

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Pěstování ozimé řepky s pomocnou plodinou

Bakalářská práce

Autor práce: Petr Plachý

Program: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Pěstování ozimé řepky s pomocnou plodinou" 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 19. 4. 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za jeho ochotu, čas, zkušenosti a rady, které mi po celou dobu věnoval. Stejně tak bych chtěl dále poděkovat panu Ing. Josefu Čejkovi a panu Jindřichu Smögerovi za jejich ochotu, čas a zkušenosti, které mi předali. V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině za podporu.

Pěstování ozimé řepky s pomocnou plodinou

Souhrn

Cílem této práce bylo shrnutí informací o využití technologie pěstování pomocných plodin a za pomoci polních pokusů ověřit pěstování řepky ozimé v širších řádcích s využitím pomocných plodin. Polní pokusy byly založeny v roce 2021/2022 na pozemku Zemědělského družstva Dolní Újezd v obci Suchá Lhota. Ověřována byla technologie pěstování řepky ve dvojřádcích s využitím dvou různých variant směsí pomocných plodin a jedné kontroly bez pomocných plodin. Při setí řepky zároveň proběhla pásová aplikace herbicidu *Command 36 SC* a hnojiva DAM 390 pouze na dvojřádek řepky. V první variantě byly pomocné plodiny pro krmný biopás s výsevkem 26 kg/ha složené z ovsa setého (*Avena sativa*), pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*), svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*), pelušky ozimé (*Pisum sativum*), lupiny bílé (*Lupinus albus*) a krmné kapusty (*Brassica oleracea*). Druhá směs pomocných plodin jejíž celkový výsevek byl 18 kg/ha byla složená z pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*), jetele alexandrijského (*Trifolium alexandrinum*), masťáku habešského (*Guizotia abyssinica*) a saradely (*Ornithopus perpusillus*). Tyto pomocné plodiny oproti kontrole bez pomocných plodin zajistily regulaci plevelů a výdrolu po obilné předplodině v meziřádku řepky. Dále přispěly k možnému omezení eroze, kdy část pozemku byla v mírném svahu. Přes zimní období pomocné plodiny tvořily ochranu řepce před mrazy, zároveň navázaly živiny, které následně přes proces mineralizace z jara uvolnily do půdy zpět. Po zimě byla provedena kontrola porostu, kdy byl měřen počet přezimovaných rostlin řepky a síla kořenového krčku. Z naměřených hodnot dosahovaly lepších výsledků varianty s pomocnými plodinami oproti kontrole bez pomocných plodin. Do sklizně na pokusech kromě kontrol proběhlo měření výšky rostlin, kdy řepka nebyla ošetřována regulátory růstu, dále se měřil počet větví a šesulí na rostlině a počet semen v šesuli. Vyměřené pokusné plochy byly sklizeny 5. 8. 2022 společně při sklizni celého pole, kde bylo dosaženo průměrného výnosu řepky 4,1 t/ha. Z výsledků měření během vegetace a výnosu sklizených variant se prokázalo, že pomocné plodiny v meziřádku řepky vedly ke zvýšení produkce a kvality při dosažení nižších vstupů na rostlinnou výrobu.

Klíčová slova: pásové zpracování půdy, podsev, meziplodina, zelené hnojení, výnos

Cultivation of the winter oil-seed rape with intercrop plants

Summary

The aim of this work is to summarize information on the use of growing auxiliary crops technique and to verify the cultivation of winter rape in wider rows using auxiliary crops using field experiment. Field experiments were carried out in 2021/2022 on the Agricultural cooperative Dolní Újezd field in the village of Suchá Lhota. The rapeseed cultivation technique in double rows was verified using two different variants of mixtures of auxiliary crops and one control without auxiliary crops. At the same time, when sowing rapeseed, the belt application of the Command 36 SC herbicide and DAM 390 fertilizer took place on the two-row rapeseed only. In the first variant, auxiliary crops for the fodder belt with a sowing rate of 26 kg/ha were composed of oats (*Avena sativa*), buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), tansy bunches (*Phacelia tanacetifolia*), winter peas (*Pisum sativum*), white lupin (*Lupinus albus*) and fodder cabbage (*Brassica oleracea*). The second mixture of auxiliary crops, with a total sowing capacity of 18 kg/ha, was composed of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), Alexandrian clover (*Trifolium alexandrinum*), Abyssinian greasy (*Guizotia abyssinica*) and Saradella (*Ornithopus perpusillus*). These auxiliary crops, in contrast to the control without auxiliary crops, ensured the control of weeds and weeds after the cereal pre-crop in the rapeseed inter-row. They also contributed to the possible reduction of erosion when part of the land was on a gentle slope. Over winter, auxiliary crops protected rapeseed against frost while binding nutrients, which were released back into soil through spring mineralization process. After winter, growth was inspected, where the number of overwintered rapeseed plants and the strength of the root neck were measured. The measured values showed that variants with auxiliary crops achieved better results compared to control without auxiliary crops. Except for controls, plant height when the rapeseed was not treated with growth regulators, and the number of branches and pods on the plant and the number of seeds in the pod were measured. The measured experimental areas were harvested on 5 August 2022 together during the harvest of the entire field, where the average rapeseed yield of 4.1 t/ha was achieved. From the results of measurements during vegetation and yield of measured and harvested variants, it was shown that auxiliary crops in the rapeseed inter-row led to an increase in production and quality while achieving lower inputs to crop production.

Keywords: strip tillage, under sowing, catch crop, green manure, yield

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Řepka ozimá	10
3.1.1	Biologická charakteristika a šlechtění řepky.....	10
3.1.2	Historie řepky.....	11
3.2	Využití řepky	11
3.2.1	Potravinářství a krmivářství	11
3.2.2	Biopaliva.....	11
3.3	Pěstování řepky ozimé	12
3.3.1	Agrotechnika	12
3.3.2	Zařazení řepky v osevním postupu	12
3.3.3	Setí řepky	13
3.3.4	Výživa řepky	13
3.3.5	Regulátory růstu	13
3.3.6	Ochrana řepky.....	14
3.3.7	Zaplevelení.....	14
3.3.8	Škůdci.....	14
3.3.9	Choroby.....	14
3.4	Pomocné plodiny	15
3.5	Historie pěstování pomocných plodin	16
3.6	Přínosy pomocných plodin	16
3.6.1	Eliminace eroze	16
3.6.2	Omezení zhutnění půdy	17
3.6.3	Obohacení o živiny a organickou hmotu	17
3.6.4	Zamezení vyplavení živin	18
3.6.5	Energetická bilance zemědělských soustav	18
3.6.6	Ekosystém půdy	19
3.6.7	Regulace plevelů	20
3.7	Pěstování pomocné a hlavní plodiny	20
3.7.1	Interakce mezi plodinami	21
3.7.2	Ukončení vegetace pomocných plodin.....	21
3.7.3	Setí do živého mulče	22
3.7.4	Pásové zpracování půdy.....	22
3.7.5	Přínosy zonální aplikace umělých hnojiv	23
3.8	Pěstování řepky ozimé s pomocnou plodinou	23

4	Metodika	25
4.1	Charakteristika stanoviště	25
4.1.1	Popis založení pokusu	25
4.2	Karta plodiny.....	26
4.3	Přehled průběhu operací na pokusu	27
5	Výsledky	30
6	Diskuze	32
7	Závěr	34
8	Literatura.....	35

1 Úvod

Řepka ozimá je v současné době nejpěstovanější olejní plodina v České republice. Po pšenici ozimé je to druhá nejpěstovanější plodina České republiky. Řepka hraje v rostlinné výrobě významnou roli, kdy je nenahraditelnou součástí osevních postupů ve všech výrobních oblastech. V osevních postupech se řepka využívá především, jako přerušovač obilných sledů. Dále má řepka mnoho příznivých vlastností pro půdu tím, že po sklizni zanechává velké množství posklizňových zbytků, hluboko koření a opomenout nelze ani její fyto-sanitární působení na půdu. Navíc je to plodina, která má dlouhou dobu vegetace a pokrývá půdu pomalu celý rok.

Řepka ozimá se dá pěstovat různými způsoby, nové technologie tak vedou ke snížení nákladů a zlepšení kvality produkce při zachování výnosu. Za pomoci nových technologií je dosahováno nižších energetických nákladů, které vedou ke zlepšení ekonomiky v rostlinné produkci.

V poslední době má řepka nechvalnou pověst, kterou rozšiřuje především nezemědělská společnost, jedním z cílů pěstování pomocných plodin v řepce ozimé je tak i zlepšení celospolečenské image řepky. Pomocné plodiny také rozšiřují pestrost osevních postupů, příznivě působí na krajinný prostor a dále podporují energetickou bilanci zemědělských soustav, tím že navíc ukládají velké množství uhlíku do půdy.

Cílem pěstování pomocných plodin je především snížení energetické náročnosti v rostlinné výrobě. Navíc spadá do půdoochranné technologie, která zamezuje erozi a zlepšuje půdní vlastnosti. Vlivem pomocných plodin je meziřádek biologicky zpracováván a podporuje rozvoj kořenového systému hlavní plodiny. Zároveň se v nakypřeném meziřádku daří půdním organismům a vlivem prokořenění je dosaženo lepší infiltrace vody porostem. Meziřádkový pokryv pomocnými plodinami tak zamezuje erozi, evaporaci a dále i rozvoji plevelů, čímž dochází k výrazným úsporám na herbicidech a jejich snížení spotřeby na plochu. Dále mnoho zdrojů uvádí, že některé pomocné plodiny omezují rozvoj chorob a škůdců, kdy pomocné plodiny na některé druhy škůdců působí repelentně. Pomocné plodiny tak zároveň zvyšují potravní nabídku pro volně žijící organismy, díky tomu rozšiřují přirozený potravní řetězec v porostech. Přes zimní období vytváří pomocné plodiny kryt plodině hlavní před mrazy a zároveň například u řepky dochází ke snížení škod spárkatou zvěří, která preferuje pomocné plodiny. Mezi příznivými vlastnostmi je dále zamezení proplavení živin, které pomocné plodiny naváží a přes proces mineralizace uvolňují hlavní plodině po odumření zpět. V poslední době je proplavení živin a znečištění spodních vod dusičnany často sledované téma. Pomocné plodiny se podílejí i ve výživě hlavních plodin, kdy především rostliny z čeledi *Fabaceae* poutají do půdy vzdušný dusík. Za pomocné plodiny jsou často voleny rostlinné druhy, u kterých je snadná dynamika jejich růstu. Důležitým faktorem při pěstování pomocných plodin je dodržení optimálních mezidruhových interakcí v porostu. Pomocné plodiny by tak neměly plodinu hlavní přerůst a stínit, nebo ji odebírat živiny a vláhu.

2 Cíl práce

V rámci práce byly stanoveny dva dílčí cíle:

1. Vypracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku pěstování ozimé řepky s pomocnou plodinou.
2. Druhým dílčím cílem bylo na základě polních experimentů ověřit vliv použití pomocných plodin (dvě rozdílné směsi pomocných plodin) v porostech ozimé řepky na výnos semen.

Hypotéza: Pěstování ozimé řepky v širších řádcích s pomocnou plodinou nevede k redukcí výnosu.

3 Literární rešerše

3.1 Řepka ozimá

Řepka ozimá je v České republice nejvýznamnější olejninou, po ozimé pšenici je to druhá nejpěstovanější zemědělská plodina. Podle Českého statistického úřadu v roce 2021 byla sklizňová plocha řepky 342 315 ha, což byl oproti předchozímu roku pokles o zhruba 25 000 ha. S úbytkem pěstované plochy zároveň poklesl i průměrný výnos z 3,38t/ha na odhadované 3 t/ha (Zehnálek & Kraus 2022).

Řepka je celosvětově druhou nejvýznamnější olejninou. Mezi největší producenty se řadí Evropa, Kanada a Čína. V současné době je Česká republika ve spotřebě olejnin plně soběstačná a je významným exportérem (Kuchtík et al. 2013).

3.1.1 Biologická charakteristika a šlechtění řepky

Řepka je z rodu *Brassica* a čeledi Brukvovité. Je to jednoletá rostlina s mohutným kořenovým systémem, listy jsou poloobjímavé, sivozelené. Dolní lodyžní listy jsou lyrovitě peřenosečné a řapíkaté, horní listy jsou vejčité a přisedlé (Novák & Skalický 2012).

