,6
Dl. průměr	40	37	29	29	28	23	26	34	76	70	392

Tab. 6: Průměrné měsíční teploty v lokalitě Kumberk (°C)

Sezona	Měsíc									
	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
2018/2019	15,3	10,6	4,2	2,7	-0,2	2,6	6,8	10,4	11,6	22,1
2019/2020	14,5	10,1	5,4	2,6	1,6	4,9	5,1	11,1	12,4	17,3
2020/2021	15,5	9,4	4,2	2,3	-	-	-	-	-	-
Dl. Průměr	14,5	9,2	4,5	1,3	0,1	0,9	4,5	10	13,8	18,1

4.2 Zemědělský podnik č. 2

Společnost Žihelský statek a.s. se nachází na pomezí 4 krajů: Středočeského, Ústeckého, Plzeňského a Karlovarského. Spravuje celkem 3 střediska: Žihle, Velká Černá Hať a Stvolny. Většina obhospodařované půdy náleží taktéž do výrobní oblasti obilnářské (podoblast O3) a klimatického regionu MT1 – mírně teplý, suchý s průměrnou roční teplotou 7 – 8,5 °C a ročním průměrným úhrnem srážek 450 – 550 mm. Nachází se zde široká škála půdních typů: kambizemě hnědozemě, luvizemě aj. Podnik hospodaří celkem na ploše 2240 ha, orná půda zaujímá 1750 ha. Nadmořská výška pozemků se pohybuje od 450 m do 550 m. Podnik se zaměřuje jak na rostlinou, tak i živočišnou výrobu. Součástí jsou i 2 bioplynové stanice.

Největší podíl v osevních postupech mají obilniny (pšenice, ozimý ječmen, jarní ječmen, oves, žito a triticales), dále řepka, která je hlavní tržní plodinou, a nakonec silážní kukuřice. Senážovány jsou porosty vojtěšky, směsky triticales a žita a trvalé travní porosty. Senáže a siláže jsou použity buď jako krmivo pro skot, nebo jako surovina pro bioplynové stanice.

V živočišné výrobě dominuje chov prasat. Celkem společnost disponuje cca 9 tisíci kusy vepřového dobytka, z toho je 600 prasnic. Veškerá vlastní produkce pšenice a ozimého ječmene je zkrmena prasaty. Dále společnost chová celkem cca 300 kusů hovězího dobytka, z toho je 200 dojnic (Holštýnský skot), 40 krav je na pastvě a zbytek jsou mladí býčci určení na prodej. Kvůli dlouhodobě nepříznivým cenám je chov prasat pro společnost finančně ztrátový. Chov skotu balancuje na hraně výdělečnosti.

Společnost disponuje dvěma bioplynovými stanicemi s celkovým instalovaným výkonem 2 MW. Sem putuje velká část kejdy prasat. Uživění z vlastní produkce by však nestačilo, proto musí společnost větší část zelené biomasy nakupovat.

4.2.1 Systém hnojení

Systém hnojení řepky v tomto podniku je poměrně různorodý. Jsou využívána jak minerální hnojiva (ne však všude), tak statková hnojiva. Jedná se o kejdu prasat a digestát z bioplynové stanice. Tato tekutá hnojiva jsou aplikována v závislosti na jejich aktuálním množství v jímkách a v závislosti na dojezdové vzdálenosti k jednotlivým polím. K řepce jsou aplikována tato minerální hnojiva: DASA (26 % N, 13 % S), LAD (27 % N, 4 % MgO), DAM (39 kg N ve 100 l). Varianty hnojení, které se objevily ve sledovaném období znázorňuje tabulka č. 5. Při dávkách statkových hnojiv je v podniku počítána v 1. roce 70% využitelnost. V kejdě byl

uvažován průměrný obsah 2,9 kg N.t⁻¹ a v digestátu 4,6 kg N.t⁻¹ v surové hmotě. Obsah živin ve statkových hnojivech byl stanoven na základě rozborů z Laboratoře Postoloprty s.r.o. V tabulce č. 6 jsou pak uvedeny dávky a typ hnojiva ve vztahu k dosaženému výnosu.

Legenda – varianty hnojení

Minerální	Kejda	Kejda a minerální	Digestát a minerální
Min	K	K+Min	D+Min

Tab. 5: Dávky N v hnojivech v lokalitě Žihle (kg.ha⁻¹)

Varianty	Statková hnojiva				Minerální hnojiva			Celková dávka N
	Kejda		Digestát		DASA	LAD	DAM	
	Před setím	Za vegetace	Před setím	Za vegetace	Za vegetace			
K	38	126						164
Min					52	54	78	184
D+Min			42	56	52	54		204
K+Min	21				52	54	78	205
K+Min		28			52	54	78	212
K+Min	28	28			52	54	78	240

Tab. 6: Výnosy a celková dávka N v lokalitě Žihle (v t.ha⁻¹)

Půdní blok	Hnojení	Celková dávka N (kg.ha ⁻¹)	2019	2020	2021
1	K+Min	264	3,3		
2	D+Min	246	3,5		
3	Min	184	3,3		
4	Min	184	3,0		
5	Min	184	3,5		
6	Min	184	3,4		
7	Min	184	3,6		
8	Min	184	3,5		
9	Min	184	3,8		
10	-	-	-		
11	D+Min	246		4,5	
12	D+Min	246		4,2	
13	D+Min	246		4,0	
14	D+Min	246		4,1	
15	Min	184		3,6	
16	Min	184		3,2	
17	Min	184		3,9	

Tab. 6 pokračování

Půdní blok	Hnojení	Celková dávka N (kg.ha ⁻¹)	2019	2020	2021
18	Min	184		3,5	
19	Min	184		3,3	
20	Min	184		3,8	
21	K+Min	214			2,2
22	Min	184			3,4
23	K+Min	214			3,0
24	K	234			2,8
25	K	234			2,8
26	K+Min	224			2,0
27	Min	184			3,2
28	Min	184			1,8
29	Min	184			2,4
30	Min	184			1,8

4.2.2 Zásoba živin

Agrochemické zkoušení zemědělských půd zajišťuje Laboratoř Postoloprty s.r.o. Vzorky půdy byly pro dané sledování odebrány v lednu 2020. Zásobu živin a pH v půdě ve vztahu k výnosu v jednotlivých letech zobrazují tabulky č.7.

Tab. 7: Agrochemické zkoušení půd na jednotlivých půdních blocích v lokalitě Žihle (obsah živin v mg.kg⁻¹ a hodnota pH)

Rok 2019						
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg
1	3,3	6,0	278	530	1785	134
2	3,5	6,1	80	305	1590	180
3	3,3	5,5	50	245	1460	140
4	3,0	5,8	23	119	1140	108
5	3,5	5,5	41	150	1450	143
6	3,4	5,8	116	190	1575	166
7	3,6	5,7	82	205	1780	143
8	3,5	6,3	84	197	1580	142
9	3,8	6,5	52	182	1490	140
10	-	-	-	-	-	-

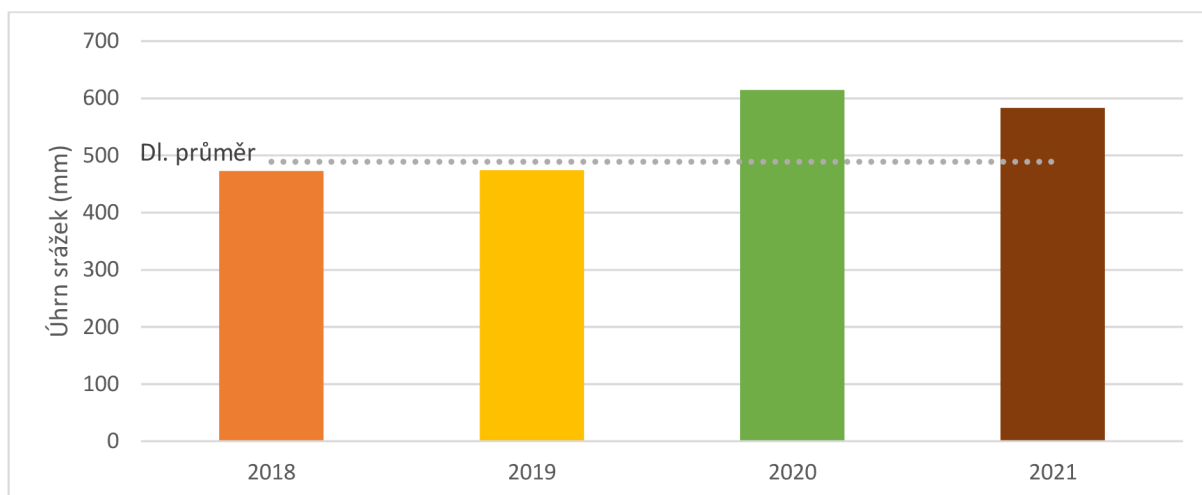
Tab. 7 pokračování

Rok 2020						
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg
11	4,5	6,3	65	397	1810	190
12	4,2	6,3	65	397	1810	190
13	4,0	6,1	80	305	1590	180
14	4,1	6,1	80	305	1590	180
15	3,6	6,1	76	195	1930	148
16	3,2	6,0	85	186	1430	117
17	3,9	6,4	76	273	2555	215
18	3,5	6,2	44	240	2210	190
19	3,3	6,8	50	194	2130	255
20	3,8	5,2	145	220	1040	88
Rok 2021						
Půdní blok	Výnos (t.ha ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg
21	2,2	6,1	32	215	1850	175
22	3,4	6,6	37	127	3140	395
23	3,0	5,7	31	126	1770	190
24	2,8	6,2	360	830	2120	262
25	2,8	5,5	470	840	1810	200
26	2,0	6,1	61	216	1875	194
27	3,2	6,3	65	397	1810	190
28	1,8	6,2	110	170	1635	103
29	2,4	5,7	62	151	1200	100
30	1,8	5,9	35	144	1830	191

4.2.3 Meteorologická data

Meteorologická data pro podnik Žihelský statek a.s. byla získána z meteorologické stanice Kralovice, nacházející se přibližně 10 km od sledovaného území. Roční sumy srážek uvádí graf 2. V roce 2020 byl zaznamenán nejvyšší úhrn srážek – 614 mm, což odpovídá 125,6 % dlouhodobého průměru (od r. 1961). Naopak nejmenší úhrn srážek ve sledovaném období byl roce 2018. Naměřeno bylo 472,8 mm, což představuje 96,7 % dlouhodobého průměru. Z hlediska celkových úhrnů tak můžeme v sledovaném období konstatovat průměrné až nadprůměrné hodnoty. Prezentovaná data byla stažena z Českého hydrometeorologického ústavu.

