

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou

Diplomová práce

Autor práce

Bc. Vít Sedláček

Obor studia

Rostlinná produkce

Vedoucí práce

prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

© 2020/2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou“ 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: 22. 4. 2021

Vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí diplomové práce prof. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. za její vedení, ochotu, poskytnuté vědomosti a vřelý přístup, díky kterým mohla vzniknout tato diplomová práce. Dále bych rád poděkoval vedení Výzkumné stanice Katedry agroekologie a rostlinné produkce v Praze-Uhřetěvsi za poskytnutí nezbytných podkladů potřebných pro zpracování této diplomové práce.

Souhrn

V poslední době je věnována zvýšená pozornost pěstebním systémům, které se zaměřují na souběžné pěstování dvou a více plodin na jednom pozemku, s rozdílným cílem jejich využití. Tyto systémy umožňují zvýšení druhové pestrosti pěstovaných plodin a ve srovnání s monokulturou umožňují lepší využití půdy i efektivnější využívání podmínek prostředí.

Cílem této práce bylo ověřit technologii pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s různými druhy leguminóz, posoudit efekt použité leguminózy a způsobu založení porostu ve vztahu k produkčním parametrům a kvalitě hodnocených odrůd pšenice a vybrat varianty, které dosáhly nejlepších výsledků.

Přesný polní maloparcelkový pokus se dvěma odrůdami pšenice ozimé (Butterfly z jakostní skupiny E a Lorien z jakostní skupiny B) byl veden v roce 2019/2020 na Výzkumné stanici KARP v Praze-Uhřetěvesi a založen ve dvou sousedících blocích. V prvním bloku byl realizován výsev směsi pšenice s vybranými leguminózami (po jedné odrůdě bobu obecného, hrachu ozimého, hrachu jarního a jetele nachového) do běžných úzkých řádků 12,5 cm. Ve druhém bloku byl použit výsev ob řádek, přičemž nejprve byla vyseta pšenice do řádků 25 cm a vzápětí byly do prostoru meziřádků vysety leguminózy. Každá varianta pokusu měla čtyři opakování. Ukončení vegetace všech leguminóz (jarní leguminózy díky mírné zimě nevymrzly) v rámci celého pokusu bylo provedeno herbicidním ošetřením přípravkem Zypar na počátku sloupkování pšenice.

Vyhodnocení vlivu směsného pěstování s leguminózou na výnos pšenice ukázalo, že nejvyšší výnos pšenice byl v průměru zaznamenán u variant s hrachem jarním i ozimým a bobem obecným; tyto varianty se současně statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy a varianty s jetelem nachovým. Rozdíl mezi „nejhoršími“ a „nejlepšími“ variantami dosáhl cca 0,3 t/ha. Při založení porostu formou směsi pšenice s leguminózami dosáhla pšenice v průměru o cca 0,4 t/ha vyššího výnosu oproti výsevu pšenice a leguminóz ob řádek. Odrůda Butterfly (E) dosáhla v průměru o 0,2 t/ha vyššího výnosu než odrůda Lorien (B).

Z hodnocení vlivu směsného pěstování pšenice s leguminózami na jakostní ukazatele pšenice vyplynul poměrně výrazný vliv leguminóz na obsah N-látek v sušině zrna pšenice. Ten dosáhl v průměru u „nejlepších“ variant s bobem obecným a hrachem ozimým 11,94 % a 11,87 % (kontrola bez leguminózy v průměru 11,58 %). Statisticky průkazně ovlivnil obsah N-látek v sušině zrna pšenice i způsob založení porostu (výsev ob řádek v průměru 11,87 %, výsev ve směsi 11,72 %) a odrůda pšenice. V případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna byl charakter výsledků podobný. Naproti tomu, ostatní sledované jakostní ukazatele pšenice (objemová hmotnost, Zeleného test a číslo poklesu) byly ovlivněny převážujícím způsobem odrůdou pšenice a vliv směsného pěstování s leguminózou byl nižší.

Klíčová slova: pšenice, leguminózy, směsné pěstování, výnosy pšenice, kvalita

Summary

Recently, cultivation systems have been attracting increased attention focusing on the simultaneous cultivation of two or more crops with different purposes of their use in one plot. These systems allow for increase in diversity of cultivated crop types and, in comparison with monoculture, enable better land use and more efficient utilization of environmental conditions.

The aim of this thesis is to evaluate the technology of growing winter wheat in mixed culture with different types of legumes, mainly to assess the effect of used legumes and the crop planting method on production parameters and quality of chosen wheat varieties and to select variants that achieved best results.

A precise small-plot field experiment was conducted in 2019/2020 with two varieties of winter wheat (Butterfly from quality group E and Lorien from quality group B) at the KARP Research Station in Prague-Uhřetěves and set up in two adjacent blocks. In the first block, a mixture of wheat with selected legumes (one variety of broad bean, winter pea, spring pea and purple clover) was planted in the usual narrow rows of 12,5 cm. In the second block, sowing in rows was used. Firstly, wheat was sown in rows of 25 cm, then legumes were sown in the spaces between the wheat rows. Both experiments were repeated four times. During the experiment herbicide treatment with Zypar was used to terminate all legumes (spring legumes did not freeze due to the mild winter) at the beginning of wheat rooting.

The analysis of the effect that mixed cultivation with legumes had on wheat yield showed that the highest wheat yield was on average recorded in variants with spring and winter peas and common beans. At the same time, these variants were statistically significantly different from the crop without legumes and the crop with purple clover. The difference between the "worst" and the "best" alternatives reached about 0,3 t / ha. Planting technique in the form of a mixture of wheat and legumes yielded on average about 0,4 t / ha more than the technique of sowing wheat and legumes in rows. The Butterfly (E) variety achieved on average 0,2 t / ha higher yield than the Lorien (B) variety.