Lodyha má výšku 1,4 – 1,6 metru a vyrůstá na ní zpravidla 6 – 8 větví. Rostliny při hustotě kolem 60 jedinců na 1 m² mají zpravidla 300 – 500 květů, ze kterých do sklizně obvykle zůstane 80 - 120 šesulí. Dvouřadá šesule zpravidla obsahuje 15 – 20 tmavě zbarvených semen s hmotností tisíce semen 4,5 - 5,5 g při vlhkosti 8 %. Květ je stavěn podle čísla 4, obvykle má barvu jasně žlutou. Kvetení porostu zpravidla trvá 20 – 25 dnů a většinou celé probíhá v květnu. Řepka se vyznačuje postupným kvetením na jedné rostlině, stejně tak řepka nerovnoměrně dozrává a z toho vyplývá značné riziko sklizňových ztrát. (Baranyk et al. 2007).

Kořenový systém řepky se vyznačuje svou typickou architekturou, kdy je hlavní kulovitý kořen ve tvaru obráceného kužele, jehož průměr ubývá s hloubkou prokořenění, na něj navazují rozsáhlé postranní kratší rozvětvené kořeny, tvořící kořenové vlásky (Koenig et al. 2011).

Baranyk a kol. (2007) uvádí, že hloubka kořene se pohybuje v rozmezí 1 – 1,75 metru především podle vláhových podmínek a technologie pěstování. Množství posklizňových zbytků, které řepka vytvoří je okolo 3 – 5 tun sušiny na hektar a z toho se přibližně 80 % se nachází v orniční vrstvě.

Koenig a kol. (2011) uvádí celkový podíl nadzemní hmoty u řepky 20 – 35 %, který je značně vysoký, například stabilní průměr u pšenice je v porovnání okolo 40 %.

Čeleď brukvovité dále zahrnuje mnoho druhů a poddruhů. Vzhledem k úzkému vztahu mezi druhy v rámci rodu a čeledi je možné tyto druhy křížit a výsledné křížence použít ve speciálním šlechtění. Druhy *B. campestris*, *B. oleraceae*, *B. nigra* jsou diploidní, zatímco *B. napus*, *B. carista*, *B. juncea* mají tetraploidní sady chromozomů. Následně pak výskyt podobných rostlinných forem v rodu vedl k spolčení jmen dokonce i pro stejný druh, což často vede k záměně. V Evropě a Spojených státech převládá ozimá forma řepky, naopak v Kanadě se pěstuje převážně forma jarní, vlivem příliš nízkých teplot pro přežití v zimě. Řepka olejná se například na indickém subkontinentu pěstuje jako *B. juncea* a *B. campestris*. V Číně jsou pak tyto druhy nahrazeny speciálními odrůdami *B. napus* (Orlovius 2003).

Baranyk a kol. (2010) uvádí, že řepka nemá žádného planého předka, vznikla zkřížením brukve zelné a brukve řepáku (řepice či vodnice) jako amfiallotetraploid s 38 chromozomy v oblasti středozemního genového centra.

3.1.2 Historie řepky

Brukev řepka je velmi stará kulturní rostlina, která pravděpodobně vznikla v Mediteránu. Řepka se pěstuje v mírném pásu obou polokoulí. V Evropě se pěstuje od 13. století (Novák & Skalický 2012).

V 18. století, kdy došlo ke zdokonalení olejové lampy a vzrostla spotřeba řepkového oleje, dále se řepka využívala k výrobě maziv a rozšířila se v potravinářství (Barany et al. 2007).

V současné době je řepka v České republice pěstována na zhruba 360 tisíc ha. Má významné postavení v rostlinné výrobě, kde působí v osevních postupech jako zlepšující plodina, zejména je využívána jako přerušovač obilných sledů (Kuchtík et al. 2013).

3.2 Využití řepky

3.2.1 Potravinářství a krmivářství

Pro potravinářské účely se pěstují především „dvou nulové“ odrůdy, které mají velmi nízký obsah glukosinolatů a kyseliny erukové. Řepkové oleje za studena lisované jsou zdravé, protože obsahují vitamín E a antioxidanty, které napomáhají k snížení hladiny cholesterolu v krvi (Kuchtík et al. 2013).

Řepkový olej ze současných odrůd je vhodný pro tepelné zpracování pokrmů, ale dá se využít i za studena. Olej má neutrální chuť i vůni a dále obsahuje v porovnání s ostatními oleji málo nasycených mastných kyselin, které negativně působí na hladinu cholesterolu v krvi. Řepkové výlisky a extrahované šroty jsou významnou součástí krmných směsí hospodářských zvířat vlivem obsahu bílkovin (Baranyk et al. 2010).

Kuchtík a kol. (2013) uvádí, že řepkové šroty obsahují až 20 % bílkovin a lze jimi v krmivářství nahradit šroty sójové, které jsou do České republiky velmi často dováženy.

V zahraničí jsou řepkové extrahované šroty, výlisky, nebo drcená semena využívána v krmných směsích v maximálních možných krmných dávkách pro hospodářská zvířata a hrají významnou roli bílkovinné součásti krmiv (Baranyk et al. 2007).

3.2.2 Biopaliva

Produkce biopaliv v posledních deseti letech rapidně vzrostla a její rozšiřování se dá očekávat pro dosažení vyššího podílu výroby „zelené energie“. V Evropské unii se až 77 % produkce bionafty vyrábí z řepkového oleje, zbytek tvoří sójové a palmové oleje, které jsou převážně dováženy. Následkem vyšší poptávky plodin pro biopaliv vede k tlaku na dodávky potravin, zejména jsou to obilniny a rostlinné oleje, které výrazně ovlivňují ceny potravin (Zentková & Cveňgrošová 2013).

Bionafta neboli metylalkohol (MEŘO) se získává chemickou reakcí řepkového oleje s metylalkoholem transesterifikací. Jedná se o alternativní palivo velmi podobné motorové naftě až na pár odlišností, mezi které se řadí nižší kouřivost při spalování, agrese vůči běžným plastům a zhoršené chladové vlastnosti. Využívání rostlinných olejů, jako palivo prvně testoval Rudolf Diesel v roce 1895, kdy vznětový motor poháněl olej z podzemnice olejné (Baranyk et al. 2007).

3.3 Pěstování řepky ozimé

3.3.1 Agrotechnika

Pro správné založení porostu řepky je třeba dodržet optimální agrotechnické lhůty výsevu, správné set'ového lože s dobrou kapilaritou a malou hrudovitostí, dále i organizaci posklizňových zbytků a konkurence výdrolu nejčastěji po obilné předplodině (Baranyk et al. 2010).

Agrotechnický termín pro setí řepky ozimé je podle podmínek od poloviny až do konce srpna. Tento termín zaručuje, že řepka před nástupem zimy dosáhne růstové fáze 6 až 8 listů a tloušťky kořenového krčku 8 – 12 mm potřebné pro přezimování rostliny. Při nedodržení nemusí dojít ke zdárnému přezimování, které prokazatelně snižuje výnos (Kuchtík et al. 2013).

Velice žádoucí je pro řepku hlubší zpracování půdy do hloubky 15 – 25 cm, vlivem snažší infiltrace vody, provzdušnění půdního profilu a dosažení lepšího prokořenění a podpoře kořenového systému řepky. Proto mnoho pěstitelů využívá orbu, nebo hlubší kypření (Baranyk et al. 2007).

Mělké zpracování se uplatňuje především ve velmi suchých oblastech a na těžkých půdách, které jsou v srpnu těžko zpracovatelné, nebo příliš kamenité. Ve výsušných oblastech, se klade důraz na úsporu půdní vláhy, a proto se využívá výsev rovnou do podmínky. V posledních letech se v suchých oblastech uplatňují a rozšiřují půdoochranné technologie přímého setí, nebo mělkého pásového zpracování (Baranyk et al. 2010).

Baranyk a kol. (2007) doporučují technologii pěstování řepky s orbou hlavně ekologickým zemědělcům, proti boji s výdrolom, chorobami a škůdci v počátečním růstu řepky. Dále doporučují po zasetí do hloubky 1 – 3 centimetry povrch půdy upravit cambridgeskými válci a po dosažení šesti listů řepky je vhodné proti plevelům a rozrušení půdního škrálopu použít prutové plecí brány. Tento způsob označují za vhodný i z jara při výskytu svízele přítuly, a to až do uzavření porostu a větvení řepky.

Orebná technologie zpracování půdy pro řepku se uplatňuje především v oblastech s lehčími půdami, nebo se využívá zapravení organických zbytků, likvidace výdrolu obilniny, nebo zapravení hnoje. Pro řepku se volí středně hluboká orba 18 – 24 cm a vyšší pojezdová rychlost, která zajišťuje menší hřebenitost, dále je velice vhodné použití půdního pěchu osazeného na pluhu. Nejlepší možností by bylo nechat orbu 2 – 3 týdny slehnout, aby se spojila vzlínavost, to je v praxi ale nemožné z důvodu přeschnutí půdy, a tak se upřednostňuje setí do čerstvé brázdy v co nejkratším odstupu od orby, kdy zpracovaná půda obsahuje dostatečné množství vláhy (Baranyk et al. 2010).

Berglund a kol. (2007) popisují technologie pěstování řepky odolné vůči herbicidům. Mezi něž patří systémy *Clearfield* působící látkou *imidazoline*, dále jsou šlechtěny řepky odolné vůči herbicidu Liberty s látkou *glufosinate* a Roundup s účinnou látkou *glyphosate*.

3.3.2 Zařazení řepky v osevním postupu

Řepka má fyto-sanitární účinky, kterými ozdravuje a zbavuje půdu od houbových patogenů. Díky této schopnosti je řepka ozimá výbornou předplodinou pro obilniny, protože snižuje výskyt chorob, jako například pat stébel u obilnin (Bečka et al. 2007).

Berglund a kol. (2007) ve své publikaci doporučují odstup v pěstování na stejném pozemku minimálně dva roky. Během těchto let by se na pozemku neměla pěstovat slunečnice, cukrovka a další brukvovité, kde hrozí riziko infekce a přenosu. Za vhodné plodiny uvádí sóju, len a hrách, které jsou méně náchylné k přenosu spor. Dále doporučují pěstovat rezistentní odrůdy a nejlépe řepku pěstovat mezi obilninami, nebo zařadit po řepce úhor.

3.3.3 Setí řepky

Baranyk a kol. (2007) uvádí agrotechnický termín pro zasetí řepky podle podmínek a oblasti od druhé dekády srpna do začátku září. Tak, aby řepka dosáhla požadované růstové fáze na podzim (6 – 8 listů), vytvořila dostatek asimilátů a tloušťka kořenového krčku byla 8 – 12 mm. Dále v publikaci autoři uvádějí optimální výsev s počtem 30 – 50 jedinců rostlin na m², zároveň se ale shodují, že lze z jara po špatném přezimování ponechat i 10 silných rostlin na m², které udrží výnos, jen s rizikem většího zaplevelení. Optimální hustota porostu a počet rostlin na m² je důležitý pro dosažení kvality produkce a výnosu semen.

Gan a kol. (2016) vytvořili terénní studie na několika stanovištích v různých oblastech a v letech 2010 až 2012 sledovali vliv hustoty porostu a jeho projev na nástup fenologických fází a výnos semen řepky. Z výsledků zjistili, že optimalizace počtu rostlin je závislá na podmínkách prostředí a zvolené odrůdě.

3.3.4 Výživa řepky

Řepka je velice náročná plodina, která odčerpá velké množství živin z půdy. Odběrový normativ čistých živin v kilogramech na tunu výnosu semen řepky je N 55, P 9, K 50, Ca 45, S 12, Mg 7. Proto je dobré před setím, nebo k předplodině aplikovat organická hnojiva (Vaněk et al. 2016).

Pro optimální výživu řepky je potřeba zhruba třináct různých minerálních živin, všechny prvky jsou důležité a nenahraditelné, ačkoliv požadované množství se značně liší. Při nedostatku, nebo nedostatečném přísunu jen jedné živiny, nemůže dojít k optimálnímu růstu rostliny (Béřeš et al. 2019).

Vzhledem k velkému množství odebraných živin patří řepka k plodinám, které přispívají ke kladné bilanci organické hmoty v půdě. Řepka přispívá jednak opadem listů a dále při zaorávce posklizňových zbytků se velké množství živin vrátí půdě zpět. Nejvyššího efektu hnojení je dosahováno, když půda je zásobena a umožňuje řepce příjem živin v náležité výši a ve vzájemně vyrovnaných poměrech, tohoto stavu je dosahováno při hnojení organickými hnojivy (Baranyk et al. 2007).

Po vytvoření dostatečně silného kořene a prokořenění půdního profilu má řepka velmi dobrou osvojovací schopnost získání živin a je schopna přijímat živiny z méně dostupných forem, které ostatní rostliny nedovedou využít (Vaněk et al. 2016).

Při poklesu základních živin pod střední úroveň je nezbytné dodat všechny prvky, které jsou v nedostatku a vyrovnat poměr živin. To je podmínkou pro rychlý růst řepky a podpoření konkurenční schopnosti proti plevelům, chorobám a škůdcům (Baranyk et al. 2007).