Graf 2: Roční úhrny srážek v lokalitě Žihle letech 2018 – 2021



Měsíční úhrny srážek a průměrné měsíční teploty v jednotlivých sezonách jsou uvedeny v tabulce č. 6 a 7. Zobrazeno je hlavní vegetační období (září – červen). Úhrny srážek během vegetačních sezon kopírují podobný trend jako při prvním sledovaném podniku. Průměrné měsíční teploty byly po většinu období mírně nadprůměrné, a to především v zimním období. Jedinou výraznější výjimku tvořilo chladnější jaro roku 2021.

Tab.6: Měsíční úhrny srážek v lokalitě Žihle (mm)

Sezona	Měsíc										Celkem
	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
2018/2019	42,6	21,8	15,9	55,6	38,2	33,3	41,5	21,5	80,2	44,2	394,8
2019/2020	43,9	30,1	29,1	11	11,6	62	33,8	20	60,7	101,5	403,7
2020/2021	105,4	55,3	8,7	23	44,3	37,4	22,8	20,2	98,6	91,6	507,3
Dl. průměr	42	32	31	27	25	21	28	33	55	68	362

Tab. 7: Průměrné měsíční teploty v lokalitě Žihle (°C)

Sezona	Měsíc									
	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
2018/2019	15,1	10,1	3,7	2,2	-0,9	1,9	5,9	10	11,2	21,7
2019/2020	14,1	9,6	4,7	2,1	1	4,1	4,2	10,2	11,9	17,2
2020/2021	15	9	3,5	1,4	-0,8	-0,7	3,4	5,7	10,6	19,7
Dl. Průměr	13,3	8	2,8	-0,7	-1,9	-0,7	3,1	8	12,9	16,1

4.3 Výpočet bilance živin

Pro potřeby posouzení bilance živin byla využita povrchová bilance, tj. stanovení vstupů a výstupů. Odběrový normativ dusíku se u řepky běžně uvádí v rozmezí 45 – 60 kg N.t⁻¹. Pro účely této práce byl odběrový normativ stanoven na 55 kg N.t⁻¹ (Balík et al 2007), odběr N v semenech byl stanoven na 34,2 kg N.t⁻¹ (novela NV 262/2012 Sb.). Pro výpočet bilance fosforu a draslíku byl odběr v semenech 7,2 kg P.t⁻¹ a 7,9 kg K.t⁻¹ (novela NV 262/2012 Sb.).

5 Výsledky

Ve dvou zemědělských podnicích bylo v letech 2018 – 2021 hodnocen vliv dávky N na výnos a vliv obsahu hlavních živin v půdě a pH půdy na výnos. Každou vegetační sezonu bylo vybráno 10 (9) reprezentativních půdních bloků.

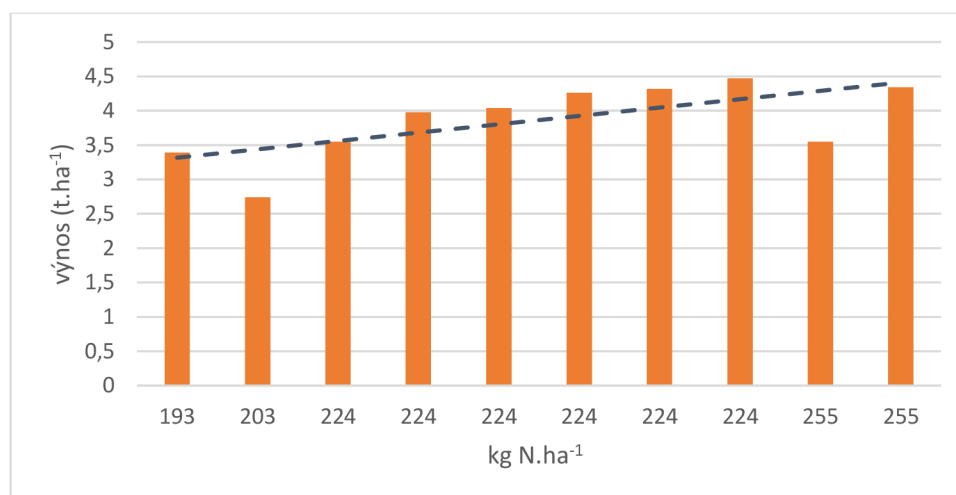
5.1 Statek Kumberk

5.1.1 Vliv hnojení na výnos

Výnosy semene řepky se pohybovaly v rozmezí od 2,74 do 5,19 t.ha⁻¹. Nejnižší výnos byl zaznamenán na půdním bloku č.2 v roce 2019 při celkové dávce 203 kg N.ha⁻¹. Nejvyšší výnos pak byl v roce 2020 na půdním bloku č. 12 při totožné dávce N. Výnosy na jednotlivých půdních blocích při rozdílné dávce N jsou relativně odlišné, ne vždy však větší dávka N znamenala větší výnos. Jak ukazuje graf 3, je zde patrné, že vyšší dávka N v roce 2019 mohla docílit vyššího výnosu. V roce 2020 však můžeme pozorovat téměř opačný efekt, kdy s rostoucí dávkou N klesá výnos (graf 4). Stejná dávka N v roce 2021 představovala vyrovnanější výnosy oproti předchozím rokům (graf 5).

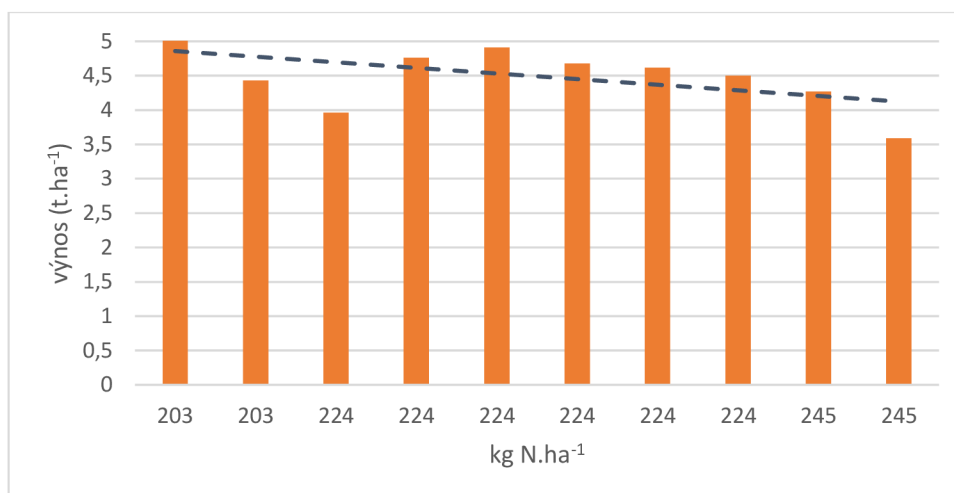
Jak uvádí graf 3, v roce 2019 byly sledovány p.b. při 4 různých dávkách N. Nejvyššího výnosu semene řepky (4,47 t.ha⁻¹) bylo dosaženo na p.b. č. 9 s dávkou 224 kg N.ha⁻¹. V tomto roce bylo u sledovaných p.b. dosaženo průměrného výnosu 3,86 t.ha⁻¹.

Graf 3: Výnos v lokalitě Kumberk v roce 2019 ve vztahu k dávce N



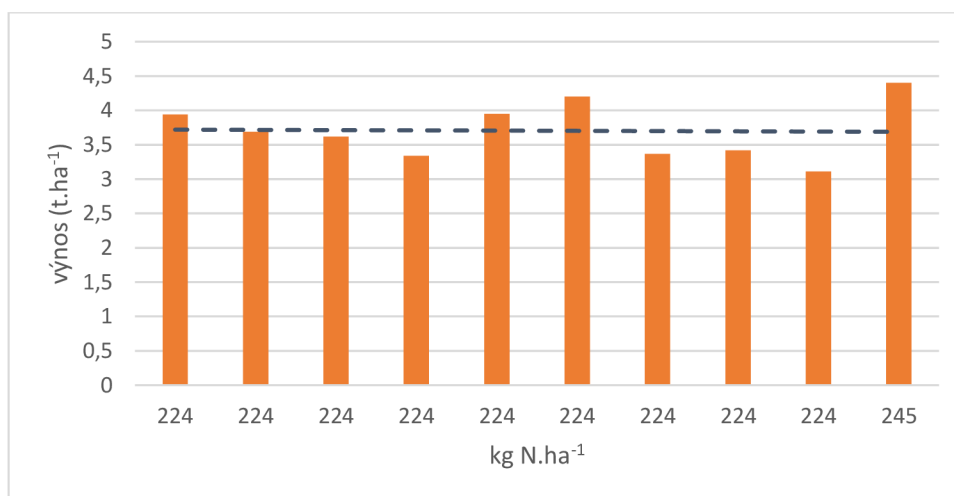
V roce 2020 (graf 4) byly sledovány p.b. s 3 variantami dávky N. Nejvyššího výnosu (5,19 t.ha⁻¹) bylo překvapivě dosaženo na p.b. č. 12 s dávkou 203 kg N.ha⁻¹. V tomto roce bylo na sledovaných p.b. dosaženo průměrného výnosu 4,49 t.ha⁻¹.

