

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Václav Kasl

Rostlinná produkce

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

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.4.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za jeho ochotu, pomoc a profesionalitu při vedení mé diplomové práce a za předání rad a zkušeností. Dále musím poděkovat podniku Lukrena a. s. za technickou podporu pokusu a agronomovi Ing. Richardu Škalovi za vedení pokusu.

Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou

Souhrn

Pěstování pšenice ozimé je v dnešní době závislé především na minerálních hnojivech a pesticidech. S vyššími cenami těchto materiálních nákladů je třeba hledat alternativní cesty v pěstování této významné plodiny. Tato diplomová práce se zaměřuje na jednu z možností biotické intenzifikace, a to na pěstování pšenice ozimé (*Triticum aestivum*) s pomocnou plodinou hrachem rolním (*Pisum sativum* var. *arvense*).

Hlavním cílem diplomové práce bylo stanovení vlivu pomocné plodiny hrachu rolního (odrůda Arkta) v porostech ozimé pšenice (odrůda KWS Elementary), především na ovlivnění výnosu zrna pšenice ozimé. Dalšími cíli bylo stanovení nadzemní a podzemní biomasy pomocné plodiny v závislosti na struktuře porostu a určení výnosotvorných prvků u rozdílných struktur porostů ozimé pšenice.

Pokus byl založen na lokalitě Dolní Lukavice na pozemcích společnosti Lukrena a. s. secím strojem Sky EasyDrill. V rámci pokusu byly založeny čtyři varianty s rozdílnými výsevky, roztečí řádků a s využitím pomocné plodiny. Varianta 1. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do meziřádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje byla 0,166 m. Varianta 2. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m. Varianta 4. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m. Agrobiologické kontroly porostu a odběry rostlin probíhaly během celé vegetace pokusu.

Výsledky práce dokazují, že výsev pomocné plodiny hrachu rolního do řádku pšenice či do meziřádku výrazně neovlivnil její produkci suché biomasy. Nejvyšší výnos biomasy byl zaznamenán u varianty 4. s výnosem 15,82 t/ha.

Dále dokazuje, že rozdílná struktura porostů vycházející z odlišné rozteče řádků měla vliv na tyto výnosotvorné prvky pšenice ozimé (počet klasů na m² a hmotnost tisíce zrn). Největší počet 571 klasů na m² byl zaznamenán u 3. varianty. Nejvyšší hmotnost tisíce semen 40,67 g byla zaznamenána pak u varianty 4.

Potvrzuje i hypotézu, že použití pomocné plodiny nebylo spojeno s redukcí výnosu ozimé pšenice. Ale v porovnání širších a užších řádků byly významné rozdíly. U širších řádků s roztečí 0,332 byl potvrzen negativní vliv hrachu rolního na pšenici ozimou u varianty 1, kdy dosáhla nejnižšího výnosu 5,71 t/ha. Oproti tomu monokultura pšenice ozimé v širších řádcích dosáhla druhého nejnižšího výnosu 6,39 t/ha.

Výrazně vyšší výnos zrna byl zaznamenán u variant setých s roztečí řádků 0,166 m. Především u varianty 3. se pozitivně projevila přítomnost pomocné plodiny, kdy s nižším výsevem 2,5 milionu klíčivých zrn a výnosem 8,26 t/ha se vyrovnala variantě 4. s výsevem 3 miliony klíčivých zrn a téměř totožným výnosem a nejlepším výnosem pokusu s hodnotou 8,28 t/ha.

Výsledky práce poukazují na výhody a nevýhody pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou. Bude určitě potřeba dalšího výzkumu pro optimalizaci tohoto způsobu pěstování.

Klíčová slova: ozimá pšenice, hrách rolní, biotické intenzifikace, výnos zrna

Cultivation of winter wheat with intercrop plants

Summary

Cultivation of winter wheat nowadays relies mainly on mineral fertilizers and pesticides. Due to the increasing prices of these inputs, finding alternative approaches in cultivating this significant crop is necessary. This master's thesis focuses on one of the possibilities of biotic intensification, namely the cultivation of winter wheat (*Triticum aestivum*) with field pea (*Pisum sativum var. arvense*) as a companion crop.

The main goal of the master's thesis was to determine the influence of the field pea companion crop (Arcta variety) on winter wheat crops (KWS Elementary variety), primarily on grain yield. The other objectives were to determine aboveground and underground biomass of the companion crop depending on crop structure and to identify yield-forming elements in different winter wheat crop structures.

The experiment was conducted in Dolní Lukavice on the Lukrena a. s. company's land using the Sky EasyDrill seeding machine. Four variants with different sowing, row spacing and utilization of the companion crop were established. Variant 1 – winter wheat sowing (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, wheat row spacing of 0.332 m, inter-row sowing of winter field pea (60 kg/ha). The inter-row distance at the seeding machine was 0.166 m. Variant 2 - winter wheat sowing (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, wheat row spacing of 0.332 m. Variant 3 - winter wheat sowing (Elementary, 2.5 MKZ/ha) 108 kg/ha together with winter field pea seeding (48 kg/ha), wheat with winter field pea row spacing of 0.166 m. Variant 4 - winter wheat sowing (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, wheat row spacing of 0.166 m. During the whole vegetation period, agrobiological crop monitoring and plant sampling were conducted on the experimental site.

The results demonstrate that the field pea companion crop added into the winter wheat row or inter-row did not significantly affect its dry biomass production. The highest biomass yield was recorded in the fourth variant, reaching 15.82 t/ha.

Furthermore, this master's thesis shows that different crop structures resulting from different row spacing influenced the yield-forming elements of winter wheat like the number of ears per square meter and the thousand grain weight. The highest number of ears, 571 ears per square meter, was recorded in the third variant, while the maximum thousand grain weight, 40.67 g, was recorded in the fourth variant.

It also confirms the hypothesis that the use of a companion crop did not reduce the winter wheat yield. However, significant differences were observed between wider and narrower rows. In wider rows with a spacing of 0.332, the presence of field pea negatively impacted the winter wheat in the first variant, resulting in the lowest yield of 5.71 t/ha. Contrarily, the winter wheat monoculture in wider rows reached the second lowest yield of 6.39 t/ha.

Significantly higher grain yields were recorded in variants with a row spacing of 0.166 m. Particularly in the third variant, the presence of a companion crop positively affected the yield, and with the lower seeding rate of 2.5 million germinating seeds and the yield of 8.26 t/ha, it was equal to the fourth variant, where the seeding rate was 3 million germinating seeds and the yield was nearly identical, i.e. 8.28 t/ha, which was also the best yield of the whole experiment. The results of this study point out advantages and disadvantages of winter wheat cultivated with a companion crop. Further research will be needed to optimize this cultivation method.

Keywords: winter wheat, field peas, biotic intensification, grain yield

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Pšenice setá	11
3.1.1 Botanický popis	11
3.1.2 Historie pěstování	11
3.1.3 Nároky na stanoviště.....	12
3.1.4 Technologie pěstování pšenice seté	12
3.1.4.1 Zařazení pšenice ozimé do osevního postupu	12
3.1.4.2 Zpracování půdy a založení porostů.....	13
3.1.4.3 Výživa rostlin	14
3.1.4.4 Plevelné spektrum	14
3.1.4.5 Škůdci.....	15
3.1.4.6 Choroby.....	15
3.1.4.7 Sklizeň.....	15
3.2 Hrách rolní.....	16
3.2.1 Botanický popis	16
3.2.2 Nároky na stanoviště.....	16
3.2.3 Technologie pěstování hrachu rolního.....	17
3.2.3.1 Zpracování půdy a založení porostu.....	17
3.2.3.2 Výživa rostlin	17
3.2.4 Využití hrachu rolního jako pomocné plodiny a meziplodiny	18
3.3 Pomocné plodiny	19
3.3.1 Výhody pomocných plodin.....	19
3.3.2 Nevýhody pomocných plodin.....	20
3.3.3 Technologie souběžného pěstování hlavní a pomocné plodiny.....	21
3.3.4 Vztahy mezi hlavní a pomocnou plodinou	22
3.4 Pomocné plodiny v obilninách	22
3.4.1 Tehnologie pěstování pšenice s hrachem rolním	24
3.4.2 Fixace dusíku pomocnou plodinou	25
3.4.2.1 Fixace volně žijícími organismy	25
3.4.2.2 Fixace symbiotickými organismy	26
3.4.3 Toky živin mezi společně pěstovanými rostlinami.....	26
3.4.4 Legislativa a podpora pomocných plodin.....	28
4 Metodika	29
4.1 Charakteristika podniku	29

4.2	Charakteristika pokusné plochy	29
4.2.1	Agrochemické vlastnosti půdy pokusné plochy	29
4.2.2	Meteorologické údaje	30
4.3	Agrotechnika pokusu	31
4.3.1	Založení pokusných ploch	31
4.3.2	Charakteristiky odrůd	33
4.4	Průběh hodnocení	33
5	Výsledky	36
5.1	Biometrické parametry rostlin na podzim	36
5.2	Biometrické parametry rostlin na jaře	38
5.3	Biometrické parametry porostů obilnin před sklizní	43
5.4	Výnosové a kvalitativní parametry porostů	45
6	Diskuze	48
7	Závěr	51
8	Literatura	53

1 Úvod

Obilniny jsou jedny z nejpěstovanějších plodin na světě, a to především díky svým možnostem adaptace do různých lokalit napříč světem. Nejpěstovanější obilninou je pak pšenice ozimá (*Triticum aestivum*), která má velké zastoupení i v České republice. Pěstuje se na více jak 30 % orné půdy. Její univerzální využití je především v potravinářském průmyslu, kde se používá k výrobě pečárenských a pečivářenských produktů. Pšenice je také využívána jako krmivo pro hospodářská zvířata. Díky její prošlechtěnosti a tím i velkým množstvím odrůd s odlišnými nároky na prostředí je možné ji pěstovat i v horších pěstebních podmínkách.

Většina osetých ploch pšenice ozimé je pěstována tradičně v monokultuře, u které je nutné provádět mnoho vstupů, jak pro výživu, tak pro ochranu rostlin, pro vysoký výnos. Při vyšších cenách vstupů v oblasti hnojení minerálními hnojivými a v oblasti přípravků na ochranu rostlin je třeba přemýšlet o ekonomicky výhodnější alternativě pěstování této významné komodity. Dnešní doba však pěstování pšenice ozimé moc nepřispívá, především nízkými výkupními cenami za produkci zrna, hlavně kvůli levnějšímu dovozu ze zahraničí.

V dnešní době je také velká snaha o snížení energetické náročnosti, omezení eroze a o stabilizaci půdní struktury. Právě na půdní strukturu a úbytek organické hmoty v půdě je kladen v posledních letech velký důraz. Je tak snaha o větší využití pomocných plodin v pěstebních systémech, které mohou mít i další funkce v porostech s hlavní plodinou. Mohou být využity k regulaci plevelů, chorob a škůdců což je spojeno se snížením nákladů na pesticidy. Dále mohou zpřístupňovat živiny pro hlavní plodinu, zejména dusík, díky luskovinám, které mají schopnost fixovat vzdušný dusík. Tato živina je jedena z nejdůležitějších živin ve výživě rostlin. Díky luskovinám tak lze snížit náklady na hnojení rostlin.

Pomocné plodiny mohou mít ale také negativní dopady, především v konkurenci o živiny, vodu a světelné záření vůči hlavní pěstované plodině.

Alternativou a možností pro úsporu materiálních nákladů je pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou. V minulosti už byly pěstovány luskovinoobilní směsky vyhrazené pro krmné účely. Nyní se pro svoje pozitivní účinky uplatňují především luskoviny (hrách setý, hrách rolní, bob, lupina) nebo brukvovité (hořčice bílá, ředkev olejná), ale jsou ověřovány i ostatní plodiny, které by byly pro tento typ pěstování vhodné.

Založení těchto porostů je v dnešní době oproti minulosti snazší. Především díky využití moderních secích strojů schopných vysévat více komponentů najednou, rozmístit je podle požadované struktury porostu a uložit různé typy osiva do půdy tak, aby byly v optimální hloubce pro klíčení a vzcházení rostlin jak hlavní, tak pomocné plodiny.

Diplomová práce je zaměřena na pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou hrachem rolním, kdy porovnává vlivy pomocné plodiny na hlavní plodinu v průběhu vegetace. Především se zaměřuje na vliv pomocné plodiny hrachu rolního na výnos zrna a biomasy pšenice ozimé.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je stanovení vlivu pomocné plodiny (hrachu rolního) v porostech ozimé pšenice na výnosové parametry porostů a na výnos ozimé pšenice.

V rámci hlavního cíle jsou stanoveny tři dílčí cíle práce:

1. Stanovení produkce nadzemní a podzemní biomasy pomocné plodiny v závislosti na jejím prostorovém rozmístění v porostu.
2. Určení výnosotvorných prvků u rozdílných struktur porostů ozimé pšenice.
3. Stanovení vlivu pomocné plodiny na výnos ozimé pšenice.

Dílčí cíle vycházejí z následujících hypotéz:

- H1: Výsev pomocné plodiny do řádku pšenice či do meziřádku ovlivňuje produkci její biomasy.
- H2: Rozdílná struktura porostů vycházející z odlišné rozteče řádků má vliv na výnosotvorné prvky pšenice ozimé.
- H3. Použití pomocné plodiny není spojeno s redukcí výnosu ozimé pšenice.

3 Literární rešerše

3.1 Pšenice setá

Pšenice je dominantní plodinou v zemích mírného pásma, která se používá jako potravina pro lidi a krmivo pro hospodářská zvířata. Její úspěch závisí částečně na její přizpůsobivosti a vysokém výnosovém potenciálu ve většině oblastí (Shewry 2009). Je jak celosvětově, tak i v ČR, nejpěstovanější obilninou. Je nejvýznamnější a nejvhodnější pro řadu potravinářských výrobků a její použití je prakticky univerzální. Dále má vynikající pekařské vlastnosti z důvodu obsahu a kvality lepku a má velké rozšíření i jako krmná obilnina. Je velmi dobře využitelná pro další průmyslové zpracování na škrob nebo líh. K těmto faktorům přistupují i další klady, jako je její plasticita, výnosové schopnosti, prošlechtěnost, variabilita odrůd a další (Diviš et al. 2010).

3.1.1 Botanický popis

Pšenice (*Triticum*) je rod jednoděložných rostlin z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) s přibližně 20 druhy. Zahrnuje jak šlechtěné, tak planě rostoucí druhy. Hlavní jsou dva druhy: pšenice obecná a pšenice tvrdá (Špaldon et al. 1982). Pšenice setá je trsnatá obilnina. Stéblo je duté, tenkostěnné, tvořené obvykle 5 články oddělenými kolénky. List je čárkovitý, plochý, bez řapíku. Na rozhraní listové pochvy a čepele se nachází krátký vroubkovaný jazýček. Ouška objímající zčásti lodyhu jsou malá, řídkce obrvená nebo lysá. Květenstvím je čtyřhranný klas s vícekvětnými klásky (většinou 2–5 květů). Rostlina kvete v červnu (Kubát et al. 2002). Rostlina má nelámový, osinatý nebo bezosinný, různě hustý klas. Plevy i pluchy jsou vejčité nebo podlouhle vejčité, se zřetelným kýlem. Obilky jsou nahé, buclatější, na řezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, na protilehlé straně ochmýřené (Zimolka et al. 2005). Pšenici lze dělit na ozimou nebo jarní variantu. Její růstový typ je určen geneticky řízeným procesem, který nazýváme jarovizace. Jedná se o několikátýdenní období teplot těsně nad bodem mrazu. Nízká teplota zajistí, že ozimé rostliny mohou přejít z vegetativní (klíčení, vzcházení, odnožování) do generativní fáze: sloupkování, metání, kvetení, zrání (Kumar et al. 2017).

3.1.2 Historie pěstování

K prvnímu pěstování pšenice došlo asi před 10 000 lety v rámci "neolitické revoluce", která znamenala přechod od lovu a sběru potravin k usedlému zemědělství. Těmito nejstaršími pěstovanými formami byly diploidní pšenice jednozrnka a tetraploidní dvouzrnka. Jejich genetické vztahy naznačují, že pocházejí z jihovýchodní části Turecka (Heun et al. 1997). Feldman et al. (2001) popsali rozšíření pšenice z místa jejího původu po celém světě. Hlavní cesta do Evropy vedla přes Malou Asii do Řecka 8000 (př. n. l.). Poté se šířila dále na sever přes Balkán k Dunaji 7000 př. n. l. a přes Itálii, Francii a Španělsko, nakonec do Velké Británie a Skandinávie asi 5000 př. n. l. Podobně se pšenice rozšířila přes Írán do střední Asie a do Číny. Do Afriky se rozšířila přes Egypt. V roce 1529 ji přivezli Španělé do Mexika a v roce 1788 byla rozšířena i do Austrálie. Na území České republiky se objevila pšenice setá v neolitu, tedy zhruba v roce 5000 př. n. l. (Diviš et al. 2010).

3.1.3 Nároky na stanoviště

Pšenice setá patří mezi nejnáročnější obilniny. Ideálními podmínkami pro pěstování jsou lokality dostatečně teplé, převážně sušší s průměrnou teplotou na jaře a v létě kolem 14–17 °C, nižším úhrnem srážek od 250 do 350 mm. Úhrnný sluneční svit zde dosahuje vysokých hodnot především na jižní Moravě a v severozápadních Čechách od 1300 do 1500 hodin. Zahrnuje především kukuřičnou výrobní oblast a sušší části řepařské výrobní oblasti. Nevhodné oblasti jsou chladné a vlhčí s průměrnou jarní a letní teplotou 11–13 °C s ročním srážkovým úhrnem nad 500 mm. Úhrnný sluneční svit za jaro a léto je krátký do 1200 hodin. Kdy je většina půd podzolových (Zimolka et al. 2005). Je hlavní plodinou teplejších a sušších oblastí a je náročná na půdu a živiny. Nejlépe se jí daří na těžších, dostatečně hlubokých, hlinitojílovitých, jílovitých a hlinitých půdách s neutrální až slabě zásaditou reakcí (pH 6,0 –7,5). Půda pro pšenici má být úrodná a strukturní. Má obsahovat dostatek živin, především dusíku, fosforu a draslíku, dostatek humusu a vápníku. Za nevhodnější půdy jsou považovány černozemě a degradované černozemě. Mají dobré fyzikální vlastnosti a jsou schopné hromadit a udržovat vodu. Nevhodné jsou půdy trvale zamokřené, kyselé a písčité (Konvalina & Moudrý 2008). Z dlouhodobých výnosových výsledků vyplývá významný vliv stanoviště a ročníku, které ovlivňují výnos až o 25 %. Průběh počasí ovlivňuje výnosovou stabilitu největší měrou než třeba stanoviště, výsevek či hnojení (Zimolka et al. 2005).