Béřeš a kol. (2019) uvádí ze svých tříletých pokusů, že nejvhodnější podzimní dávka dusíku pro řepku je 40 kg N/ha. Tato dávka podporuje optimální zesílení řepky před zimou. Slabší porosty řepky doporučují přihnojit touto dávkou společně s dalšími živinami už koncem října. Z výsledků pokusu je patrné, že zvýšené dávky dusíku nevedou k vyššímu výnosu.

Pro dosažení dobrých výnosů je potřeba z jara provést časné regenerační přihnojení na podporu růstu a regeneraci rostlin po zimě. Během vegetace se dále provádí hnojení produkční a kvalitativní formou kapalného hnojiva většinou společně s další ochranou porostu (Kuchtík et al. 2013).

3.3.5 Regulátory růstu

Regulátory růstu aplikované do řepky na podzim přispívají k dobrému přezimování rostlin. Cílem je vytvořit řepce přisedlou listovou růžici, podpořit kořenový systém a pomoci rostlinám s redukcí vody v pletivech a vytvoření více větví. V současné době je mnoho fungicidů, které mají na řepku regulační účinky. Na jaře se využívají regulátory růstu pro

posílení rostlin po zimě. Dalším cílem pozdějších aplikací je zahuštění porostu, snížení výšky rostlin a tím omezení poléhavosti (Bečka et al. 2007).

Bečka a kol. (2013) uvádí výsledky pokusů, kdy jarní aplikace regulátorů růstu se projevila na porostu vyšším počtem větví na rostlině o 0,2 kusu a výška rostlin byla snížena v průměru o 0,1 m.

3.3.6 Ochrana řepky

Baranyk a kol. (2007) uvádí, že aplikace pesticidů tvoří podle podmínek 20 – 25 % z celkových nákladů na pěstování řepky. Ochrana rostlin tak patří mezi významné intenzifikační faktory a při správném provedení je návratnost vysoká. V objemu provedené ochrany rostlin je řepka v ČR na prvním místě.

3.3.7 Zaplevelení

Regulace zaplevelení může být začleněna mezi operace zpracování půdy, nebo navazuje bezprostředně po výsevu řepky. Na rozdíl od ostatních plodin je potřeba herbicidní ochranu úspěšně ekonomicky provést na počátku vegetace. V podzimním období, nebo z jara nemusí herbicidy zajistit tak spolehlivý výsledek. Hlavními a nejškodlivějšími plevely v řepce ozimé jsou díky své konkurenceschopnosti jednoleté přezimující plevely. Mezi tuto skupinu plevelů patří heřmánkovité plevely a svízel přítula (Baranyk et al. 2007).

3.3.8 Škůdci

Řepka patří mezi plodiny, které škůdci napadají po celou dobu vegetace, jednotlivé druhy škodí pouze v určitých růstových fázích. Podzimní škůdci poškozují klíčící rostliny, ničí kořeny a redukuje listovou plochu. To vše vede ke snížení schopnosti k přezimování rostlin a snížení výnosu. Další škůdci jako například krytonosci způsobují praskání a lámání lodyh, kterým vytváří prostory pro vstup infekce především houbových chorob. V době pozdního jara se vyskytují škůdci napadající generativní orgány, mezi nejvýznamnější patří blýskáčci, mšice a bejlmorka kapustová. Tito škůdci výrazně ovlivňují výnos, proto jsou chemická ošetření nezbytná pro dosažení prahů jejich škodlivého výskytu (Bečka et al. 2007).

3.3.9 Choroby

Bečka a kol. (2013) uvádí velmi široké spektrum chorob řepky. S rostoucím počtem pěstovaných ploch, plošné aplikaci fungicidů a šlechtění řepky proti fómové hnilobě lze vyzdvihnout pouze několik nebezpečných chorob, které při rozšíření značně snižují výnos. Mezi nejvýznamnější choroby tak řadí plísň, padlí, černě, verticiliové vadnutí a fomovú chorobu. Za méně časté, ale velmi nebezpečné autoři označují nádorovitost kořenů košťálovin a hlízenku obecnou.

V řepce ozimé se vyskytují choroby, které při rozšíření v porostu mohou snížit výnos o 20 – 50 %. V posledních letech byl zaznamenán nárůst a rozšíření převážně houbových chorob řepky ozimé (Bečka et al. 2007).

Ve všech oblastech světa řepku poškozují hlízenka obecná, která vytváří 1,5 - 3 centimetry velká sklerocia a v půdě mohou přežívat deset a více let. Ze sklerocií rostou světle hnědé plodničky, které následně uvolňují spory a ty se lepí nejčastěji na opadlé korunní plátky listů rostlin, kde klíčí a dále infikují. Na řepce jsou příznaky vidět od dokvétání na stonku, kdy dochází k vytvoření šedých vodnatých skvrn na pokožce. Tyto skvrny následně vedou k jejímu loupání (Bečka et al. 2013).

3.4 Pomocné plodiny

V souladu s pomocnými plodinami je potřeba přistupovat k variabilitě pozemku a předcházet tím rizikům, která by mohla nastat během vegetace, ale i v dalších letech. Pomocná plodina s plodinou hlavní pracují v symbióze, navzájem se podporují a chrání, takže nelze k pomocným plodinám přistupovat jako neproduktivním. Jedním z cílů pěstování pomocných plodin je dosažení zvýšení produkčních a mimoprodukčních funkcí v zemědělství. Pomocné plodiny naplňují pěstitelské cíle stanovené pro hlavní plodinu. Pomocné plodiny spadají do kategorie integrované ochrany rostlin (Brant et al. 2019).

Pomocné plodiny, někdy jsou označovány i jako doprovodné plodiny, jsou to rostliny, které napomáhají a zlepšují podmínky pro růst hlavní plodiny. Zkoumány jsou zejména v širokořádkových plodinách, kde se uplatňuje jako půdoochranná technologie při pěstování na erozně ohrožených pozemcích (Brant et al. 2016).

Využívání pomocných plodin především u širokořádkových plodin je v zemědělské praxi čím dál více rozšiřováno ve smyslu systému trvale udržitelného hospodaření. Je uplatňováno především protierozní ochrana půdy, fixace vzdušného dusíku, eliminace škodlivých činitelů, zvýšení organické hmoty, čímž se podporuje i biologické zpracování půdy a zvyšuje se aktivita půdní mikro a mezofauny. Tato technologie dále dobře reaguje na nepříznivé podmínky při pěstování plodin (Brant et al. 2020).

Dále je zkoumáno pěstování původně úzkořádkových plodin, jako jsou ozimá řepka, mák a obilniny na širší meziřádek s využitím pomocných plodin. Sledovány jsou příznivé vlivy, které napomáhají při pěstování (Brant et al. 2019).

Pomocné plodiny vytváří plodině hlavní příznivé mikroklima porostu a zlepšují podmínky pro pěstování. Dále jsou využívány pomocné plodiny k regulaci nepříznivých činitelů, jako jsou choroby nebo škůdci, kdy některé plodiny působí repelentně, nebo naopak nabízí více potravy, čímž je zmenšeno poškození plodiny hlavní. Dále pomocná plodina rozšíří potravinový řetězec a dochází k biologické regulaci škůdců (Petr et al. 1992).

Pěstování pomocných plodin přispívá ke snížení selekčního výběru hmyzem. Využívá se stejně jako u meziplodin aleopatického působení, které vede ke snížení zaplevelení. Pomocné plodiny také velice dobře regulují výskyt patogenních bakterií, chorob a virů v půdě (Brant et al. 2019).

Cílem technologie je omezit rozvoj plevelů v meziřádku na podzim, nakypřit půdu meziřádku a vytvořit vhodné podmínky pro infiltraci vody (Brant et al. 2022).

Udržitelné zemědělství stále více využívá pomocných plodin a meziplodin. Existuje široká škála pěstovaných druhů plodin, které se díky svým vlastnostem využívají. Tyto plodiny se vyznačují rychlým růstem v raných fázích růstu a produkcí velkého množství biomasy. Svým růstem snižují tlak plevelů, zlepšují zdraví rostlin i půdy. Dále mohou zvýšit pH půdy a koncentraci živin v půdě, čím zlepšují kvalitu a výnos hlavní plodiny. Zároveň ale v suchém období mohou omezit a odebrat následně plodině potřebnou vláhu (Žuk-Gołaszewska et al. 2018).

V důsledku klimatických změn čelí zemědělství nejen obtížnému průběhu počasí, než tomu bylo v minulosti, ale i převaze nepříznivých podmínek počasí v budoucnu. Z toho vyplývá, že se naše systémy pro produkci potravin musí zaměřit na vytvoření odolnosti a schopnosti přizpůsobit se teplejšímu klimatu. S tím, jak budou tyto nové technologie pěstování plodin nabývat na významu, povedou k větším inovacím v zemědělství (Niggli et al. 2009).

V současné době stojí zemědělství před požadavky na maximalizaci a efektivitě využívání zdrojů, minimalizaci emisí do prostředí. Primární produkce je omezována dávkami dusíkatých hnojiv, která mohou ovlivnit svými ztrátami životní prostředí. Cílem výživy je tak dosahovat rovnováhy mezi potřebou dusíku a dostupností v půdě pro rostliny. Díky těmto všem aspektům je potřeba věnovat pozornost managementu toku dusíku (Vos & Putten 1997).

3.5 Historie pěstování pomocných plodin

Historicky bylo využíváno pěstování více plodin souběžně, z prvopočátku to byly luskoobilné směsi, nebo podsevy. Od 80. let minulého století se především v ekologickém zemědělství začaly vyvíjet technologie využití podsevů v kukuřici seté (Brant et al. 2019).

Řekové kolem roku 300 využívali společnou výsadbu fazolí a bobu pro zlepšení půdy. V Severní Americe bylo zelené hnojení uvedeno do zemědělské praxe pro zlepšení úrodnosti půdy od 18. století (Dierauer et al. 2017).

Dříve meziplodiny sloužily především jako plodiny, které prodlužovaly a zkvalitňovaly pás zeleného krmení, který navíc příznivě působil na půdní vlastnosti a rozšiřoval osevní postup (Petr et al. 1992).

Význam meziplodin, jakožto rezervy krmiv, výrazně ustoupil vlivem úbytku stavů skotu. V posledních letech vzrostl význam meziplodin v osevních postupech. Rozšiřování pěstování meziplodin potvrzuje jejich příznivý vliv na půdní prostředí a v rostlinné výrobě se meziplodiny staly důležitým biologickým faktorem (Vach et al. 2009).

Už Severoameričtí indiáni využívali pro obživu současného pěstování kukuřice, fazolu a dýně na svých zahrádkách, byli si vědomi toho, že fazole fixují dusík a přispívají k výživě dalších plodin a dýně tvoří spodní plazivé patro, kterým zabraňují růstu plevelů v kukuřici. Pomocí těchto systémů se jim podařilo dosáhnout vysokých výnosů, a to vše pouze ruční prací na zahrádkách pro svoji obživu. Návrat a ověřování původních systémů pěstování směsných kultur s využitím jejich vzájemně prospěšného soužití je častým trendem současných výzkumů (Brant et al. 2019).

3.6 Přínosy pomocných plodin

3.6.1 Eliminace eroze

Eroze představuje fyzikální, nebo biologickou degradaci půdy, která je těžko návratnou ztrátou zeminy, humusu, živin a mikrobiálního života (Petr et al. 1992).

Jednou z mnoha funkcí meziplodin, pomocných plodin a podsevů je protierozní opatření, které eliminuje erozi půdy především v porostech širokořádkových plodin. Během růstu plní tyto plodiny především ochrannou funkci proti vodní erozi a po sklizni eliminují větrnou erozi. Vegetační kryt tak zamezuje erozi přímou, která destruktivně působí na půdu. Rostliny svým kořenovým systémem zpevňují půdu a dále zvyšují retenční schopnost půd. Tato možnost pěstebních systémů je zařazena mezi půdoochranné technologie zpracování půdy (Brant et al. 2008).

Větrná eroze kromě odnosu zeminy obnažuje kořínky rostlin a přesekává jemné stonky půdními částicemi unášenými větrem (Petr et al. 1992).

Nejrizikovější je vodní eroze, kapky vody rozbíjejí půdní agregáty a jemné částice půdy vzniklé rozpadem půdní struktury a společně s bobtnáním půdních agregátů se podílejí na omezení infiltrace. Dopadá-li na půdu větší množství vody, než které je půda schopna přijmout, tak se voda nahromadí a dochází k odtoku (Brant et al. 2016).

Na hlubokých půdách ztráta půdní vrstvy o mocnosti 50 milimetrů znamená průměrné snížení výnosu obilniny o 15 % (Petr et al. 1992).

V době přívalových dešťů je zadržování vody na plochách ekologicky obhospodařovaných oproti konvenčním, dvojnásobné. Tím se výrazně snižuje riziko záplav a ekologické hospodaření na půdě by v širším měřítku mohlo být významné (Niggli et al. 2009).