Graf 4: Výnos v lokalitě Kumberk v roce 2020 ve vztahu k dávce N



V roce 2021 (graf 5) byla na 9 sledovaných p.b. použita shodná dávka N. Nejvyššího výnosu (4,4 t.ha⁻¹) bylo dosaženo na jediném p.b., kde byla aplikována vyšší dávka, než na zbývajících pozemcích. V průměru se jednalo o 3,7 t.ha⁻¹.

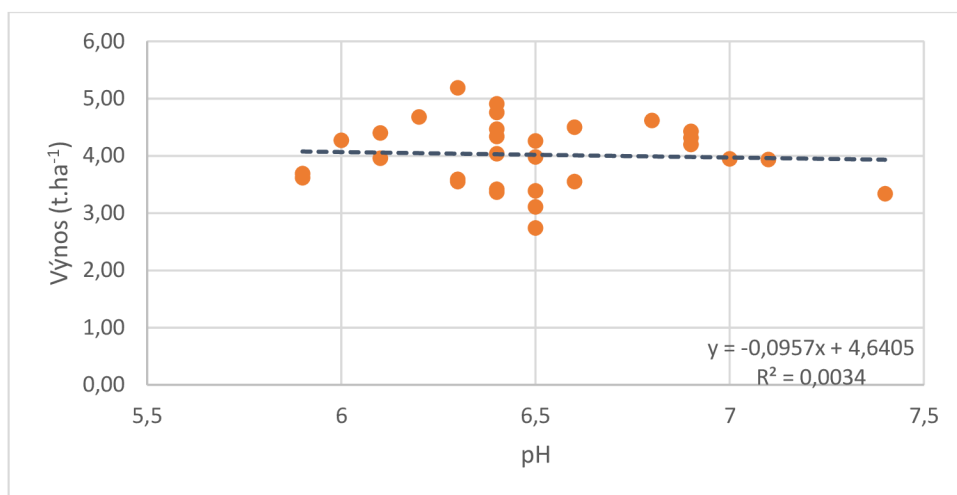
Graf 5: Výnos v lokalitě Kumberk v roce 2021 ve vztahu k dávce N



5.1.2 Vliv pH a zásoby hlavních živin v půdě na výnos

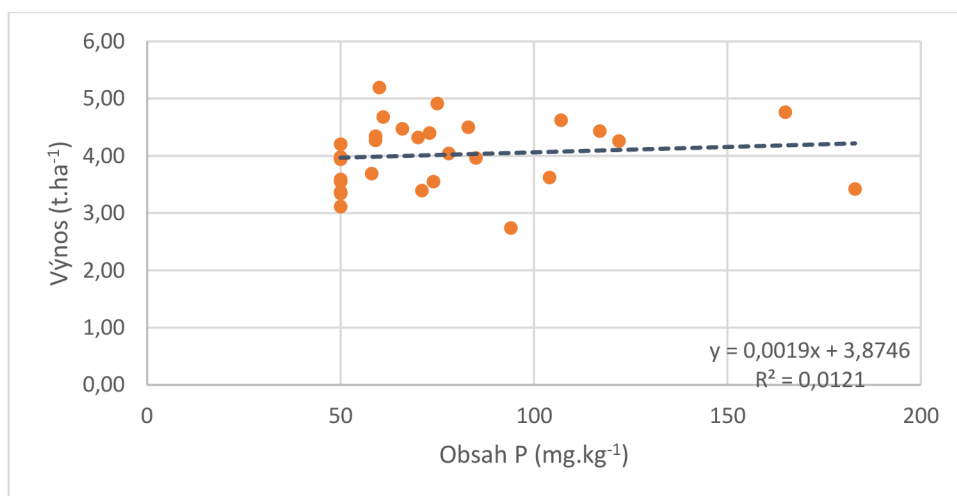
Z grafu 6 je patrné, že síla korelace mezi hodnotou pH půdy a dosaženým výnosem je nízká, protože výsledek korelačního čísla je $r = 0,058$, pH půdy tak nemělo zásadní vliv na tvorbu výnosu. Pozorovat můžeme mírně pozitivní korelaci ve prospěch kyselé půdní reakce. Hodnoty pH se pohybovaly od 5,9 do 7,4, průměrně 6,4.

Graf 6: Vliv pH půdy na výnos v lokalitě Kumberk



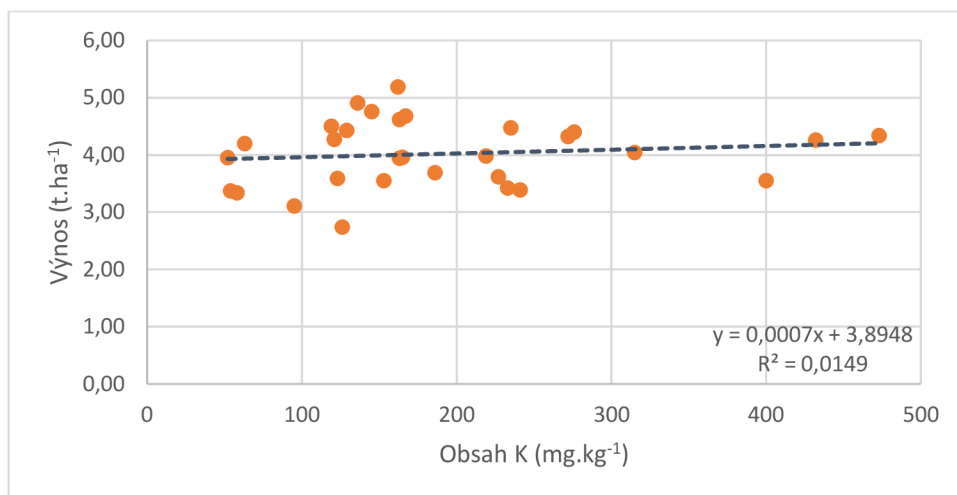
Podle grafu 7 je patrná pozitivní korelace obsahu P v půdě na dosažený výnos, avšak síla korelace je slabá, protože výsledek korelačního čísla je $r = 0,11$. Obsah P v půdě se pohyboval od 50 do 183 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 77 mg.kg⁻¹. Celkem 9 p.b. mělo nízkou zásobu fosforem.

Graf 7: Vliv obsahu P v půdě na výnos v lokalitě Kumberk



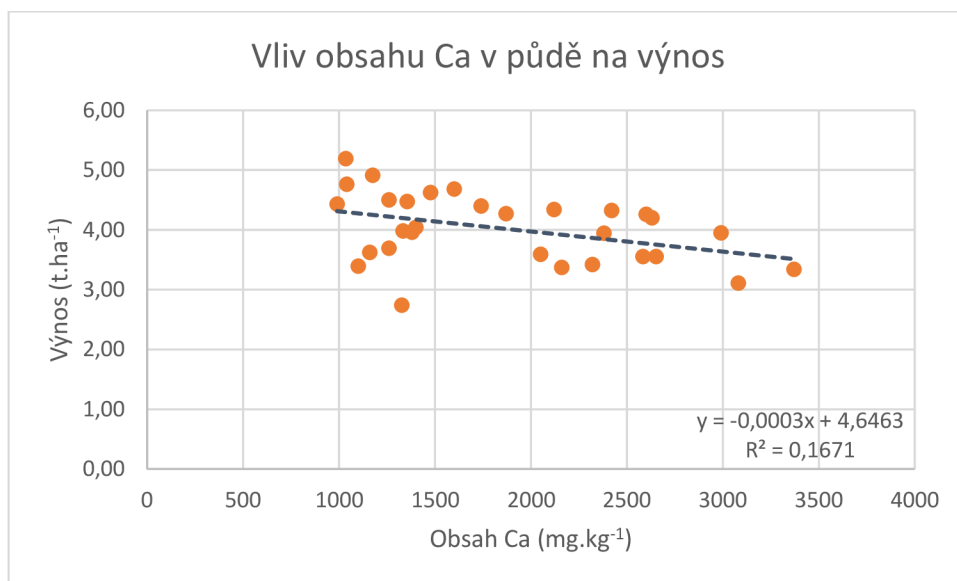
Podle grafu 8 je patrná pozitivní korelace obsahu K v půdě na dosažený výnos, avšak síla korelace je slabá, protože výsledek korelačního čísla je $r = 0,12$. Obsah K v půdě se pohyboval od 52 do 473 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 190 mg.kg⁻¹. Pouze 5 p.b. vykazovalo nízkou zásobenost draslíkem.