The analysis of the effect that mixed cultivation with legumes had on wheat quality indicators showed that legumes have a relatively significant impact on the content of N-substances in the dry matter of wheat grain. N-substances gained on average 11,94 % and 11,87 % in the "best" crop mixed with beans and winter peas (cultivation without legumes achieved on average 11,58 %). The content of N-substances in the dry matter of wheat grain was statistically significantly affected not only by the variety of wheat but also by the method of planting the crops (sowing in rows achieved on average 11,87 %, sowing in a mixture 11,72 %). In terms of wet gluten content in the dry matter of the grain, the results are similar. Conversely, the other observed wheat quality indicators (volume weight, Green test and decrease number) were mainly influenced by the wheat variety and the effect of mixed cultivation with legumes was lower.

Keywords: wheat, legumes, mixed cultivation, wheat yields, quality

Obsah

1	ÚVOD	1
2	VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE	3
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
3.1	ZPŮSOB VYUŽITÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY A JEHO DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	4
3.2	INTERCROPPING.....	5
3.2.1	Transfer živin při použití metod intercroppingu.....	6
3.2.2	Modelování přeměn C a N pro optimalizaci metod intercroppingu	7
3.3	LEGUMINÓZY	9
3.3.1	Symbiotická fixace dusíku	10
3.4	VÝBĚR VHODNÉ POMOCNÉ PLODINY	10
3.5	METODY ZALOŽENÍ POROSTŮ POMOCNÝCH PLODIN.....	11
3.5.1	Pěstování hlavní a pomocné plodiny souběžně	12
3.5.2	Cílené rozmístění hlavní plodiny s náhodným rozmístěním plodiny pomocné	12
3.5.3	Cílené rozmístění hlavní i pomocné plodiny.....	13
3.6	VÝVOJ POROSTŮ POMOCNÝCH PLODIN VE SMĚSI	13
3.6.1	Interakce podzemní biomasy plodin pěstovaných ve směsi.....	14
3.6.2	Alelopatie	14
3.6.3	Interakce nadzemní biomasy plodin pěstovaných ve směsi	15
3.7	PĚSTOVÁNÍ PŠENICE SETÉ A JEJÍ VYUŽITÍ PRO SMĚSNÉ PĚSTOVÁNÍ	16
3.7.1	Pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s leguminózou	19
3.8	POMOCNÉ PLODINY PRO SMĚSNÉ PĚSTOVÁNÍ S PŠENICÍ OZIMOU.....	20
3.8.1	Hrách jako pomocná plodina pro pšenici setou.....	20
3.8.2	Bob obecný jako pomocná plodina pro pšenici setou.....	22
3.8.3	Jetel jako pomocná plodina pro pšenici setou	22
3.8.4	Kvalita pšenice pěstované ve směsné kultuře s leguminózou	23
4	METODIKA	25
4.1	PŮDNĚ-KLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA POKUSNÉHO STANOVIŠTĚ.....	25
4.2	PŘEHLED POKUSNÝCH VARIANT	26
4.3	AGROTECHNIKA POUŽITÁ V POKUSU.....	28
4.4	HODNOCENÉ VEGETAČNÍ CHARAKTERISTIKY A PRODUKČNÍ UKAZATELE.....	28
4.5	HODNOCENÍ KVALITATIVNÍCH UKAZATELŮ	28
4.6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	29
5	VÝSLEDKY	30
5.1	HODNOCENÍ POROSTŮ V PRŮBĚHU VEGETACE, VYBRANÉ VEGETAČNÍ CHARAKTERISTIKY A PRODUKČNÍ UKAZATELE	30
5.2	STANOVENÍ OBSAHU N V SUŠINĚ NADZEMNÍ BIOMASY PŠENICE V PRŮBĚHU VEGETACE	33
5.3	STATISTICKÉ ZHODNOCENÍ HLAVNÍCH PRODUKČNÍCH A JAKOSTNÍCH PARAMETRŮ PŠENICE	37
5.3.1	Míra ovlivnění hodnocených produkčních a jakostních parametrů pšenice sledovanými faktory a jejich interakcemi.....	37
5.3.2	Počet klasů na m ² před sklizní.....	41
5.3.3	Hmotnost tisíce semen (HTS).....	42

5.3.4	Výnos pšenice	44
5.3.5	Objemová hmotnost	45
5.3.6	Obsah N-látek v sušině zrna	47
5.3.7	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	49
5.3.8	Sedimentační index – Zelenyho test	51
5.3.9	Číslo poklesu	53
6	DISKUSE	56
7	ZÁVĚR.....	61
8	LITERATURA	62
9	SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY	I

1 Úvod

Pěstování plodin ve směsných kulturách není neznámou věcí. Tento způsob již dávno využívali např. jihoameričtí indiáni a využíván byl i na území Evropy. V poslední době zažívá v Evropě určitou renesanci, s ohledem na výhody pěstování směsí v porovnání s monokulturou.

Zavedení norfolkského osevního postupu, založeného na důsledném střídání pěstovaných plodin, lze jednoznačně považovat za výrazný faktor vedoucí k pestrosti struktury plodin pěstovaných na orné půdě, se současným zvýšením půdní úrodnosti a výnosů plodin. Od cca 60. let 20. století však dochází v důsledku změn druhové a odrůdové skladby plodin, využívání minerálních hnojiv a pesticidů a dalších faktorů k poklesu pestrosti osevních postupů. Absence výhod střídání plodin je jednou z primárních příčin negativního vlivu zemědělství na přírodní zdroje a jejich kvalitu. Vysoký tlak na efektivitu a ekonomiku výroby, změny struktury hospodářských zvířat, globalizace trhu apod. monotónnost osevních postupů dále prohlubují. Omezený počet kulturních druhů, majoritně pěstovaných v zemědělství, který je značné míry ovlivněn právě globalizací výroby, trhu a ekonomiky, neumožňuje jednoznačný návrat k tradičním systémům střídání plodin (Brant et al. 2019a).