Brant a kol. (2008) dokazuje na základě pokusů hodnoty pokryvnosti podsevů jílku vytrvalého a mnohokvětého po sklizni silážní kukuřice 45 – 70 % a to za neprůkazného vlivu podsevů na pokles výnosu silážní kukuřice.

Kapková eroze je závislá na kinetické energii deště, jeho intenzitě, stabilitě půdních agregátů, velikosti hrud a půdních pórů, množství kamenů, na rostlinném pokryvu a rostlinných zbytků na povrchu půdy (Brant et al. 2016).

Mechanické zpracování půdy také narušuje její soudržnost a tím se snižuje množství energie potřebné k odplavení půdního materiálu (Berner et al. 2012).

3.6.2 Omezení zhutnění půdy

V současnosti je v České republice zhutněním postiženo 45 % zemědělského půdního fondu. Tento stav půdy především zhoršuje její produkční schopnost. Mezi největší příčiny zhutnění patří nevhodné způsoby zpracování půdy, především jde o nevhodně použitou mechanizaci za nepříznivých podmínek pro zpracování půdy a zvýšené množství přejezdů po poli (Vach & Javůrek 2010).

K zhutnění půdy dochází, když tlak na půdu způsobený přejezdem mechanizace je vyšší než její nosnost. Každou půdu je možné utužit, bez ohledu na její půdní druh. Dojde-li k utužení půdy, znamená to především, že jsou přerušeny zásobovací cesty, kterými se do půdy dostává voda a kyslík. Půda následně špatně infiltruje vodu, která tak z povrchu snadno odtéká. Půda dále představuje zhoršené podmínky pro půdní mikroorganismy a rostliny (Berner et al. 2012).

Nové technologie zpracování půdy omezují zhutnění půdy, a především redukuje počet přejezdů po poli. Všeobecně se uvádí, že oproti konvenčnímu způsobu hospodaření na půdě nové technologie snižují počet kolejových stop na poli až o 50 % (Vach & Javůrek 2010).

Degradace půdy v důsledku využívání úhoru v sušších oblastech negativně ovlivňuje a zhoršuje udržitelnost a produktivitu půd (Biederbeck et al. 1997).

Proti utužení a zhutnění působí vyšší obsah organické hmoty v půdě, který se také stává potravou a podporuje aktivitu půdních organismů (Petr et al. 1992).

Dle Pommeresche a kol. (2007) žížaly v některých půdách vytvoří chodbičky do hloubky 0,8 – 0,9 metru, v dobře propustných jílovitých půdách zaznamenali chodby žížal do hloubky až 2 metry. Žížaly chodbičkami do této hloubky zatahují a tráví organické zbytky, kterými zlepšují půdní strukturu, přeměňují živiny na snadněji přijatelnou formu pro rostliny, a především svými chodbami kypří půdu a následně umožňují lepší přístup vzduchu a vody do půdy.

3.6.3 Obohacení o živiny a organickou hmotu

Organickou hmotu tvoří celkový soubor neživých látek přírodního původu. Má přímý a nepřímý vliv na přístupnost rostlinných živin a slouží jako zdroj energie. Půdní organická hmota zvyšuje přijatelnost fosforu a mikroprvků. Organická hmota se také v půdě podílí na absorpci a detoxikaci polutantů organického a minerálního původu (Petr et al. 1992).

K obohacení půdy o organickou hmotu při pěstování meziplodin a pomocných plodin dochází na základě zapravení nadzemní biomasy do půdy a vlivem rozkladu kořenového systému. Vnesením organické hmoty do půdy se zvyšuje půdní úrodnost, podporuje stabilita půdních agregátů a celkově dochází ke zlepšení půdní struktury (Brant et al. 2008).

Cílem každého hospodaření by mělo být dosažení vyváženého zůstatku humusu v půdě po uplynutí jedné rotace osevního postupu (Berner et al. 2012).

Mineralizace organické hmoty a rostlinných zbytků na povrchu půdy je ovlivněna především teplotou horní vrstvy půdy, kdy optimální je 20 °C. Základem rozkladného procesu je dostatek vody a kyslíku pro oxidaci. Dále je velice důležitý poměr C : N (uhlíku a dusíku) pro mineralizační procesy je příznivý poměr 5 – 10 : 1, poměr vyšší než 30 : 1 je spojený s imobilizací N mikrobními společenstvy (Brant et al. 2016).

Vach & Javůrek (2010) popisují, že při používání ochranného způsobu zpracování půdy několik let po sobě výrazně narůstá obsah organické hmoty v povrchových vrstvách půdy,

především oproti orbě. Vyšší obsah organické hmoty se tak podílí na odlišných fyzikálních vlastnostech půdy a vyšší aktivitě mikroedafonu. Bezorebné technologie, tak podporují růst a rozvoj bezobratlých živočichů, kteří zlepšují půdní vlastnosti, nebo jsou významnými predátory. Nejvýznamnější je však rozvoj půdních bakterií a hub, ty pomáhají enzymaticky rozkládat organickou hmotu, ze které získávají energii a produkují látky huminové povahy.

Pommeresche a kol. (2007) uvádějí, že trávicím traktem žízála může za rok na ploše jednoho hektaru projít až 250 tun půdy. Mineralizací organické hmoty se všechny mikro a makroživiny zpřístupňují k dispozici rostlinám. Pro životní aktivitu mikroorganismů rozkládající organickou hmotu je především potřeba dusík, proto je rozklad organické hmoty podporován společnou aplikací dusíkatých hnojiv (Mamiev et al. 2019).

Vach & Javůrek (2010) uvádí nejvhodnější poměr pro mikrobiální rozklad posklizňových zbytků C : N = 20 – 30 : 1. Tohoto poměru je nejvíce dosahováno u slámy z luskovin, která je nejvhodnějším mulčem.

Brukvovité meziplodiny mají snadno degradovatelnou biomasu, proto jsou využívány jako efektivní zelené hnojení. Tyto druhy meziplodin jsou navíc využívány pro fyto-sanitární účinek v půdě, kdy během růstu, nebo rozkladu biomasy vylučují látky, které eliminují půdní patogeny, nebo vykazují inhibiční efekt na klíčení semen plevelů (Brant et al. 2022).

Brant a kol. (2019) uvádí, že produkce nadzemní suché biomasy na konci vegetace meziplodin se pohybuje v rozmezí 1,3 až 2,8t/ha a zásoba N se v průměru let 2014 až 2017 v nadzemní suché biomase pohybovala na úrovni 50 kg N/ha.

3.6.4 Zamezení vyplavení živin

V současné době je zemědělství vystaveno požadavkům na maximalizaci využití zdrojů při dodržení minimálních emisních vstupů do životního prostředí. Vysoký požadavek je kladen na zamezení ztrát živin z půdy a ochrana vodních zdrojů. Meziplodiny v tomto mají nezastupitelnou funkci z hlediska biologické sorpce (Brant et al. 2008).

Rychlá dynamika růstu většiny meziplodin po výsevu je spojena s efektivním získáváním dusíku a dalších živin z půdy a jeho zabudování do biomasy, čímž je omezována především ztráta dusíku do spodních vrstev půdy a následně do spodních vod (Brant et al. 2022).

Baggs a kol. (2000) provedli pokusy, kdy zkoumali obsah dusíku v půdě s holým povrchem a meziplodinou přes zimu. Z výsledků prokázali, že meziplodina odebrané živiny z půdy zabudovala a po rozkladu zpět půdě vrátila. Naopak v půdě s holým povrchem přes zimu došlo k úbytku obsahu dusíku a dalších živin, které se proplavily do nižších vrstev půdy.

Pro zamezení ztrát živin, které jsou v systémech s nízkými vstupy často limitující, by měla být půda v optimálním sledu ornamentně pokryta plodinami. Holé úhory jsou oproti tomu nejen neproduktivní, ale navíc vykazují vysoký sklon ke ztrátám živin (Niggli et al. 2009).

Vogeler a kol. (2019) prokázali, že směsi meziplodin snižují vyplavování dusičnanů v během roku v porovnání s holou půdou až o 51 – 80 % a následná mineralizace biomasy meziplodin vedla ke zvýšení dostupnosti N pro následnou komerční plodinu.

Dále Brant a kol. (2008) uvádí pozitivní vliv zařazení pěstování meziplodin v osevním postupu, které vedlo ke snížení obsahu nitrátů v podzemní vodě o 23 %.

3.6.5 Energetická bilance zemědělských soustav

Zdroje surovin i energie nejsou nevyčerpatelné, a proto je nutno je šetřit. Problematika energetiky přirozeného ekosystému je často diskutované téma, na které navazují nové technologie a studie. Nové výsledky a poznatky energetických studií pomáhají v problematice celých zemědělských soustav. Nové postupy zlepšují využití maximálního množství energie a úspor dodatkové energie vložené do rostlinné produkce. Energie metabolizovaná porostem

plodin je chemická energie uložená v látkách vyprodukovaných procesem fotosyntézy. Množství energie metabolizované porostem plodiny je dáno především výnosem této plodiny (Petr et al. 1992).

3.6.6 Ekosystém půdy

Důležitým znakem ekosystému je jeho schopnost odolávat změnám. Pokud byl narušen, je potřeba jej vrátit do rovnovážného stavu. Škody vznikají potlačením půdních mikroorganismů, změnou organické hmoty, která je substrátem biologické složky půdy. Půdy obsahují málo fotosyntetizujících organismů, a proto jsou závislé na energii v podobě organické hmoty, ať ve formě rostlinné nebo živočišné, kterou mineralizuje a dále přeměňuje půdní fauna a mikroorganismy (Petr et al. 1992).

Näser (2021) uvádí, že v půdě, která je déle jak dva týdny bez vegetace se začne výrazně vytrácet půdní život. Tento jev se prvně projeví zhoršením půdní struktury. Používání zemědělských chemických látek má na funkci ekosystému nepříznivé účinky. Proto jsou pro podporu půdních mikroorganismů velice vítána statková hnojiva, meziplodiny a pomocné plodiny, které doplňují organickou hmotu.

Biologická činnost půdy je přizpůsobivá k většině antropogenních vlivů, ale její změny jsou pomalé a hůře napravitelné. Schopnost půdy odolat nepříznivým změnám je dána především obsahem a typem jílových minerálů a dále kvalitou a množstvím organické hmoty (Petr et al. 1992).

Kwiatkowski a kol. (2020) během tříletých studií stanovovali obsah organického uhlíku na půdách s pěstováním meziplodin a bez využívání meziplodin. Z výsledků je patrné, že bez ohledu na pěstovaný druh meziplodiny vedla zaorávka biomasy meziplodin k výraznému zvýšení obsahu uhlíku v půdě. Pěstováním více rozmanitých plodin podporuje životní biodiverzitu půdních druhů a funkce mikrobiálních společenstev.

Půdní organismy jsou nezbytní činitelé, kteří přispívají k úrodnosti půdy a zlepšují její vlastnosti. Z půdních živočichů jsou nejvýznamnější dešťovky, které zatahují organický materiál do půdy, který dále mísí s minerální složkou a rozmělnují. Těmito procesy usnadňují mikroorganismům následný rozklad a tvorbu půdních agregátů. Dále žížaly vytváří chodbičky, kterými zlepšují výměnu vzduchu v půdě. Mimořádný význam má mykorrhiza, kdy půdní houby žijí v symbióze s kořeny rostlin. Houba aktivně přispívá rostlině k příjmu a transportu minerálních látek, podporuje příjem vody a chrání rostlinu proti stresu, podporuje kořenový systém a chrání ho proti kořenovým parazitům, ovlivňuje kořenovou mikroflóru a zlepšuje pojivou schopnost půdy. Všechny tyto půdní schopnosti jsou velice cenné a v dnešní době relativně vzácné, protože v konvenčním zemědělství nemají takový význam, vlivem hnojení vysokými dávkami snadno rozpustných průmyslových hnojiv, která vedou k rezistenci těchto půdních schopností (Petr et al. 1992).

Jestliže jsou meziplodiny, nebo pomocné plodiny ponechány na pozemku až do doby jejich kvetení, stávají se významným zdrojem potravy pro opylovače a další druhy bezobratlých, kteří se živí pylem a nektarem. Díky tomu se v těchto porostech můžou predátoři namnožit a následně se šířit i na další pozemky, kde mohou pomáhat regulovat výskyt škodlivých druhů hmyzu. Zde je potřeba připomenout, že většina pěstovaných plodin pro tyto organismy v podstatě žádnou potravu nenabízí a jejich porosty pro ně představují značně nepříznivé prostředí (Brant et al. 2022).