Graf 8: Vliv obsahu K v půdě na výnos v lokalitě Kumberk



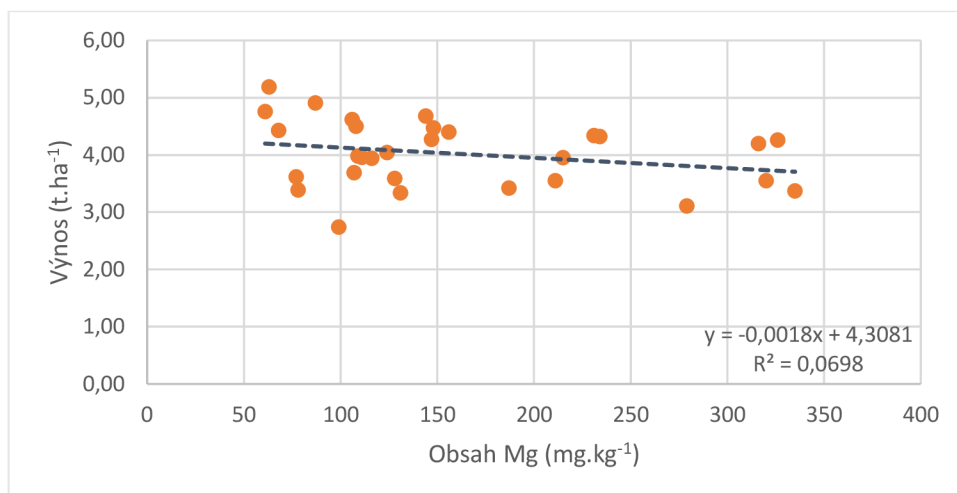
Podle grafu 9 je patrná slabá negativní korelace obsahu Ca v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,12$. Obsah Ca v půdě se pohyboval od 990 do 3370 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 1860 mg.kg⁻¹. Pouze 3 p.b. vykazovaly nízkou zásobenost vápníkem.

Graf 9: Vliv obsahu Ca v půdě na výnos v lokalitě Kumberk



Podle grafu 10 je patrná slabá negativní korelace obsahu Mg v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,26$. Obsah Mg v půdě se pohyboval od 61 do 335 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 161 mg.kg⁻¹. Celkem 7 p.b. vykazovalo nízkou zásobenost hořčíkem.

Graf 10: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos v lokalitě Kumberk



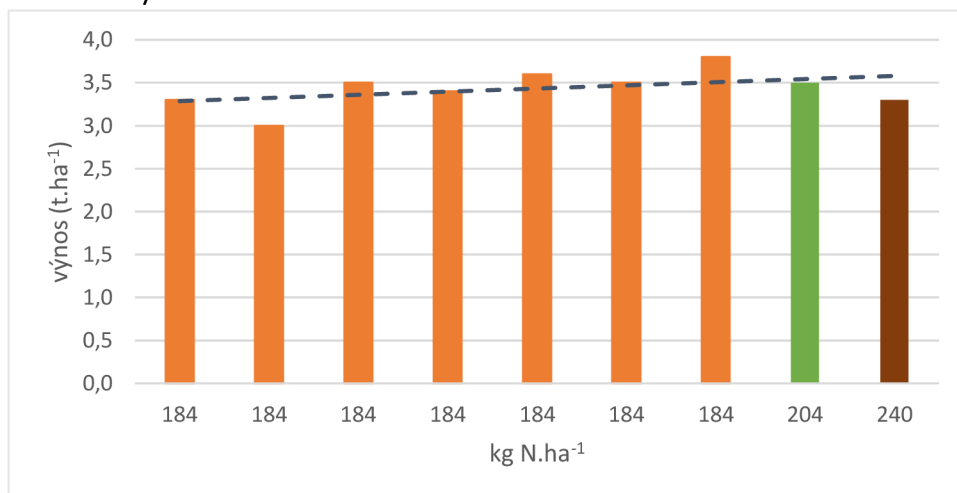
5.2 Žihelský statek

5.2.1 Vliv hnojení na výnos

Výnosy semen řepky se pohybovaly v rozmezí od 1,8 do 4,5 t.ha⁻¹. Nejnižší výnos byl zaznamenán v roce 2021 na půdním bloku č. 30 při variantě pouze minerálního hnojení v celkové dávce 184 kg N/ha. Nejvyšší výnos se nacházel v roce 2020 na půdním bloku č. 11 při variantě minerální hnojení + digestát v celkové dávce 204 kg N/ha. Nejvyšších výnosů (4,0 – 4,5 t.ha⁻¹) bylo dosaženo v roce 2020 na 4 půdních blocích při variantě minerálního hnojení + digestát.

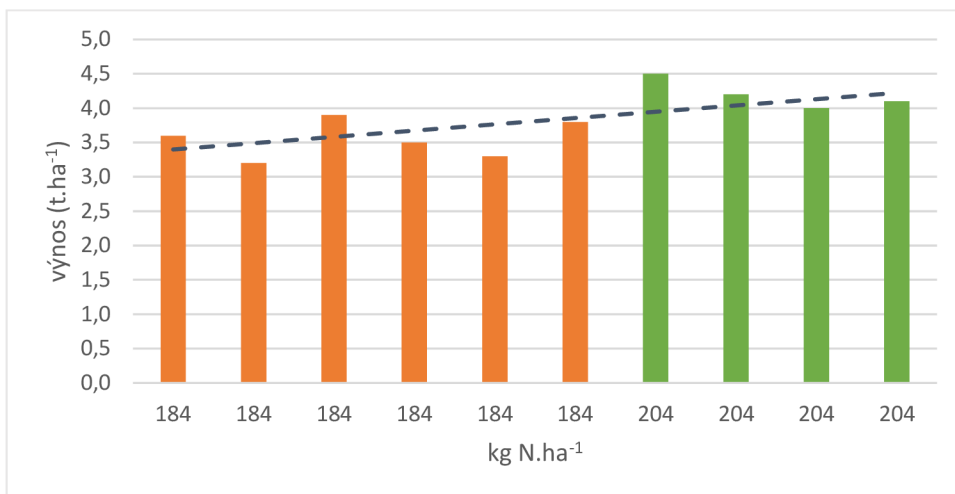
V roce 2019 (graf 11) bylo dosaženo nejvyššího výnosu (3,9 t.ha⁻¹) na p.b. č. 9 při variantě minerálního hnojení. Průměrný výnos byl v tomto roce na sledovaných p.b. 3,4 t.ha⁻¹.

Graf 11: Výnos v lokalitě Žihle v roce 2019 ve vztahu k dávce N



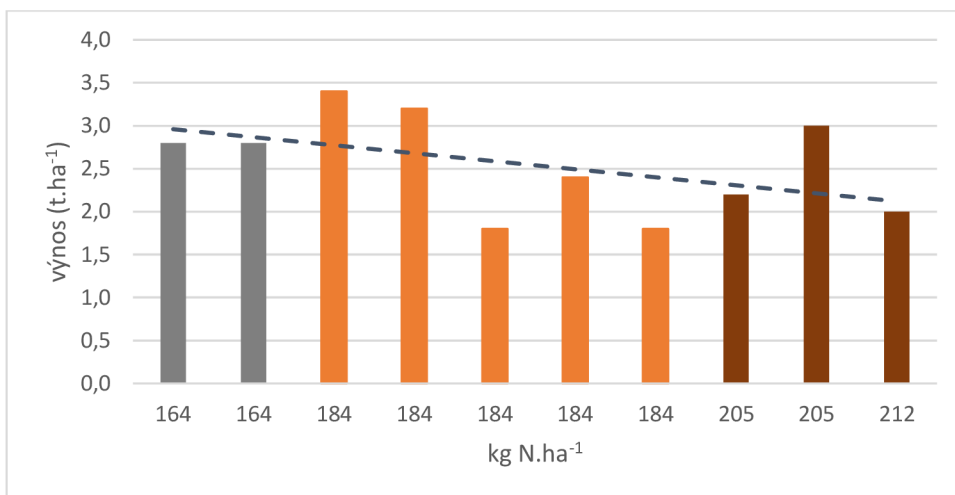
Rok 2020 (graf 12) představoval nejvyšší výnos ($4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na p.b. č.11 při aplikaci minerálním hnojení a digestátu. Průměrný výnos byl v tomto roce na sledovaných p.b. $3,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Graf 12: Výnos v lokalitě Žihle v roce 2020 ve vztahu k dávce N



Rok 2021 (graf 13) znamenal nejnižší výnosy za sledované 3 sezony, průměrně se jednalo o $2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejvyšší výnos ($3,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) byl dosažen na p.b. č.22 při variantě minerálního hnojení.