Proto je v poslední době věnována zvýšená pozornost pěstebním systémům, které se zaměřují na souběžné pěstování dvou a více plodin na jednom půdním bloku, s rozdílným cílem jejich využití, jako tzv. pomocných plodin. Tyto systémy umožňují zvýšení druhové pestrosti pěstovaných plodin a současně ve srovnání s monokulturou umožňují lepší využití půdy i efektivnější využívání podmínek prostředí (Brant et al. 2019a). U plodin pěstovaných ve směsných kulturách bylo oproti monokulturám zjištěno snížení tlaku škůdců, chorob a plevelů (Hauggaard-Nielsen et al. 2008; Malézieux et al. 2009; McLaughin & Mineau 1995) a snížení rizik spojených s používáním chemických látek k ochraně porostů (Thornton 2000; Malézieux et al. 2009); dále i snížení potřeby průmyslových hnojiv (Malézieux et al. 2009; Wezel et al. 2014). Navíc, směsi mají pozitivní efekt i na odolnost vůči suchu vzhledem k lepšímu využívání vody (Wang et al. 2015) a snižují riziko půdní eroze (Betencourt et al. 2012). Zvýšení diverzity na polích zvyšuje i diverzitu na okolních pozemcích (Malézieux et al. 2009).

Pšenice setá patří dlouhodobě k nejvíce zastoupeným plodinám v současných osevních sledech. Nadměrné využívání této plodiny často vede k intenzivnímu rozvoji chorob, škůdců a plevelů, které jsou schopny adaptace a specializace na toto monokulturní pěstování plodin; dochází též k potlačování žádoucích organismů, vysoké spotřebě průmyslových hnojiv a pesticidů (McLaughin & Mineau 1995). Je tedy přirozené, že je v poslední době věnována pozornost právě směsnému pěstování pšenice s jinými polními plodinami, především leguminózami.

Směsné pěstování pšenice seté s dalšími plodinami není natolik prozkoumané, jako systém monokulturního založení těchto porostů. Důležité je tedy zabývat se interakcemi plodin ve směsi. Při špatné volbě komponent směsi může dojít i k negativnímu ovlivnění těchto

komponent mezi sebou. Tyto interakce mohou vést i ke snížení výnosu hlavní plodiny. Důležitým kritériem při směsném pěstování je i metoda a způsob založení porostů (Brant et al. 2019a).

Předložená diplomová práce si klade za cíl ověřit technologii pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s různými druhy leguminóz, posoudit efekt použité leguminózy a způsobu založení porostu ve vztahu k produkčním parametrům a kvalitě hodnocených odrůd pšenice a vybrat varianty, které dosáhly nejlepších výsledků.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami, testované v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, z hlediska vybraných produkčních a jakostních parametrů pšenice; posoudit rozdíly v produkčních parametrech a kvalitě produkce i v závislosti na odrůdě pšenice a způsobu setí pšenice a leguminóz (výsev ve směsi, výsev ob řádek) a vybrat varianty, které se osvědčily nejlépe.

Hypotézy:

- Pěstování pšenice ve směsné kultuře s leguminózou povede k navýšení výnosu pšenice seté (oproti kontrole bez leguminóz).
- Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou přispěje ke zlepšení jakosti produkce, především zvýšení obsahu N-látek v sušině zrna.

3 Literární rešerše

3.1 Způsob využití zemědělské půdy a jeho dopad na životní prostředí

Intenzifikace zemědělské výroby zaměřená na produkci plodin, které jsou do osevních postupů vybírány především podle ziskovosti, vedla k negativním dopadům na životní prostředí, a přestože v současné době se stále více prosazují metody a postupy udržitelného zemědělství s eliminací negativních vlivů intenzivní produkce komodit na agroekosystémy, tyto negativní dopady stále přetrvávají. Kvůli zvýšení produktivity práce při obhospodařování půdy dochází k vytváření monokultur o velkých rozlohách, což vede k přímému narušení biodiverzity agroekosystémů. Také dochází k opomíjení mimoprodukční funkce zemědělství, tedy péče o krajinu, agroekologické funkce zemědělských systémů, možnost využití těchto systémů volně žijícími organismy od bakterií po opylovače a zvěř (Zhang et al. 2017).

Zemědělské procesy jako zpracování půdy, odvodňování, zatravňování a extenzivní používání hnojiv a přípravků na ochranu rostlin mají přímý vliv na faunu i flóru daného ekosystému. Volně žijící druhy rostlin a živočichů jsou vytlačovány z ekosystémů zemědělskými aktivitami od základního zpracování půdy po sklizeň porostů, dalším významným měřítkem je zásah do vodního režimu krajiny. V takto pozměněném agroekosystému se mění podmínky potřebné pro přežití mnoha druhů a dochází k postupnému úbytku biodiverzity. K omezení dopadů konvenčního zemědělství se dá využít metod setí do nezpracované půdy, setí do mulče, pásové zpracování půdy, využívání úhorů s porostem a v neposlední řadě využívání pěstování hlavní plodiny s plodinou pomocnou buď ve směsi, nebo metodou row-by-row (McLaughlin & Mineau 1995).

Způsob využití zemědělské půdy ve velké míře záleží na podmínkách prostředí. Jak popisuje Fan et al. (2020) v pokusu zaměřeném na zjištění benefitů plodin schopných poutat vzdušný dusík při konvenčním zpracování půdy, minimálním zpracováním půdy a při setí do na využití těchto metod pěstování a zařazení plodin do osevního postupu. V tomto pokusu bylo zjištěno, že zařazení leguminóz do osevního postupu mělo největší přínos při setí do nezpracované půdy, zvláště při teplých a suchých letech. Při této variantě byl dokonce výnos zvýšen o 14 % oproti variantě s minimálním zpracováním půdy. Výnos pšenice ozimé seté do nezpracované půdy byl vyšší při porovnání s minimálním a konvenčním zpracováním. Dalším významným zjištěním je nejvyšší zastoupení organického dusíku v půdě ve vrstvě 0–7,5 cm při setí do nezpracované půdy. Při celkovém porovnání všech těchto metod pěstování plodin vychází nejlépe osevní postup se zařazením leguminóz do osevního sledu mezi pšenicí ozimou při setí do nezpracované půdy. Tento způsob pěstování měl nejvyšší přínos pro půdní úrodnost a obsah organického dusíku v půdě s porovnáním s ostatními typy pěstování. Z výsledků bylo zjištěno, že osevní postup a způsob zpracování půdy má zásadní vliv na půdní úrodnost a obsah organického dusíku v půdě, přičemž zařazení leguminóz do osevního postupu má kladný vliv na půdní úrodnost při všech způsobech zpracování půdy (Fan et al. 2020).