Biologická pestrost je důležitá pro ekologické systémy produkce potravin. Pro zlepšení všech zemědělských systémů je možné s velmi vysokým efektem použít mnoho principů trvale udržitelného ekologického zemědělství (Niggli et al. 2009).

3.6.7 Regulace plevelů

Jedním z cílů a velkým přínosem při pěstování pomocných plodin je regulace plevelů v meziřádku hlavní plodiny. Primárním faktorem je prostorové rozmístění rostlin, kdy dochází k druhovým interakcím. Míra interakce pomocné a hlavní plodiny vychází především z jejich biologických vlastností, dynamiky růstu a podmínek stanoviště. Pro úspěšný vývoj obou plodin závisí na mnoha faktorech, termín a způsob výsevu plodin a vláhové podmínky. (Brant et al. 2019).

Plevele a výdrol předplodiny jsou významným rizikovým faktorem při růstu pomocných plodin a meziplodin. Růstová dynamika pomocných plodin je výrazně zpomalená oproti plevelům například vlivem nepříznivých podmínek, jako je sucho, odčerpání vláhy a živin. Hlavně v počátečním růstu meziplodin je silným konkurentem výdrol, nejčastěji to bývá z obilné předplodiny. Druhové spektrum plevelů lze ovlivnit termínem založení porostu a jeho druhovým složením, dále jeho hustotou a agrotechnikou (Brant et al. 2022).

Druhové složení plevelů a jejich výskyt je reakcí půdy na opatření, která poškodila půdní mikroorganismy, proto stejné plevele i po regulaci rostou na stejném místě. Důležité a efektivnější je hledat příčinu růstu plevele než, jak s ním bojovat. Plevele nové populace dobře rostou po rozsáhlých mikrobiálních ztrátách v půdě, dále pak mikrobiální život v půdě potlačují svými látkami a kořenovými exudáty (Näser 2021).

Regulace plevelů a výdrolu předplodin je z agrotechnického hlediska jedna z hlavních funkcí meziplodin, pomocných plodin a podsevů. Tyto plodiny zamezují rozvoji plevelů, dochází tak k přerůstání, zastínění, odčerpání živin a vláhy plevelům. Vlivem snížení nebo úplného potlačení plevele dochází na velkých plochách k vynechání herbicidní regulace v následných plodinách, dále pomáhají regulovat výskyt chorob a škůdců, který by se mohl přenést, což je prospěšné z fyto-sanitárního hlediska. Tím vším je dosaženo nižších nákladů na pěstování rostlin a přínosu ke snížení ekologické zátěže (Brant et al. 2008).

3.7 Pěstování pomocné a hlavní plodiny

Cílem všech technologií je založení dobře zapojeného porostu, který vytvoří do zimy přiměřené množství biomasy. Pozdě založené porosty, které vytvoří zanedbatelné množství biomasy, sice splní formální podmínky, ale nenaplní jeho smysl a účel (Vach et al. 2009).

Důležité je správné načasování výsevu a zachycení podmínek pro optimální růst. Například pozdě vyseté meziplodiny mají zpomalenou růstovou schopnost, takže pomaleji pokrývají půdu. To vede k prostoru pro růst plevelů a výskytu eroze. Dále se může vyskytnout problém s ukončením vegetace, protože nadzemní biomasa bude mít vysoký poměr C / N, který se bude v suchých podmínkách pomaleji rozkládat v půdě a může vést k zaplevelení následující plodiny (Mamiev et al. 2019).

V rámci fyto-sanitárního působení nelze samozřejmě opomenout vliv meziplodin na snížení chorob a škůdců v systémech hospodaření na orné půdě. Kromě pozitivního působení na snižování výskytu škodlivých činitelů může nevhodné zařazení meziplodin do osevního postupu naopak vést k rozvoji a následně zvýšení škodlivého působení chorob a škůdců (Brant et al. 2008).

Rostliny si nesmějí konkurovat, ale musejí si být prospěšné. Toho je možné docílit přesným výsevem pomocné a hlavní plodiny. Při přesné seti je také potřeba využít možnosti setí do různých hloubek a to tak, že se na secím stroji dá regulovat přítlak výsevních botek, aby bylo plně využito biologických vlastností osiva. Výsev plodin je buď rozdělený, nebo souběžný. Při první variantě je možné sít do předpřipravených pásů s pomocnými plodinami, kdy půda je pásově zpracována. Druhá varianta je přímý výsev sečkou, která umožňuje sít více plodin současně. Při této variantě může dojít k přerůstání plevelů ještě před vzejitím vysetých

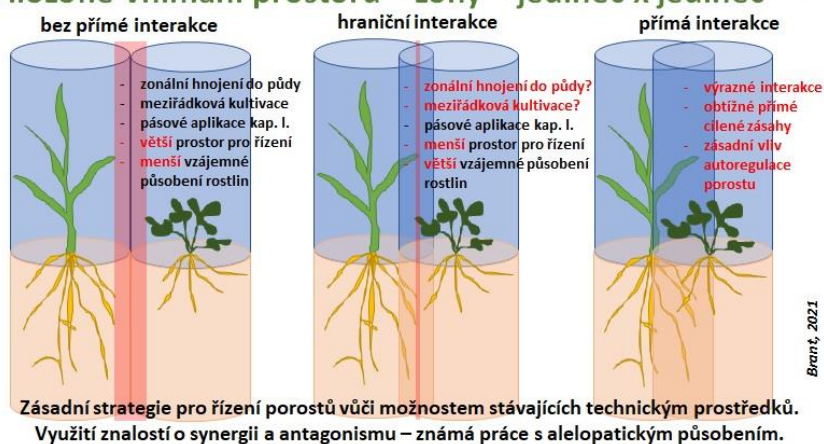
plodin. Proto jsou zakládány pokusy v některých případech pásově ošetřeny preemergentními herbicidy. Dále se využívá setí pomocných plodin do již vzešlé plodiny, tento systém je využíván například u kukuřice a dalších širokořádkových plodin, kde se pomocné plodiny dosévají během vegetace. Například u kukuřice je to v růstové fázi od šestého pravého listu, výsevní ústrojí pomocných plodin je zabudováno nejčastěji na plečku (Brant et al. 2019).

Při zakládání porostů plodin s využitím technologie pomocných plodin je klíčovým faktorem zvolení optimálních odrůd hlavní plodiny, které dokážou adekvátně reagovat na podmínky pěstování. Některé odrůdy při vysetí s širší meziřádkovou roztečí mohou mít sníženou odnožovací schopnost, která vede k zhoršeným podmínkám pro pěstování, a především snížením výnosu (Brant et al. 2016).

3.7.1 Interakce mezi plodinami

Dle Brant a kol. (2019) jsou důležité interakce pomocných plodin a jejich působení na plodinu hlavní, které znázorňuje obrázek 1. Pěstování plodin bez interakce je systém s minimálním rizikem negativního vlivu na produkci, protože rostliny jsou pěstovány ve vzdálenosti, kdy se nepřekrývají, a tak se neomezují v růstu nadzemní biomasy ani kořenů. Tyto systémy pěstování pomocných plodin se využívají především u rostlin s pomalou dynamikou růstu například u máku. Přímá interakce vychází ze systému plošného, nebo společného výsevu pomocné plodiny. Tento systém dosahuje skvělé pokryvnosti a nejvyšší regulaci plevelů, ale přináší mnoho rizik, především dochází k překryvu nadzemní biomasy, rostliny si velice konkurují v boji o světlo, vodu a živiny. Tento systém se uplatňuje při pěstování především ozimů, kdy pomocné plodiny jsou jarního charakteru a přes zimu vymrzají. Je to efektivní způsob při zvolení jetele plazivého, který dosahuje malého vzrůstu. Hraniční interakce funguje na hraničním styku plodin, kdy hlavní plodinu pomocná svým růstem natolik neovlivňuje. Tento systém zásadním způsobem omezuje rozvoj plevelů, při dodržení přesného výsevu. Hraniční interakce rostlin je tak nejideálnější a také nejnáročnější možností výsevu pomocných plodin. Využívá se toho hlavně při pěstování řepky, kdy pomocné plodiny přerůstají tak, aby vyplnily meziřádkové mezery. Porosty řepky se při správném založení pomocných plodin nemusejí herbicidně ošetřovat.

Filozofie vnímání prostoru – zóny – jedinec x jedinec



Obrázek 1 – Interakce mezi hlavní a pomocnou plodinou (Brant 2021)

3.7.2 Ukončení vegetace pomocných plodin

Ať už je vegetace meziplodin ukončena mrazem, herbicidem či mechanicky (mulčováním, zpracováním půdy) nemusí být kvalita tohoto zásahu, včetně vlivu nízké teploty dostatečná k umrtvení všech jedinců. S tímto problémem se můžeme setkat především v důsledku mírných zim, následně i relativně citlivé rostliny vymrzají až po poklesu teploty pod

-8 °C, řada druhů vyžaduje pro dokonalé umrtvení mrazem teploty ještě nižší. Mírné zimy posledních let tak umožnily přežít i těm druhům meziplodin, u nichž se jinak s vymrznutím počítá. Podobně se setkáváme s rostlinami meziplodin, které přečkají zapravení do půdy. Práce stojů není vždy dostatečně kvalitní, ne vždy dojde k dostatečnému mechanickému poškození rostlin či jejich zaklopení a jedinci, kteří přežijí, se mohou silně uplatnit jako zaplevelující rostliny v následných porostech, protože oproti vyseté plodině již mají náskok ve vývoji (Brant et al. 2022).

3.7.3 Setí do živého mulče

Tato technologie je spojována s technologií no-till, kdy v pěstování plodin nedochází k plošnému zpracování půdy. Hlavní plodiny jsou vysévány do mulče, který je nejčastěji mechanicky zničen, nebo povelán válci. K redukci meziplodiny dochází před setím, nejčastěji mulčovačem, nebo souběžně při setí, kdy jsou před secí stroj zabudovány válce na povolení, tím se docílí dalšího snížení ekonomických nákladů při zakládání porostu. Technologie nezpracované půdy přináší podle vysetých druhů mnoho pozitivních vlastností. Především jsou využívány bobovité rostliny, které poutají vzdušný dusík, čím přispívají k výživě rostlin. Rostlinný pokryv navíc zajistí skvělé vláhové podmínky, takže nedochází k vypařování a ztrátě vláhy a při zajištění rovnoměrného pokryvu zabraňuje růstu plevelů (Brant et al. 2019).

Armstrog a kol. (2003) z pokusů, kdy porovnávali konvenční způsob s nulovým systémem zpracování půdy, a navíc zařadili luskoviny do osevního postupu, uvádí výsledky nulové zpracování půdy, které působí na výnos obilí, zároveň minimalizuje degradaci životního prostředí a oproti konvenčnímu způsobu zlepšuje půdní vlastnosti. Zároveň v pokusech došli k závěru, že zpracování půdy neovlivňuje kromě výjimečných případů množství minerálního dusíku a vláhy v půdě pro rostliny.

Eliminaci eroze během vegetace lze řešit zakládáním porostů širokořádkových plodin do porostů vymrzajících či nevymrzajících meziplodin. Tyto pěstební systémy, řazené mezi půdoochranné technologie zpracování půdy, jsou nejčastěji využívány při pěstování kukuřice a cukrovky, případně slunečnice. Protierozního vlivu mulče meziplodiny lze použít i při pěstování brambor, a to jak v systémech využívajících orbu, tak při bezorebném zpracování půdy (Brant a kol. 2016).

Využívání mulče v ochranném způsobu zpracování se dělí podle způsobu hospodaření s rostlinnými zbytky, ale půda by měla zůstat pokryta mulčem minimálně z 30 % plochy (Vach & Javůrek 2010).

Rostlinné zbytky ponechané na povrchu půdy mohou následně pěstovaným plodinám zhoršovat podmínky pro vzcházení a počáteční růst a dále ztěžovat přesný výsev a omezovat klíčení plodin (Jaskulska et al. 2018).

Hegglin a kol. (2014) uvádí, že přímý výsev bez použití herbicidů a rychle rozpustného dusíkatého hnojiva je velmi problematický, proto je nutná jeho optimalizace. Přímé výsevy kukuřice do přezimujícího zeleného hnojení se sice již zdařily, ale předpokladem pro úspěšné pěstování je suché jaro s dobrými výsevními podmínkami a kvalitní poválení zeleného hnojení nožovým válcem. Ověřovány jsou výsevy ozimých obilnin do vymrzajícího zeleného hnojení, v současné době se touto technologií daří dosahovat stejných výnosů pšenice, jako při běžném zpracování půdy.

3.7.4 Pásové zpracování půdy

V současnosti v zemědělství dochází k rozvoji využití technologie strip-till. Tato technologie pásového zpracování půdy kombinuje výhody přímého výsevu, konvenčního a nulového zpracování půdy za použití specializovaných strojů pro zpracování půdy (Jaskulska et al. 2018).