Graf 13: Výnos v lokalitě Žihle v roce 2021 ve vztahu k dávce N



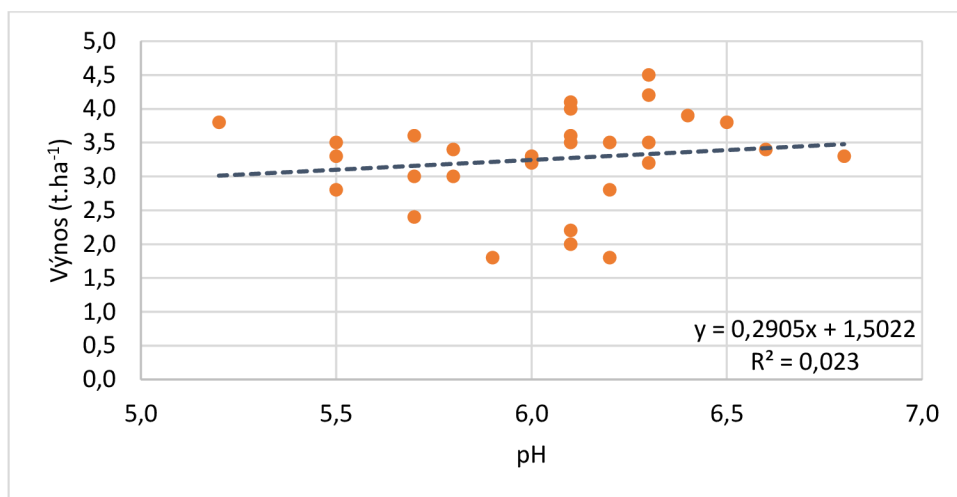
Legenda – varianty hnojení

Min	K	K+min	D+min

5.2.2 Vliv pH a zásoby hlavních živin v půdě na výnos

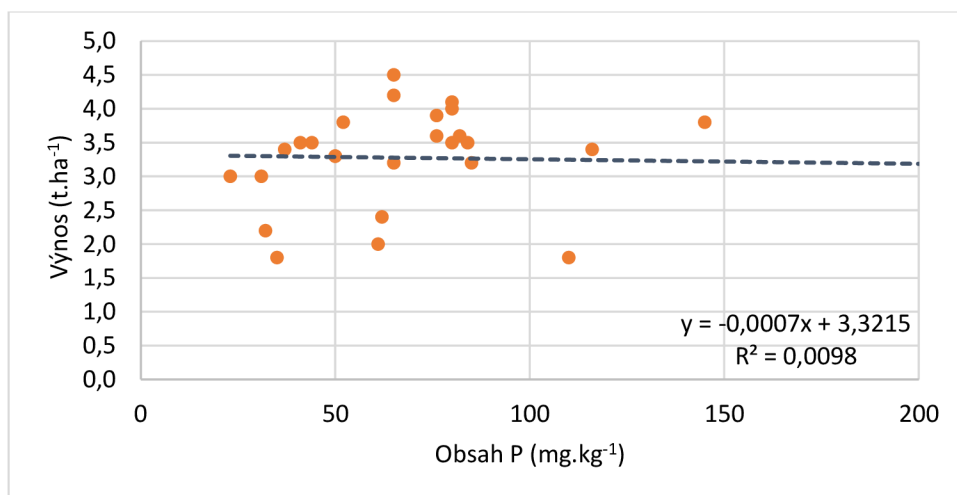
Z grafu 14 je patrné, že síla korelace mezi hodnotou pH půdy a dosaženým výnosem je nízká, protože výsledek korelačního čísla je $r = 0,15$, pH půdy tak nemělo zásadní vliv na tvorbu výnosu. Pozorovat můžeme mírně pozitivní reakci ve prospěch alkalické půdní reakce. Hodnoty pH se pohybovaly od 5,2 do 6,8, průměrně 6,0.

Graf 14: Vliv pH půdy na výnos v lokalitě Žihle



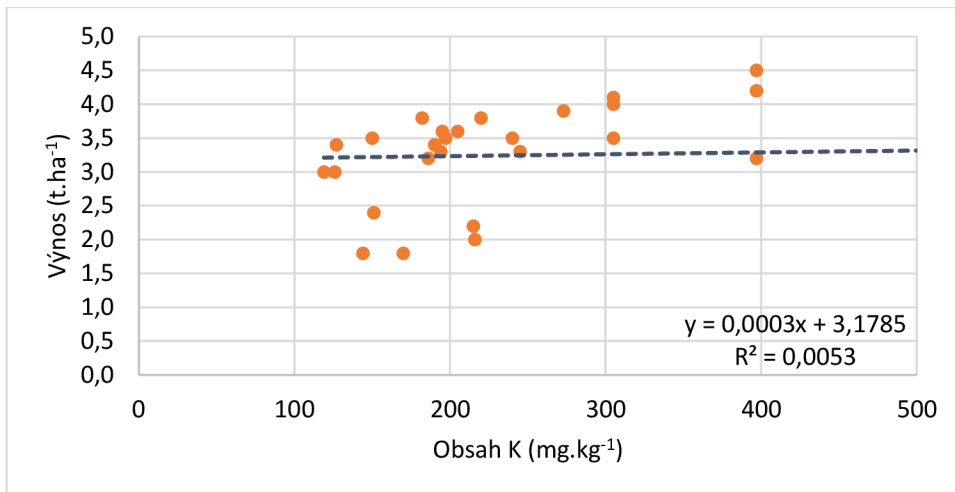
Podle grafu 15 je patrná slabá negativní korelace obsahu P v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,1$. Obsah P v půdě se pohyboval od 23 do 470 mg.kg^{-1} , průměrný obsah byl 98 mg.kg^{-1} . Celkem 9 p.b. vykazovalo nízkou zásobenost fosforem.

Graf 15: Vliv obsahu P v půdě na výnos v lokalitě Žihle



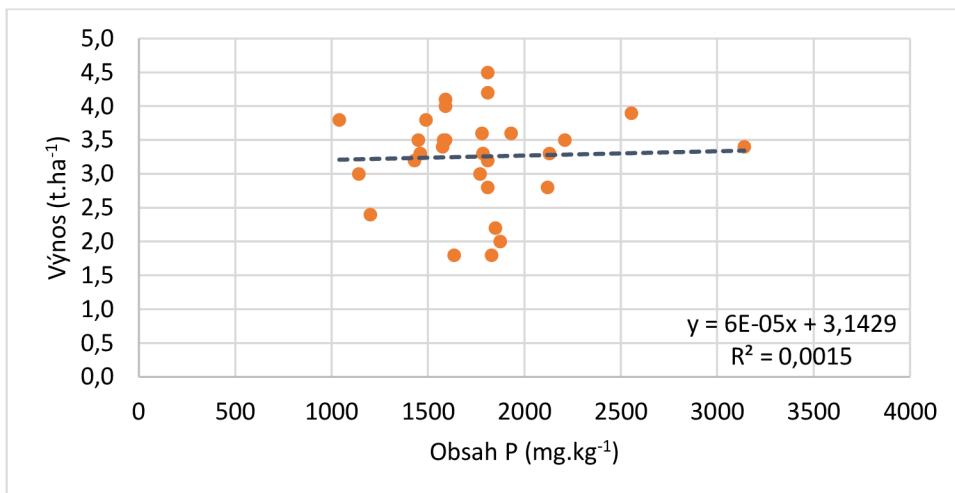
Podle grafu 16 je patrná slabá pozitivní korelace obsahu K v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,07$. Obsah K v půdě se pohyboval od 119 do 840 mg.kg^{-1} , průměrný obsah byl 278 mg.kg^{-1} . Žádný půdní blok nevykazoval výrazný deficit draslíku.

Graf 16: Vliv obsahu K v půdě na výnos v lokalitě Žihle



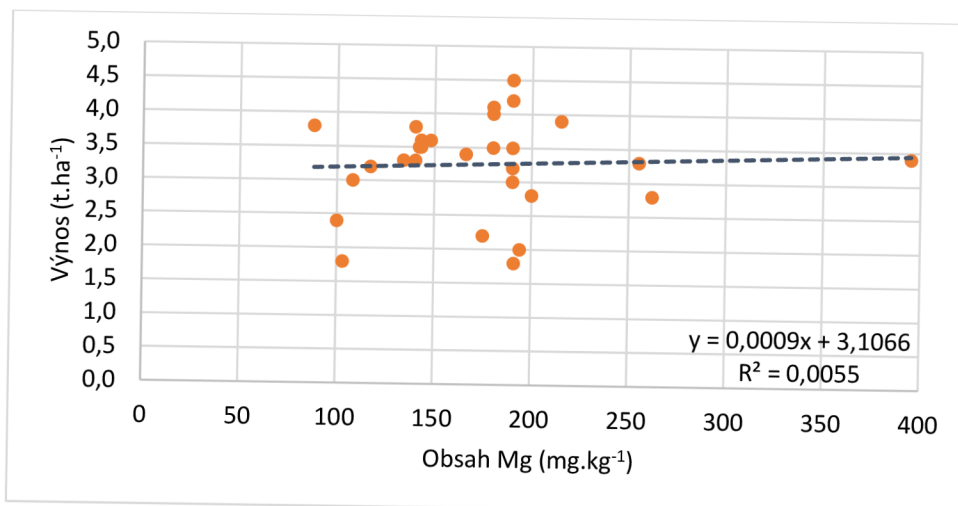
Podle grafu 17 je patrná slabá pozitivní korelace obsahu Ca v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,04$. Obsah Ca v půdě se pohyboval od 1040 do 3140 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 1758 mg.kg⁻¹. Celkem 1 p.b. vykazoval nízkou zásobenost vápníkem.

Graf 17: Vliv obsahu Ca v půdě na výnos v lokalitě Žihle



Podle grafu 18 je patrná slabá pozitivní korelace obsahu Mg v půdě na dosažený výnos. Výsledek korelačního čísla je $r = 0,07$. Obsah Mg v půdě se pohyboval od 88 do 395 mg.kg⁻¹, průměrný obsah byl 174 mg.kg⁻¹. Celkem 4 p.b. vykazovaly nízkou zásobenost hořčíkem.

Graf 18: Vliv obsahu Mg v půdě na výnos v lokalitě Žihle



6 Diskuze

6.1 Porovnání výnosů v podnicích s okresem

Graf 22 znázorňuje porovnání výnosů ozimé řepky ze sledovaných podniků s okresem Plzeň-sever, pod který oba podniky spadají. Průměrné výnosy na okrese PS pochází dat členských podniků Svazu pěstitelů a zpracovatelů olejnin, jehož jsou oba podniky členem.

Statek Kumberk s.r.o dosahuje dlouhodobě nadprůměrných výnosů, stejně tomu bylo v období 2019 – 2021. Ve společnosti Žihelský statek s.r.o bylo v letech 2019 a 2020 dosaženo průměrných výnosů v porovnání s okresem. Propadákem ve výnosu byl rok 2021, což bylo primárně zapříčiněno nepříznivým ročníkem.