3.2 Intercropping

Intercropping lze definovat jako systém souběžného pěstování dvou nebo více plodin na poli během jednoho vegetačního období. V současném intenzivním zemědělství je tato metoda stále více využívána díky nízkým nákladům při přechodu na tuto technologii. Dalším důvodem využívání této metody je možnost zvýšení půdní úrodnosti bez nutnosti dalších vstupů. Z těchto důvodů by metody intercroppingu mohly vést k lepšímu, a hlavně udržitelnějšímu zemědělství. Tato metoda by mohla být odpovědí na nízkou půdní úrodnost, akumulaci pesticidů a patogenů v půdě a degradaci půdy. Tato metoda nabývá na účinnosti zejména na místech s omezenými přístupy dusíku, kdy právě zařazení leguminóz jako pomocných plodin k hlavní plodině vede ke zvýšení dusíku v půdě, a s tím spojeným ovlivněním kvalitativních i kvantitativních parametrů hlavní plodiny (Brooker et al. 2015).

Při založení směsného porostu dochází k interakcím jednotlivých plodin mezi sebou. Tato interakce může být prospěšná buď pro hlavní pěstovanou plodinu, či obě kultury navzájem, nebo může docházet k výskytu negativních vlivů v obou směrech tohoto vztahu. Mezi prospěšné funkce leguminóz zařazených do směsných kultur s hlavní plodinou patří především omezení erozních procesů, infiltrace a zadržování vody v půdě. Dále leguminózy slouží jako zdroj organické hmoty, mají pozitivní vliv na půdní strukturu díky jejich kořenovému systému. Zajišťují pomocí jejich schopnosti vázání vzdušného dusíku část potřebného obsahu této živiny v přijatelné formě v půdě již při jejich souběžném růstu s hlavní plodinou, a především při jejich umrtvení a následném rozložení organické hmoty do půdy. Dalším významným aspektem je zlepšení střídání plodin v osevním postupu za pomoci tohoto souběžného pěstování několika plodin najednou (Brant et al. 2019a). Velice užitečnou praktikou je také využívání těchto kultur k omezení plevelných společenstev, přičemž se využívá různé dynamiky růstu. U hlavní plodiny, která má například v počátcích svého růstu pomalejší dynamiku růstu, se přiřadí do směsi leguminóza s rychlejší dynamikou růstu, aby se zamezilo vzejití plevelných společenstev. Dále leguminózy redukuje plevele díky pokryvnosti meziorostních prostor hlavní plodiny. Díky tomuto omezování plevelných společenstev dochází k výrazné redukci používání herbicidů, v případě využívání systémů pěstování plodin zakazujících používání pesticidů se tato metoda jeví jako velice přínosná. Při využití leguminóz v ekologickém zemědělství se využívá k umrtvení leguminózy mráz zimního období, problém může nastat v případě nedostatečně nízkých teplot přes zimní období (Weerarathne et al. 2016).

Mezi negativa při využívání metody intercroppingu spadají vyšší nároky na agrotechniku, kdy je zapotřebí především při vyšších intenzitách pěstování sečka schopná setí více plodin najednou. Dále je nutné dobře volit komponenty směsi, aby nedocházelo k negativní alelopatické reakci mezi komponenty, nevymrznutí pomocné plodiny nebo regeneraci po ukončení růstu a v neposlední řadě mít dostatek účinných látek pro ochranu těchto plodin s ohledem na všechny komponenty směsi (Brant et al. 2019a). Při směsném pěstování může vlivem nachýlení dynamiky růstu některé z komponent směsi docházet k nadměrnému odběru živin a následné konkurenci vůči ostatním komponentám směsi. Další nevýhodou je menší

propracovanost pěstebních technologií oproti monokulturnímu pěstování těchto plodin (Hauggard & Nielsen 2005).

3.2.1 Transfer živin při použití metod intercroppingu

Při pěstování obilovin ve směsi společně s leguminózou hraje hlavní roli ve výživě této směsi dusík v atmosféře, který je následně vázán pomocí leguminóz (Stern 1993). Přenosy dusíku jsou velice dobře popsány pro využívání luscoobilných směsek za metody intercroppingu. Při trendu růstu cen dusíkatých hnojiv a jejich omezující limity na dobu a dávku aplikace by tato cesta mohla přispět ke snižování vstupů dusíkatých hnojiv do agroekosystému. Převod dusíku mezi luskovinou a rostlinou, která umí fixovat vzdušný dusík je obvykle sledován za pomoci metod sledování přesunu izotopu dusíku ^{15}N mezi dárce (luskovinou) a příjemcem (hlavní plodina). Sledování přenosu dusíku, pomocí označování a mapování ^{15}N , se provádí mnoha způsoby, častou metodou je transplantace dárcovské rostliny do půdy společně s rostlinou příjemce. Za pomoci těchto metod mapování transferů dusíku v rostlinách bylo zjištěno, že v případě založení směsky ječmene ozimého společně s hrachem setým dosahuje přenos vyprodukovaného dusíku hrachem na ječmen 19 % procent z celkové produkce dusíku. Při využití hrachu setého jako dárce a čekanky jako příjemce dokonce příjem z dusíku vyprodukovaným hrachem činí 3–50 %. Nejlepších výsledků v rámci intercroppingu vztahenému k řepce ozimé, jako plodině příjemce, dosahuje bob setý (Génard et al. 2016).