V Evropském zemědělství je tato technologie zpracování půdy využívána pro eliminaci degradačních procesů půdy a dále vede ke zvýšení energetické a ekonomické efektivity v pěstování rostlin. Nakypřený pás půdy zajišťuje optimální podmínky pro růst a vývoj rostlin, navíc výrazně přispívá k podpoře infiltrace vody v půdě a jejímu ohřevu (Brant et al. 2016).

3.7.5 Přínosy zonální aplikace umělých hnojiv

Hnojivo aplikované při pásové aplikaci startuje půdní roztok, a především mobilitu živin P a K v malém prostoru kořenové zóny, což může omezovat fixaci a absorpci živin na půdní částice a v důsledku toho se zvyšuje přístupnost živin pro rostliny. Dále hlouběji aplikované hnojivo v pásu má většinou vyšší dostupnost vody a díky tomu dochází k snazší rozpustnosti hnojiva, transportu a příjmu živin rostlinou (Brant et al. 2016).

Brant a kol. (2016) dále uvádějí mezi přednosti lokální aplikace hnojiv především lepší dostupnost živin pro kořeny rostlin, kořenový systém rostlin tato technologie tak podporuje a orientuje. Dále vede k omezení odběru živin plevely a zpomaluje proces nitrifikace amonného dusíku, který vede ke snížení ztrátě vyplavením nitrátů. Technologie je vhodná pro podpovrchové aplikace kejdy, nebo digestátu, protože eliminuje emise amoniaku do atmosféry a tím také omezuje pachové znečištění vzduchu.

3.8 Pěstování řepky ozimé s pomocnou plodinou

Využití technologie pomocných plodin v řepce ozimé se v současné době stává velmi významné a rozšiřující. Technologie umožňuje snížení vstupů do výroby (hnojiva, pesticidy, pohonné hmoty atd.), zároveň pozitivně přispívá k rozvoji krajinného prostoru a dále napomáhá ke zlepšení celospolečenského image v pěstování řepky, které je negativně vnímané (Brant et al. 2019).

Bečka a kol. (2021) ve svých tříletých pokusech potvrdili, že způsob zpracování půdy ovlivňuje výnos řepky. Metoda strip-till dosahovala vyššího výnosu v porovnání s konvenčním způsobem o 8 %, a přitom měla zpočátku pomalejší nástup růstu. Současně také sledovali vliv technologie pásového zpracování po orbě, která oproti konvenčnímu způsobu dosáhla vyššího výnosu o 9 %. Tato varianta v pokusech dosáhla nejvyšších výnosů a nejrychlejšího růstu kořene a biomasy. V závěru článku autoři uvádí, že technologie pásového zpracování je pro řepku ozimou vhodnou alternativou pro zlepšení výnosů a podmínek pro pěstování.

Brant a kol. (2019) uvádí, že problém při pěstování pomocných plodin v řepce je často regulace výdrolu obilní předplodiny, jeho výskyt je pravděpodobnější na kypřených plochách v porovnání s oranými. Proto je potřeba využít pomocných plodin, které nejsou citlivé ke graminicidům a v případě vysokého zaplevelení výdrollem graminicidy plošně aplikovat. Autoři dále v publikaci popisují, že mezi nejvhodnější pomocné plodiny v řepce patří luskoviny, které zajišťují část dusíkaté výživy.

Pásové zpracování půdy při pěstování řepky ozimé podporuje růst křovitého kořene, ke kterému je možné využít zonální aplikace hnojiv pro zlepšení výživného stavu porostu do nástupu zimy. Dále přispívá k rovnoměrnému vzcházení a vývoji rostlin, protože i za nepříznivých podmínek a sucha šetří půdní vláhu. Tento systém pěstování řepky, ale zvyšuje riziko vyššího zaplevelení porostu vlivem širších řádků (Brant et al. 2016).

Krček a kol. (2019) z pokusů v letech 2013–2015 nepotvrdili studie Wanga et al. (2015), Uzun a kol. (2012) a Ozer (2003), kteří uvádí, že řepka pěstovaná s širší meziřádkovou vzdáleností dosahuje vyššího výnosu. Z pokusů došli k závěru, že řepka pěstovaná v širších řádcích vykazovala menší počet šesulí na rostlině, počet rostlin na ploše byl také menší a pouze počet semen v šesuli byl vyšší s rostoucí meziřádkovou vzdáleností.

Jaskulska a kol. (2018) ve výzkumech porovnávali vzcházení rostlin řepky při založení metodou strip-till a konvenčním způsobem. Z dvouletých pokusů prokázali, že technologie strip-till podpořila rychlejší a rovnoměrnější vzcházení řepky oproti konvenčně založeným. Dále porosty řepky v pásovém zpracování půdy byly před zimou rovnoměrnější a bylo dosaženo vyšší uniformity rostlin oproti konvenčnímu způsobu zpracování půdy. Z výsledků pokusu vychází, že pásové zpracování je dobrým systémem pro pěstování řepky při nepříznivých podmínkách, porosty prokázaly nižší variabilitu počtu listů v růžici, sušiny a tloušťku kořenového krčku, takže je vysoká pravděpodobnost, že tyto rostliny lépe přezimují, z jara dobře zareagují a vyprodukují vysoké výnosy.

Brant a kol. (2019) uvádí, že při správném založení porostu lze počítat s výnosy, jako při monokulturním pěstování řepky ozimé.

Poláková a kol. (2015) popisuje, že podsev v řepce především složený z leguminóz uvolňuje po rozkladu 30 – 40 kg N/ha a zároveň zvyšuje výnos řepky v průměru o 300 kg/ha.

4 Metodika

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokusy řepky ozimé s pomocnou plodinou byly založeny v roce 2021/2022 na pozemku v obci Suchá Lhota Zemědělského družstva Dolní Újezd o výměře pole 16,81 ha. Založené varianty pokusů byly vedené hlavním agronomem družstva Ing. Josefem Čejkou. Zemědělské družstvo hospodář na téměř 9000 ha zemědělské půdy, řepka ozimá tak představuje zhruba 10 % obhospodařované výměry.

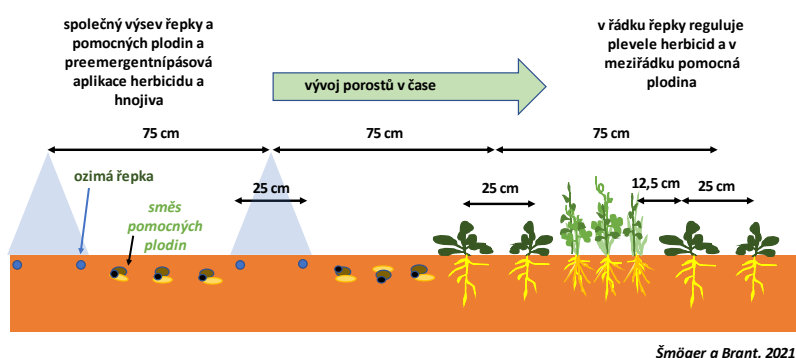
Obec Suchá Lhota se nachází v Pardubickém kraji, okrese Svitavy, přibližně 10 kilometrů od Litomyšle, nadmořská výška obce je 426 m n. m., půdní bonita pozemku je 52501. Z hodnoty bonity pozemku se jedná o méně produkční půdu. Přesněji pozemek z převážné části tvoří rovinná, středně hluboká kambizem se všesměrnou expozicí a obsahem skeletu do 25 %, ležící v mírně vlhkém klimatickém regionu. Tento klimatický region je charakteristický sumou teplot nad 10 °C, která se pohybuje od 2200 do 2500, průměrná roční teplota je 7-8 °C a průměrný roční úhrn srážek dosahuje 550 – 650 mm (eKatalog BPEJ - 5.25.01 (vumop.cz)).

4.1.1 Popis založení pokusu

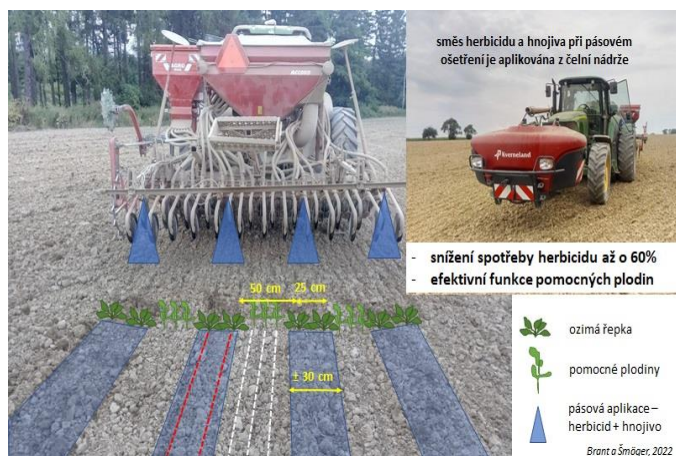
Pro pokusy byla zvolena hybridní odrůda řepky PT 298 při výsevu technologií dvojrádků s výsevkem 0,7 výsevní jednotky, který odpovídal výsevku řepky 2,2 kg/ha. Mezi přednosti této odrůdy patří odolnost vůči poléhání a pukání šesulí, dále odrůda je rezistentní vůči žlutence a odolná k fómové hnilobě, navíc z pokusů dosahuje vysokých výnosů a kvality olejné produkce semen. Optimální doporučená hustota výsevu je 40 – 50 rostlin na m². Technologie setí do dvojrádku tak přináší úsporu nákladů na založení porostu a počet přejezdů sloučením operací a zároveň mohlo dojít ke snížení výsevků zhruba na 25 – 30 rostlin m².

Na pokusech byla ověřována technologie setí řepky 0,25 – 0,50 – 0,25, kterou přesněji vykresluje obrázek 2. Řepka byla vyseta do dvojrádku s meziřádkovou vzdáleností 0,25 m a mezi dvojrádky řepky byl vytvořen 0,5 m meziřádek, který byl oset pomocnými plodinami. Při výsevu speciálně upravenou secí kombinací proběhl výsev více plodin současně, kdy v zásobníku na osivo byly pomocné plodiny a pomocném menším zásobníku na boku byla řepka. Při setí zároveň proběhla chemická ochrana formou páskové aplikace herbicidu Command 36 CS a hnojiva DAM 390 přímo speciálními tryskami na dvojrádek řepky. Detailní popis použité techniky pro setí popisuje obrázek 3.

Výsev pomocných plodin s páskovou aplikací herbicidů



Obrázek 2 – schéma dvojrádků řepky společně s páskovou aplikací (Brant & Šmöger 2021).



Obr. 3 – Schéma použité techniky pro setí (Brant & Šmöger 2022).

4.2 Karta plodiny

Tabulka 1 znázorňuje přehled agrotechnických zásahů na celé ploše pozemku od sklizně předplodiny po sklizeň řepky.

Tabulka 1 – agrotechnické zásahy na pozemku

Činnost	Datum	Materiál	Dávka/výnos na hektar
Sklizeň pšenice	23.7.2021	Pšenice – Bodyček C VI	7,7t
Podmítka(diskování)	26.7.2021		
Hnojení organickými hnojivy	11.8.2021	Digestát Makov	18 t
Podrývání	16.8.2021		
Setí	21.8.2021	Řepka ozimá – PT 298	0,7 VJ
Tankmix	21.8.2021	DAM 390	60 l
		Command 36 CS	0,125 l
Aplikace postřiku	10.9.2021	Lambo 50 EC	0,15 l
Tankmix	29.9.2021	Močovina	0,01 t
		Tebucur 250 EW	0,6 l
		Bór 150	1,0 l
		Hořká sůl (Síran hořečnatý)	0,004 t
Aplikace postřiku	18.10.2021	Metkon	0,5 l
Hnojení průmyslovými hnojivy	28.2.2022	DASA 26/13	0,25 t
Aplikace postřiku	28.3.2022	MARKATE 50	0,15 l
Hnojení průmyslovými hnojivy	21.4.2022	SAM 240	240 l
Aplikace postřiku	29.4.2022	Dagger	0,085 kg
Aplikace postřiku	15.5.2022	Avenger	0,12 l
Aplikace postřiku	29.6.2022	Insenol	1,5 l
Aplikace postřiku	11.7.2022	Glistar Ultra	2 l
Sklizeň řepky	5.8.2022	Řepka ozimá – PT 298	4,109 t

4.3 Přehled průběhu operací na pokusu

Pokusy pěstování řepky ozimé s pomocnou plodinou byly vysety 21. 8. 2021 na pozemku Suchá Lhota, které obhospodařuje Zemědělské družstvo Dolní Újezd. Na tomto pozemku byly vytvořeny tři varianty pokusných ploch. V první variantě byly pomocné plodiny pro krmný biopás s výsevkem 26 kg/ha přesněji složené z 15,6 kg/ha ovsa setého (*Avena sativa*), 3,6 kg/ha pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*), 1,3 kg/ha svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*), 3,6 kg/ha pelušky ozimé (*Pisum sativum*), 1,3 kg/ha lupiny bílé (*Lupinus albus*) a 0,5 kg krmné kapusty (*Brassica oleracea*). Druhá směs pomocných plodin jejíž celkový výsvek byl 18 kg/ha byla složená z 10 kg/ha pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*), 5 kg/ha jetele alexandrijského (*Trifolium alexandrinum*), 2 kg/ha masťáku habešského (*Guizotia abyssinica*) a 1 kg/ha saradely (*Ornithopus perpusillus*). Třetí varianta byla kontrolní zakládána stejnou technologií pouze bez pomocných plodin v meziřádku. Předplodinou řepce ozimé na tomto pozemku byla ozimá pšenice.