3.1.4 Technologie pěstování pšenice seté

Pěstební technologie ozimé pšenice jsou z dlouhodobého hlediska vnímány jako optimální a z hlediska využití pro praxi dostačující. Případný vývoj je dlouhodobě orientován na pěstování nových odrůd vykazujících lepší biologické kvalitativní a kvantitativní parametry, zejména ve vztahu k výnosu, kvalitativním parametrům zrna pro daný způsob následného využití a k odolnosti vůči chorobám a škůdcům. Dosavadní technologické postupy začínají vykazovat meze své použitelnosti. Primárním faktorem je snižování energetické náročnosti a zároveň zachování produktivnosti systémů. Základem energetické vyváženosti systémů je samozřejmě optimalizace bilance organické hmoty. Současné technologické postupy pěstování obilnin a jejich podíl na orné půdě spíše bilanci organické hmoty narušují, než aby přispívaly k jejímu zlepšení (Brant et al. 2018a).

3.1.4.1 Zařazení pšenice ozimé do osevního postupu

Zemědělská praxe, ale i polní dlouhodobé pokusy ukazují, že na výnosy obilnin má velký vliv právě předplodina. Tento vliv se umocňuje především v horších agroekologických podmínkách. Opatřeními, kterými jsou, ochrana rostlin, volba odrůdy a hnojení, lze předplodinovou hodnotu kompenzovat, ale ne zcela nahradit. Ozimá pšenice je ze všech obilnin výnosově nejcitlivější a výrazně reaguje na předplodinu. Při výběru předplodiny pro ozimou pšenici je nutné zohlednit výrobní oblasti, požadavky odrůd a využití sklizené produkce. Nejlepšími předplodinami jsou luskoviny, jeteloviny ve vlhčích podmínkách, olejnin, především řepka ozimá, okopaniny a organicky hnojené zeleniny. Na výnos mají pozitivní účinky luskoviny, včetně luskovinoobilních směsek za předpokladu nižšího zastoupení obilních komponentů (Winkler et al. 2016). Potřeba začlenění bobovitých plodin (*Fabaceae*) do osevních postupů

je důležitá, aby se zvýšila úrodnost půdy a udržitelnost zemědělských systémů, která je často zanedbávána, ale pozitivní vliv luskovin na střídání plodin je obecně znám (Lambers & Colmer 2005). Velké zastoupení obilnin v osevních postupech nevylučuje pěstování pšenice po obilninách, což je méně vhodné, a to jak z hlediska výnosového, tak kvalitativního. Obilniny pěstované po sobě totiž zhoršují půdní vlastnosti a zvyšují riziko zaplevelení specifickými druhy plevelů, vyšší napadení škůdci a houbovými chorobami. Tyto negativní dopady předplodiny je nutné kompenzovat vyššími dávkami hnojiv a pesticidů, což významně ovlivňuje rentabilitu pěstování pšenice (Zimolka et al. 2005).

3.1.4.2 Zpracování půdy a založení porostů

Zpracování půdy je definováno jako mechanický zásah do půdy nebo promíchání půdy za účelem vytvoření co nejlepších podmínek pro vegetaci rostlin (Or & Ghezzehei 2002). Způsob a kvalita zpracování půdy má velký význam na následné založení porostů, ale ovlivňuje významně i rentabilitu pěstování ozimé pšenice, jelikož představuje až 40 % energetických vstupů do technologie pěstování a vytváří předpoklady pro optimální strukturu porostů, tvorbu výnosu i kvality produkce, a tím i větší efektivnost využití produkčních faktorů. Včasné a vhodně zvolené způsoby zpracování půdy mají velký vliv na počet vzešlých rostlin, přezimování porostů a rozhodují o tlaku škůdců, chorob a plevelů. V současné době se ještě při zakládání porostů ozimé pšenice využívá klasických způsobů orebního zpracování půdy a setí. Sledy pracovních operací konvenčního zpracování, s obracením půdy, se bez výraznějších odchylek uplatňují v celé ČR. Vedle toho se na základě vědeckých poznatků prosazují nové ochranné způsoby ve zpracování půdy, které vyhovují dnešním trendům racionálních, zjednodušených způsobů zakládání porostů (Zimolka et al. 2005).

Podle termínu setí se upravuje výše výsevu pšenice a uvádí se v miliónech klíčivých zrn na jednotku plochy (MKZ). Pohybuje se od 2,5 MKZ/ha (začátek září) do 5,5 – 6 MKZ/ha (konec října-listopad), což odpovídá váhovému rozmezí zhruba 120–250 kg/ha. Včasný výsev je ale spojen se zvýšením tlaku plevelů a zvyšuje pravděpodobnost nepříznivých důsledků vzhledem k výnosu zrna (Epplin 2000). Na tuto reakci lze reagovat zvýšením hustoty rostlin a výrazně snížit produkci biomasy plevelů, a tím zvýšit celkový výnos (Olsen et al. 2005). Při pozdních výsevech je klíčivost nižší, a navíc je větší pravděpodobnost, že přezimuje méně rostlin, které jsou z důvodu zkráceného podzimního vývoje méně mrazuvzdorné. Přihlízet se musí také k odnožovacím schopnostem jednotlivých odrůd. U více odnožujících odrůd se výsevek drží při spodní hranici. V horších pěstitelských podmínkách jsou uplatňovány výsevky při horní hranici (Petr & Húska 1997). Zásadní je hloubka, do které je osivo během setí uloženo. Optimální hloubka je v našich podmínkách 30–50 mm. Na těžších a vlhčích půdách je vhodné sít mělčeji, na lehčích půdách a v suchých podmínkách hlouběji z důvodu dostatku vláhy potřebné ke klíčení. Hloubka setí přímo souvisí s odolností rostlin vůči vyzimování. V případě nepříznivé zimy mělce zaseté rostliny mají založený odnožovací uzel těsně pod povrchem anebo na povrchu půdy, což může vést k jeho poškození mrazem. V tomto případě hrozí odumírání jedinců a snížení výnosu (Špaldon et al. 1982). V současnosti nejrozšířenější je řádkové setí. Je tomu tak hlavně z důvodu jednoduchosti technického řešení secích strojů. Osivo je ukládáno do úzkých řádků s nejčastější roztečí 125 mm. Při větší meziřádkové vzdálenosti vzniká volný prostor pro uplatnění plevelů. Nepříznivým průvodním

jevem tohoto způsobu výsevu je tzv. řádkování (největší koncentrace rostlin v řádku), které bývá patrné až do sklizně. Svědčí o nedokonalém využití plochy (Zimolka et al. 2005). Nové secí stroje umožňují zakládání porostů obilovin na přesný počet jedinců na jednotku plochy. To umožňuje vyšetí přesného počtu semen, ale nezaručuje jejich přesné rozmístění na plochu. Cílem této technologie je především optimalizace hustoty porostu podle variability pozemku. Zde však značně vzrůstají nároky na biologické vlastnosti osiva. Setí na přesný počet jedinců vede nejen k úspoře osiva, ale i ke zvýšení plošné výkonnosti strojů, což potvrdila měření v praxi (Brant et al. 2018a).

3.1.4.3 Výživa rostlin

Vaněk et al. (2016) uvádí, že příjem živin během vegetace je u ozimé pšenice značně závislý na půdních a povětrnostních podmínkách, intenzitě růstu i pěstované odrůdě. Na 1t zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá pšenice ozimá: 25 kg N, 5 kg P, 20 kg K, 2,4 kg Mg, 4 kg S. Během vegetace v období podzimu a brzkého jara je díky malému množství vytvořené biomasy nízký odběr živin rostlinami. Hlavní příjem živin je v období intenzivního růstu. Příjem živin se zvyšuje během sloupkování, metání a vrcholí v době kvetení. Na úrodných stanovištích je přímý vliv hnojení na produkci pšenice nižší a projevuje se více na půdách s nižší úrodností, v méně příznivých a po méně vhodné předplodině. Hnojení se tedy projevuje jak přímým vlivem na výnos a kvalitu zrna, tak nepřímo v obnově přímé úrodnosti a v úhradě odčerpaných živin. V současné době pěstované pšeničné kultivary vyžadují vysoké vstupy dusíkatých hnojiv a agrochemikálií k dosažení vysokých výnosů (Shewry 2009).

Při hnojení pšenice se začíná základním hnojením, které záleží na předplodině. Provádí se na podzim před setím. Lze zařadit i předseťové základní hnojení dusíkem, ale pouze za předpokladu, že jako předplodina byla obilnina. Jarní regenerační přihnojení se považuje za nejvýznamnější hnojení, pro regeneraci po zimním období a založení základního prvku výnosu, počtu klasů na plošnou jednotku. Včasná přihnojení přináší vyšší výnosy (Petr & Húska 1997).

Dusíkem v podzimním období obvykle nehnojíme, pokud se obsah minerálního dusíku pohybuje v optimálních hodnotách. Pšenice v podzimním období odčerpá maximálně 12 % dusíku z celkové potřeby na předpokládaný výnos (Ducsay & Slepčan 2020).

3.1.4.4 Plevelné spektrum

Plevellem jsou označovány rostliny, které rostou spontánně vedle pěstovaných kulturních rostlin, kterým konkurují svým místem na stanovišti, v nárocích na vodu, živiny a světlo. Svým životním stylem zaujímají také místo na pozemcích, na nichž došlo ke změnám v důsledku hospodaření (Klaaßen & Freitag 2004).

Ozimá pšenice se vyznačuje dlouhým vegetačním obdobím a v průběhu svého růstu je zaplevelována různými druhy plevelů. V podzimním období setí a vzcházení porostu pšenice se vyskytují především druhy ze skupiny přezimujících plevelů a efemerních druhů, jako jsou například hluchavka nachová, hluchavka objímavá, chundelka metlice nebo ptačinec prostřední a rozrazil. Tyto druhy na jaře produkují semena. Mimo tyto druhy jsou porosty pšenice často zaplevelovány výdrolem předplodin, jako je řepka, ječmen a triticales. V jarním období jsou porosty ozimých obilnin zaplevelovány především druhy ze skupin přezimujících plevelů

(violka rolní, svízel přítula) a časně jarních druhů (oves hluchý, hořčice rolní). Od začátku sloupkování až do fáze mléčné zralosti má pšenice nejvyšší konkurenční schopnost a dobře zapojený porost dokáže plevelé úspěšně potlačit. Mezerovité a řídké porosty bývají zaplevelovány pleveli, jako jsou merlík bílý, laskavce, ježatka kuří noha a další (Winkler et al. 2016).

Při vyšším zastoupení obilnin, lze evidovat silné výskyty svízele přítuly, ptačince žabince, heřmánkovitých plevelů, violky, hluchavky, rozrazil, ale i plevelných trav, kterými jsou psárka polní a chundelka metlice (Klaßen & Freitag 2004).

3.1.4.5 Škůdci

Škůdci napadají obilniny po celou dobu vegetace. Největší škody vznikají při sání mšic a křísků v období, kdy jsou rostliny ještě malé a zranitelné. Tito škůdci omezují nejen počet odnoží, zhoršují přezimování rostlin, ale především v teplejších oblastech přenášejí virus žluté zakrslosti ječmene a pšenice. Právě pro omezení přenosu viróz je vhodné provedení podzimní ochrany směsí pyrethroidu s některou systémově působící látkou. Druhým obdobím, kdy je již provedení ochrany systémově působícími insekticidy ekonomické je plné kvetení pšenice. V této době se vyskytují zejména mšice a trásněnky (Zimolka et al. 2005).

3.1.4.6 Choroby

Napadení listů a klasů obilnin parazitními houbami, které jsou původci chorob, vede zpravidla ke snížení fyziologické výkonnosti napadených rostlinných orgánů. Často dochází k nedostatečnému transportu asimilátů, které nejsou dopravovány do výše ležících orgánů, kterými jsou nejprve mladé listy, v pozdější fázi do klasů s obilkami, ale jsou vedeny do míst napadení. Takto napadají rostliny například padlí nebo rzi, které jsou odkázány na hostitele a jeho asimilační orgány, na nichž tvoří své rozmnožovací orgány. Mnoho původců chorob má schopnost vylučovat toxiny, které způsobuje nekrotizaci pletiva a odumírání rostlin. Se ztrátou listové plochy dochází ke snížení výnosu a také k horší kvalitě zrna (Prigge et al. 2004).

3.1.4.7 Sklizeň

Sklizeň přichází na řadu při dosažení plné zralosti, při níž jsou všechny části rostlin včetně kolének zaschlé. Obilka je tvrdá nedá se již lámat, odolává i vrypu nehem a vlhkost zrna se pohybuje od 15–20 %. V současné době se většina porostů sklízí přímou, jednofázovou sklizní žacími mlátičkami. Pro snížení sklizňových ztrát a mechanického poškození je třeba věnovat pozornost seřízení sklízecí mlátičky (Zimolka et al. 2005).

3.2 Hrách rolní

Luskoviny, pod které patří i hrách rolní, jsou velmi významné a specifické i ze svého agronomického hlediska, jelikož mají jednak výtečné fyto-sanitární účinky, jsou také přerušovatelem v osevních sledech a zejména jsou zlepšovatelem úrodnosti půdy. V symbióze s hlízkovými bakteriemi na kořenech rostliny získávají vzdušný dusík pro svoji potřebu, ale také zanechávají obohacenou půdu dusíkem pro následující plodiny. Svým mohutným kořenovým systémem zlepšují fyzikální stav půdy a rozšiřují koloběh živin, jelikož živiny odebírají či transformují z méně přístupných forem pro ostatní plodiny. Následující plodiny jsou schopny náležitě ocenit takto obohacenou půdu dusíkem o 40 až 60 kg/ha, která se obejde bez intenzivního dusíkatého hnojení (Hosendl et al. 1998). Semena obsahují vysoké množství škrobu od 30 až do 52 % v sušině. Celkový obsah bílkovin je v průměru kolem 21-25 %. Přesto je využití pro lidskou výživu relativně nízké, asi 10 %. Převážně je využíván jako krmivo (Moudrý et al. 2011).

Leguminózy se pěstují na 12–15 % orné půdy na Zemi a představují 27 % světové produkce primárních plodin. Bohužel výnosy luskovin nejsou schopné držet krok s výnosy obilnin (Graham & Vance 2003).

3.2.1 Botanický popis

Rod hrách (*Pisum*) tvoří mnoho morfologicky odlišných typů. Pro produkci semen je využíván především hrách setý polní (Moudrý et al. 2011) a hrách setý rolní (*Pisum sativum* var. *arvense*), zvaný také jako peluška, u kterého převažuje využití pro zelené krmění, zejména ve směsích s ostatními jednoletými pícevinami (Fuksa 2007).

Převážně jsou pěstovány jarní odrůdy, ale v sortimentu je také hrách rolní ozimý (Arkta) (Houba et al. 2009). Je to jednoletá bylina. Lodyhy jsou převážně popínavé, větvené, 0,3-1,5 m dlouhé, duté, lysé. Listy střídavé, sudozpeřené s 1–3 páry vejčitých až podlouhlých lístků, zakončené zpravidla větvenou úponkou. Palisty velké, objímavé, srdčité, zejména v dolní části zubaté až vroubkované, v úžlabí palistů často červené skvrny. Květenství 1–3 květy hrozny, stopky květenství delší než palisty. Kalich zvonkovitý; koruna dvoubarevná, fialovo-bílá, červenofialová, růžová. Lusky jsou mnohosemenné, podlouhlé, rovné nebo slabě zahnuté, na vrcholu zúžené v zobánek. Semena kulovitá až zaobleně mnohohranná, hladká, 4–9 mm v průměru, semena světle hnědá až hnědá, šedo-zelená až tmavozelená, fialová, jednobarevná nebo s kresbou ve tvaru teček, skvrn, mramorování v barvě fialové nebo světle hnědé, nezralá semena natrpklá. Hmotnost tisíce semen (HTS) se pohybuje v rozmezí 108–215 g. Klíčí hypogeicky, vegetační doba se pohybuje v rozmezí 103-100 dní (Brant et al. 2019).

3.2.2 Nároky na stanoviště

Optimální výnos spoluvytváří stanovištní podmínky. Pro pěstování jsou vhodné mírné polohy se středními, dobře rozloženými srážkami, především řepařské a obilnářské výrobní oblasti. Suché lokality kukuřičné oblasti by měly zůstat vyhrazeny teplomilnějším druhům (sója luštinatá), zatímco vlhčí bramborářské oblasti druhům jako je bob. Vhodné jsou hlinité, hlinitopísčité a písčitohlinité půdy. Pro efektivní funkci rhizobií, která má významný vliv

na dosažený výnos, jak hrachu polního, tak následné plodiny, je však nutné zajistit neutrální nebo mírně kyselou reakci půdy. Při výběru stanoviště je nutné rovněž respektovat požadavky týkající se sklizně. Pro snížení ztrát při sklizni je třeba, aby byl pozemek urovnaný, nezaplevelený a bez větších kamenů. Nevyhovující jsou i pozemky s utuženou podorniční vrstvou, kde dochází ke zvýšenému výskytu krčkových chorob (Moudrý et al. 2011).

3.2.3 Technologie pěstování hrachu rolního

Hrách rolní není náročný na předplodinu. Je často řazen jako přerušovač a výborná předplodina mezi dvě obilniny. Bývá řazen nejvýše do třetí trati po hnojených okopaninách. Na stejný pozemek lze hrách rolní zařadit nejdříve za čtyři roky. Při jeho vyšším plošném zastoupení v osení sledu je z fytopatologického hlediska doporučován až devítiletý cyklus střídání (Moudrý et al. 2011). Vzhledem k tomu, že luskoviny zanechávají půdu v dobrém stavu, obohacují ji o dusík a většinou se zaorává po sklizni i sláma, jsou velmi dobrými předplodinami (Vaněk et al. 2016).

3.2.3.1 Zpracování půdy a založení porostu

Zpracování půdy se provádí na podzim buď konvenčně s použitím orby, nebo s využitím bezorebných technologií, případně hlubšího kypření půdy. Na jaře je vhodná včasná příprava půdy do hloubky 60–80 mm s dokonalým urovnáním pozemku (Houba et al. 2009).

Pro zajištění vysokého výnosu je nutný včasný výsev. Hrách rolní snáší i mrazíky do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nízké teploty podporují růst kořenové soustavy, zajišťují předpoklad lepšího zdravotního stavu rostlin. Požadovaná hloubka setí je 60 až 80 mm. Optimální hloubkou setí, která může být kritickým místem celkového úspěchu pěstování, je zajištění dostatku vláhy pro klíčení a rovnoměrnost vzcházení. Hloubka setí úzce souvisí s ošetřením hrachu preemergentními herbicidy, které mohou retardovat, nebo poškodit rostliny zaseté mělčeji (Moudrý et al. 2011). Důležitá je neutužená a dobře prokypřená půda. Hrách rolní je náchylný na nedostatek půdního vzduchu. Ten je důležitý i pro činnost hlízkových bakterií. Meziřádková vzdálenost se nejčastěji volí stejná jako u obilnin, tedy 125 mm (Houba et al. 2009). V sušších oblastech je optimální počet produktivních rostlin 80 až 85 na metr čtvereční, ve vlhčích oblastech 75-80 rostlin na metr čtvereční. Těmto počtům odpovídá výsevek 0,9-1,1 milionu klíčivých semen na hektar. Po zasetí je vhodné pro obnovení půdní kapilarity a urovnání pozemku provést válení, nejlépe válci typu Cambridge (Moudrý et al. 2011).