Graf 22: Porovnání výnosů podniků s okresem Plzeň-sever



6.2 Vliv pH půdy

V půdě probíhá celá řada procesů, které jsou v úzkém vztahu s pH, jsou ovlivňovány především způsobem hospodaření, ale i přirozenými procesy. Vliv hnojení je zásadní. Kyselý působí většina dusíkatých hnojiv, draselná a fosforečná hnojiva jsou většinou bez vlivu na pH a vápenatá a hořečnatá hnojiva působí alkalicky. Z výsledků různých pozorování je patrné, že nejvyšších výnosů řepky ozimé je dosahováno na půdách mírně kyselých až neutrálních, zároveň však s dostatečným obsahem Ca v půdě. Spodní limitní hodnota se pohybuje kolem pH = 5,8 (Černý et al. 2018). Z výsledků této práce je tento vliv celkem zřejmý. V lokalitě

Kumberk s průměrným pH = 6,4 pozorujeme dle grafu 6 stagnaci, tedy minimální vliv pH na výnos. Naopak v lokalitě Žihle (graf 14) s průměrným pH = 6,0 pozorujeme mírnou pozitivní korelaci vyššího pH. Vyšších výnosů bylo tedy dosahováno na půdách mírně kyselých až neutrálních, avšak s pH < 6,5.

6.3 Efektivita využití živin z aplikovaných hnojiv a bilance živin

Při potřebě živin odebraných rostlinami obecně vycházíme z jejich odběrových normativů (tj. množství živin potřebné na 1 t hlavního produktu). Obsah přijatých živin kolísá v závislosti na lokalitě a ročníku. V případě řepky je nutné si uvědomit, že odběrové normativy jsou uváděny při sklizni, ve skutečnosti je potřeba některých živin (N, K, Mg, Ca) vyšší, jelikož je v průběhu vegetace vytvořeno větší množství biomasy než při sklizni. Příjem těchto živin vrcholí zhruba ve fázi zelených šešulí. Je tak nutné uvažovat mírně vyšší odběr, než je obvykle uváděno. Nicméně v případě fosforu a síry toto pravidlo neplatí (Černý 2014). V této práci byla řešena bilance dusíku ve vybraných letech a bilance fosforu a draslíku souhrnně za sledované období.

6.2.1 Bilance dusíku

Při zkoumání efektivity využití živin z aplikovaných hnojiv nás nejvíce zajímá dusík, z důvodu jeho velké mobility. Nejběžnější jsou jeho ztráty vyplavováním. Ty je možné stanovit v experimentálních podmínkách tzv. lyzimetry. Zachycují vodu, ze které je pak laboratorně stanoven obsah N. Živiny z aplikovaných hnojiv mohou unikat i do atmosféry, především z organických hnojiv, kde dochází ke ztrátám volatilizací amoniaku při jejich pozdním zapravení nebo při pouhé povrchové aplikaci. Stejně tak může amoniak emitovat i z minerálních hnojiv aplikovaných na povrch půdy (močovina, DAM atd.). Tyto úniky se v praxi však nedají změřit. Balík et al (2012) stanovil bilanci dusíku takto:

Bilance dusíku v půdě = (počáteční obsah minerálního dusíku v půdě (kg/ha) + dávka dusíku v hnojivech (kg/ha)) – (reziduální zbytek minerálního dusíku po sklizni (kg/ha) + odběr dusíku rostlinami (kg/ha))

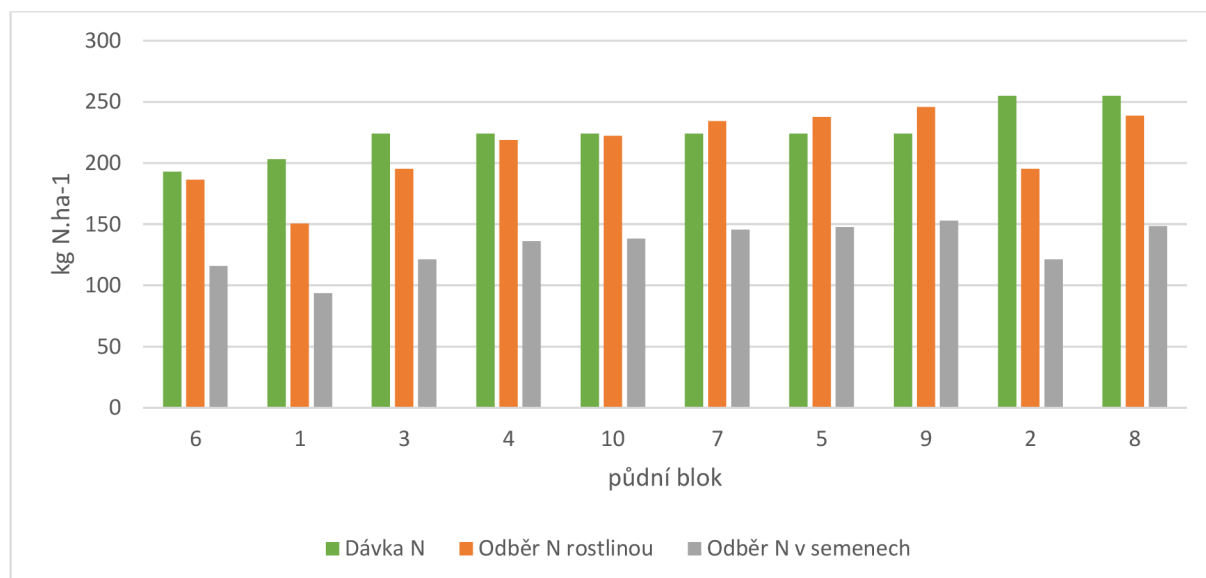
(Balík et al 2012)

V této práci nebyl zkoumán obsah N_{\min} v půdě, a tak byla pouze využita bilance na jednotlivých pozemcích (povrchová bilance), tj. stanovení vstupů a výstupů dusíku. Řepka ozimá spotřebuje asi 2-krát více N na tunu produkce než obilniny, na druhou stranu zanechává

v půdě zpětným transportem živin cca 37 % odebraného N díky úzkému poměru C:N v posklizňových zbytcích a širokému poměru hlavního a vedlejšího produktu (Balík et al 2007). Řepka je tak na rozdíl od obilnin producent bilančního přebytku. Podle Černého et al. (2014) je třeba zamezit případným ztrátám a hledat možnosti jeho využití, dále uvádí, že je třeba kladný výsledek bilance posuzovat u jednotlivých živin odlišně z hlediska jejich forem a následných přeměn, jelikož může docházet jak k akumulaci v půdě, tak ke skutečným ztrátám. Efektivitu využití hnojiv tak můžeme porovnat stanovením rozdílu mezi dávkou N v hnojivech a odběrem N v semenech, tj. „odvozem N z pozemku“. Odběrový normativ se běžně uvádí v rozmezí 45 – 60 kg N.t⁻¹. Pro účely této práce byl odběrový normativ stanoven na 55 kg N.t⁻¹ (Balík et al 2007), odběr N v semenech je pak stanoven na 34,2 kg N.t⁻¹ (novela NV 262/2012 Sb.). V tomto výpočtu nebyly pro zjednodušení uvažovány ztráty (vyplavování, volatilizace) ani další vstupy N (spady ve srážkách, fixace volně žijícími organismy), po započtení těchto hodnot by byla bilance o zhruba 20 – 30 kg N nižší.

Příklad efektivity využití hnojiv v lokalitě Kumberk 2019 znázorňuje graf 19. Variabilní dávka N celkem úzce koreluje s odběrem živin, což svědčí o dobré agronomické úrovni. Podle grafu 19 bylo nejvyrovnanější hodnoty dosaženo na p.b. č. 9 s bilančním přebytkem 71 kg N. Průměrně se v tomto roce jednalo o bilanční přebytek 91 kg N.ha⁻¹.

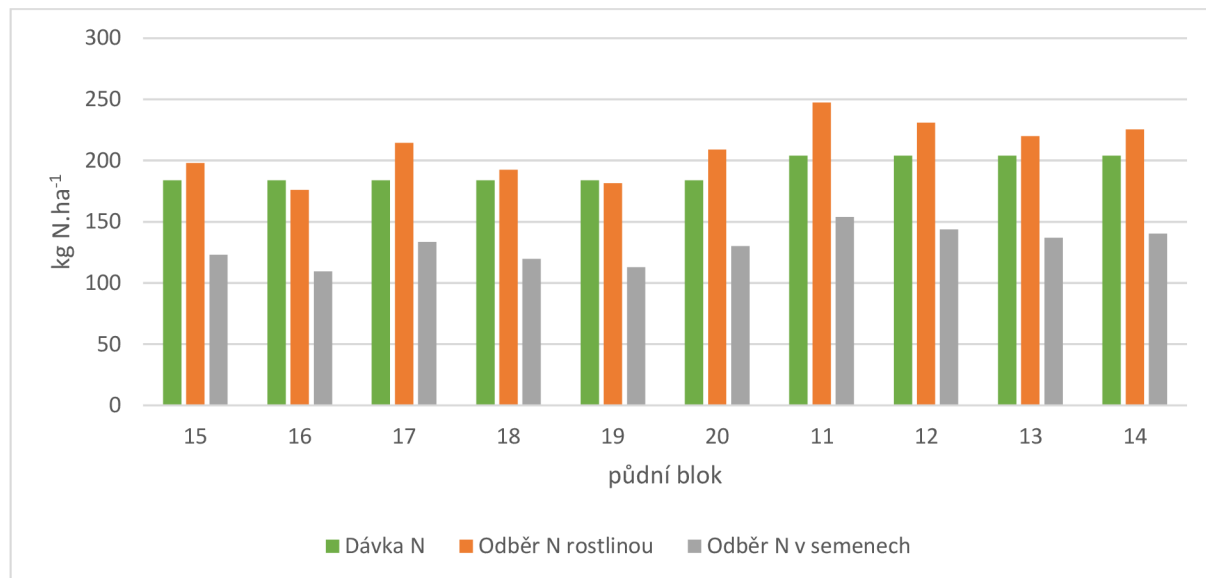
Graf 19: Efektivita využití hnojení N v lokalitě Kumberk 2019