Luscoobilné směsky mají větší potřebu dusíku, uhlíku a fosforu než jejich monokulturně pěstované varianty. Nicméně metody intercroppingu mají řadu výhod díky biologickým interakcím, které působí synergicky na komponenty směsi a na půdní mikroorganismy. K pochopení transferu živin při použití metod intercroppingu je zapotřebí nejprve získat empirická data a ta posléze vyhodnotit. Až vyhodnocení těchto dat vypovídá o kontinuálních přeměnách především uhlíku a dusíku skrze půdu, organismy a atmosféru. Množství dusíku a uhlíku v půdě záleží především na struktuře mikrobiální komunity a jejich kondici. Mikroorganismy v půdě slouží kromě jejich biologické aktivity jako dlouhodobý i krátkodobý zdroj dusíku a uhlíku pro rostliny. Zdroje dusíku a uhlíku v půdě ovlivňuje především rotace plodin na stanovišti, délka vegetace a nárůst biomasy pěstovaných plodin, z těchto důvodů je směsné pěstování několika plodin najednou přínosem pro udržení dusíku a uhlíku v půdě. Tyto komplexní přeměny uhlíku a dusíku v půdě jsou pomocí mnoha pokusných modelů zanalyzovány pro monokulturní pěstování plodin, nicméně pro plodiny pěstované systémem intercroppingu je těchto metod zatím mnohem méně. Výjimkou jsou luscoobilné směsky, u kterých je poměrně dostatečné množství krátkodobých modelů pro analýzu přeměn těchto živin. Za posledních deset let se hojně využívá model MOMOS (Modelling Organic transformations by Micro-Organisms of Soils). Tato metoda je mechanickým krátkodobým modelem pro simulaci přeměn dusíku a uhlíku mezi orgány rostlin, mikroorganismy, půdou a atmosférou. Tyto metody jsou založeny na využívání izotopu dusíku ^{15}N a izotopu uhlíku ^{14}C v laboratorních podmínkách nebo v nádobových pokusech na poli. Metoda MOMOS je zaměřena na funkci mikrobiální biomasy půdy, nicméně díky komplexnosti této metody

dochází k jejímu roztržštění na mnoho obdobných metod, které se ubírají vždy jiným specializovaným směrem (Génard et al. 2016).

Jednou z posledních úprav metody MOMOS bylo její rozšíření na pozorování spojitosti mezi transformací mikrobiální složky půdy a následného růstu rostlin pšenice seté. Při této verzi metody byla data nasbírána z polních pokusů, otestována a potvrzena správnost metody, přičemž se pozorovaly polní pokusy směsných kultur obilovin a leguminóz, konkrétně pšenice tvrdé společně s bobem obecným. Tento polní pokus probíhal ve Francii ve středomořských podmínkách, aby dobře simuloval neustálé přeměny uhlíku a dusíku mezi orgány rostlin, mikroorganismy, půdou a atmosférou (Kherif et al. 2021).

3.2.2 Modelování přeměn C a N pro optimalizaci metod intercroppingu

Klíčem k optimalizaci pěstování plodin pomocí ekologických mechanismů je úprava rostlinné poptávky po dusíku spojeným s fotosyntézou a mikrobiální produkcí anorganického dusíku související s dostupností uhlíku pro mikroorganismy. Pro optimalizaci pěstování směsných plodin je důležité množství dusíku a uhlíku v organických složkách mikrobiálního původu, které představují hlavní rezervy v půdě, přičemž největší rezervou je stabilní humus. Stabilní humus dokáže udržet pomalé latentní fungování živých organismů, oproti tomu labilní humus je hlavní zásobou potenciálně dostupného dusíku v krátkodobém časovém horizontu. Labilní humus má přímý vliv na výnos plodin. Žijící organismy oproti humusu ukládají mnohem méně uhlíku a dusíku do mikroorganismů. Živé rostliny uchovávají pouze malou část dusíku z jeho globálních zásob. Tento minerální dusík absorbují podzemními orgány, především dusík ve formě dusičnanů a fixací atmosférického N_2 bakteriální biosyntézou amonia (Inselsbacher et al. 2013).

Přesto je zde mnohem méně dostupného anorganického dusíku potřebného pro růst rostlin, než organického dusíku spojeného právě s formami uhlíku produkovány rostlinami a mikrobiálními rozkladači. Tato skutečnost podtrhuje složitost a komplexnost cyklu dusíku v půdě a potřebu vytváření modelů, které přesně definují procesy mineralizace a imobilizace dusíku spojené s vývojem mikrobiální biomasy a organických substrátů. Četné modely vytvořené na pozorování toku dusíku v půdě přezkoumávané Manzonim & Porporatem (2009) nejsou vždy spojeny s uhlíkem, a především nejsou zaměřeny na funkční ekologii systémů rostlin a mikrobů. Často se očekávalo, že mladší generace vědců bude hlouběji propojovat cykly uhlíku a dusíku, aby vyjádřila skutečnou a přímou mikrobiální kontrolu nad rozkladem a přeměnami dusíku v půdě. S využitím dat získaných pomocí izotopu dusíku a uhlíku z různých ekosystémů navrhl Pansu et al. (2014) spojit cykly uhlíku a dusíku s funkční ekologií půdní mikrobiální biomasy definovanou modelem MOMOS. Tuto metodu parametrizoval pouze sedmi konstantami, přičemž všechny konstanty jsou spojeny s klimatem a některé z nich jsou spojeny s fyzikálními vlastnostmi půdy a kvalitou organických vstupů. Při vytváření tohoto modelu se porovnávaly dva předpoklady. Zaprvé mikrobiální homeostáza, tedy konstantní poměr dusíku a uhlíku půdních mikroorganismů. Druhým předpokladem byl variabilní mikrobiální poměr uhlíku a dusíku k zohlednění poslušnosti rozkladače komunity a jejich

rozmanitosti. Z výsledků těchto pokusů bylo zjištěno, že homeostáza nebyla vždy přijatelnou hypotézou, ale mohla být považována za platnou aproximaci zejména v teplých a dobře odvodněných oblastech. V takovýchto lokacích jsou prokaryota obzvláště aktivní, což potvrzuje i model MOMOS, který předpovídal funkční ekologii těchto půdních mikrobiálních společenstev (Pansu et al. 2014).