3.2.3.2 Výživa rostlin

Luskoviny jsou schopny opatřit si díky hlízkovým bakteriím část spotřebovaného dusíku. Předpokládá se, že spotřebují na počátku vegetace pouze malé množství dusíku z půdy, než se vytvoří dostatek hlízek na kořenech. Hlízkové bakterie kryjí za příznivých podmínek z 80-85 % celkovou potřebu dusíku rostlin. Předpokladem efektivního pěstování bobovitých rostlin z hlediska jejich výživy je vytvoření vhodných podmínek pro rozvoj a aktivitu rhizobií. Důležitou podmínkou je vhodné pH půdy. Dobrá aktivita hlízkových bakterií je jen v půdách slabě kyselých až neutrálních. Proto je vápnění jedno z nejdůležitějších opatření. Vhodné je provést vápnění již k předplodině. Přímé vápnění sice většina bobovitých snáší, ale není vždy

zárukou vytvoření vhodných podmínek pro rostliny. Vhodnější je s ohledem na pomalejší účinek vápenců a dolomitů vápnit v dostatečném předstihu před bobovitými rostlinami. Také dostatek fosforu a draslíku pozitivně ovlivňuje rozvoj kořenové soustavy, čímž tvoří lepší podmínky pro tvorbu hlízek. Samozřejmostí, zvláště pak na půdách, kde se luskoviny delší dobu nepěstovaly, je očkování osiva (Vaněk et al. 2016).

Hrách rolní sice dovede poměrně dobře využívat živiny ze staré půdní síly, avšak jejich nedostatek zaviněný dlouhodobou absencí hnojení nahradit nemůže. Na chudších půdách, kde jsou horší podmínky pro činnost rhizobií přichází v úvahu dávka 50-60 kg/ha dusíku. Na úrodnějších půdách postačí dávka kolem 20-40 kg/ha. Fosforečné a draselné hnojení je doporučováno v rozmezí 24-40 kg/ha fosforu a 70-120 kg/ha draslíku (Moudrý et al. 2011).

3.2.4 Využití hrachu rolního jako pomocné plodiny a meziplodiny

Historicky je pěstování směsných kultur často využívanou technologií. V rámci evropského zemědělství jsou dlouhodobě využívány např. luskovinoobilné směsky. Jejich využití přetrvává i do dnešní doby. Standardní pěstování směsi hrachu a obilniny na semeno má své stále opodstatnění v ekologických systémech (Aufhammer 1999).

Jarní forma hrachu rolního je pro rychlý počáteční vývin, dlouhou lodyhu a bohaté olistění vhodná do jarních a letních luskovinoobilných (oves a pšenice jarní) směsek na zelené krmení nebo senáž. Lze ji pěstovat i s bobem, kukuřicí a slunečnicí nebo v čisté kultuře. V osevních postupech s vysokým zastoupením obilnin nachází uplatnění na zelené hnojení. Současné odrůdy hrachu rolního jsou vhodné do všech oblastí České republiky, limitujícím faktorem výnosů je výše srážek. Na půdní podmínky není náročný, nevhodné jsou jen půdy velmi lehké, písčité, slévací, zamokřené a kyselé. V osevním postupu se nejčastěji zařazuje po obilninách, sám je velmi dobrou předplodinou zejména pro obilniny a cukrovku, neboť obohacuje půdu o dusík (Tyller 2004). A je zvláště účinný, protože akumuluje až dvakrát více dusíku v biomase než hořčice bílá nebo pohanka obecná (Wojciechowski & Werminińska 2016). Dále zlepšuje půdní strukturu a působí fyto-sanitárně. V sortimentu převažují jarní odrůdy, které v závislosti na ranosti kvetou za 63–70 dnů. Významné druhy využitelné jako meziplodiny. Meziplodiny od zasetí. Optimální termín pro sklizeň je v době po rozkvětu, kdy se začínají objevovat lusky. Ozimá forma hrachu rolního je vhodná do ozimých luskovinoobilných směsek na zelené krmení nebo senáž i pro pěstování v čisté kultuře (Tyller 2004). Meziplodiny jsou důležitým prvkem udržitelnosti zemědělství. V zemědělské výrobě jsou meziplodiny definovány jako doplňkové rostlinné druhy, které jsou pěstovány pro biomasu mezi po sobě jdoucími hlavními plodinami a jsou stále více využívány v udržitelném zemědělství (Žuk-Gołaszewska et al. 2019).

Využití mají jarní vymrzající formy hrachu setého rolního jako pomocná plodina do porostů ozimé řepky. Preferovány jsou cílené výsevy do meziřádků. Jarní spolehlivě vymrzající formy se ve srovnání s formami ozimými opět vyznačují vyšší růstovou dynamikou. Ozimé formy jsou využívány jako pomocné plodiny do porostů pšenice ozimé, opět se jedná o cílený výsev do meziřádku. Ozimé formy velmi dobře přezimují. Výrazné uplatnění mají směsi hrachu rolního s jinými plodinami pro tvorbu vegetačního krytu pro systémy setí do živého, či čerstvého mulče. Jarní i ozimé formy lze využít pro pásové systémy zakládání pomocných plodin (jarní a podzimní výsevy) pro širokořádkové plodiny (Brant et al. 2019).

3.3 Pomocné plodiny

Zemědělství má ve většině zemí tradici. Tradiční zemědělské postupy jsou doloženy po celém světě pěstováním směsí různých plodin, což není nic jiného než forma smíšeného pěstování. Je doloženo, že zemědělské systémy starověku v různých koutech planety pěstovaly směsi plodin, které byly pěstovány lidmi po dlouhou dobu (Plucknett & Smith 1986). Ve starověkém Řecku kolem roku 300 př. n. l. byly známy a pravděpodobně používány různé druhy pomocných plodin a meziplodin. Theophrastus, jeden z největších raných řeckých filozofů a přírodovědců, poznamenal, že pšenice, ječmen a některé luštěniny mohly být vysety v různých obdobích během vegetačního období, často v kombinaci s trvalými kulturami, vinnou révou a olivami, což naznačuje znalost použití meziplodin (Papanastasis et al. 2004). Pod pojmem smíšená kultura rozumíme pěstování dvou různých plodin na stejném poli (ve stejnou dobu během vegetačního období) současně, zejména směs luskoviny a jiné plodiny (Hauggaard-Nielsen et al. 2001).

Systémy využití pomocných plodin představují jednu z cest biotických intenzifikací v rostlinné výrobě. Biotická intenzifikace spočívá v cíleném využití pozitivních a negativních biologických interakcí mezi živými organismy na stanovišti. Zároveň se jedná o cílené ovlivnění abiotických podmínek stanoviště daným organismem, především se jedná o bakterie, houby, rostliny a některé zástupce živočichů (Doré et al. 2011). Využitím znalostí biologických principů umožňují eliminovat případné negativní působení zemědělství na životní prostředí při zachování stávající produktivnosti pěstebních systémů. Cílem využití pomocných plodin je snížení energetické náročnosti při pěstování polních plodin. Omezení erozních procesů půdy a stabilizace půdní struktury, včetně optimalizace bilance organické hmoty. Pomocné plodiny lze využít i pro biologickou regulaci plevelů, chorob a škůdců, což vede ke snížení spotřeby pesticidů na jednotku plochy půdy. Obdobně jako každá technologie, je pěstování pomocných plodin spojeno i s riziky. Zejména se jedná o konkurenci pomocné plodiny vůči plodině hlavní a působení pomocné plodiny na plodinu následnou (Brant et al. 2019). Pomocné plodiny jsou využitelné téměř ve všech kulturních plodinách, ale vždy záleží na záměru a systému pěstování (Faget et al. 2012). Podstatou pro vytvoření vhodného mixu plodin s rozdílným habitem a schopností příjmu živin je to, aby se plodiny doplňovaly a nekonkurovaly si navzájem (Lithourgidis et al. 2011).

Volba vhodného systému pěstování pomocných plodin a vhodné agronomické postupy, jako je výběr plodin, struktura porostu a ochrana rostlin, jsou hlavními aspekty pro získání výhod ze systému pomocných plodin (Maitra et al. 2021).

3.3.1 Výhody pomocných plodin

Využitelnost pomocných plodin je dlouhodobě zkoumána a mnohé výsledky výzkumů jsou již praktikovány. V dnešní době je kladen důraz na snižování eroze, a to hlavně v širokořádkových plodinách (Faget et al. 2012). Významnější roli hraje využití pomocných plodin při regulaci půdních patogenů. Zde se jedná o regulaci patogenních bakterií, hub a virů včetně půdních nematod (Farooq et al. 2013). Při pěstování smíšené kultury dosahujeme větší plochu zakryté půdy a menšího výparu. Rostliny mohou být lépe chráněny proti poléhání. (Lithourgidis et al. 2011). Dalším efektem je zvýšení výnosu a kvality. Výnos ze směsi je schopný se vyrovnat průměrnému výnosu jedné plodiny v monokultuře. A například

přítomnost leguminóz ve směsi může navýšit obsah dusíku v obilninách (Malézieux et al. 2009). Pomocné plodiny také do jisté míry potlačují růst plevelů a výdrolu předplodiny a zlepšují zdravotní stav rostlin (Žuk-Gołaszewska et al 2019). S lepším využitím živin a snížené konkurenci plevelů minimalizují riziko nedostatku potravin a zvyšují stabilitu výnosu (Aziz et al. 2015). Omezují šíření a výskyt škůdců (Brant et al. 2008). Kumulují sluneční záření do chemických vazeb a následně je transformují do půdy formou organické hmoty, čímž zvyšují jeho využití. Dále cíleně ovlivňují dynamiku vývoje nadzemní a podzemní části hlavní plodiny, zejména zajišťují optimální mikroklima přizemní vrstvy atmosféry a půdní podmínky pro následný vývoj hlavní plodiny. Jsou nápomocné při zajištění nutričních nároků porostu, jak v době růstu, tak i po jejich odumření (Brant et al. 2019). Pomocné plodiny a meziplodiny mohou zvýšit pH půdy a koncentraci živin v půdě, která přispívá k růstu a rozvoji hlavní plodiny. Zpřístupňují živiny především dusík nebo fosfor (Orzech 2013).

V rámci dosavadního vývoje technologických postupů s využitím pomocných plodin dochází k jejich uplatňování a praktickému využití především v porostech obilnin, zejména pšenice ozimé, ozimé řepky a kukuřice seté. V rámci České republiky se jedná i o technologie pěstování máku setého. Menší praktické zkušenosti jsou s využitím pomocných plodin v cukrové řepě a ve slunečnici. Stranou však nezůstává ani zájem o využití pomocných plodin v porostech luskovin (Brant et al. 2019). V nových postupech pěstování plodin je na snaze pozvednout druhovou pestrost osevních sledů a pestrost struktury pěstovaných plodin na půdním bloku. I toto zajišťuje využívání meziplodin a plodin pomocných (Brant et al. 2008).

Velkým přínosem směsi pro prostředí je její dlouhodobé působení na zlepšení podmínek, větší druhová pestrost, poskytování různorodých habitatů pro prospěšné živočichy a ochranu půdy (Malézieux et al. 2009). Ve zranitelných ekologických podmínkách v suchých oblastech je velmi častým jevem neúroda způsobená biotickými a abiotickými faktory a monokultury mohou být vážně postiženy. Ale meziplodiny nebo polykultura jsou ze své podstaty diverzifikované. Díky tomu je neúroda mnohem méně pravděpodobná, a proto pomocné plodiny a meziplodiny poskytují zemědělcům jistotu a přirozenou pojistku dostatečného výnosu (Maitra et al. 2019).

3.3.2 Nevýhody pomocných plodin

Kromě očekávaného pozitivního vlivu je však spojeno i s možným negativním biotickým působením pomocných plodin na souběžně pěstovanou hlavní plodinu a její výnos, či na následné plodiny. V rámci negativního působení se může jednat o přímé působení v době růstu na plodinu hlavní, či o následné působení umrtvené, či odumřelé pomocné plodiny, nebo jejich zbytků na souběžně pěstovanou hlavní plodinu nebo plodinu následnou. Při slabých zimách může docházet k nevymrzání nebo regenerování mechanicky regulovaných pomocných plodin. Podporují také rozvoj chorob a škůdců v souběžně pěstované plodině. Může docházet taktéž k nevhodnému aleopatickému působení pomocné plodiny a negativní působení meziproductů rozkladu biomasy na hlavní, či následnou plodinu (Brant et al. 2019). K dalším nevýhodám patří nedostatek vody pro hlavní plodinu v suchých letech, rychlejší počáteční vývoj než plodina hlavní a mrazuodolné pomocné plodiny je třeba na jaře chemicky regulovat. Dále také pěstování pomocných plodin přináší i vyšší nároky na odbornost agronoma, který musí zabezpečit, aby pomocná plodina splnila svůj účel a nestala se plodinou

konkurenční, která by omezila výnos hlavní plodiny (Stehno 2019). Dokládají to i Maitra et al. (2019), kdy zmiňuje, že hlavní nevýhodou pomocných plodin je obtížnost praktického řízení základních agronomických operací, zejména tam, kde se používá zemědělská mechanizace nebo když dílčí plodiny pěstované ve směsných kulturách mají odlišné požadavky na hnojiva, vodu a ochranu rostlin. V systémech pomocných plodin je aplikace herbicidů obtížná, zejména pokud je zvolena kombinace dvouděložných a jednoděložných rostlin (Nurk et al. 2017).

Další nevýhodou tohoto systému je větší pracnost při tvorbě mixů nebo při jejich výsevu, případně při sklizni (Lithourgidis et al. 2011). Především je důležitý správný výběr rostlin do pěstované směsné kultury (Rahman et al. 2021).

3.3.3 Technologie souběžného pěstování hlavní a pomocné plodiny

Technologie souběžného pěstování pomocné a hlavní plodiny je obecně považována za perspektivní směr. Technologie vychází ze souběžného pěstování pomocné plodiny po předem stanovenou dobu, kdy biotické efekty poskytuje rostoucí pomocná plodina, či její umrtvená či odumřelá biomasa. Doba setrvání živé pomocné plodiny v porostu plodiny hlavní může být velmi rozdílná a může se lišit i v rámci shodné technologie v závislosti na podmínkách daného ročníku. Za primární výhodu technologie je považována skutečnost, že výsev pomocné plodiny probíhá souběžně s výsevem plodiny hlavní při jedné pracovní operaci, což snižuje náklady na spotřebu času na pěstební technologii. Obdobně jako u technologií souběžného pěstování více hlavních plodin na pozemku, má zásadní vliv na efektivitu technologie optimalizace struktury porostu. Jedná se o prostorové rozmístění hlavní plodiny a pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin a počet jedinců dané plodiny na jednotku plochy pro danou strukturu (Gao et al. 2010). Proto pro dosažení optimálního výnosu je nutné udržovat optimální porost rostlin (Maitra et al. 2021).

Podle (Lithourgise et al. 2011) se uvádějí tyto možnosti výsevu smíšených kultur:

1. Volný výsev: Semena jednotlivých plodin jsou promíchána a vysetá na dané ploše.
2. Střídavé řádky: Řádek jedné plodiny je střídán řádkem s druhou plodinou – uspořádání 1:1. Nebo dva řádky jedné plodiny střídá jeden řádek druhé plodiny – uspořádání 2:1.
3. Výsev do stejného řádku: Mix plodin je vyset v jednom řádku.
4. Pásový výsev: Několik řádků s jednou plodinou se střídá s několika řádky druhé plodiny.

Technologie je využívána především u plodin vysévaných do užších řádků. Výsev hlavní plodiny probíhá konvenčními secími stroji a pomocná plodina je založena před výsevem hlavní plodiny, souběžně s ní, nebo je dosévána po vzejití hlavní plodiny. Nejčastěji používanými systémy je cílený výsev hlavní plodiny do řádků a plošný výsev pomocné plodiny na povrch půdy před pracovní sekce secího stroje. Pro souběžný výsev plodin jsou využívány konvenční secí stroje, které jsou doplněny přídatným zásobníkem na osivo, které je rozptýleno na povrch půdy, nebo k pracovním nástrojům. Náhodné rozmístění pomocné plodiny přináší některé problematické faktory, především uložení osiva v těsné blízkosti vedle sebe. Může tak docházet k nežádoucí konkurenci mezi rostlinami už v počátku růstu. Za lepší technologické postupy jsou v dnešní době považovány technologie cíleného výsevu hlavní a pomocné plodiny, které jsou uplatňovány, jak v úzkořádkových, tak širokořádkových plodinách. Pro uplatnění těchto technologií je zapotřebí secí stroj s dvou, i vícekomorovým zásobníkem osiva a systémem

rozděleného přívodu osiva k secím botkám, které umožní nezávislý výsev dvou i více komponentů. Některé secí stroje mají i možnost změny přítlaku na secí botky, či rozdílné hloubky zapravení osiva. Cílem těchto technologických postupů je záměrné rozmístění hlavní a pomocné plodiny tak, aby si navzájem nekonkurovaly po dobu souběžného růstu (Brant et al. 2019).

3.3.4 Vztahy mezi hlavní a pomocnou plodinou

Pokud jde o systémy pěstování pomocných plodin, většina studií zkoumala pěstování dvou druhů plodin. Podle Maitra et al. (2021) mohou být dílčí plodiny zapojené do systému společného pěstování vzájemně propojeny těmito způsoby:

Konkurenceschopnost: V tomto vztahu by se produkce jedné plodiny zvyšovala poklesem produkce druhé. Tomu se také říká "kompenzace".

Komplementarita: Jedná se o další typ vztahu, ve kterém zvýšení produkce jedné plodiny pomáhá dosáhnout zvýšení produkce druhé plodiny. To se nazývá "vzájemná spolupráce" a není to příliš běžné.

Doplňkovost: V tomto případě může být produkce jedné plodiny zvýšena, aniž by to mělo jakýkoli vliv na produkci druhé plodiny. K této situaci obvykle dochází, když se zralost dvou druhů plodin značně liší.

Vzájemná inhibice: Nastává, když je skutečná produktivita sklizených plodin nižší než očekávaný výnos. Konkurenční a doplňkový vztah je velmi častý v různých systémech pěstování pomocných plodin.