Druhý příklad v lokalitě Žihle 2020 znázorňuje graf 20. V tomto roce se jednalo o nejefektivnější využití živin z aplikovaných hnojiv: nejmenší bilanční přebytek 50 kg N byl na p.b. č. 11. Průměrný bilanční přebytek byl 62 kg N. Odběry N rostlinou v tomto případě

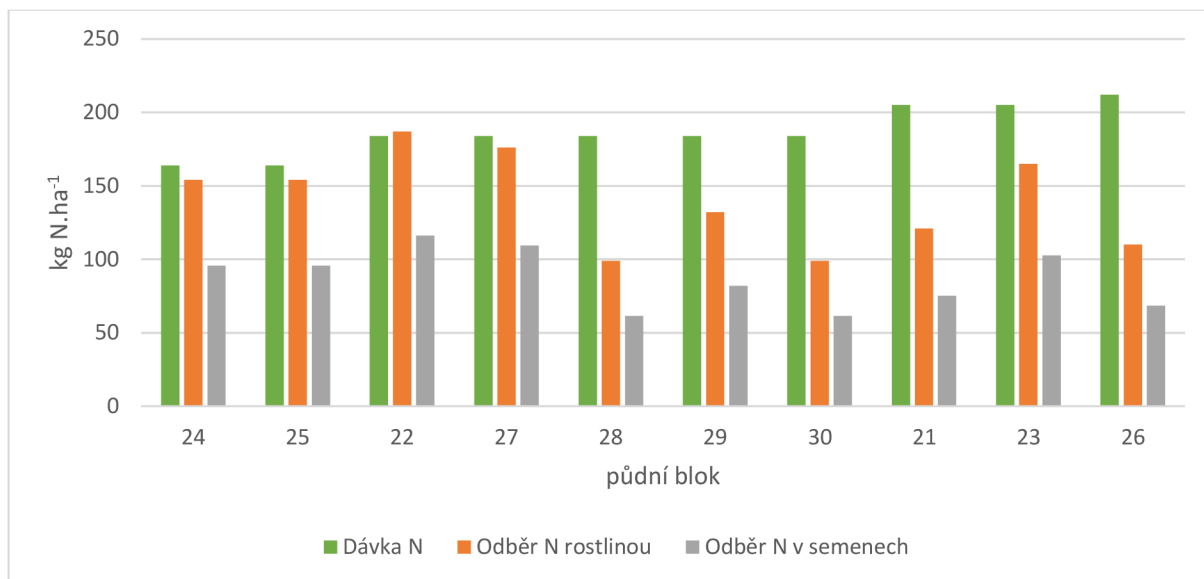
většinou překračovaly dávky aplikovaných hnojiv. Tento fakt znamenal sice vyšší využití živin z aplikovaných hnojiv (Černý et al. (2014) uvádí cca 40 – 70 %), nicméně porost musel díky mírnému deficitu z aplikovaných hnojiv čerpat větší část živin z půdní zásoby.

Graf 20: Efektivita využití hnojení N v lokalitě Žihle 2020



Jako třetí příklad byla zvolena lokalita Žihle 2021 (graf 21). V tomto roce bylo kvůli nepříznivému počasí dosaženo nižších výnosů, než bylo předpokládáno, z tohoto důvodu docházelo k výraznějším bilančním přebytkům. Největší přebytek 144 kg N.ha⁻¹ byl na p.b. č. 26. Průměrně se v tomto roce jednalo o bilanční přebytek 100 kg N.ha⁻¹. Nepříznivé podmínky tak zapříčinily výraznou pozitivní bilanci N v půdě. Na druhou stranu za úvahu stojí fakt, že se porosty řepky v této lokalitě vyznačovaly relativně nízkým sklizňovým indexem, tj. nadprůměrným množstvím nadzemní biomasy, což by představovalo reálně větší odběr N rostlinou, než je v grafu 21 uvažováno.

Graf 21: Efektivita využití hnojení N v lokalitě Žihle 2021



6.2.2 Bilance fosforu

Odběrový normativ fosforu se pohybuje v rozmezí 8 – 15 kg.t⁻¹ semen. Celková potřeba fosforu je tak 40 – 60 kg P. ha⁻¹. Kvůli vysokému obsahu P v semenech je většina této živiny exportována při sklizni (Balík et al. 2007; Černý et al. 2014,). Pro potřeby této práce byl stanoven odběr P v semenech 7,2 kg P.t⁻¹ (novela NV 262/2012 Sb.).

V lokalitě Kumberk bylo každý sledovaný rok plošně aplikováno 170 kg NPK před setím, což odpovídá v č.č. 19,4 kg P. Byla provedena jednoduchá povrchová bilance a stanovena průměrná bilance v jednotlivých ročnících: rok 2019 představoval negativní bilanci 8,4 kg P, rok 2020 představoval negativní bilanci 12,9 kg P a rok 2021 představoval negativní bilanci 7,3 kg P.

V lokalitě Žihle nebyla k řepce aplikována minerální hnojiva s obsahem P, a tak půdní zásobu P doplňovaly kejda a digestát, které byly aplikovány jen na vybrané p.b. Průměrný obsah P v hnojivech byl stanoven na základě rozborů Laboratoře Postoloprty s.r.o. Obsah v kejdě prasat byl 0,55 kg P.t⁻¹, obsah v digestátu byl 0,6 kg P.t⁻¹. Byla provedena jednoduchá povrchová bilance: při dávce kejdy 80 t.ha⁻¹ byla pozitivní bilance 24 kg P (průměr ze 2 p.b. rok 2021), při dávce kejdy 28 t.ha⁻¹ byla negativní bilance 9 kg P (rok 2019), při dávce digestátu 30 t.ha⁻¹ byla negativní bilance 7 kg P (rok 2019) a negativní bilance 12 kg P (průměr ze 4 p.b. 2020).

Z uvedených rozborů vyplývá, že obsah P v kejdě a digestátu je velice podobný, je však relativně nízký, a tak je nelze považovat za hlavní prostředek k doplnění zásoby P při nedostatku v půdě. Při přihnojení před setím a za vegetace bylo dosaženo mírné negativní bilance P. Pouze při hnojení pouze kejdou (v celk. dávce $80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) lze uvažovat větší bilanční přebytek a výraznější doplnění půdní zásoby P. Digestát a kejdu bychom měli z hlediska výživy P považovat spíše za okrajové a při větším nedostatku P aplikovat fosforečná hnojiva.

6.2.3 Bilance draslíku

Odběrový normativ draslíku se pohybuje v rozmezí $40 - 65 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ semen. Celková potřeba draslíku je tak většinou $200 - 300 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jeho obsah v ale semenech zaujímá jen cca 9 % celkové spotřeby, většina se tak vrací do půdy v podobě posklizňových zbytků (Balík et al. 2007; Černý et al. 2014). Pro potřeby této práce byl stanoven odběr K v semenech $7,9 \text{ kg K} \cdot \text{t}^{-1}$ (novela NV 262/2012 Sb.).

V lokalitě Kumberk bylo každý sledovaný rok plošně aplikováno 170 kg NPK před setím, což odpovídá v č.ž. $36,7 \text{ kg K}$. Byla provedena jednoduchá povrchová bilance a stanovena průměrná bilance v jednotlivých ročnících: rok 2019 představoval pozitivní bilanci $6,2 \text{ kg K}$, rok 2020 pozitivní bilanci $1,2 \text{ kg}$ a rok 2021 pozitivní bilanci $7,5 \text{ kg K}$.

V lokalitě Žihle nebyla k řepce aplikována minerální hnojiva s obsahem K, a tak půdní zásobu K doplňovaly kejda a digestát, které byly aplikovány jen na vybrané p.b. Průměrný obsah K v hnojivech byl stanoven na základě rozborů Laboratoře Postoloprty s.r.o. Obsah v kejdě prasat byl $1,1 \text{ kg K} \cdot \text{t}^{-1}$, obsah v digestátu byl $4 \text{ kg K} \cdot \text{t}^{-1}$. Byla provedena jednoduchá povrchová bilance: při dávce kejdy $80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ byla pozitivní bilance 66 kg K (průměr ze 2 p.b. rok 2021), při dávce kejdy $28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ byla pozitivní bilance 4 kg K (rok 2019), při dávce digestátu $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ byla pozitivní bilance 94 kg K (rok 2019) a pozitivní bilance 88 kg K (průměr ze 4 p.b. 2020).

Z uvedené bilance vyplývá, že přihnojení kejdou před setím a za vegetace dokáže pokrýt odběr K v semenech. Při hnojení řepky pouze kejdou (v celk. dávce $80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) pak vznikají vysoké bilanční přebytky K, čímž lze bohatě doplnit půdní zásobu K při nedostatku. Digestát obsahuje znatelně více K než kejda, a tak ve všech případech vznikaly výrazné bilanční přebytky. Tato organická hnojiva plní důležitou roli ve výživě draslíkem.

6.4 Návrh řešení pro optimalizaci hnojení

6.3.1 Statek Kumberk

Ze sledovaného období je patrné, že je zde stabilně dosahováno dobrých výnosů. To je umožněno vysokou úrovní agrotechniky (např. progresivní metodou hlubokého zpracování půdy) a pravděpodobně také díky relativně vysokým dávkám dusíkatých hnojiv, nicméně tyto dávky mnohdy překračují odběrové normativy, a tak zde dochází k vyšším bilančním přebytkům. Řešením by tedy byla mírná korekce dávky hnojiv, která vychází z důsledného stanovování obsahu minerálního N v půdě a reálným předpokladem následného průběhu mineralizace organické hmoty a uvolňováním dalšího přístupného N.