Mikroorganismy představují největší část života na Zemi, pro jejich existenci potřebují rostlinné substráty jako zdroj uhlíku a dusíku. S těmito potřebami mikroorganismů souvisejí významné výzkumné otázky na konkurenci či synergii těchto mikroorganismů a rostlin. Corre-Hellou et al. (2009) zkoumali růst rostlin a akumulaci dusíku při směsném pěstování ječmene a hrachu. Při těchto pokusech docházelo k výrazným úsporám dusíkatých hnojiv díky symbiotické fixaci vzdušného dusíku. Díky výsledkům z tohoto pokusu se následně zvyšovala potřeba znalostí o přeměnách dusíku mezi mikroorganismy a rostlinami. Díky těmto prvotním pokusům se dále začaly využívat modely MOMOS ve spojení s půdní a kontinuální výměnou uhlíku při pěstování plodin metodou intercroppingu. Tyto metody cílily až k velmi propracované metodě modelování kontinuálních přeměn dusíku a uhlíku mezi mikroorganismy, rostlinami, půdou a atmosférou, kterou popisuje Pansu et al. (2018). Ve svém pokusu zaměřeném na kontinuální přeměny dusíku v mikroorganismech, rostlinách a atmosférou kalkuluje parametry pro vypočítání zásob dusíku v půdě. Při těchto výpočtech využívá nejnovější modely výpočtů jako například MOMOS. Pro potřeby pokusu se využila metoda pěstování intercroppingu, přičemž se jako hlavní plodina využila pšenice tvrdá a jako plodina vedlejší bob obecný. Tento smíšený porost byl následně porovnáván s monokulturními variantami těchto plodin. Kvůli přesnosti výpočtů nebyly dodávány k polním pokusům žádné vstupy uhlíku a dusíku. Pro modelování přeměn těchto živin byl použit systém rovnic pro libovolný počet rostlin, jelikož se vycházelo z dříve publikovaných pokusů na měření toků uhlíku, byly pouze dodány parametry specifické pro tok dusíku v půdě. Výsledky z tohoto modelu, který se zabývá přeměnami dusíku a uhlíku v půdě, ukázaly na silnou vazbu těchto dvou živin v půdním prostředí. Jako hlavní potenciálně dostupný materiál obsahující dusík byl modelován labilní organický dusík mikrobiálního původu. Bylo zjištěno, že živé mikroorganismy uchovávají zhruba 1 % celkového dusíku, což je obdobné množství jako obsah dusíku v bobu obecném a čtyřikrát větší množství, než je v pšenici tvrdé. Anorganický dusík byl imobilizován před kvetením, přičemž zde byla kompetice s potřebou dusíku kořeny pšenice tvrdé. Čistá mineralizace dusíku pocházejícího především z rozkladu kořenů bobu obecného začala příliš pozdě na to, aby zlepšila produkci pšenice. Během vegetačního období si plevele osvojili 20 kg N/ha, atmosférická fixace N₂ představovala hodnotu 90 kg N/ha. Model sdružující mikrobiální a rostlinné toky uhlíku a dusíku v těchto komplexních agroekosystémech se jeví jako skvělý nástroj pro kvantifikaci těchto toků skrze půdní organismy, půdu a atmosféru. Především umožňuje navrhnout zásadní doporučení ke zlepšení výživy rostlin a agroekologie podle změn zásob uhlíku a dusíku na lokaci (Pansu et al. 2018).

Celkově tyto výsledky pokusu, který provedl Pansu et al. (2018), ukazují na dosažení hlavních cílů pokusu. Obecný systém rovnic, který byl dříve validován při použití v tropických zemědělských systémech a použit při tomto pokusu, se znovu jeví jako platný i při použití

v alkalických středomořských podmínkách. Jedinou změnou byla záměna proměnných pro počasí, půdy a vlastností vstupů z rostlin. Díky tomuto úspěchu je nyní možné tento model upravit na regionální podmínky, stačí shromáždit a vyhodnotit údaje o klimatu, struktuře půdy (frakční rozdělení), pH půdy a zadržování vody v půdě. Tato metoda umožňuje optimalizovat sadu hodnot parametrů nezávislých na počátečních hodnotách. Dříve byly problémy s přílišným parametrizováním těchto pokusů, nicméně zde se zdá, že je tento problém vyřešen. Tato metoda monitorující přeměny uhlíku a dusíku v agroekosystému je nyní k dispozici v jakémkoliv podobném agroekosystému, přičemž pokud možno využívá zjednodušující hypotézu mikrobiální homeostázy, která je i pro tento pokus platná, nebo složitější hypotézu řetězce rozkladače blíže popsanou ve vědecké práci dle Pansu et al. (2014). Tento pokus lze použít k první aproximaci přenosových rychlostí mezi rostlinnými orgány dle regionálních odlišností.

3.3 Leguminózy

Hlavní předností leguminóz je jejich schopnost vázání vzdušného dusíku (N_2) za pomoci rhizobních bakterií, díky čemuž dochází ke snížení potřeby hnojení dusíkatými hnojivy (Suliaman & Tran 2017). Pomocné plodiny napomáhají ke snížení tlaku hmyzích škůdců, snížení zaplevelení, omezení větrné i vodní eroze a zlepšení zadržování vody na stanovišti (McLaughlin & Mineau 1995). Zařazování leguminóz do osevních postupů kvůli zvýšení půdní úrodnosti se používá již od dob Starověkého Říma, neboť jak napsal Varro (37 BC, citováno Graham & Vance 2003), leguminózy by měly být pěstovány na lehkých půdách, ne pro jejich prospěch, ale pro jejich zlepšující vliv na následující plodinu.