3.4 Pomocné plodiny v obilninách

Nejčastěji využívanou pomocnou plodinou u pšenice ozimé jsou luskoviny. Jedná se jak o jejich jarní formy (hrách setý a rolní, bob obecný a lupiny), tak i ozimé formy hrachu setého a rolního. Vikve nebyly z důvodu velmi rozdílné dynamiky růstu v porostech obilnin ověřovány. V osevních postupech se standardním zastoupením luskovin jsou jako pomocné plodiny v obilninách využívány i jiné druhy (např. ředkev olejná a hořčice bílá) Brant et al. (2019).

Pomocné plodiny vyseté současně s ozimou pšenicí mohou zajišťovat následující funkce: ukládají do své podzemní a nadzemní biomasy živiny, které po umrtvení uvolňují pro porost pšenice (Brant & Šmöger 2019). Talgre et al. (2011) pozorovali, že luskoviny, především hrách a fazole akumulovaly nejvyšší množství živin. V letech s nejpříznivějšími podmínkami růstu, tyto luskoviny akumulovaly 50-100 N, 7-10 P a 40-60 K kg/ha. Prokořenění půdy zlepšuje příjem živin mělčeji kořenicí obilninou, které zpřístupňuje živiny luskovina s hlubším kořenovým systémem. Kombinace těchto druhů s různými kořenovými systémy zabezpečuje lepší prokořenění půdního profilu a umožňuje zpřístupnění živin i v imobilních formách. Celkové využití živin jednotlivými rostlinami směsi je často nižší. Ovšem celkové využití živin porostu směsi je efektivnější (Geno & Geno 2001). Nejlepší komplementarita mezi pšenicí a hrachem je u dusíku. Pšenice využívá půdního minerálního dusíku a hrách vzdušný dusík, který fixuje v jejich různých růstových fázích, čímž zůstává méně zdrojů pro vývoj plevelů. Obilovina, pšenice, která je již konkurenceschopnější ve využívání minerálního dusíku, podněcuje luskoviny k tomu, aby vázaly více atmosférického dusíku symbiózou, aby uspokojily své potřeby, což brání rozvoji plevelů kvůli nedostatku zdrojů dusíku (Mamine & Farès 2020).

Hlavní nevýhodou luskovin jako meziplodin je vysoká cena semen. Svoji přítomností v meziřádku pšenice ozimé omezují rozvoj plevelů, nebo snižují klíčivost semen plevelů v jarním období, kdy začínají působit inhibiční látky uvolněné z jejich odumřelé biomasy, což je typické především pro brukvovité rostliny. Prokořeněním půdy pomocnou plodinou dochází k obohacení půdy o kvalitní organickou hmotu, ke zvýšení stability půdní struktury a omezení vzniku půdního škraloupu, ale také k intenzivnější infiltraci vody do půdy v době vývoje porostu pšenice. Zvýšením pokryvu půdy v meziřádku (živé rostliny či jejich odumřelé zbytky) omezují nejen větrnou a vodní erozi, ale v době růstu se podílejí na zvýšení využití energie slunečního záření a na jejich transformaci do vytvořené biomasy a následně do půdy (Brant & Šmöger 2019).

Z hlediska uplatnění luskovin jako pomocných plodin v ozimé pšenici jsou spíše preferovány ozimé formy luskovin, zejména zástupci hrachu setého a rolního. Ty se na rozdíl od jarních forem luskovin vyznačují pomalejší dynamikou růstu a tvorbou nadzemní a podzemní biomasy ještě v jarním období. Na rozdíl od vymrzajících jarních forem je na jaře nutná jejich chemická, či mechanická regulace v meziřádku. Kultivace meziřádku s nevymrzající luskovinou je využitelná především v systémech ekologického zemědělství při rozteči řádků obilniny větší než 250 mm. Nevymrzlé či ozimé formy hrachů jsou v konvenčním zemědělství hubitelné většinou herbicidů určených pro jarní ošetření (Brant et al. 2019). Přímá funkce luskovin jako pomocných plodin během růstu spočívá i ve zvýšení dostupnosti fosforu pro okolní rostliny a ve stabilizaci mikrobiálních společenstev. Po odumření biomasa vyznačující se úzkým poměrem C:N, dobře podléhá biologické degradaci a představuje tak zdroj dusíku a přístupného fosforu. Na počátku vývoje se rostliny vyznačují pomalejší dynamikou tvorby nadzemní biomasy, což snižuje rizika konkurence luskovin vůči hlavní plodině, ale i vůči plevelům. V počátečních růstu se vyznačují intenzivním rozvojem kořenového systému v horní vrstvě půdy, včetně produkce podzemní biomasy (Brant et al. 2018b). Efekt prokořenění půdy se následně projevuje i po umrtvení rostlin, kdy biomasa kořenů je nejen zdrojem potravy pro půdní mikroflóru a po rozkladu zdrojem živin pro ostatní rostliny, ale po rozpadu přispívá rovněž k tvorbě porézního systému, a to i v kategorii makro pórů a půdní struktury (Brant et al. 2019). Pomocná plodina, jako je hrách v porostu ozimé pšenice, představuje jeden z těchto diverzifikačních systémů. Podporuje určitou ekologickou intenzifikaci, jejímž prostřednictvím lze zajistit kvantitativní výnos sušiny a zároveň zvýšit výnos bílkovin a snížit hnojení dusíkem (Corre-Hellou 2005).

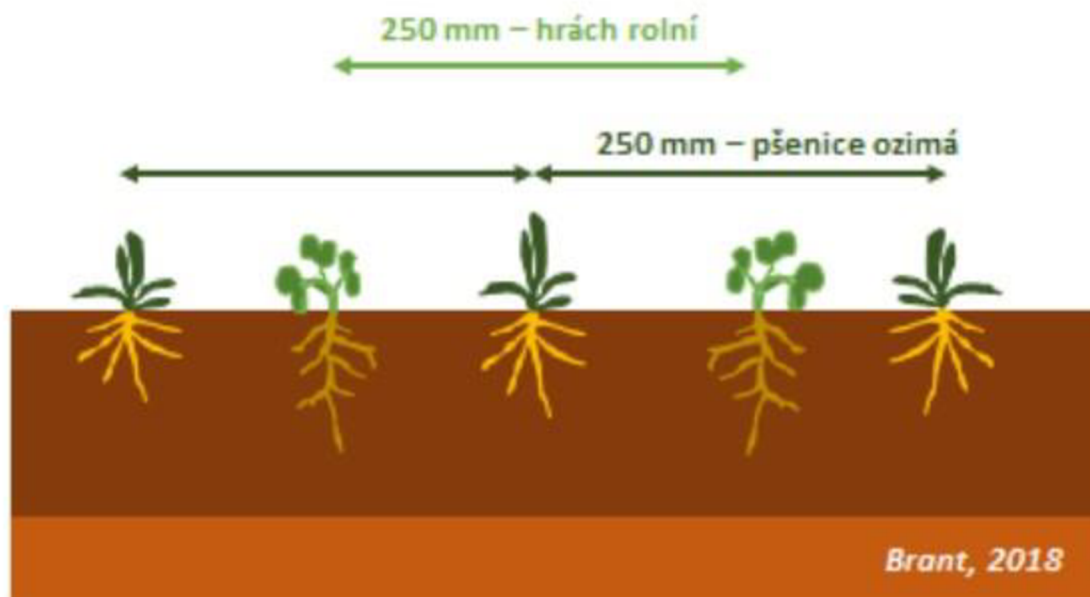
Lepší kvalita pšenice vypěstované s pomocnou plodinou hrachem může mít také ekonomický přínos pro zemědělce. V ekologickém zemědělství je produkce pšenice obecně na trhu cennější díky vysokému obsahu bílkovin. Hlavním faktorem omezujícím tento velmi žádaný kvalitativní výkon je však vstup dusíku. Pro nápravu nedostatku minerálního hnojení v ekologickém zemědělství je zajímavou technickou a ekonomickou alternativou pomocné plodiny pšenice obecné s luskovinami, jako je hrách. Tento zemědělský postup je však třeba posuzovat v jeho kontextu, aby se zdůraznily výhody, které lze využít, a překážky, které je třeba odstranit pro její úspěšné provádění (Mamine & Farès 2020).

3.4.1 Technologie pěstování pšenice s hrachem rolním

Základem technologie využití pomocných luskovin v pšenici ozimé je pěstování kompenzačních odrůd v širších řádcích v kombinaci se sníženým výsevkem od 70 do 120 kg/ha. Proto je správný poměr komponentů důležitý, neboť s narůstajícím zastoupením luskovin klesá celkový výnos (Ndakidemi 2006). Subedi (1997) dospěl k závěru, že pro společné pěstování pšenice a hrachu doporučuje výsevku hrachu v dávce 30-45 kg/ha a pšenice v dávce 120 kg/ha. Nejčastěji používanou roztečí řádků obilniny při pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou je rozteč 250 mm. Do meziřádků je následně vyseta secí botkou luskovina. Výsev lze zajistit secím stroje se dvěma zásobníky a pšenici s pomocnou plodinou vysévat ob secí botku, což znázorňuje obrázek 1. Změnou tlaku na botky vysévající pomocnou plodinu je možné zajistit i optimální hloubku setí dle velikosti osiva pomocné plodiny. Semena hrachu rolního a ozimých forem hrachu setého vykazují ve srovnání s jarními formami hrachu setého menší velikost, což je výhodné nejen z hlediska dodržení hloubky setí, ale také z důvodu snížení potřeby velikosti zásobníku pro pomocnou plodinu. Výše výsevu u ozimých forem hrachu setého a rolního by se z důvodu zajištění požadovaného množství rostlin pomocné plodiny a samozřejmě také produkce jejich biomasy měla pohybovat v rozmezí 70–90 kg/ha. Náklady na osivo hrachu by měly být pokryty úsporou na osivu obilniny a snížením dávek dusíku. (Brant & Šmöger 2019). Úspěšné pěstování rostlin ve smíšených kulturách s leguminózami závisí především na efektivní fixaci dusíku a zejména na jeho úspěšném přenosu k obilnině (Stern 1993).

Je obecně vhodné umístit pšenici s pomocnou plodinou hrachem za obilninu nebo okopaninu. Předchozí jetelovina nebo jetelotráva může být také vhodná, ale dusíkatý potenciál nebude zhodnocen jako u čisté obiloviny. Někteří lidé doporučují umístit tento systém na konec osevního postupu, před jetelovinu nebo vojtěšku, hlavně z důvodů kontroly půdních parazitů. Střídání plodin je možné, pokud je respektováno střídání ozimých a jarních plodin. Pro zemědělce představuje společné pěstování pšenice a hrachu dvojitě riziko kvůli značnému nárůstu počáteční investice a nejistému výnosu (Mamine & Farès 2020). Smíšené kultury pšenice a hrachu mohou dokonce zlepšit výnos další plodiny v osevním postupu (Monti et al. 2016).

Hrách rolní jako pomocná plodina v pšenici ozimé – struktura porostu



Obrázek 1: Struktura porostu při využití výsevu pomocné plodiny (hrách setý rolní) Brant et al (2018b).

3.4.2 Fixace dusíku pomocnou plodinou

Dusík společně s uhlíkem představují nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Mají rozhodující postavení ve všech živých soustavách a značný vliv na životní prostředí. Dusík je nepostradatelnou živinou nejen pro rostliny, ale i pro živé organismy a mikroorganismy v půdě. Patří k základním stavebním prvkům nejdůležitějších sloučenin živé hmoty, kterými jsou bílkoviny (Stevenson & Cole 1999). Je také nejdůležitějším dodávaným prvkem pro veškeré polní plodiny, které jsou pěstovány za účelem produkce. Polovina světové populace je závislá přímo nebo nepřímo na potravinách, které jsou hnojeny dusíkatými hnojivy (Yadav et al. 2017).

3.4.2.1 Fixace volně žijícími organismy

Mikroorganismy fixující N_2 jsou volně žijící a symbiotické. Volně žijící mikroorganismy jsou zastoupeny hlavně bakteriemi, z aerobních to jsou *Azotobacter chroococcum*, *Azotomonas insolita* a z anaerobních *Bacillus amylobacter*, *Clostridium pasteurianum*. K fixaci potřebují dostatek energetického materiálu. Nejznámější *Azotobacter* váže na 1 g energetického materiálu (glukózy) 9-20 mg N a u ostatních rodů je to ještě méně, takže celkové množství poutaného N na jednotku plochy za rok není vysoké a je značně závislé na stanovištních podmínkách, mezi které se řadí pH, dostatek organických látek, vhodný vzdušný a vodní režim, obsah minerálního N v půdě aj. Vyšší množství přijatelného N v půdě výrazně snižuje fixaci N_2 . Mikroorganismy využívají snadněji dostupný minerální dusík. Přínos těmito mikroorganismy pro rostliny v našich podmínkách se pohybuje kolem 5 kg N/ha za rok (Vaněk et al. 2016).

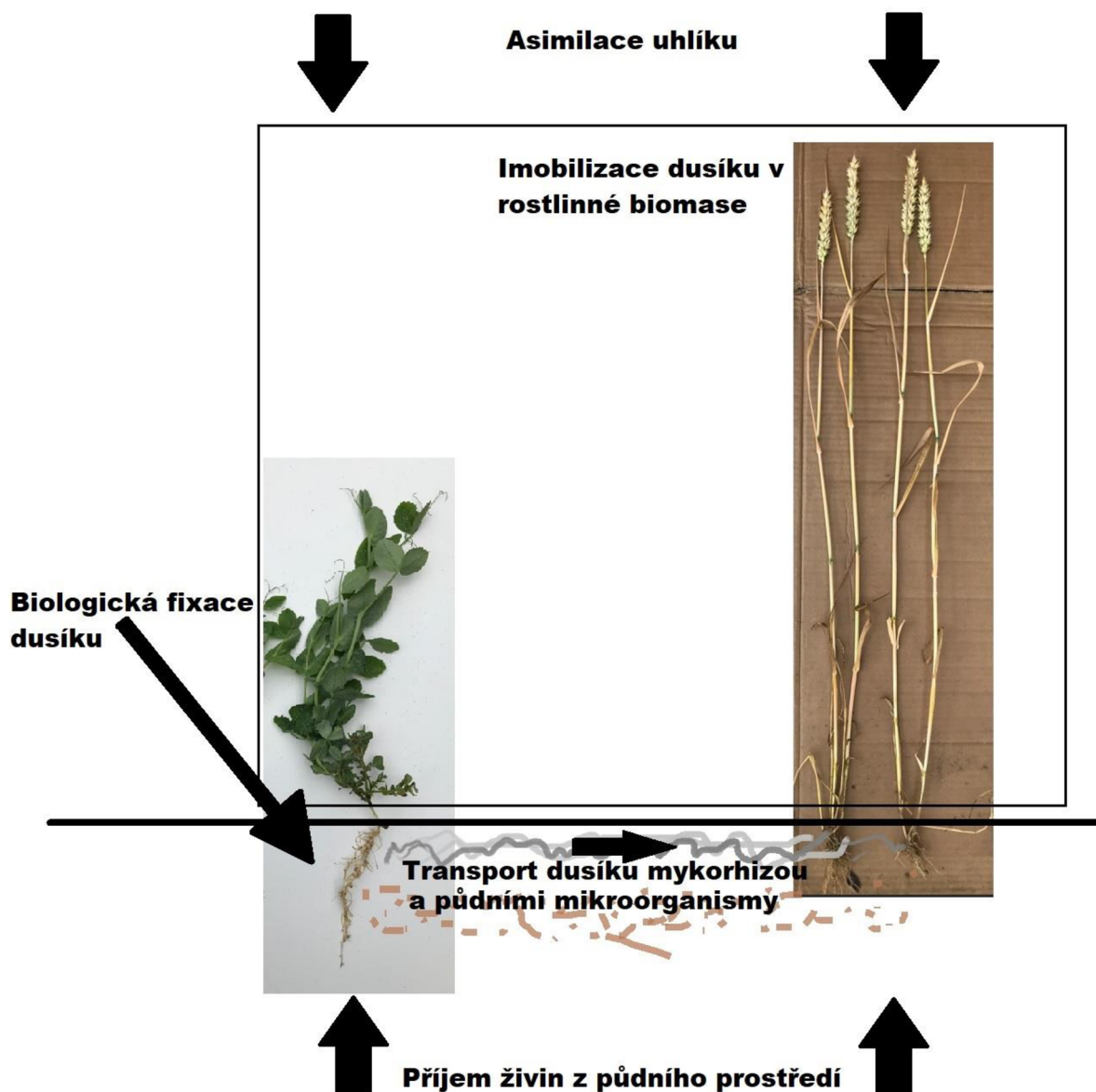
3.4.2.2 Fixace symbiotickými organismy

Biologická fixace dusíku symbiotickými organismy využívá energii získanou rostlinnou fotosyntézou a u volně žijících organismů z organických látek v půdě. S ohledem na poměrně vysokou energetickou náročnost biologické fixace je jasné, že rozhodujícím činitelem intenzity fixace je dostatečný přísun energeticky bohatých látek (Vostal & Matousch 1988).

Symbiotické mikroorganismy jsou především bakterie žijící nejčastěji s bobovitými rostlinami. Jde především o rod *Rhizobium radicola* a jeho specifické rasy pro různé druhy bobovitých rostlin. Tyto bakterie mají velký význam také v oblasti podpory růstu rostlin a systémové ochrany rostlin proti chorobám. Jsou to antagonisti širokého spektra půdních patogenů. Produkují také široké spektrum sekundárních metabolitů jako kyanovodík, siderofor, antibiotika, rhizobitoxin a lytické enzymy. Tyto bakterie také napomáhají solubilizaci fosfátů. Rhizobiální bakterie kolonizují kořenové hlízky leguminóz, přeměňují vzdušný dusík na amoniak (Singh et al. 2019). Rostliny zajišťují mikroorganismům energetický materiál a živiny. Ty jim předávají většinu fixovaného dusíku ve formě NH_3 . V kořenech rostlin je NH_3 vázán na kyselinu oxoglutarovou za vzniku kyseliny glutamové, případně glutaminu, které jsou transportovány do nadzemních částí rostlin. Poutání vzdušného dusíku je založeno na aktivitě enzymu nitrogenázy, který redukuje N_2 na diamid a hydrazin na NH_3 . Nitrogenáza je enzym se dvěma komponenty Fe-protein, menší bílkovinná složka enzymu, dodává energii druhému komponentu a Mo-Fe-protein, větší část, která zajišťuje vlastní redukci N_2 . Jelikož je nitrogenáza enzym s výraznými redukčními účinky, musí být rhizobia uzavřena v hlízkách, které ji chrání před přístupem kyslíku. Symbiotická fixace N_2 je energeticky náročný proces. Je uváděno, že na redukci molekuly N_2 , je zapotřebí až 28 molekul ATP, takže na 1 kg fixovaného dusíku vychází spotřeba energie 34-36 MJ. Ve srovnání s volně žijícím mikroorganismem *Azobacter* je potřeba energie asi 30x nižší. Na počátku vegetace je rostlina odkázaná na příjem dusíku z půdy. Při optimálních podmínkách pro aktivitu hlízkových bakterií jsou schopny zajistit rostlině až 85 % celkové potřeby dusíku. Aktivita a fixace se snižuje při zvýšeném obsahu minerálního dusíku v půdě (Vaněk et al. 2016).