Dne 19. 10. 2021 proběhla kontrola porostu a výpočet produkce suché nadzemní biomasy pomocných plodin ve variantě pro krmný biopás a plevelů v kontrolní variantě. Napříč variantami byly vyznačeny plochy o výměře 0,2 m², z jednotlivých ploch pak byly odebrány vzorky pomocných plodin ve čtyřech opakováních. Odebraná biomasa byla uštířena těsně nad povrchem půdy a následně roztříděna na vyseté druhy a plevele, u kterých nebyly jednotlivé druhy samostatně hodnoceny. Na kontrolní variantě byl proveden odběr biomasy plevelů, biomasa nebyla dále tříděna na rostlinné druhy. Odebrané rostliny se usušily při 105 °C po dobu 48 hodin, následně byla stanovena produkce suché nadzemní biomasy. Výsledkem byl výpočet suché biomasy pomocných plodin na 0,2 m², který se přepočel na m² a následně na ha. Výsledky produkce pomocných plodin znázorňuje ve výsledcích tabulka 2 a stav porostů dokumentuje obrázek 4.

Tři tváře porostu ozimé řepky



Obrázek 4 - stav porostů 19. 10. 2021

Dne 26. 3. 2022 proběhla kontrola porostu, při které byl zjištěn skutečný stav přezimovaných rostlin řepky na m^2 a jejich síla kořenové krčku. V deseti opakováních se napříč variantami naměřil dva metry dlouhý dvojřádek řepky, na kterém byl spočítán počet rostlin a zároveň byla z řádku odebrána jedna průměrná rostlina řepky, na které se měřila tloušťka krčku. Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3 a stav porostu na obrázcích 5-7.



Obrázek 5 – stav porostu řepky, varianta krmný biopás 26. 3. 2022



Obrázek 6 – stav porostu řepky, varianta s jetely 26. 3. 2022



Obrázek 7 – stav porostu řepky, kontrolní varianta 26. 3. 2022

Dne 1. 6. 2022 proběhlo měření řepky, měřila se výška rostlin, počet větví a šesulí na rostlině a počet semen v šesuli. Z každé varianty bylo napříč plochou odebráno patnáct vzorků, které byly na kraji pole měřeny. Naměřené hodnoty dokumentuje tabulka 4. a stav porostu řepky obrázek 12.



Obrázek 12 – stav porostu řepky při měření 1. 6. 2022

Sklizeň řepky ozimé s pomocnou plodinou ve třech variantách proběhla dne 5. 8. 2022. Celé pole bylo obsekáno a vytvořily se průseky, kde se v jednotlivých variantách vyměřily obdélníky na dva záběry sklízecí mlátičky. Záběr žacího stolu činil 9 m. Po sklizni každého obdélníku byla změřena ujetá vzdálenost, byl odebrán vzorek semen pro analýzu a zbytek odvezen na zvažení. Stav porostu před sklizní dokumentuje obrázek 13.



Obrázek 13 – stav porostu řepky před sklizní 5. 8. 2022

5 Výsledky

Tabulka 2 znázorňuje výsledky měření suché nadzemní biomasy pomocných plodin a plevelů odebrané 19. 10. 2021. Z tabulky je zřejmé, že největší produkci suché nadzemní biomasy vykazoval oves, který ve variantě krmný biopás zajistil vysokou pokryvnost meziřádku a díky tomu došlo k potlačení plevelů.

Tabulka 2 - produkce biomasy pomocných plodin.

komponent směsi/plevel	suchá biomasa (t/ha)
lupina	0,002
oves	0,149
peluška	0,045
pohanka	0,034
svazenka	0,001
plevel	0,030

Dne 23. 2. 2022 proběhla první jarní kontrola porostu řepky po zimě. Bylo zjištěno, že ve směsi pomocných plodin krmný biopás, byla velká část pomocných plodin vymrzlá, pouze oves nebyl dostatečně poškozený mrazem. Ve variantě s jeteli bylo zjištěno, že velká část jetelů přezimovala a na místech bez pokrytí meziřádku byl výdrol předplodiny a několik plevelů. V kontrolní variantě bez pomocné plodiny byl vysoký výskyt výdrolu předplodiny pšenice, který během podzimu nebyl regulován, na ostatních variantách byl výdrol redukován pomocnými plodinami.

Další kontrola porostu řepky byla provedena dne 26. 3. 2022, při které proběhlo počítání rostlin na m² a byla měřena tloušťka kořenového krčku řepky, výsledky měření znázorňuje tabulka 3.

Tabulka 3 – Počet rostlin a tloušťka kořenového krčku řepky

varianta	počet rostlin na m²(kusy)	tloušťka krčku (mm)
krmný biopás	19,5	15,1
kontrola	15,3	14,6
jetele	17,5	17,2

Z jara z pomocných plodin v první variantě krmný biopás převahoval v intenzivně prokořeněném meziřádku oves, který byl poškozený mrazem, ale začínal regenerovat, k jeho zničení přispěly až březnové mrazy. Oves v této variantě zajistil vysokou pokryvnost meziřádku a nedal prostor plevelu. Z druhé varianty pomocných plodin přezimoval pouze jetel, který místy neměl dostatečnou pokryvnost a plevel měl prostor pro rozvoj. V kontrole bez pomocných plodin byl problém s výdrolu pšenice, která na pozemku byla předplodinou. Dne 20. 4. 2022 byl na kontrolní variantu bez pomocných plodin aplikován selektivním herbicidem Agil 100 EC, především proti výdrolu pšenice, který do této doby nebyl nijak regulován.

Dne 1. 6. 2022 proběhlo měření výšky řepky, počtu větví a šesulí na rostlině. Naměřené hodnoty dokumentuje tabulka 4.

Tabulka 4 – průměrné naměřené hodnoty z 1. 6. 2022

varianta	výška řepky (m)	počet větví na rostlině (kusy)	počet šesulí na rostlině (kusy)	počet semen v šesuli (kusy)
krmný biopás	1,93	9,6	319,6	26,6
kontrola	1,79	9,5	354,6	25
jetele	1,69	10,3	331	28,8

5. 8. 2022 na pozemku proběhla sklizeň řepky při které byly sklizeny i pokusné varianty. Naměřené hodnoty a přepočítaný výnos na hektar dokumentuje tabulka 5. První varianta směs pro krmný biopás byl vytvořen obdélník 18x347 metrů o ploše 6246 m². Druhá varianta kontrolní bez krycí plodiny obdélník 18x316 metrů, plocha 5688 m². Třetí varianta s jeteli byl vytvořen obdélník 18x306 metrů o ploše 5508 m².

Tabulka 5 – Výnos z pokusných variant při sklizni řepky 5. 8. 2022

varianta	vyměřená plocha v m²	výnos ze sklizené plochy v t	přepočítaný výnos (t/ha)	vlhkost (%)	olejnatost (%)
krmný biopás	6246	3,14	5	8,5	43,6
kontrola	5508	2,5	4,5		44,1
jetele	5688	2,62	4,6		45

Z výsledků pokusu nemohu vyvrátit hypotézu, a tak potvrzuji, že pěstování ozimé řepky v širších řádcích s pomocnou plodinou nevede k redukci výnosu. Z konečných výsledků je patrné, že varianty pěstované s pomocnými plodinami oproti kontrole bez pomocných plodin dosáhly vyššího výnosu.

6 Diskuze

Pěstování více plodin má historicky velký význam a v mnoha zemích se využívá dodnes. Například Zhang & Li (2003) uvádí, že v Číně se využívá přínosu společného pěstování více plodin současně zhruba na jedné třetině plochy zemědělské půdy.

V Evropském zemědělství je pěstování směsných kultur dlouhodobě využíváno v podobě luskovinoobilných směsek. Pěstování směsných kultur bylo využíváno především v systémech ekologického zemědělství pro potlačení plevelů. V současné době je využíváno pěstování směsných kultur pro své příznivé působení na půdu i v konvenčních systémech hospodaření. Opomenout nelze, že je to cesta ke snížení spotřeby pesticidů a plnění legislativních požadavků, a tak je návrat k původním systémům pěstování směsných kultur trendem a předmětem současných výzkumů ve vztahu k využití jejich pozitivního působení (Brant et al. 2019).

Technologie pěstování pomocných plodin přináší do rostlinné výroby řadu pozitivních vlastností. Předností je půdoochranná schopnost zamezení eroze a proplavení živin přes zimní období. Tento systém pěstování rostlin dále plní produkční a mimoprodukční funkce v zemědělství. Dále se pěstování pomocných plodin začalo využívat za účelem trvale udržitelných podmínek pro hospodaření na zemědělské půdě a zachování jistého objemu produkce. (Brant et al. 2020).

Brant a kol. (2019) uvádí, že pomocné plodiny v meziřádku napomáhají k biologickému zpracování půdy a umožňují lepší infiltraci vody. Při odebrání vzorků z pokusu mohu potvrdit, že meziřádek nebyl ani z jara slehlý a vždy jsem v něm snadno našel mnoho půdních organismů.

V rámci pokusů provedených v roce 2021 – 2022 na pozemku v Suché Lhotě se z výsledků podařilo ověřit hypotézu, že pěstování řepky ozimé v širších řádcích s pomocnou plodinou nevede k redukci výnosu. Z výsledků je patrné, že tato technologie vede ke zvýšení produkce a zároveň mají pomocné plodiny příznivý vliv na půdní vlastnosti.

Podařilo se potvrdit, že pomocné plodiny v meziřádku příznivě regulují výskyt plevelů, stejné výsledky z pokusů uvádí například Żuk-Gołaszewska a kol. (2018), nebo Brant a kol. (2019). Z jejich výsledků je patrné, že na regulaci plevelů se velmi podílí technologie založení a rozmístění pomocných plodin. Brant a kol. (2019) dále uvádí jednotlivé interakce mezi plodinami. Z výsledků vychází nejlépe hraniční interakce, které fungují na hraničním styku rostlin. Tato interakce pomocných plodin byla využita i na mnou sledovaném pokusu, kdy pomocné plodiny dokázaly regulovat i výdrol po obilné předplodině. Dále velmi významnou roli hraje i druhové složení pomocných plodin.

Z pokusu na pozemku Suchá Lhota je možné říci, že nejlepší meziřádkovou pokryvnost zajišťovala směs pomocných plodin krmný biopás, která měla problém pouze s ovsem, který z jara začal regenerovat. V pokusu měl oves největší produkci suché nadzemní biomasy a tím zabránil rozvoji plevelů. Stejně výsledky s ovsem jako pomocnou plodinou, jeho rychlým růstem a pokryvností půdy, kterou zamezuje růstu plevelů uvádí dále i Brant a kol. (2020).

Pro dosažení optimální pokryvnosti meziřádku a potlačení plevelů rozhoduje mnoho faktorů. Brant a kol. (2019) uvádí, že mezi nejdůležitější patří vlastnosti semen pomocných plodin, jejich nároky na vodu a teplotu při klíčení, které se projeví rychlostí počátečního růstu pomocných plodin. Z výsledků uvádí, že k inhibici klíčení semen pomocných plodin dochází při poklesu hodnot vodního potenciálu půdy pod hodnoty vodního potenciálu semen. Zároveň uvádí, že dobrou klíčivost při nedostatku vody v půdě vykazují trávy a některé jeteloviny.

Dalším důležitým faktorem při pěstování pomocných plodin je dynamika jejich růstu a čas ukončení vegetace. Pomocné plodiny by neměly konkurovat plodině hlavní odebrat jí vláhu a živiny, nebo ji přerůst a stínit. Za pomocné plodiny je u ozimých plodin vhodné volit druhy relativně citlivé na vymrzání, Brant a kol. (2022) uvádí, že většina využívaných pomocných plodin vymrzá při teplotě pod $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, v důsledku mírných zim se ale můžeme setkat s tím, že tyto plodiny nevymrzají. Stejně tak tomu bylo i na sledovaném pokusu, kdy pomocné plodiny jako pohanka, svazenka, nebo peluška velmi snadno vymrzly. Naproti tomu se na pokusu vyskytl problém u ovsu, který po mírné zimě začal z jara regenerovat. Zregenerovaný oves ukončil vegetaci až jarní mráz koncem března. Z pokusu se dále ukázalo, že pokud se podaří přezimovat a zregenerovat jetelům, jsou velmi dobrými pomocnými plodinami, které se podílejí na zlepšení půdních vlastností, přispívají k množství dusíku v půdě a svým růstem částečně potlačují plevel.