Dusík je jeden z nejdůležitějších prvků na zemi, jako živina pro rostliny je dusík nejdůležitější pro jejich růst (Smil 1999; Socolow 1999; Graham & Vance 2000). Pouze sluneční záření a voda jsou důležitější. Produkce vysoce kvalitních, na proteiny bohatých potravin je velice závislá na dostatečném množství přijatelného dusíku v půdě. Rostliny jsou schopny přijímat dusík ze dvou druhů zdrojů, a to z půdy a atmosféry. Z půdy rostlina přijímá dusík z minerálních a statkových hnojiv a dusík vzniklý mineralizací organické hmoty, z atmosféry je rostlina schopna poutat vzdušný dusík N_2 symbiotickou fixací. Prakticky všechny nutriční dusíky potřebné pro výživu celého lidstva pochází přímo i nepřímo z rostlin. Nicméně od sedmdesátých let devatenáctého století se management přívodu dusíku do agroekosystémů stává velice diskutovaným problémem. Problém tkví v přílišném nadužívání dusíkatých hnojiv v zemědělství, s tím souvisí i zvyšující se uhlíková stopa kvůli samotné výrobě, přepravě a aplikaci těchto hnojiv. Problémem je také nedostatek těchto hnojiv v globálním měřítku pro zabezpečení úrodnosti pro celý svět (Frink et al. 1999).

Zařazování leguminóz do osevních postupů se neděje pouze kvůli jejich možnosti fixace vzdušného dusíku N_2 , další jejich kladnou vlastností je jejich schopnost poutání půdního fosforu. Získávání této živiny se neděje za pomoci mykorhizní symbiózy, nýbrž adaptací kořenového systému a kořenových exudátů pro efektivnější příjem této živiny (Neumann et al. 1999; Lui et al. 2001). Adaptace kořenového systému na nedostatek fosforu spočívá ve zvýšené

produkci kořenů a kořenového vlášení, díky čemuž se povrch kořenů dokáže až zestonásobit. Díky těmto dvěma jevům dochází k posunu fosforu z nedostupnějších vrstev půdy směrem ke kořenům rostliny. Takto získaný fosfor je schopen se navázat k plodině pěstované souběžně s leguminózou. Jak popisuje Marschner et al. (1986) v pokusu zaměřeném na pěstování lupiny bílé společně s pšenicí setou, obsah fosforu přijatého pšenicí setou byl jeden a půlkrát zvýšen oproti variantě bez leguminózy. V tomto případě byl přínos lupiny bílé především ve zlepšení zásobení pšenice seté fosforem.

3.3.1 Symbiotická fixace dusíku

Při pěstování obilovin ve směsi společně s leguminózou hraje hlavní roli ve výživě této směsi dusík v atmosféře, který je následně vázán pomocí leguminóz Stern (1993). Leguminózy vytvářejí symbiotický vztah s hlízovými bakteriemi (rhizobia), díky nim jsou schopny poutat vzdušný dusík N_2 . Takto fixovaný dusík je významným obnovitelným zdrojem, který má v současném zemědělství velký význam. Symbiotická fixace dusíku je ovlivňována mnoha okolními vlivy. Zmírnění dopadů těchto vlivů by významně posunulo fixaci dusíku kupředu. V dnešní době jsou již dobře známy genetické rozdíly v adaptační toleranci vůči okolním negativním vlivům u leguminóz i rhizobních bakterií. Symbiotická fixace dusíku je složitý proces řízený mnoha geny o různých účincích. V dnešní době je snaha o nalezení lokusů těchto genů a rozpoznání jejich účinku na fixaci vzdušného dusíku. Dokonce některé lokusy těchto genů jsou již dobře známy. Takto nalezené geny jsou v leguminózách klonovány a je snaha o jejich vložení do jiných plodin, nicméně je tento proces velice náročný. Větší význam v tomto genetickém inženýrství je v nalezení leguminóz, které vynikají ve schopnosti poutání vzdušného dusíku. Jelikož se za pomoci těchto metod povedlo najít několik genů spojených s fixací dusíku v několika leguminózách, pracuje se dnes na nalezení markerů DNA, které napomáhají ve šlechtění kultivarů leguminóz s vysokou fixací dusíku. Mnoho šlechtitelských programů by potřebovalo změnit strategii šlechtění. Je zapotřebí, aby se při šlechtění leguminóz zaměřovali více na šlechtění hostitelské rostliny společně s rhizobními bakteriemi. Právě rhizobní bakterie byly opomíjeným hlediskem při této šlechtitelské práci, nicméně při šlechtění na rostlinu i její symbiotické bakterie se plně využije síla fixace vzdušného dusíku. Výpočtové modely založené na metabolických cestách poskytují lepší pohled na genotypové-fenotypové vlastnosti rostlin ve vztahu k fixaci dusíku. Tyto modely simulující fixaci dusíku mají řadu proměnných podle prostředí a pěstovaných plodin, díky tomu pomáhají vědcům kvantifikovat symbiotickou fixaci dusíku pro efektivní a udržitelné zemědělství (Dwivedi et al. 2015).

3.4 Výběr vhodné pomocné plodiny

Při výběru vhodné pomocné plodiny je zapotřebí vzít v úvahu velké množství faktorů, které se navzájem ovlivňují, a navíc jsou ovlivňovány interakcí s prostředím. Nicméně při vhodném výběru je možné výrazně omezit dávky pesticidů a minerálních hnojiv. Také je potenciál lepšího využití slunečního záření a vodních zdrojů. První strategií výběru vhodných meziplodin je klasická screeningová metoda, při které jsou testovány možné směsi plodin. Tato

metoda je založena na statistické analýze použitých plodin v různých směsích. Díky této metodě se dají vyloučit takzvané slepé uličky. Druhá metoda je založena na znalosti vztahů mezi hlavní a pomocnou plodinou. Vychází z pokusů založených na potvrzení těchto meziplodinových vztahů. V obou případech se jedná o vysoce precizní a nákladné metody, které však do budoucna mohou přinést snížení nežádoucích vstupů do produkce potravin (Gaba et al. 2015).