3.4.3 Toky živin mezi společně pěstovanými rostlinami

Luskoviny mohou přenášet značné množství symbioticky fixovaného dusíku k sousedním rostlinám a transport dusíku probíhá také díky rozkladu jemných kořenů a hlízek (Dubach & Russelle 1994). Leguminózní a neleguminózní druh, interagují mezi sebou navzájem a zároveň i s vnějším prostředím. Oba druhy rostlin asimilují uhlík a přijímají z půdy minerální formy dusíku (NH_4 a NO_3). Ale pouze luskovina dokáže biologicky fixovat dusík. Obě rostliny imobilizují živiny v rostlinné biomase a vylučují kořenové exudáty na podporu mikrobiálních společenstev, které se podílejí na nepřímém transportu živin, Přímý transport poté probíhá prostřednictvím mykorhizních houbových vláken. Výnos hlavní plodiny však závisí na schopnosti vytěžit dostatečné množství živin od plodiny pomocné (Kintl et al. 2015). Procesy toků živin ve směsné kultuře dokládá obrázek 2.



Obrázek 2: Toky dusíku během pěstování ve smíšené kultuře (upraveno podle Kintla et al. 2015).

Vzhledem k vysoké konkurenceschopnosti obilovin, pokud jde o příjem dusíku a sdílení půdy s luskovinami, může pšenice těžit z přirozeného přísunu dusíku uvolňovaného kořeny hrachu (Corre-Hellou et al. 2007).

Kromě zpřístupnění dusíku dochází také ke zvýšení bilance fosforu a draslíku v půdě asociaci obilovin a luštěnin. Takové zvýšení úrodnosti půdy vede k menšímu používání chemických hnojiv (Choudhary & Choudhury 2016). Barillot et al. (2014) poukazují také na výrazně vyšší účinnost využití záření u společně pěstované pšenice a hrachu než u monokultury. Je to připisováno především interakcemi mezi nadzemními a podzemními částmi rostlin.

3.4.4 Legislativa a podpora pomocných plodin

Uznání ekosystémových služeb poskytovaných v zemědělství je zásadním krokem k jejich ocenění a kompenzaci společností. Vývoj hodnotového řetězce meziplodin mezi pšenicí a hrachem je proto třeba posuzovat také v jeho regulačním a veřejně politickém kontextu, který zůstává částečně nepříznivý. Meziplodiny pšenice a hrachu dosud nejsou uznány společnou zemědělskou politikou. Zatímco obiloviny i bílkovinné plodiny využívají podpory vázané na produkci v rámci prvního pilíře společné zemědělské politiky (Maes et al. 2013).

Nebyla přijata žádná regulační ustanovení týkající se pomocných plodin. Otázka, zda prohlásit smíšenou kulturu za obilninu nebo bílkovinnou plodinu, proto zůstává nezodpovězena. Vázané dotace jsou vyhrazeny pro čisté plodiny, což zemědělce nemotivuje k tomu, aby zaváděli souběžné pěstování pšenice a hrachu. Vzhledem k tomu, že směs pšenice a hrachu není na pozemcích stabilní, hrozí zemědělcům sankce v případě nesprávného prohlášení. Totéž platí pro agroenvironmentální a klimatická opatření ve druhém pilíři společné zemědělské politiky, které neposkytují žádnou environmentální prémii za tuto formu meziplodin, přestože je přínosná pro ekosystémy. Evropský regulační rámec navíc neposkytuje žádnou zmínku o úřední kvalitě spojené s pěstováním pomocných plodin, diverzifikací plodin a ekosystémovými službami, které přidávají hodnotu produktům na trhu s lidskou nebo zvířecí spotřebou (Mamine & Farès 2020).

4 Metodika

Na pozemcích společnosti Lukrena a.s. byly založeny čtyři rozdílné porosty ozimé pšenice. Jednalo se o porost ozimé pšenice s výsevem pomocné plodiny do meziřádku, kontrolní porost bez pomocné plodiny (rozteč řádků pšenice 0,336 m), porost ozimé pšenice s výsevem pomocné plodiny do společného řádku s pšenicí a kontrolní porost (rozteč řádků pšenice 0,166 m). U porostů proběhlo stanovení počtu rostlin pšenice a pomocné plodiny, stanovení produkce nadzemní a podzemní biomasy pomocné plodiny, byly určeny výnosotvorné prvky pšenice a výnos zrna.

4.1 Charakteristika podniku

Společnost LUKRENA a. s., se sídlem v Dolní Lukavici, je standardní zemědělskou společností, která vznikla v polovině roku 1999. Hospodaří na celkové výměře 3 300 ha. Z toho je 440 ha trvalého travního porostu. Rostlinná výroba na orné půdě je zaměřena na obiloviny (65 %), řepku (25 %) a ostatní plodiny včetně krmných. Pšenici ozimou pěstují na 1 135 ha. Společnost obhospodařuje sady v Nebílovech, kde na 48 ha pěstuje švestky, jablka, třešně a hrušky. Živočišná výroba je zaměřena na výrobu mléka a odchov býků do tržní váhy.

4.2 Charakteristika pokusné plochy

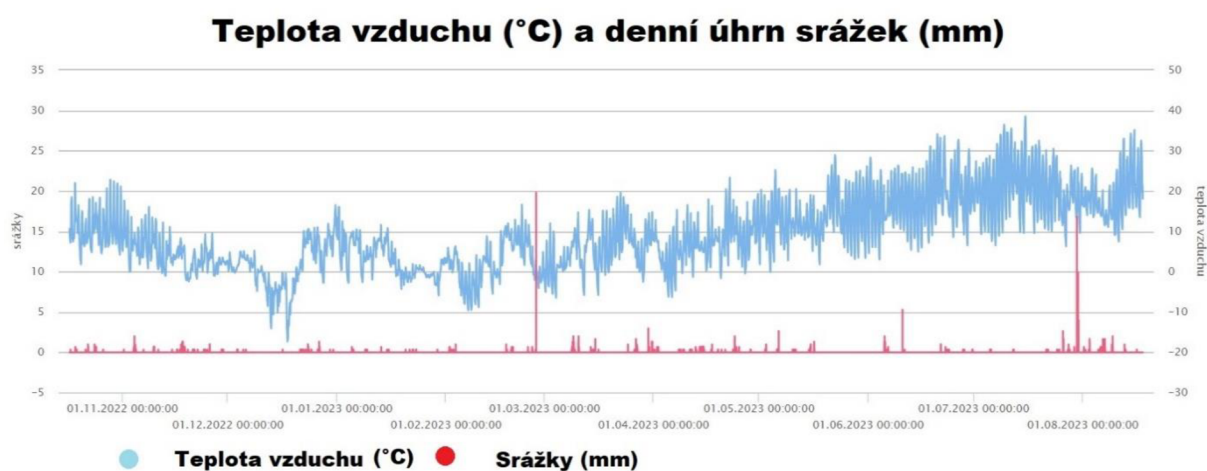
Pokusná plocha se nacházela v blízkosti obce Dolní Lukavice, která leží 20 km jižně od Plzně a 3 km severně od Přeštic. Obec leží v nadmořské výšce 355 m n. m. Pozemek se nacházel v blízkosti hlavního tahu I/27 z Plzně na Železnou Rudu. Přesné souřadnice: 49°36'1.421"N, 13°19'48.733"E. Jednalo se o část pozemku Trávná cesta u Dolní Lukavice (8602/6) – 29,61 ha. BPEJ (bonitně půdně ekologická jednotka): 4.15.00. Jedná se o mírně teplý suchý region s průměrnou roční teplotou 7–8,5 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 450–550 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je 30–40 %. Jedná se o luvizemě převážně na rovině nebo úplné rovině se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půdy jsou zde hluboké. Půdním druhem je středně těžká půda. Patří do II. třídy ochrany a jedná se o zemědělské půdy, které mají v rámci jednotlivých klimatických regionů nadprůměrnou produkční schopnost. Půda je na 64 bodech výnosnosti (méně produkční) ze 100 možných bodů.

4.2.1 Agrochemické vlastnosti půdy pokusné plochy

Agrochemické rozbory půd pokusné plochy byly následující: pH slabě kyselé 5,6 – 6,2, obsah draslíku (203–265 mg/kg) – dobrý, obsah fosforu (34–46 mg/kg) – nízký, obsah vápníku (1160–1510 mg/kg) – nízký až střední, obsah hořčíku (169–214 mg/kg) – dobrý. Rozbory půdy byly provedeny společností MJM agro, a. s. Litovel.

4.2.2 Meteorologické údaje

Meteorologické údaje byly naměřeny pomocí meteorologické stanice podniku LUKRENA a. s. v Dolní Lukavici. Celková doba vegetace pokusu byla 275 dní, od 17.10.2022 do 18.8.2023. Měsíc před založením pokusných ploch bylo poměrně chladné a deštivé počasí v průběhu září, kdy maximální denní teploty nedosahovaly, nebo se pohybovaly kolem 15 °C. V průběhu října se mírně oteplilo a teploty se pohybovaly lehce nad 15 °C, v některých dnech atakovaly i 20 °C. Co se týče srážek před setím, většina spadla ke konci září a začátku října. Celkový úhrn od 17.9.-17.10.2022 činil 41,9 mm. Po založení porostu následovalo teplejší počasí, kdy se průměrné teploty pohybovaly kolem 10-15 °C a maximální denní teploty v některých dnech přesahovaly i 20 °C. Důležité pro klíčení a vzcházení byla i skutečnost, že se teploty téměř nedostaly pod bod mrazu. Úhrn srážek v tomto období byl také bohatý skoro 50 mm. Celkově byla zima mírnější a srážkově standartní. Jaro bylo také teplejšího charakteru se stabilními srážkami až na druhou polovinu května a počátek června, kdy bylo skoro 20 dnů bez srážek v důležitém období pro tvorbu klasů. Největší úhrn pak přišel v posledním měsíci pěstování, kdy spadlo celkem 115 mm především na přelomu července a srpna. Celkové množství srážek během vegetace činilo 486 mm, což splňuje minimální sumu pro pěstování pšenice ozimé a odpovídá i standartnímu úhrnu během roku. Největší úhrn byl zaznamenán 26.2.2023, a to 19,8 mm. Průměrná teplota během pěstování se pohybovala kolem 9,1 °C. Maximum bylo zaznamenáno 15.7.2023 38,5 °C a minimum 18.12.2022 -17,3 °C. Průběh počasí dokumentuje graf 1.



Graf 1: Teplota vzduchu a denní úhrn srážek v lokalitě Dolní Lukavice v průběhu pokusu od 17.10.2022 do 18.8.2023.

4.3 Agrotechnika pokusu

Předplodinou pro pokusné plochy byla řepka ozimá LG Architect s výnosem 4,7 t/ha. Tabulka 1 dokládá termíny pracovních operací, technické a materiální zabezpečení pokusu.

Tabulka 1: Agrotechnické operace během pěstování pokusu.

termín operace	pracovní operace			agrotechnická operace	specifikace
	kategorie	pracovní operace	stroj		
2.8.2022	základní zpracování půdy	podmítka	Lemken Gigant		8 cm
11.10.2022	základní zpracování půdy	hlubší kypření	Köckerling Vector		18 cm
17.10.2022	založení porostu	setí	Sky Easy Drill		KWS Elementary – moření Vibrance Gold + Arkta – nemořena (výsevky dle varianty)
3.3.2023	výživa rostlin a hnojení	rozmetání	Sulky X50+ Econov	hnojení	LAD 27 (150 kg/ha)
5.4.2023	výživa rostlin a hnojení	rozmetání	Sulky X50+ Econov	hnojení	LAS 24+6 (285 kg/ha)
21.4.2023	výživa rostlin a hnojení	rozmetání	Sulky X50+ Econov	hnojení	LAS 24+6 (230 kg/ha)
3.5.2023	ochrana rostlin	postřik	Fendt Rogator P019073	regulace plevelů + umrtvení pomocné plodiny	Zumba (0,1 l/ha), Šaman (0,3 l/ha), Roni (20 g/ha)
24.5.2023	regulace porostu, ochrana a výživa rostlin	postřik	Fendt Rogator P019073	regulace porostu + ochrana proti listovým a klasovým chorobám a mšicím	Fertisol (1l/ha), Lomis (0,15 l/ha), Baia T (0,15 l/ha), Revystar (1l/ha), Sinstar (0,5 l/ha), Lambo (0,1 l/ha), Energen aktivátor (0,3 l/ha), Lister Zn (0,3 l/ha)
18.8.2023	sklizeň	sklizení	Claas Lexion 7600		

4.3.1 Založení pokusných ploch

Založení porostu proběhlo 17.10.2022 secím strojem Sky Easy Drill (Obrázek 3) do předem zpracované půdy do 0,18 m kypřičem Köckerling Vector.

V rámci pokusu byly založeny 4 varianty s rozdílnou strukturou porostů pšenice ozimé a hrachu rolního uvedené v tabulce 2. Byly založeny následující varianty:

1. varianta – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do meziřádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje 0,166 m.
2. varianta – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m (kontrola 1).
3. varianta – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevkem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m.
4. varianta – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m (kontrola 2).

Velikost pokusné plochy každé varianty činila 36 x 36 m.

Tabulka 2: Varianty, výsevky, meziřádkové rozteče a rozvržení porostu.

varianta	1	2	3	4
výsevek pšenice (kg/ha)	90	90	108	130
MKS pšenice	2	2	2,5	3
výsevek peluška (kg/ha)	60	-	48	-
meziřádková rozteč (m)	0,166	0,332	0,166	0,166
struktura porostu	ob řádek pšenice a hrách	čistý výsev pšenice	stejný řádek pšenice a hrách	čistý výsev pšenice

Sky EasyDrill je speciální secí stroj využitelný v rámci technologií NO-TILL (zakládání porostu do strniště, meziplodiny, trvalého travního porostu) a MIN-TILL (setí po podμίtkce, kypření apod.). Hlavní část secího stroje Sky Easy Drill je tandemový systém uložení secích botek, je charakteristický svou přesností ukládání osiva. Maximální přitlak na botku může činit až 250 kg, což je cenné zvláště při setí přímo do strniště nebo přisevech do trvalých travních porostů. Tento přitlak lze v závislosti na půdních podmínkách přenášet buď na přední přitlačná kola (za vlhkých podmínek) nebo zadní zavírací kola (za suchých podmínek). Secí stroj lze vybavit až čtyřmi zásobníky, díky nimž je možné přesně a kvalitně vysévat čtyři plodiny ve čtyřech různých dávkách s uložení do dvou hloubek setí, a to při jediném přejezdu. Secí stroj tak nabízí mnoho možností využití. Je praktickým pomocníkem při střídavém setí (například řádek ovsa, řádek máku včetně přihnojení) nebo při nastavování různých kombinací řádků. (Vrána 2021).



Obrázek 3: Zakládání porostů ozimé pšenice s hrachem rolním 17.10.2022 secím strojem Sky Easy Drill v agregaci s traktorem Fendt Vario 939 (foto Kasl).

4.3.2 Charakteristiky odrůd

V rámci pokusu bylo použito osivo pšenice ozimé KWS Elementary mořené v mořidle Vibrance Gold a hrachu rolního Arkta (nemořeno).

Pšenice KWS Elementary je polopozdní odrůda pšenice ozimé. Rostliny jsou nižšího až středního charakteru kolem 0,87 m. Hmotnost tisíce zrn se pohybuje kolem 40 g a zrna jsou středně velká. Má dobrou odolnost k polehání. Má neobyčejně nízkou regresi dusíkatých látek s rostoucím výnosem. Efektivně zabudovává dusíkatou výživu ve prospěch bohaté a kvalitativně zajištěné produkce. Jedná se o kompenzační typ – výkonná na základě udržení vyššího počtu plodných stébel a výborné práci s HTS při vyšším počtu zrn v klase. Odrůda je také vhodná do technologií pro setí do širších řádků s nižšími výsevky. Má velmi dobrou odolnost k padlí, velmi dobrý zdravotní stav celé rostliny, velice dobře toleruje i pozdní termín výsevu. V posledních letech si vybuodovala pozici mezi nejpěstovanějšími odrůdami v ČR. (Soufflet-agro 2024).

Hrách rolní Arkta má dobrou schopnost přezimování. Rychlý počáteční jarní růst a silnou odnožovací schopnost, kdy dokáže velkým počtem větví zahustit po zimě i řidší porost. Podmínkou dobrého přezimování je výsev ve druhé polovině září a dostatečná hloubka setí (50 až 60 mm). Při pícním využití v čisté kultuře vyséváme 1,2 MKS na hektar, což je 120 až 150 kg/ha hrachu rolního. Pro ozimé luskovinoobilní směsky je doporučen výsev 1,5 až 2 MKS/ha obilniny (tj. 75 až 100 kg/ha obilniny) a 0,6 až 0,8 MKS/ha Arkty (tj. 75 až 100 kg/ha hrachu rolního).

Je vhodná na časnou jarní sklizeň píce. Má vysoký výnos zelené i suché hmoty a hrubých bílkovin. Nízká hmotnost tisíce semen (HTS) se pohybuje mezi 100 až 130 gramy, znamená úsporu nákladů na osivo. Má výbornou předplodninovou hodnotu. Její využití je možné v ozimých luskovinoobilních směskách i v čisté kultuře, a to na zelené krmení či senáž. Její hlavní přednost se prokázala zejména v časně jednorázové sklizni – jarní kontroly v té době ještě nejsou schopny zdaleka vytvořit takové množství hmoty. Výnos semene byl u Arkty 73 % oproti průměru jarních kontrol, ale v její prospěch hovoří nízká HTS, jež byla o 40 % nižší než průměrná HTS kontrol (Selgen 2024).

4.4 Průběh hodnocení

Podzimní agrobiologická kontrola porostů

Dne 18.11.2022 proběhlo první hodnocení porostu měsíc po zasetí. Byl hodnocen počet rostlin pšenice ozimé a hrachu rolního v jednotlivých variantách na jednotku plochy. Rostliny byly v každé variantě počítány v řádku o délce 0,6 m v 10 opakováních úhlopříčně na variantě. Počty rostlin byly následně přepočítány na hektar. Dále byla vyhodnocena průměrná vzdálenost mezi jednotlivými rostlinami pšenice a mezi rostlinami hrachu rolního. Vzdálenosti mezi rostlinami byly hodnoceny z řádku o délce 0,6 m v 5 opakováních úhlopříčně na variantě.

Byl vyhodnocen počet rostlin v shlucích na jednotku plochy. Kdy byl přiložen metr k řádku o délce 0,6 m. Byly stanoveny body, na kterých se rostliny nacházely. Při více rostlinách na stejném bodě, bylo stanoveno, že se jedná o shluk rostlin takzvané (dvojáky, trojáky, čtveráky, pateráky). Procento těchto rostlin bylo srovnáno vůči celkovému počtu rostlin na hektar.