Poláková a kol. (2015) popisuje, že podsev v řepce, který je především složený z leguminóz uvolňuje po rozkladu $30 - 40\text{ kg N/ha}$ a zároveň zvyšuje výnos řepky v průměru o 300 kg/ha . Z výsledku pokusu mohu potvrdit, že směs s jeteli dosáhla vyššího výnosu, ale pouze o 100 kg/ha oproti kontrolní variantě.

Génard a kol. (2016) také uvádí, že využití podsevů v řepce přispívá k fixaci živin. V pokusech autoři sledovali obsah dusíku v půdě, využití řepkou a projev dusíku na výnos řepky. V pokusech využili podsevů lupiny mnoholisté, lupiny bílé a jetele inkarnátu. Ve výsledcích uvádí, že množství dusíku v půdě bylo výrazně vyšší u lupin, nebo jetelovin v porovnání s monokulturně pěstovanou řepkou. Stejně tak tomu bylo i při výnosu řepky. Tyto výsledky z pokusu mohu také potvrdit, protože využití pomocných plodin přispělo k zvýšení výnosu řepky. Očekávat lze i vyšší obsah dusíku v půdě ve variantě, která obsahovala jetele.

Poláková a kol. (2015) zároveň uvádí, že vynaložené vyšší náklady na osivo pomocných plodin, jsou kompenzovány příznivými vlastnostmi, a dále vedou ke snížení nákladů na výživu a ochranu rostlin. Tak tomu bylo i na sledovaném pozemku, kdy vlivem využití pomocných plodin došlo k dosažení nižší spotřeby pesticidu. Zároveň vlivem využití technologie setí řepky do dvojřádků mohl být snížen výsevek řepky.

Vlivem sloučení operací při setí a pásové aplikaci herbicidu také na pozemku došlo k energetickým a časovým úsporám. Například Vach & Javůrek (2010) uvádí z ekonomických rozborů, že průměrná úspora pohonných hmot při využití minimalizačních technologií oproti klasickým je zhruba $10-15\%$ podle podmínek podniku. Zařazení nových technologií v osevních postupech vede ke zvýšení variabilních nákladů, ale při součtu všech pozitivních funkcí přináší ve většině vyšší ekonomický efekt, zlepšení a ochranu půdní struktury a pomáhá udržet výnosovou jistotu.

Brant a kol. (2019) uvádí, že při správném založení porostu pomocných plodin lze počítat s výnosy, jako při monokulturním pěstování řepky ozimé.

Z výsledku měření počtu přezimovaných rostlin řepky a výnosu na pozemku mohu potvrdit to samé jako Baranyk a kol. (2007), že řepka i při menším počtu přezimovaných rostlin na m^2 dokáže poskytnout dobrý výnos.

Z výsledku sklizně lze uvést, že z celého pole bylo dosaženo průměrného výnosu řepky $4,1\text{ t/ha}$, což je vyšší výnos, než byl v roce 2022 průměrný výnos řepky ozimé v Pardubickém kraji, který dosáhl $3,51\text{ t/ha}$ (Žňové zpravodajství 2022).

7 Závěr

- Nižší výsevek řepky nevede k redukcí výnosu, a i po přezimování menšího počtu rostlin má řepka šanci dosáhnout dobrého výnosu.
- Vlivem pásové aplikace herbicidu na dvojřádek řepky při setí bylo dosaženo nižší spotřeby herbicidu. Na základě sloučení pracovních operací lze očekávat energetické a časové úspory.
- Pěstování pomocných plodin v meziřádku nevedlo k redukcí výnosu řepky. Varianty s pomocnými plodinami dosáhly oproti kontrole bez pomocných plodin vyššího výnosu.
- Varianta pomocných plodin pro krmný biopás v porovnání s jeteli dosahovala lepších výsledků během vegetace řepky. Nejlepší výsledky byly při počítání přezimovaných rostlin řepky, dále při jejím měření výšky, a i při sklizni dosáhla řepka v této variantě vyššího výnosu o 0,4 t/ha v porovnání s jeteli.
- Pomocné plodiny v meziřádku řepky oproti kontrole bez pomocné plodiny dokázaly regulovat výdrol po obilní předplodině.
- Oves setý jako pomocná plodina má velmi rychlou růstovou schopnost, a tak snadno zamezuje růstu plevelů, zároveň ale je potřeba jeho růst regulovat, protože nemusí vymrznout.
- Pohanka obecná a peluška ozimá jsou velmi vhodné pomocné plodiny, které velmi snadno vymrzají a pro půdu mají mnoho příznivých vlastností.

8 Literatura

1. Armstrong RD, Millar G, Halpin NV, Reid DJ, Standley J. 2003. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain produktivity and soil fertility in oportunity cropping systems on a shallow Vertosol. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **43**: 141-153.
2. Baggs EM, Waston CA, Rees RM. 2000. The fate of nitrogen from incorporated cover crop and green manure residues. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **56**: 153-163.
3. Baranyk et al. 2010. *Olejniny*. Profi Press s.r.o., Praha.
4. Baranyk et al. 2007. *Řepka*. Profi Press s.r.o., Praha.
5. Bečka D, Bečková L, Kuchtová P, Cihlář P, Pazderů K, Mikšík V, Vašák J. 2021. Growth and yield of winter oilseed rape under strip-tillage compared to conventional tillage. *Plant, Soil and Environment* **67**: 85-91.
6. Bečka D, Šimka J, Cihlář P, Prokinová E, Mikšík V, Vašák J, Zupalová H. 2013. *Řepka ozimá inovace pěstitelské technologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
7. Bečka D, Vašák J, Zupalová H, Mikšík V. 2007. *Řepka ozimá*. Kurent s.r.o., České Budějovice.
8. Béreš J, Bečka D, Tomášek J, Vašák J. 2019. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant, Soil and Environment* **65**: 435–441.
9. Berglund DR, McKay K, Knodel J. 2007. *Canola Production*. North Dakota State University Fargo, North Dakota.
10. Berner et al. 2012. *Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit. Die Beziehung zum Boden gestalten*. FiBL-Merkblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
11. Biederbeck VO, Campbell CA, Rasiah V, Zentner RP, Wen G. 1997. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. *Soil Biology and Biochemistry* **30**: 1177-1185.
12. Brant et al. 2022. *Brukvovité meziplodiny*. Agrární komora České republiky, Praha.
13. Brant V, Šmöger J, Čejka J, Kroulík M, Ryčl D, Kunte J. 2020. *Pěstování máku setého s pomocnou plodinou*. Kurent, s.r.o., České Budějovice.
14. Brant V, Kroulík M, Šmöger J, Zábanský P, Škeříková M, Hamouz P, Tyšer L. 2019. *Pomocné plodiny*. Agrární komora České republiky, Praha.
15. Brant et al. 2016. *Pásové zpracování půdy (strip tillage)*. Profi Press s.r.o., Praha.
16. Brant V, Balík J, Fuksa P, Hák J, Holec J, Kasal P, Neckář K, Pivec J, Prokinová E. 2008. *Meziplodiny*. Kurent s.r.o., České Budějovice.
17. Dierauer H, Clerc M, Böhler D, Klais M, Heggin D. 2017. *Erfogleicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide*. FiBL-Merkblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
18. Dlouhý J, Dytrtová K, Šarapatka B, Huňady I, Lačňák V, Ponížil A, Ondráčková E, Pozdíšek J, Jánský J, Pospíšil J. 2010. *Pěstování luskovino-obilných směsek v ekologickém zemědělství*. Bioinstitut, Olomouc.

19. Gan Y, Harker KN, Kutcher HR, Gulden RH, Irvine B, May WE, O'Donovan JT. 2016. Canola seed yield and phenological responses to plant density. *Canadian Journal of Plant Science* **96**: 151-159. Heliyon.
20. Génard T, Etienne P, Lainé P, Yvin JC, Diquélou S. 2016. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition. *Heliyon* **2**:9.
21. Hegglin D, Clerc M, Dierauer H. 2014. Reduzierte Bodenbearbeitung Umsetzung im biologischen Landbau. FiBL-Merkblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
22. Jaskulska I, Gałęzewski L, Piekarczyk M, Jaskulski D. 2018. Strip-till technology – a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland. *Italian Journal of Agronomy* **13**: 194-199.
23. Koenig R, Hammac WA, Pan W. 2011. Canola Growth, Development, and Fertility. Washington State University, Washington.
24. Krček V, Baranyk P, Brant V, Pulkrábek J. 2019. Influence of crop management on formativ of yield components of winter oilseed rape. *Plant, Soil and Environment* **65**: 21-26.
25. Kuchtík F, Teksl M, Valeš J, Palát M, Procházka I. 2013. Pěstování rostlin speciální část. Nakladatelství FEZ, Třebíč.
26. Kwiatkowski CA, Harasim E, Pawlowski L. 2020. Can catch crops be an important factor in carbon dioxide sequestration ?. *International Journal of Conservation Science* **11**: 1005-1018.
27. Luijten SH, de Jong TJ. 2010. A baseline study of the distribution and morphology of *Brassica napus* L. and *Brassica rapa* L. in the Netherlands. Institute of Biology Leiden University, Leiden.
28. Mamiev D, Abaev A, Tedeeva A, Khokhoeva N, Tedeeva V. 2019. Use of green manure in organic fading. *Earth and Environmental Science*. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012137.
29. Ministerstvo zemědělství. 2009-2023. Žňové zpravodajství 2022. Available from <http://eagri.cz> (accessed February 2023).
30. Näser D. 2021. Regenerativní zemědělství. Profi Press s.r.o., Praha.
31. Niggli, U., Fliessbach, A., Hepperly, P. a Scialabba, N. 2009. Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. FAO, Natural Resources Management and Environment Department, Rome.
32. Novák J., Skalický M. (2012): Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Ed. 3. Powerprint, Praha.
33. Orlovius K. 2003. Fertilizing for High Yield and Quality Oilseed Rape. International Potash Institute, Basel.
34. Petr et al. 1992. Ekologické zemědělství. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha.
35. Pivec J, Brant V, Bečka D. 2009. The influence of weather conditions on the sap flow of *Brassica napus* L. during the fructification and maturation stages. *Ekologia* **28**: 43-51.

36. Poláková M, Šilha J, Štípek K, Hrnčířová Ž. 2015. Technologie pěstování řepky ozimé s podsevem leguminóz. Sborník z konference „Prosperující olejniný“. Available from <http://konference.agrobiologie.cz/2015-12-10/40> (accessed February 2023).
37. Pommeresche R, Hansen S, Løes A. 2007. Žížaly a jejich význam pro zlepšení kvality půdy. Bioinstitut, Olomouc.
38. Roldán A, Caravaca F, Hernández MT, Garci C, Sánchez-Brito C, Velásquez M, Tiscareño M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research* **72**: 65-73.
39. Talgre L, Lauringson E, Roostalu H, Astover A, Makke A. 2012. Green manure as a nutrient source for succeeding crops. *Plant, Soil and Environment* **58**: 275-281.
40. Vach M, Haberle J, Procházka J, Procházková B, Hermuth J, Květoň V, Káš M, Javůrek M, Svoboda P, Dvořáček V. 2009. Pěstování strniskových meziplodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha 6 – Ruzyně.
41. Vach M, Javůrek M. 2010. Předpoklady pro netradiční technologie zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha 6 – Ruzyně.
42. Vaněk V., Balík J., Pavlík M., Pavlíková D., Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha.
43. Vogeler I, Hansen EM, Thomsen IK, Østergaard HS. 2019. Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management* **239**: 324-332.
44. Vos J, Putten PEL. 1997. Field observations on nitrogen catch crops. I. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. *Plant and Soil* **195**: 299-309.
45. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 2022. eKatalog BPEJ. Ministerstvo zemědělství. Available from <https://bpej.vumop.cz> (accessed March 2023).
46. Zehnálek P, Kraus P. 2022. Seznam doporučených odrůd olejnin 2022. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.
47. Zentková I, Cvenegrošová E. 2013. The utilization of rapeseed for biofuels production in the EU. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development* **2**: 11-14.
48. Zhang F, Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient – use efficiency. *Plant and Soil* **248**: 305-312.
49. Żuk-Gołaszewska K, Wanic M, Orzech K. 2018. The role of catch crops in field plant production – a review. *Journal of Elementology* **24**: 575-587.