6.3.2 Statek Žihle

Také v této lokalitě by bylo vhodné sledovat obsah minerálního N v půdě a zejména vzhledem k poměrně vysokému zastoupení organických hnojiv (kejda, digestát) se věnovat prognóze jejich mineralizace a možnosti následného využití rostlinami. Dávky N také diferencovat podle předpokládaného výnosu (výnosovému potenciálu půdního bloku a dle aktuálního stavu porostu – u slabých, řídkých či poškozených porostů dávku N operativně snížit).

6.5 Vliv průběhu počasí

Řepku ozimou nejčastěji ohrožuje sucho, nepřiměřený mráz, ale i zamokření. Průběh počasí má lokální a meziroční výkyvy. Pokud není např. dostatek srážek limitujícím faktorem, stanou se pro výnos limitujícími jiné faktory (Jabloun et al 2018). Schopnost přezimování řepky ovlivňuje celá řada faktorů, nicméně s ní posledních letech díky mírným zimám nebývají problémy.

Vliv ročníku na výnos byl prezentován v kapitole 6.1 - Porovnání výnosů v podnicích s okresem.

Poněkud překvapivě nízkých výnosů bylo kvůli průběhu počasí dosaženo v lokalitě Žihle v sezoně 2021. Důvodem však nebylo sucho, nýbrž nadměrné srážky. Výrazně srážkově nadprůměrné byly jak měsíce květen (120 mm) a červen (110 mm), ale i červenec (85 mm) a srpen (93 mm), kdy je větší množství srážek většinou spíše na škodu (např. z hlediska včasné sklizně). V lokalitě Žihle byl roční úhrn srážek 722 mm, což představuje 147 % dlouhodobého

průměru. Meteorologická data byla použita z meteorologické stanice sledovaného zemědělského podniku. Takto extrémně srážkově nadprůměrný rok se tak podepsal na zdravotním stavu porostů řepky. Docházelo tak k dlouhodobějšímu zamokření a nedostatku vzduchu v pórech půdy. Kombinace vlhkého počasí a většího výskytu larev dřepčíku a krytonosců tak zapříčinila šíření fomové hnoľoby a hlízenky v poškozených stoncích. Poškození chorobami pak navíc přešlo i do kořenů (*Verticillium*). Důsledkem těchto faktorů bylo předčasné ukončení vegetace – tzv. nouzového dozrávání, které se projevilo především nižší HTS a nižší olejnatostí semen. Vyšších výnosů jsme se tak často dočkali na půdách lehčích, kde nedocházelo k zamokření (Čech 2021). Z těchto důvodu tak nedošlo na těchto konkrétních půdách k redukcii výnosu. Tento jev můžeme pozorovat v grafu 13, kde bylo na některých p.b. s nižší dávkou N dosaženo vyšších výnosů, než na p.b. s vyšší dávkou N. Neznáme charakter každého půdního bloku, můžeme však předpokládat, že na p.b. s nižším výnosovým potenciálem byla aplikována nižší dávka N. Limitujícím faktorem na této lokalitě v roce 2021 tak nebyly živiny, ale zamokření půdy.

7 Závěr

Předmětem této práce bylo hodnotit vliv systému hnojení k ozimé řepce na výnos semen, efektivitu využití živin z aplikovaných hnojiv a bilanci živin, s přihlédnutím k agrochemickým vlastnostem půd. Dále byl diskutován vliv pH půdy, vliv průběhu počasí. Hodnocena byla bilance dusíku, fosforu a draslíku. Vyhodnocení probíhalo v letech 2019, 2020 a 2021 na 2 zemědělských podnicích: Statek Kumberk s.r.o. a Žihelský statek a.s. Z výsledků lze vyvodit:

Hypotéza 1)

Předpokládá se, že využití dusíku rostlinami bude ovlivněno agrochemickými vlastnostmi půd a podmínkami stanoviště. Tato hypotéza byla potvrzena. Lze pouze usuzovat na omezený příjem dusíku a vody v sezóně 2021 zapříčiněný zamokřením půd v závěru vegetace spojeným s chorobami kořenů a bází stonků (nouzové dozrávání).

Hypotéza 2)

Deficit některé ze základních živin v půdě negativně ovlivní výnos. V kapitole „Vliv pH a zásoby hlavních živin v půdě na výnos“ je z grafů tento jev patrný. Nejedná se ale o výrazný deficit. V lokalitě Kumberk byla tato hypotéza potvrzena u fosforu a draslíku. Vápník a hořčík však této hypotéze odporují. V lokalitě Žihle byly u jednotlivých živin zaznamenána příliš nízká korelační čísla, z toho důvodu není vhodné širší zobecnění.

Hypotéza 3)

Pro hnojení ozimé řepky dusíkem je dostačující dávka odpovídající odběrovému normativu 50 kg N na 1 t semen. V příznivých ročnících byl zaznamenán vyšší výnos, než by odpovídal odběrovému normativu. Dávka 50 kg N na 1 t semen tak byla dostačující, projevila se však negativní povrchovou bilancí. Tato hypotéza byla potvrzena.

Hypotéza 4)

Vyšší hnojení N v klimaticky nepříznivých ročnících není efektivní a neprojevuje se na výnosu. V lokalitě Žihle v roce 2021 se negativně podepsal na výnosu výrazně vlhký ročník, nebylo tak plně využito hnojení N. Výrazně suchý ročník se ve sledovaném období nevyskytoval. Tato hypotéza byla potvrzena.

8 Použitá literatura

Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M., 2012. Bilance dusíku v zemědělství (certifikovaná metodika). Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Baranyk, P., Fábry, A., et al., 2007. Řepka-pěstování-využití-ekonomika. Profipress. Praha.

Baranyk, P., Kazda, J., et al. 2005. Optimalizace pěstitelských technologií řepky se zřetelem na rentabilitu, stabilitu soustav hospodaření a konkurenceschopnost na světových trzích. SPZO. Praha.

Becker, H.C., 1987. Quantitative Zuchtmethodik bei Raps — Versuch einer Literaturübersicht. Bericht über die Arbeitstagung der Saatzuchtleiter in Gumpenstein. Verlag der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft. Gumpenstein, Austria, 67–82.

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

Bouchet, A.S., Laperche, A., Bissuel-Belaygue, C., Snowdon, R., Nesi, N., & Stahl, A., 2016. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(2), 38.

Brát, J., Baranyk, P., 2018. Mýty a fakta o pěstování a zpracování řepky olejky v ČR. SPZO. Praha.

Brown, J.K.M., Beeby, R., Penfield, S., 2019. Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. *Scientific Reports* 9, 6953.

Čech, P., 2021. Region severozápadočeský – Ing. Petr Čech. Pages 31-33 in *Sborník SPZO. 38 vyhodnocovací seminář. 2021.* SPZO. Praha.

Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Sedlář, O., 2018. Význam vápníku a pH půdy pro pěstování (nejen) ozimé řepky. Pages 102-110 in *Sborník SPZO. 35. vyhodnocovací seminář. 2018.* SPZO. Praha.

Černý, J., Balík, J., Peklová, L., Kulhánek, M., 2014. Bilance živin při pěstování ozimé řepky. Pages 164-169 in *Sborník SPZO. 31. vyhodnocovací seminář. 2014.* SPZO. Praha.

- Černý, J., Balík, J., Sedlář, O., Kulhánek, M., 2020. Bilance dusíku (nejen) při pěstování ozimé řepky. Pages 130-139 in Sborník SPZO. 37. vyhodnocovací seminář. 2020. SPZO. Praha.
- Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, **67**(1), 35-49.
- Jabloun, M., Li, X., Zhang, X., Tao, F., Hu Ch., E. Olesen, J., 2018. Sensitivity of simulated crop yield and nitrate leaching of the wheat-maize cropping system in the North China Plain to model parameters. *Agricultural and Forest Meteorology*. **263**, 25-40.
- Klatt, B.K., de La Vega, B., Smith, H.G., 2021. Itered winter conditions impair plant development and yield in oilseed rape. *Journal of Agriculture and Food Research* vol. 5. 100160.
- Köbke, S., Senbayram, M., Pfeiffer, B., Nacke, H., Dittert, K., 2018. Post-harvest N₂O and CO₂ emissions related to plant residue incorporation of oilseed rape and barley straw depend on soil NO₃⁻ content. *Soil and Tillage Research*, **179**, 105-113.
- Lošák, T., Dostál, J., 2017. Využití digestátů ve výživě a hnojení řepky olejně. Pages 98-103 in Sborník SPZO. 34. vyhodnocovací seminář. 2017. SPZO. Praha.
- Matula, J. 2007. Výživa a hnojení sírou. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha.
- Ministerstvo životního prostředí. 2012. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. Částka 89/2012. Novela 277/2020 Sb. Česká republika.
- Moll, R. H., E. J. Kamprath a W. A. Jackson. 1982. Analysis and Interpretation of Factors Which Contribute to Efficiency of Nitrogen Utilization 1. *Agronomy Journal*. **74**(3), 562-564
- Oenema, O., Kros, H., De Vries, W., 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. **20**. *European Journal of Agronomy* 3-16.
- Pullens, J.W.M., Kersebaum, K.Ch., Botttcher, U., Kage, H., Olesen, J., E., 2021. Model sensitivity of simulated yield of winter oilseed rape to climate change scenarios in Europe. *European Journal of Agronomy*, **129**, 126341.
- Richter, R., Hřivna, L., 2001. Výživa a hnojení ozimé řepky. SPZO. Praha.

Rondanini, D., P., Gomez, N., V., Agosti, M.B., Miralles, D., J., 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. *European Journal of Agronomy*, **37**(1), 56-65.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2007. *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press. Praha.

Yan, Y., 2016. Biodiesel. Reference Module in Food Science.