Jarní agrobiologická kontrola

Dne 16.3.2023 proběhla jarní agrobiologická kontrola a odběr vzorků u porostů ozimé pšenice s pomocnou plodinou (ozimý hrách rolní). Při hodnocení porostů byl sledován počet rostlin na hektar, jak u pšenice ozimé, tak u hrachu rolního. Počet rostlin byl hodnocen na základě spočítání počtu rostlin v řádku o délce 0,5 m u pšenice a z 1 m délky řádku u hrachu rolního. Pro každou variantu byly hodnoceny 4 opakování úhlopříčně na variantě. Spočítané rostliny byly následně přepočítány na hektar.

Byl hodnocen průměrný počet odnoží na rostlině. Rostliny pšenice ozimé byly vyryty z řádku o délce 0,5 m. U rostlin byly následně počítány odnože. U každé varianty byly hodnoceny 4 opakování, které byly úhlopříčně na variantě.

Byla vyhodnocena suchá nadzemní biomasa porostu pšenice ozimé. Rostliny byly vyryty, omyty a byla odstraněna kořenová část pod odnožovacím uzlem. Z každé varianty byly 4 vzorky, které byly odebrány úhlopříčně na variantě. Následně byly sušeny při teplotě 105 °C po dobu 48 hodin, poté byly váženy a hmotnosti suché nadzemní biomasy byly přepočteny na hektar.

Hodnocení produkce biomasy hrachu rolního

Dne 24.4.2023 proběhlo stanovení produkce nadzemní a podzemní biomasy pomocné plodiny (hrachu rolního) před jejím herbicidním umrtvením. Bylo odebráno 10 rostlin z každé varianty pokusu úhlopříčně na variantě. Rostliny byly vyryty, omyty a byla oddělena nadzemní a podzemní část rostlin. Následně byly rostliny sušeny při teplotě 105 °C po dobu 48 hodin, poté byly váženy a hmotnosti suché nadzemní a podzemní biomasy. Hmotnosti byly přepočteny na hektar.

Hodnocení porostů před sklizní

Dne 6.7.2023 byl hodnocen počet klasů, počet plodných odnoží na rostlině a počet zrn v klasu na jednotku plochy. Od každé varianty byl hodnocen řádek o délce 0,5 m, na kterém byl stanoven ve 20 opakováních úhlopříčně na variantě počet klasů. Následně přepočten na m². U 20 náhodně vybraných rostlin u každé varianty byl pak stanoven počet plodných odnoží na rostlině a u 20 náhodně vybraných klasů u každé varianty byl stanoven počet zrn v klasu.

Dne 4.8. 2023 byly odebrány vzorky rostlin před sklizní. U každé varianty po 4 opakováních byly odebrány rostliny pšenice z řádku o délce 1 m. Rostliny byly požaty přímo u povrchu země, svázané do snopů a následně sušeny při teplotě 105 °C po dobu 48 hodin. Poté byly vzorky váženy (při 100 % sušiny), kdy byl stanoven celkový výnos biomasy. Bylo odděleno zrno na stacionární mlátičce a byl vážen výnos suchého zrna. Poté byl výnos zrna odečten od výnosu celkové biomasy, který určil výnos slámy. Byl stanoven poměr zrna a slámy. Všechny tyto hodnoty byly přepočteny na hektar.

Sklizeň porostů

Dne 18.8.2023 proběhla sklizeň porostů ozimé pšenice. Byl hodnocen výnos zrna přímo ze sklízecí mlátičky s vlhkostí 12,8 % zrna. Byly hodnoceny parcely o šířce 36 m a délce 36 m. Po sklizni byly vyhodnoceny z odebraných vzorků zrna kvalitativní parametry zrna při 11% vlhkosti pomocí NIR spektrometru. Byl vyhodnocen obsah dusíkatých látek, lepku, škrobu. Byla stanovena objemová hmotnost zrna a hmotnost tisíce zrn.

Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu STATGRAPHICS®Plus, verze 4.0. Použita byla jednoduchá analýza rozptylu (ANOVA), metoda podle Tukey, $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

5.1 Biometrické parametry rostlin na podzim

Tabulka 3 specifikuje stav porostů na podzim po vzejití. Stanovené počty rostlin u pšenice odpovídaly nastaveným výsevkům, což dokládají i statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. U průměrné vzdálenosti mezi rostlinami pšenice ozimé byly u širších řádků menší rozestupy mezi rostlinami než u řádků užších. Vzdálenosti mezi rostlinami hrachu nejsou statisticky významné rozdíly. Rostliny pšenice se nacházely díky pozdnímu výsevu ve fázi BBCH 12–13 (fáze vývoje 2-3 listu). Hrách rolní dobře prokořeňoval půdu. Stav porostů dokládá obrázek 4.

Tabulka 3: Stav porostů hodnotících rozdílné šířky řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice dne 18.11.2022. V tabulce je specifikován vliv rozteče řádků a výše výsevků na počet rostlin počet rostlin na jednotku plochy a průměrná vzdálenost mezi rostlinami v termínu hodnocení. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	2	3	4	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá	
pšenice ozimá	výsvek MKZ (ha)	2	2	2,5	3	
	výsvek (kg/ha)	90	90	108	130	
ozimá peluška	výsvek (kg/ha)	60		48		
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166	
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332		0,166		
počet rostlin (kusy/ha)	pšenice ozimá	1716870 a	2008030 a	2550200 b	3162650 c	0,0000
	hrách rolní	647590 a		742972 a		0,2384
průměrná vzdálenost mezi rostlinami (mm)	pšenice ozimá	16,48 a	14,37 a	24,73 b	18,94 ab	0,0000
	hrách rolní	52,07 a		66,46 a		0,3231



Obrázek 4: Stav porostů 4.11.2022. Porovnání variant 1 a 3. Varianta 1. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do meziřádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje 0,166 m. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevkem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m (foto Kasl).

Tabulka 4 dokládá počet rostlin na jednotku plochy, které se nacházely ve shlucích ("dvojáky až pateráky"). Z výsledků jasně vyplývá, že s větší roztečí řádků je více rostlin ve shluku. Kdy právě u širších řádků se pohybuje kolem 60 % těchto rostlin. U užších řádků je procento rostlin ve shluku nižší. Mezi variantami nebyly zaznamenány významné statistické rozdíly mezi průměry zkoumaných hodnot. Pouze u počtu "trojáků" byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi průměry zkoumaných hodnot.

Tabulka 4: Stav porostů hodnotících rozdílné šířky řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice dne 18.11.2022. V tabulce je specifikován počet rostlin ve shlucích (tzv. "dvojáky až pateráky") na jednotku plochy a podíl rostlin ve shluku na celkovém počtu rostlin. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	2	3	4	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá	
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166	
počet rostlin (kusy/ha)		1716870 a	2008030 a	2550200 b	3162650 c	0,0000
počet rostlin ve shluku (kusy/ha)	"dvoják"	642570 a	702812 a	522088 a	1004016 a	0,1889
	"troják"	240964 ab	301206 ab	0 a	481929 b	0,0069
	"čtverák"	80321 a	120482 a	80321 a	80321 a	0,9640
	"paterák"	50201	150603	0	0	
	celkem ve shluku	1014056	1275103	602409	1566266	
procento rostlin ve shluku vůči celkovému počtu rostlin na ha		59,1	63,5	23,6	49,5	

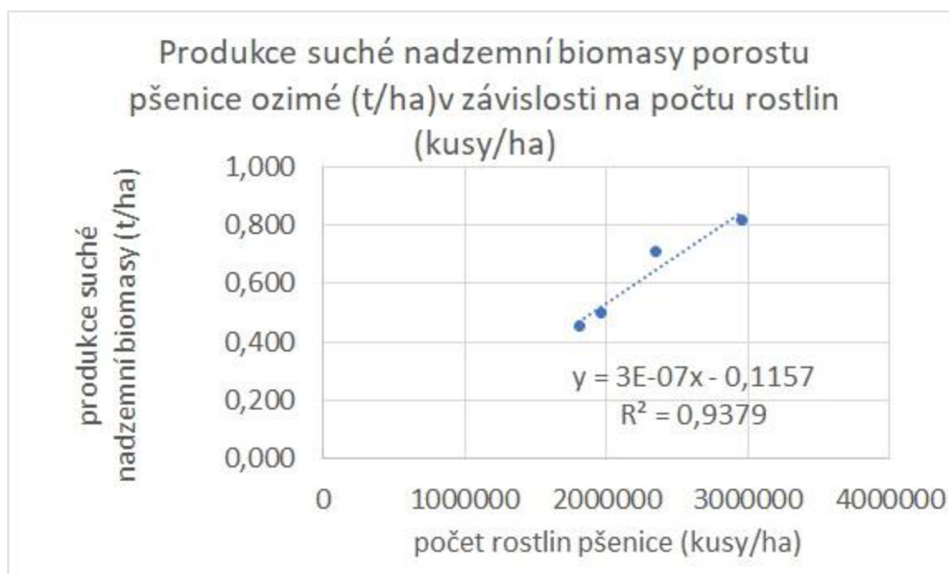
5.2 Biometrické parametry rostlin na jaře

Tabulka 5 dokládá výsledky hodnocení porostů na jaře 16.3.2023. Vývoj počtu rostlin odpovídal nastaveným výsevkům i předešlé kontrole, která proběhla 18.11.2022. Na kořenech rostlin hrachu rolního byly patrné hlízky, hloubka prokořenění půdy hrachem setým činila přibližně 0,15 m. U výnosu suché nadzemní biomasy nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi variantami, přestože se hodnoty výrazněji lišily. Výnosy biomasy ale korelují s počty rostlin, což dokládá graf 2. Variabilita rozmístění osiva v řádku se pak projevila i na počtu odnoží v rámci variant. Největší počet odnoží byl stanoven na variantě pšenice bez pomocné plodiny na užších řádcích. Nejmenší počet poté na variantě samotné pšenice v širších řádcích. Statistické rozdíly mezi průměrným počtem odnoží na rostlině byly prokázány mezi rozdílnými variantami pokusu.

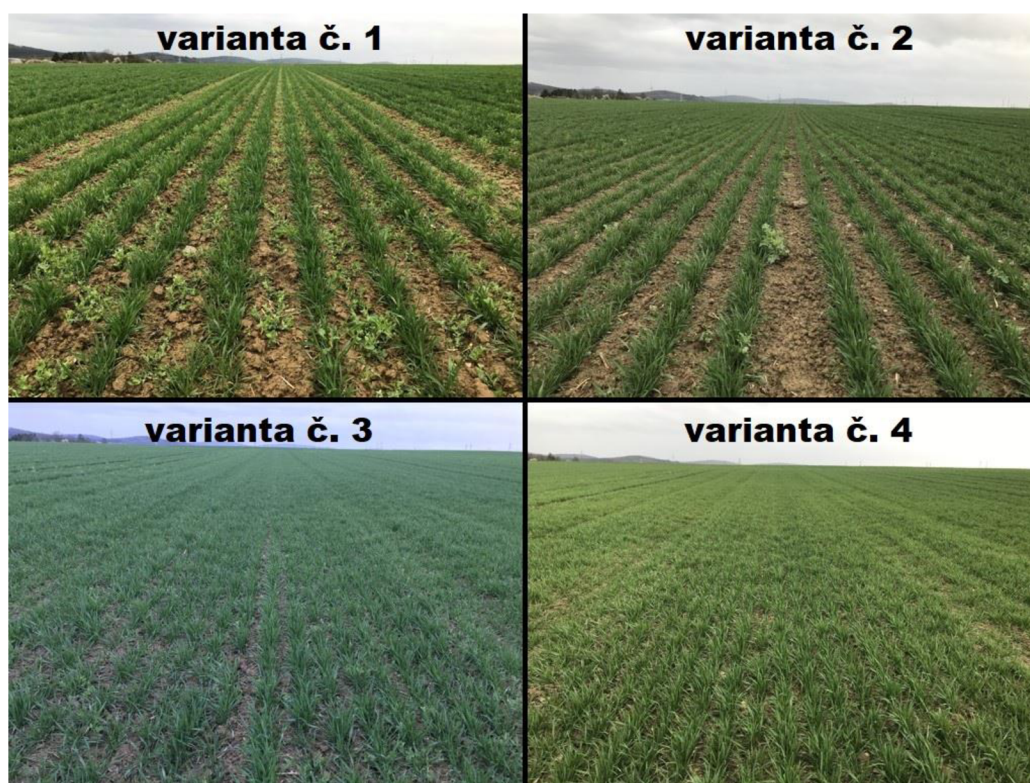
Obrázek 5 dokládá stav porostů na konci měsíce března. U varianty 2. (výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m) byl viditelný zregenerovaný výdrol předplodiny řepky olejné.

Tabulka 5: Stav porostů hodnotících rozdílné šířky řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice dne 16.3.2023. V tabulce je specifikován vliv rozteče řádků a výše výsevků na počet rostlin na jednotku plochy, výnos suché nadzemní biomasy pšenice ozimé a průměrný počet odnoží pšenice ozimé na rostlinu v termínu hodnocení. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	2	3	4	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá	
pšenice ozimá	výsevek MKZ (ha)	2	2	2,5	3	
	výsevek (kg/ha)	90	90	108	130	
ozimá peluška	výsevek (kg/ha)	60		48		
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166	
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332		0,166		
počet rostlin (kusy/ha)	pšenice ozimá	1807230 a	1957830 a	2349400 a	2951810 a	0,0873
	hrách rolní	512048 a		421687 a		0,2605
výnos suché nadzemní biomasy pšenice ozimé (t/ha)		0,45a	0,50 a	0,71 a	0,82 a	0,0525
průměrný počet odnoží pšenice ozimé na rostlinu		3,4 a	3,8 b	4,6 c	4,1 b	0,0000



Graf 2: Produkce suché nadzemní biomasy porostu pšenice ozimé (t/ha) v závislosti na počtu rostlin na jednotku plochy. 16.3.2023 na lokalitě Dolní Lukavice.



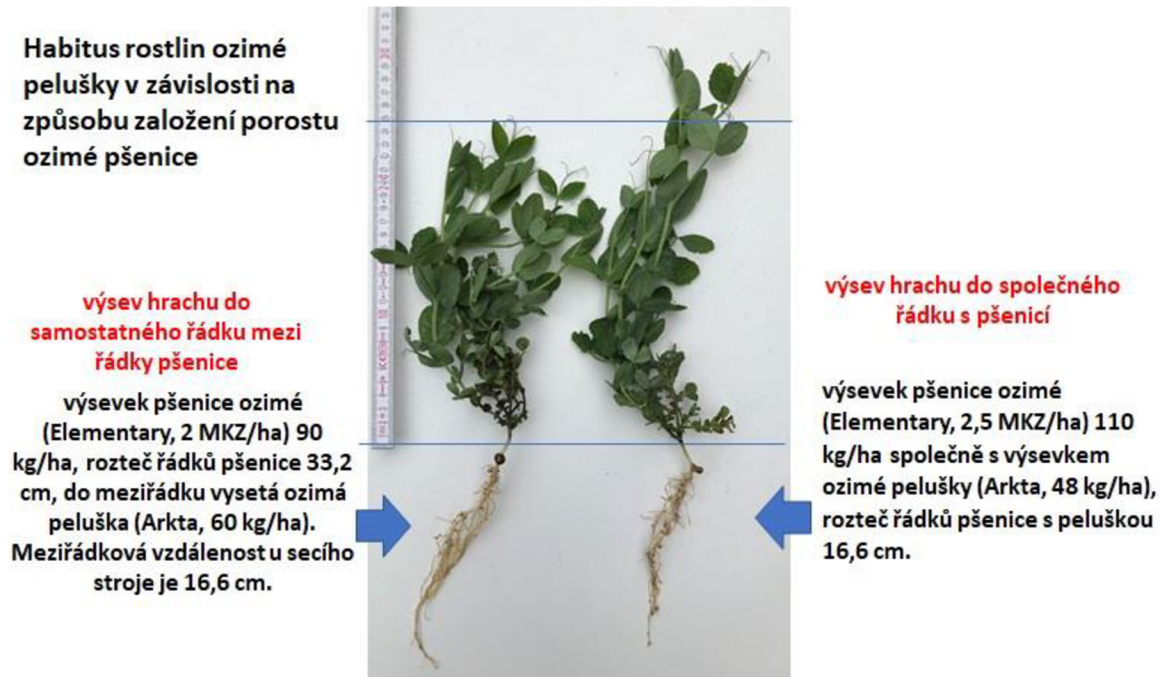
Obrázek 5: Stav porostů 31.3.2023 a rozdíly mezi variantami pokusu. U varianty č. 2 lze pozorovat zregenerovaný výdrol předplodiny řepky olejné. Varianta 1. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do meziřádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje 0,166 m. Varianta 2. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m. Varianta 4. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m (foto Kasl).

Přiložená tabulka 6 dokládá výnos nadzemní a podzemní biomasy hrachů na variantách s pomocnou plodinou 24.4.2023. Rostliny v širších řádcích měly vyšší výnos nadzemní i podzemní biomasy, což dokazují i statisticky významné rozdíly.

Rostliny vyseté do řádku společně s pšenicí byly nuceny k intenzivnějšímu prodlužovacímu růstu. Prodlužovací růst byl dán i vyšší vzájemnou konkurencí mezi rostlinami pšenice a hrachu. U širších řádku byl viditelný keříčkovitý habitus (nižší a více navětvený) oproti vytaženým rostlinám ve smíšeném výsevu. Rozdílné habitusy rostlin hrachu dokazuje obrázek 7. Celkový obsah dusíku v celkové suché biomase (nadzemní a podzemní) hrachu činí na variantě s výsevem mezi řádky přibližně 25 kg N/ha a na variantě s výsevem společně do řádku 16 kg N/ha.

Tabulka 6: Stav porostů hodnotících rozdílné šířky řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice dne 23.4.2023 před umrtvením porostu pomocné plodiny. V tabulce je specifikován vliv rozteče řádků a výše výsevků na počet rostlin na jednotku plochy, průměrný výnos suché nadzemní biomasy hrachu rolního a průměrný výnos suché podzemní biomasy v termínu hodnocení. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	3	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	
pšenice ozimá	výsevek MKZ (ha)	2	2,5	
	výsevek (kg/ha)	90	108	
ozimá peluška	výsevek (kg/ha)	60	48	
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,166	
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332	0,166	
počet rostlin hrachu rolního (kusy/ha)		512048 a	421687 a	0,2605
výnos nadzemní suché biomasy hrachu rolního (t/ha)		0,69 b	0,47 a	0,0055
výnos podzemní suché biomasy hrachu rolního (t/ha)		0,08 b	0,05 a	0,0002



Obrázek 6: Habitus rostlin ozimé pelušky (Arcta) na způsob založení porostu ozimé pšenice. Před umrtvením porostu 23.4.2023. (foto Kasl).

Týden po ošetření 11.5.2023 byl patrný efekt herbicidního ošetření na rostlinách hrachu, byly viditelné chlorózy listů.



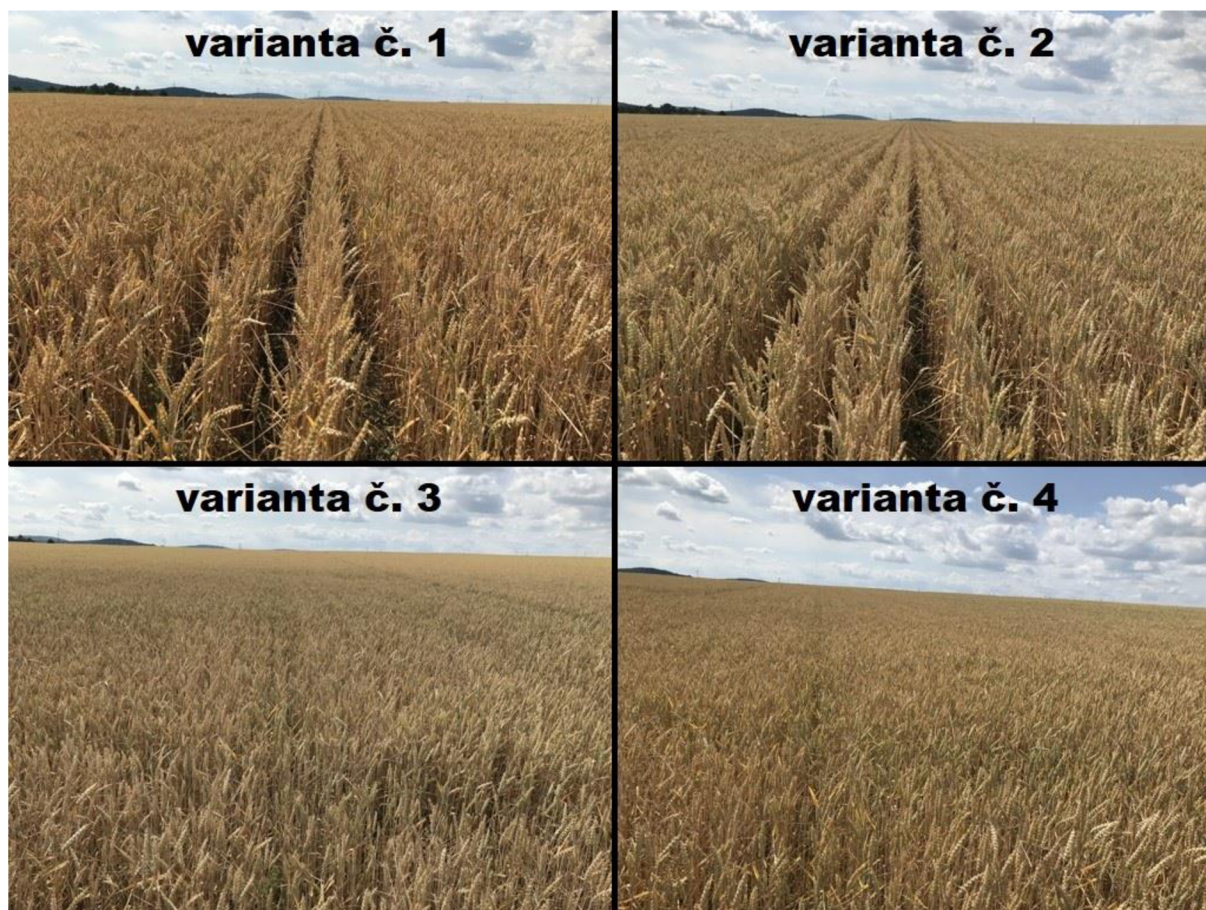
Obrázek 7: Stav porostu po herbicidním ošetření, umrtvení pomocné plodiny 11.5.2023 ve variantě společně vyseté pšenice a hrachu. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevkem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m. (foto Kasl).

5.3 Biometrické parametry porostů obilnin před sklizní

Agrobiologická kontrola před sklizní proběhla 6.7.2023. Výsevky odpovídaly i dalším parametrům porostu mezi variantami. Průměrný počet klasů byl nejvyšší u varianty č. 3, kde byly prokázány i statisticky významné rozdíly. Nejvyšší počet plodných odnoží byl u varianty č. 2. Největší počet zrn zaznamenala varianta č. 1. Výsledky měření poukazují na kompenzační efekt rostlin, kdy oproti užším řádkům není statisticky prokazatelná. Varianty s pomocnou plodinou vykazují rozdíly pouze u směsné varianty do užších řádků v počtu klasů na m². Parametry porostů před sklizní dokládá tabulka 7. Rozdíly ve variantách pokusu dokládá obrázek 8.

Tabulka 7: Biometrické parametry rostlin před sklizní (6.7.2023) na pokusných plochách hodnotících rozdílné šířky řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice. V tabulce je specifikován vliv rozteče řádků a výše výsevků na průměrný počet plodných odnoží na rostlině, počet klasů na rostlině a počet zrn v klasu v termínu hodnocení. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	2	3	4	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá	
pšenice ozimá	výsevek MKZ (ha)	2	2	2,5	3	
	výsevek (kg/ha)	90	90	108	130	
ozimá peluška	výsevek (kg/ha)	60		48		
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166	
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332		0,166		
počet klasů na m ² (kusy)		305,1 a	391,6 b	571,1 d	483,7 c	0,0000
počet plodných odnoží na rostlině (kusy)		2,4 a	2,5 a	2,1 a	1,9 a	0,1114
počet zrn v klasu (kusy)		49,9 a	47,7 a	44,5 a	44,8 a	0,1991



Obrázek 8: Stav porostů 6.7.2023 a rozdíly mezi variantami pokusu. Varianta 1. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do meziřádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje 0,166 m. Varianta 2. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevkem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m. Varianta 4. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m (foto Kasl).

Rozdílný habitus rostlin pšenice ozimé dokládá obrázek 9, kdy je viditelný rozdíl mezi variantami s roztečí řádku 0,332 m (varianta 1 a 2) a s roztečí řádku 0,166 m (varianta 3 a 4). Rostliny v užším řádku a jsou takzvaně vytáhlejší, o cca 0,05-0,10 m, oproti rostlinám setým do širšího řádku. Jde o podobný efekt, který byl viditelný i u rostlin hrachu na obrázku 6.



Obrázek 9: Habituse rostlin na způsob založení porostu ozimé pšenice v jednotlivých variantách pokusu 6.7.2023. Varianta 1. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m, do mezirádku vysetá ozimá peluška (60 kg/ha). Meziřádková vzdálenost u secího stroje 0,166 m. Varianta 2. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2 MKZ/ha) 90 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,332 m. Varianta 3. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 2,5 MKZ/ha) 108 kg/ha společně s výsevem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m. Varianta 4. – výsevek pšenice ozimé (Elementary, 3 MKZ/ha) 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m (foto Kasl).

5.4 Výnosové a kvalitativní parametry porostů

Sklizeň pokusných ploch proběhla 18.7.2023. Následující tabulka 8 dokládá statisticky průkazné rozdíly mezi variantami se širšími (0,332 m) a užšími řádky (0,166 m), především ve výnosu zrna, výnosu slámy a tím i celkové biomasy. Tabulka dále dokládá, že na kontrolních variantách bez pomocné plodiny byly zaznamenány vyšší výnosy než na variantách s pomocnou plodinou. Větší rozdíl výnosu je zřetelnější u širších řádků. Poměr zrna a slámy je u všech variant podobný, bez statisticky významných rozdílů mezi průměry i přes rozdílné hodnoty výnosů. Hmotnost tisíce zrn byla nejvyšší u čistosevu pšenice do užších řádků. Druhá nejvyšší byla zaznamenána taktéž u samotné pšenice, ale v širších řádcích.

Tabulka 8: Posklizňové hodnocení porostů pěstovaných v rozdílné šířce řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice. Sklizeň proběhla 18.8.2023. V tabulce je specifikován vliv variant na výnos celkové biomasy, zrna, slámy a hmotnost tisíce zrn. Dále je uveden poměr zrna a slámy. Odlišné indexy v rámci řádků dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta		1	2	3	4	p-value
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá	
pšenice ozimá	výsevek MKZ (ha)	2	2	2,5	3	
	výsevek (kg/ha)	90	90	108	130	
ozimá peluška	výsevek (kg/ha)	60		48		
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166	
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332		0,166		
výnos celkové biomasy (t/ha) 100 % sušina		11,01 a	12,33 a	15,7 b	15,82 b	0,0016
výnos slámy (t/ha) 100 % sušina		5,30 a	5,95 ab	7,44 b	7,54 b	0,0035
výnos zrna (t/ha) 100 % sušina		5,71 a	6,39 a	8,26 b	8,28 b	0,0017
výnos zrna (t/ha) vlhkost 12,8 %		5,28	6,57	6,94	7,58	
poměr zrno/sláma		1,08 a	1,08 a	1,10 a	1,11 a	0,9222
HTZ (g)		38,82 a	39,90 bc	39,80 ab	40,67 c	0,0003

Tabulka 9 dokládá kvalitativní parametry zrna u jednotlivých variant. Vlhkost zrna byla u všech variant stejná, a to 11 %. Nejvyšší dusíkaté látky a obsah lepku byl naměřen u variant s pomocnou plodinou, především u smíšeného vysetí do užších řádků. Zatímco nejvyšší obsah škrobu se vyskytoval ve variantách bez pomocné plodiny, nejvyšší byl zaznamenán u čistosevu pšenice do širších řádků. Objemová hmotnost zrna je pak nejvyšší u variant setých do užších řádků.

Tabulka 9: Posklizňové hodnocení kvalitativních parametrů zrna u porostů pěstovaných v rozdílné šířce řádků a společné setí pšenice ozimé s ozimou formou hrachu rolního na lokalitě Dolní Lukavice. Sklizeň proběhla 18.8.2023.

varianta		1	2	3	4
		pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (samostatný výsev druhů ob řádek)	pšenice ozimá	pšenice ozimá + ozimý hrách rolní (výsev druhu společně do řádku)	pšenice ozimá
pšenice ozimá	výsevek MKZ (ha)	2	2	2,5	3
	výsevek (kg/ha)	90	90	108	130
ozimá peluška	výsevek (kg/ha)	60		48	
rozteč řádků pšenice ozimé (m)		0,332	0,332	0,166	0,166
rozteč řádků hrachu rolního (m)		0,332		0,166	
vlhkost %		11,0	11,0	11,0	11,0
N-látky %		12,6	12,0	12,9	12,1
lepek %		21,4	19,5	22,5	20,8
škrob %		68,5	69,2	68,7	68,8
objemová hmotnost (g/l)		847,7	838,0	850,6	850,4

6 Diskuze

K založení pokusu byl použit secí stroj Sky Easy Drill s méně obvyklou roztečí secích botek 0,166 m a velmi variabilní možností setí až 4 osiv najednou. I s možností setí ob botku do širších řádků 0,332 m. Subedi (1997) doporučuje při společném pěstování využívat rozteč řádků 0,25 m. Při větší meziřádkové vzdálenosti vzniká větší prostor pro plevely (Zimolka et al. 2005). Při zakládání pokusu vytvářel secí stroj kolejové stopy kvůli většímu nasycení půdy vodou, kdy byl větší úhrn srážek před založením pokusu. Dá se tedy potvrdit, že je určený spíše pro zakládání porostu do strniště, či minimalizace, což doporučuje i výrobce, nebo do sušších podmínek. Výsev u ploch s pomocnou plodinou byl proveden v jedné variantě tzv. volným výsevem, kdy byly plodiny vysety společně do řádku a ve druhé variantě byly plodiny vysety ob řádek. Tuhle možnost výsevu uvádí i (Lithourgis et al. 2011).

Důležitým faktorem v pěstování luskovin v pšenici ozimé je využití kompenzačních odrůd a výsevek 70-120 kg/ha. V pokusu byly použity výsevky 90, 108 a 130 kg/ha podle variant, což odpovídá a lehce převyšuje toto doporučení. Velký důraz je kladen i na poměr komponentů ve smíšené kultuře (Ndakidemi 2006). V tomto pokusu byla použita odrůda pšenice ozimé KWS Elemetary, která podle distributora v ČR je kompenzační odrůda (Soufflet-agro 2024), vhodná i pro setí do širších řádků s nižšími výsevky. Co se týče pomocné plodiny hrachu rolního uvádí (Subedi 1997), že je vhodné vysévat 30-45 kg/ha u jarních forem. U ozimých doporučují Brant & Šmöger (2019) výsevek 70-90 kg/ha. Distributor (Selgen 2024) neuvádí přesný výsev pro hrách rolní jako pomocnou plodinu. Pro luskovinoobilní směs doporučuje výsev 75-100 kg/ha. V pokusu byly využity výsevky u varianty 1 ob řádek pšenice ozimá a hrách rolní 60 kg/ha a u varianty 3 (směsný výsev) 48 kg/ha. Což značí nižší výsevky u ozimého hrachu, než doporučují (Brant & Šmöger 2019).

Vhodná předplodina podle (Monti et al. 2016) je do smíšené kultury pšenice a hrachu obilnina nebo okopanina. V tomto pokusu byla předplodina řepka ozimá odrůda LG Architect, kdy svým vzešlým výdrolem zaplevelovala porost pšenice s hrachem. Na výdrol předplodiny upozorňují i (Winkler et al. 2016). Kdy porosty pšenice jsou často zaplevelovány výdrolem předplodin, jako je řepka, ječmen a triticales. Je možné předpokládat, že při orebném zpracování půdy by mohl být tlak plevelné řepky nižší.

Nepříznivým jevem výsevu do širších řádků je větší koncentrace rostlin v řádku, které bývá patrná až do sklizně. Svědčí o nedokonalém využití plochy a vyšší konkurenci mezi rostlinami (Zimolka et al. 2005). Dokládá to i tabulka 4, kdy i přes snížený výsevek (2 MKZ), a i odpovídající počet rostlin po výsevu, u širších řádků (0,332 m) dochází k uložení více semen rostlin blíž k sobě a následně po vzejití jsou rostliny ve shluku, ve kterém si mohou navzájem více konkurovat v růstu. U výsevu pšenice s hrachem ob řádek jde o 59,1 % rostlin ve shluku u čistosevu pšenice dokonce 63,5 % rostlin ve shluku, kdy největší zastoupení měly tzv. "dvojáky". U užších řádků je procento rostlin nižší u varianty pšenice s hrachem bylo vyhodnoceno jen 23,6 % rostlin ve shluku i díky menšímu výsevku (2,5 MKZ) oproti kontrolní variantě, u které bylo 49,5 % rostlin ve shluku. Větší koncentraci rostlin dokládá i tabulka 3, kdy průměrné vzdálenosti rostlin mezi sebou v řádcích jsou výrazně větší u užších řádků, než u řádků širších. A to o 8,2 mm u variant s pomocnou plodinou a o 2,4 mm u variant samotné pšenice. U pomocné plodiny hrachu rolního jsou větší vzdálenosti mezi rostlinami u varianty 1. Nové secí stroje sice umožňují zakládání porostů obilovin na přesný počet jedinců

na jednotku plochy, ale nezaručují jejich přesné rozmístění na plochu. Cílem těchto technologií bude především optimalizace hustoty porostu podle variability pozemku (Brant et al. 2018a). Na optimalizaci struktury porostu při pěstování smíšených kultur klade důraz i (Gao et al. 2010) a (Maitra et al. 2021).

Podle (Malézieux et al. 2009) je výnos ze směsné kultury schopný se vyrovnat průměrnému výnosu jedné plodiny v monokultuře. Z výsledků této práce je zřejmé, že tuhle tezi vyvrací především u pěstování v širších řádcích (0,332 m), kdy je výnos zrna o 0,65 t/ha vyšší než při pěstování s hrachem rolním ob řádek. Avšak u užších řádků (0,166 m) ji potvrzuje. Protože jak varianta s pomocnou plodinou, tak varianta čistosevu, měly téměř totožný výnos zrna 8,26 a 8,28 t/ha. Lze usoudit, že pomocná plodina může mít pozitivní vliv na výnos zrna, ale bude záležet na rozvržení a struktuře porostu, především na dobře zvolených výsevcích pomocné plodiny a plodiny hlavní a jejich poměr. Důležitým faktorem u pokusu byla použita odrůda, je jasné, že rozteč 0,332 m je pro obilninu široká a v našich podmínkách méně obvyklá. Výsledky v tabulce 7 s výnosotvornými prvky porostu jasně ukazují, že odrůda Elementary zásadně kompenzační efekt v širších řádcích neprokázala i přes snížení výsevků do širších řádků.

Brant et al. (2018b) prováděli podobný pokus s pšenicí ozimou (Turandot) a hrachem rolním (Arkta) 80-110 kg/ha na lokalitě Budihostice. Předplodinou byla řepka ozimá. Ve variantách setých ob řádek s meziřádkovou roztečí 125 mm. Porosty v místní lokalitě dosahovaly vyšších výnosů než samotná kontrola. Jarní počet rostlin 21.3.2017 se pohyboval kolem 2 milionů rostlin na hektar. Ve srovnání s variantou 1 (pšenice s hrachem rolním ob řádek, rozteč 0,332 m) jsou počty rostlin lehce nižší. U počtů klasů na m^2 už byly rozdíly ve srovnání pokusů, kdy na lokalitě Budihostice je až o 175 klasů/ m^2 více. Hmotnost tisíce zrn je také na této lokalitě vyšší zhruba o 10 g. Výnos je pak výrazně vyšší o 2,24 t/ha. Pouze objemová hmotnost je vyšší na lokalitě Dolní Lukavice. Lokalita, odrůda pšenice ozimé a rozvržení porostu (rozteč řádku) hrají zásadní roli na celkovém výnosu zrna při pěstování pšenice s pomocnou plodinou ob řádek.

Další obdobný pokus prováděli Brant et al. (2019) na lokalitě Nabočany. Kdy byly vysety varianty bez pomocné plodiny odrůdy pšenice ozimé Julie a Turandot (120 kg/ha) s roztečí řádků 0,225 m a varianty s těmito odrůdami a stejnými výsevkami, ale s pomocnou plodinou ob řádek (hrách rolní Arkta 80 kg/ha). U pokusu byla provedena agrobiologická kontrola 12.3.2019. Průměrný počet odnoží byl u variant tohoto pokusu vyšší kolem 6,6 odnože na rostlinu než u této práce, což dokládá tabulka 5. Počty rostlin v termínu kontroly se pohybovaly od 198 do 240 rostlin/ m^2 . Další hodnocení proběhlo před sklizní, kdy u těchto variant byl zaznamenán vyšší počet plodných odnoží na rostlině a to kolem 3,4 odnože u odrůdy Julie a 4,3 u odrůdy Turandot. Je to opět vyšší počet, než v této práci, dokládá to tabulka 7. Největší rozdíl je pak v počtu klasů na m^2 , který se pohybuje od 648 do 726 klasů na m^2 . Což v porovnání s výsledky této práce, je výrazně vyšší. Nejdůležitějším aspektem je pak výnos. Výrazně vyšší výnos zrna měla odrůda Julie s pomocnou plodinou a to 9,72 t/ha. Což je 4 t/ha vyšší než v této práci v podobné variantě. U odrůdy Turandot byl zase vyšší výnos zrna u čistosevu a to 8,56 t/ha, což je v porovnání s variantou samotné pšenice ozimé o skoro 2 t/ha vyšší výnos. V porovnání s variantami s užšími řádky (0,166 m) jsou pak rozdíly ve výnosu menší, lze to vysvětlit vyššími výsevkami těchto variant pokusu a podobnými roztečmi řádků. Lze opět usoudit, že výběr vhodné kompenzační odrůdy bude hrát největší roli

v konečném výnosu zrna. Výhody pomocných plodin jsou u některých variant pokusu zřetelné, u některých méně či vůbec. Výnos hlavní plodiny závisí především na schopnosti vytěžit dostatečné množství živin od plodiny pomocné (Kintl et al. 2015). Bude určitě důležité se v dalších obdobných pokusech zaměřit se na strukturu porostu, který hraje významnou roli v rozdílech mezi variantami tohoto pokusu a snažit se vyladit tyto aspekty.

Soufflet-agro (2024) uvádí že HTZ odrůdy Elementary by se měla pohybovat kolem 40 g, což výsledky provedených experimentů potvrzují u všech variant.

Přítomnost leguminóz ve směsi může navýšit obsah dusíkatých látek v obilninách (Malézieux et al. 2009). Zvýšení výnosu bílkovin potvrzují i Corre-Hellou (2005). Tohle tvrzení potvrzují výsledky práce, kdy ve variantách s pomocnou plodinou je větší obsah dusíkatých látek než u monokultury pšenice. Dále tyto varianty obsahovaly i větší procento lepku. A tím i poukazuje i lepší dostupnost dusíku právě ve smíšené kultuře. Lepší přísun dusíku rostlinám pšenice díky hrachu rolnímu potvrzují i (Corre-Hellou et al. 2007).

Pomocná plodina hrách rolní podporuje určitou biotickou intenzifikaci, jejímž prostřednictvím lze zajistit kvantitativní výnos sušiny a snížit hnojení dusíkem (Corre-Hellou 2005). Výsledky práce dokládají spíše negativní vliv pomocné plodiny na výnos biomasy pšenice ozimé.

Ekonomická podpora pomocných plodin by mohla být do budoucna zajímavější pro více zemědělských podniků pro rozvoj tohoto netradičního způsobu pěstování. Protože jak zmiňují (Mamine & Farès 2020) vázané dotace jsou vyhrazeny pouze pro monokultury, což zemědělce nemotivuje k tomu, aby zaváděli souběžné pěstování pšenice a hrachu, ale i jiných možností pěstování hlavní a pomocné plodiny. Totéž platí pro agroenvironmentální a klimatická opatření ve druhém pilíři společné zemědělské politiky, které neposkytují žádnou environmentální prémii za tuto formu meziplodin, přestože je přínosná pro ekosystémy a biodiverzitu.

7 Závěr

Z výsledků pokusu pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou, hrachem rolním, lze vyvodit následující závěry:

Potvrzení či vyvrácení stanovených hypotéz:

Hypotéza 1 nebyla potvrzena. Výsev pomocné plodiny do řádku pšenice, či do meziřádku významně neovlivňuje produkci biomasy pšenice ozimé, což dokládají statisticky neprůkazné rozdíly mezi průměry. Nicméně u variant s pomocnou plodinou byla celková produkce biomasy pšenice ozimé nižší než u variant monokultury pšenice. Nejvyšší produkce pak byla zaznamenána u varianty 4. (výsevek pšenice ozimé, Elementary 3 MKZ/ha, 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m) s výnosem 15,82 t/ha.

Hypotéza 2 byla potvrzena pouze u těchto výnosotvorných prvků: počet klasů na m² a hmotnost tisíce zrn.

Statisticky významné rozdíly byly zaznamenány v počtu klasů na m². Kdy nejvyšší byl zaznamenán u varianty 3 (výsevek pšenice ozimé, Elementary, 2,5 MKZ/ha, 108 kg/ha společně s výsevkem ozimé pelušky (48 kg/ha), rozteč řádků pšenice s peluškou 0,166 m) a to 571 klasů na m². Naopak u variant širších řádků byl nejvyšší počet u čistosevu pšenice ozimé (392 klasů/m²).

U hmotnosti tisíce zrn byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi průměry u variant. Vyšší hodnoty byly zaznamenány u variant bez pomocné plodiny. Nejvyšší pak u varianty 4 (výsevek pšenice ozimé, Elementary 3 MKZ/ha, 130 kg/ha, rozteč řádků pšenice 0,166 m), a to 40,67 g.

Hypotéza 2 nebyla potvrzena u výnosotvorných prvků: počtu plodných odnoží na rostlině a počtu v zrn v klasu. Nebyly zde zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi variantami a nebyl prokázán vliv struktury porostů vycházející z odlišné rozteče řádků na tyto prvky.

Hypotéza 3 byla potvrzena. Použití pomocné plodiny není spojeno s redukcí výnosu ozimé pšenice, dokládají to statisticky nevýznamné rozdíly mezi širokořádkovou variantou 1 a 2.

U varianty 3 a 4 také nejsou statisticky průkazné rozdíly mezi těmito variantami.

Mezi širokořádkovým a úzkořádkovým výsevem byly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi průměry variant.

Závěry vyplývající z pokusů:

- Rostliny hrachu rolního měly rozdílné habitus v závislosti na variantě výsevu ob řádek, kdy měly keříčkový habitus, a u společného výsevu hlavní a pomocné plodiny, kdy byly rostliny vytáhlejší.
- U varianty s širšími řádky (0,332 m) byl potvrzen negativní vliv hrachu rolního na pšenici ozimou, která dosáhla nejnižšího výnosu 5,71 t/ha.

- Varianta s roztečí řádků 0,332 m bez pomocné plodiny dosáhla druhého nejnižšího výnosu 6,39 t/ha. Díky nižšímu výsevku do širších řádků oproti vyšším výsevkům v užších řádcích.
- U varianty s užšími řádky (0,166 m) a hrachem rolním společně v řádku byla pozitivní přítomnost hrachu rolního, kdy s nižším výsevkem (2,5 MKZ) a výnosem zrna 8,26 t/ha, se vyrovnala kontrolní variantě s vyšším výsevkem (3 MKZ). Výnos zrna 8,28 t/ha.

Doporučení pro praxi:

Využití hrachu rolního v porostech ozimé pšenice je jednou z možností snížení nákladů především na hnojení porostu, ale třeba i pro zvýšení kvality zrna. Kladný vliv hrachu bude, především záviset na vybrané kompenzační odrůdě pšenice ozimé, na výsevku, jak pšenice tak hrachu rolního, a na rozteči řádků a uspořádání porostu. Pro každou lokalitu budou tyto parametry rozdílné a bude třeba je upravit, aby byl efekt pomocné plodiny pozitivní.

Secí stroj Sky Easy Drill je vhodnější pro zakládání porostu do minimálního zpracování půdy, či do strniště než do zpracované půdy. V kypré vlhčí půdě vytvářel hlubší kolejevé stopy.

Regulace hrachu rolního je v porostu ozimé pšenice dobře realizovatelná. Lze ji spojit s opravným zásahem proti dvouděložným plevelům a dalšími aplikacemi.

8 Literatura

- Aufhammer W. 1999. Mischanbau von Getreide und anderen Kornerfruchtarten. Ulmer, Stuttgart.
- Aziz M, Mahmood A, Asif M, Ali A. 2015. Wheat-based intercropping: a review. *Journal of Animal & Plant Sciences* **25**(4):896-907.
- Barillot R, Escobar-Gutiérrez AJ, Fournier C, Huynh P, Combes D. 2014. Assessing the effects of architectural variations on light partitioning within virtual wheat-pea mixtures. *Annals of Botany* **114**(4):725-737.
- Brant V, Balík J, Fuksa P, Hakl J, Holec J, Kasal P, Neckář K, Pivec J, Prokinová E. 2008. Meziplodiny. Kurent, České Budějovice.
- Brant V, Kroulík M, Šmoger J, Zabranský P, Škeříková M, Krček V, Kunte J. 2018a. Pěstební systémy ozimé pšenice. *Úroda* **66**:14-16.
- Brant V, Zabranský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018b. Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. *Agromanuál* **7**:106-111.
- Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmoger J, Tyšer L, Zabranská P. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze.
- Brant V, Šmoger J. 2019. Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou. *Moje půda*. 11-13.
- Corre-Hellou G, Brisson N, Launay M, Fustec J, Crozat Y. 2007. Effect of Root Depth Penetration on Soil Nitrogen Competitive Interactions and Dry Matter Production in Pea-Barley Intercrops given Different Soil Nitrogen Supplies. *Field Crops Research* **103**:76-85.
- Corre-Hellou G. 2005. Acquisition de l'azote dans des associations pois-orge (*Pisum sativum L.-Hordeum Vulgare L.*) En Relation Avec Le Fonctionnement Du Peuplement. Université d'Angers, Angers, France.
- Diviš J, Jůza J, Moudrý J, Vondrys J, Bárta J, Štěrbá Z. 2010. Pěstování rostlin. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích.
- Doré T, Makowski D, Malézieux E, Munier-Jolain N, Tchamitchian M, Tittonell, P. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy* **34**:197-210.
- Dubach M, Russelle MP. 1994. Forage legume roots and nodules and their role in nitrogen transfer. *Agronomy Journal* **86**(2):259-266.
- Ducsay L, Slepčan M. 2020. Čo ovplyvňuje výživu ozimej pšenice na jeseň. *Agromanuál*. Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra.
- Epplin FM. 2000. Winter wheat fall-winter forage yield and grain yield response to planting date in a dual-purpose system. *Agricultural Systems* **63**:161-173.
- Faget M, Liedgens M, Feil B, Stamp P, Herrera JM. 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *European Journal of Agronomy* **36**:1-8.
- Feldman M, Bonjean AP, Angus WJ. 2001. Origin of cultivated wheat. *The world wheat book: a history of wheat breeding*. Paris, France Lavoisier Publishing.
- Farooq M, Bajwa AA, Cheema SA, Cheema ZA. 2013. Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology* **15**:1367-1378.

- Fuksa P. 2007: Jednoleté pícniny. 69–89. In: Šantrůček J. 2007: Encyklopedie pícninářství. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Gao Y, Duan A, Qiu X, Sun J, Zhang J, Liu H, Wang H. 2010. Distribution and use efficiency of photosynthetically active radiation in strip intercropping of maize and soybean. *Agronomy Journal* **102(4)**:1149–1157.
- Geno ML, Geno BJ. 2001. Principles, Benefits and Risks of Multiple Cropping Land Management Systems for Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston.
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology* **131**:72-877.
- Hauggaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen ES. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research* **70**:101–109.
- Heun M, Schäfer-Pregl R, Klawan D, Castagna R, Accerbi M, Borghi B, Salamini F. 1997. Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting, *Science* **278**:1312-1314.
- Hosendl V, Vašák J, Mečiar L. 1998. Rostlinná výroba II: (luskoviny, olejniny). Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Houba M, Dostálová J, Dostálová R, Hochman M, Holeček J, Hosendl V, Hýbl M, Huňady I, Ondráčková E, Ondřej M, Ponižil A, Prášil J, Seidenglanz M, Smýkal P, Šmirous P, Vaculík A, Zelený V. 2009. Luskoviny: pěstování a využití. Kurent. České Budějovice.
- Choudhary VK, Choudhury BU. 2016. A staggered maize–legume intercrop arrangement influences yield, weed smothering and nutrient balance in the eastern himalayan region of india. *Experimental Agriculture* **54**:181–200.
- Kintl A, Elbl J, Záhora J, Kynický J, Brtnický M, Mikajlo I. 2015. Evaluation of grain yield in mixed legume-cereal cropping systems. *Journal of Interdisciplinary Research* **5(1)**:96-98.
- Klaaßen H, Freitag J. 2004. Ackerunkräuter und Ackerungräser rechtzeitig erkennen. BASF Aktiengesellschaft. Limburgerhof.
- Konvalina P, Moudrý J. 2008. Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Kumar A, Prasad B, Bharati A, Kumar A. 2017. Botanical Description of Wheat. G.B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, Uttarakhand (India) NRCPB, IARI, New Delhi.
- Lambers H, Colmer TD. 2005. Root Physiology. Springer. The Netherlands.
- Lithourgidis A, Dordas C, Damala C, Vlachostergios D. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* **5(4)**:396-410.
- Maes J, Hauck J, Paracchini ML, Ratamäki O, Hutchins M, Termansen M, Furman E, Pérez-Soba M, Braat L, Bidoglio G. 2013. Mainstreaming Ecosystem Services into EU Policy. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **5**:128–134.
- Maitra S, Hossain A, Brestic M, Skalicky M, Ondrisik P, Gitari H, Sairam M. 2021. Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy* **11**:343.
- Maitra S, Palai JB, Manasa P, Kumar DP. 2019. Potential of intercropping system in sustaining crop productivity. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch* **12**:39–45.

- Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, de Tourdonnet S, Valantin-Morison M. 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. *Agronomy for Sustainable Development* **29**:43–62.
- Mamine F, Farès MH. 2020. Barriers and levers to developing wheat–pea intercropping in Europe: A review. *Sustainability* **12**:6962.
- Monti M, Pellicanò A, Santonoceto C, Preiti G, Pristeri A. 2016. Yield Components and Nitrogen Use in Cereal-Pea Intercrops in Mediterranean Environment. *Field Crops Research* **196**:379–388.
- Moudrý J, Bárta J, Bártová V, Bubeník J, Diviš J, Dostálová R, Hýbl M, Konvalina P, Ondřej M, Peterka J, Pexová Kalinová J, Ponížil A, Seidenglanz M, Stražil Z, Šmirous P, Štolcová M, Vaculík A. 2011. *Alternativní plodiny*. Profi Press s. r. o. Praha.
- Ndakidemi P. A. 2006. Manipulating legume cereal mixtures in the traditional African cropping systems. *African Journal of Biotechnology* **5(25)**: 2526-2533.
- Nurk L, Graß R, Pekrun C, Wachendorf M. 2017. Effect of Sowing Method and Weed Control on the Performance of Maize (*Zea mays* L.) Intercropped with Climbing Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture* **7**:51.
- Olsen J, Kristensen L, Weiner J, Griepentrog HW. 2005. Increased density and spatial uniformity increase weed suppression by spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Research* **45**:316–321.
- Or D, Ghezzehei TA. 2002. Modelling post-tillage soil structural dynamics. *Soil & Tillage Research* **64**:41-59.
- Orzech K. 2013. Spring barley in pure sowing and witch catch crops in crop rotations. UWM in Olsztyn. Polish.
- Papanastasis VP, Arianoutsou M, Lyrantzis G. 2004. Management of biotic resources in ancient Greece. In Proceedings of the 10th Mediterranean Ecosystems (MEDECOS) Conference, Rhodes. Greece.
- Petr J, Húska J. 1997. *Speciální produkce rostlinná – I*. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Plucknett DL, Smith NJH. 1986. Historical perspectives on multiple cropping. In *Multiple Cropping Systems*, Francis CA. Ed MacMillan Publishing Company. New York, NY. USA.
- Prigge G, Gerhard M, Habermeyer J. 2004. *Pilzkrankheiten und Schadsymptome im Getreidebau*. BASF Aktiengesellschaft. Limburgerhof.
- Rahman MM, Joaty JY, Islam MM. 2021. Intercropping for insect pest management in sustainable agriculture: A review. *J-stage* **43**:11-22.
- Selgen a. s. 2024. Available from: <https://selgen.cz/uncategorized/peluska-ozima-agt/> (accessed February 2024).
- Shewry PR. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany* **60(6)**:1537–1553.
- Singh P, Rajput RS, Ram RM, Singh HB. 2019. *Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms*. Springer. Singapore.
- Stehno L. 2019. Pomocné plodiny, cesta budoucnosti?. *Mechanizace*. Profi Press **8**:78–80
- Stern WR. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field Crops Research* **34**:335-356.
- Stevenson FJ, Cole MA. 1999. *Cycles of Soil*. John & Wiley Sons. United States of America.

- Subedi KD. 1997. Wheat intercropped with tori (*Brassica Compestris* var. *toria*) and Pea (*Pisum sativum*) in subsistence farming system of Nepalese hills. *Journal of Agricultural Science* **128**:283-289.
- Špaldon E, Andraščík M, Bechyně M, Belej J, Fric V, Fuciman L, Hruška L, Krausko A, Petr J, Rybáček V, Váša F, Votoupal B, Vrzalová J. 1982. *Rastlinná výroba. Příroda*. Bratislava.
- Talgre L, Lauringson E, Makke A, Lauk R. 2011. Biomass production and nutrient binding of catch crops. *Zemdirbyste* **98(3)**:251-258.
- Tyller R. 2004. Peluška se hodí do směsek. *Úroda* **11**:1–2.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa polních a zahradních plodin*. ProfiPress, s.r.o. Praha.
- Vostal J, Matousch O. 1988. *Bilance dusíku v zemědělství I. část-Aktivní složky*. Vysoká škola zemědělská Praha.
- Vrána O. 2021. Stroje Sky Agriculture pro konvenční, regenerativní i ekologické zpracování půdy. Důraz musíme klást primárně na rostliny. Available from: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/stroje-sky-agriculture-pro-konvencni-regenerativni-i-ekologicke-zpracovani-pudy-duraz-musime-klast-primarne-na-rostliny> (accessed February 2024).
- Winkler J, Smutný V, Neischl A. 2016. *Plevele v ozimé pšenici a způsoby jejího pěstování*. Agromanuál. Mendelova univerzita v Brně.
- Wojciechowski W, Wermińska M. 2016. Yielding and fertilization value of cover catch crops cultivated in accordance with the principles of agri-environmental scheme. *Agronomy Journal* **33(2)**:103-109.
- Yadav MR, Kumar R, Parihar CM, Yadav RK, Jat SL, Ram H, Meena RK, Singh M, Birbal, Verma AP, Kumar U, Ghosh A, Jat ML. 2017. Strategies for improving nitrogen use efficiency. *Agricultural Reviews* **38**:29-40.
- Zimolka J, Edler S, Hřivna L, Jánský J, Kraus P, Mareček J, Novotný F, Richter R, Říha K, Tichý F. 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi Press s. r. o. Praha.
- Žuk-Gołaszewska K, Wanic M, Orzech K. 2019. The role of catch crops in field plant production. *Journal of Elementology* **24**:575-58