Klíčovými vlastnostmi pro výběr pomocných plodin do směsi k plodině hlavní jsou nároky semen na klíčení a dynamika růstu těchto plodin. Klíčivost je primárním faktorem kvůli potřebě zapojení všech komponent směsi. Při opožděném, či brzkém vyklíčení některého komponentu směsi dochází k interakci s ostatními komponenty směsi. Tedy při opožděném vyklíčení jedné plodiny ve směsi dostanou náskok ostatní plodiny a hrozí riziko přílišné konkurence s následným negativním vlivem na růst opožděné plodiny. Nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími klíčivost rostlin jsou nároky na vodu, teplotu a hloubku zapravení semen (Brant et al. 2017).

Při nedostatku vody v době po založení porostu vykazují dobrou klíčivost travní druhy mírného pásma a jeteloviny. Velmi dobrou klíčivost za těchto podmínek vykazují zejména bery a proso. Naopak problémy s klíčivostí při menších hodnotách vodního potenciálu vykazují brukvovité rostliny, horší klíčivost je také zaznamenána u luskovin. Dalším hůře ovlivnitelným faktorem, který ovlivňuje klíčení pomocných plodin je již zmiňovaná teplota. Pro většinu plodin pěstovaných v mírném pásmu je dostačující teplota okolo 3 °C. Vyšší teploty pro klíčení vyžadují lnička setá, pohanka obecná a mastňák habešský. U některých druhů jetelovin a luskovin jsou vhodnější vyšší teploty, tedy jsou schopny vyklíčit i při teplotě okolo 3 °C, ale při vyšší teplotě se zkracuje doba vzejití porostu. Toto platí například u hrachu setého rolního, kde semena klíčí i při teplotě 3 °C, nicméně optimum je okolo 10 °C. Za nižších teplot dobře vzhází hořčice bílá a ředkev olejná (Brant et al. 2019a).

Pro vzcházení semen je důležitý celkový stav půdy. Je důležité, aby v ideálním případě pevné částice zaujímaly 50 %, voda 30 % a vzduch 20 %. Pro rovnoměrné vzcházení semen plodin je ideální drobtovitá struktura půdy. Na dobré strukturu a stabilitě půdy se podílejí především kationty Ca^{2+} a Mg^{+} . Tyto kationty působí koagulaci koloidů a udržují agregáty pohromadě. Oproti tomu destrukci dobré struktury půdy napomáhají jednomocné kationty Na^{+} , NH_4^{+} a K^{+} . Tento poznatek je dobrý mít na paměti při využívání hnojiv s těmito ionty, jelikož při vyšších aplikačních dávkách může docházet k narušení struktury půdy a s tím související zhoršení klíčení rostlin (Vaněk et al. 2016).

3.5 Metody založení porostů pomocných plodin

Souběžné pěstování hlavní plodiny s plodinou pomocnou není v evropském zemědělství nic nového. Luscoobilné směsky mají již dlouholetou tradici v zemědělských systémech. Dříve se také zkoušelo souběžné pěstování více odrůd jedné plodiny, nicméně přínos nebyl významný. V současné době s pokročilými zemědělskými systémy zpracování a založení porostu se odstraňují nedostatky těchto směsí pomocných plodin. Je například možné každé

plodině ve směsi určit konkrétní místo a čas vegetace, tak aby nedocházelo ke konkurenci těchto plodin, či dalším záporným interakcím (Brant et al. 2019a).

3.5.1 Pěstování hlavní a pomocné plodiny souběžně

Způsob založení porostu zásadním způsobem ovlivňuje nárůst biomasy a vzházivost pomocných i hlavních plodin ve směsi. Při neorganizovaném rozmístění hlavní a pomocné plodiny může docházet ke konkurenci těchto plodin a následně k etiolizačnímu efektu. Tyto porosty se mohou zakládat dvojitým setím, kdy se první vyseje pomocná plodina a poté plodina hlavní. Tento způsob založení porostu není efektivní z hlediska utužení půdy a zvýšení nákladů na setí, dalším negativem je již zmíněné náhodné rozmístění obou plodin a důsledky s tím spojenými (Brant et al. 2020).

Jelikož možnost založení obou plodin najednou má vysoký význam z ekologického i ekonomického hlediska, tak perspektivnější variantou je sjednocení setí obou plodin do jedné operace. Dalším významným hlediskem je samotné rozmístění hlavní a pomocné plodiny a výsevek daných plodin. Při založení vedlejší i hlavní plodiny najednou se z hlediska prostorového rozložení těchto plodin využívá nejméně dvou základních systémů založení porostu. První je varianta cíleného rozmístění hlavní plodiny a náhodného rozmístění plodiny pomocné. Druhá varianta je cílené rozmístění pomocné i hlavní plodiny (Brant et al. 2019a).

3.5.2 Cílené rozmístění hlavní plodiny s náhodným rozmístěním plodiny pomocné

Nespornou výhodou této metody je možnost využití konvenčních strojů pro založení hlavní a pomocné meziplodiny. Tato metoda založení obou plodin je hojně využívána především u úzkořádkových plodin. Výsev hlavní plodiny se provádí konvenčními secími stroji, přičemž setí pomocné plodiny se z časového hlediska může provést ve třech různých termínech. První je založení pomocné plodiny před založením porostu hlavní plodiny, druhou variantou je založení obou porostů při jedné pracovní operaci. Tato varianta je z ekonomického i ekologického hlediska velice přínosnou, povětšinou se tento systém založení porostů realizuje plošným výsevem pomocné plodiny před pracovní sekce secího stroje. Poslední variantou je založení porostu pomocné plodiny až po vzejití plodiny hlavní, tato varianta je neefektivní, jediný přínos je ve vegetačním náskoku hlavní plodiny. Jak již bylo zmíněno, tak pro souběžný výsev je možné využít konvenční secí stroje, které se pouze upraví pro požadovaný efekt. Úprava spočívá v přidání dalšího zásobníku osiva opatřeného dávkovačem s transportním systémem, který je schopen toto osivo uložit do půdy rozdílně od hlavní plodiny. Zakončení transportního systému podávající osivo pomocné plodiny ústí buď na povrch půdy, či k pracovním sekcím daného secího stroje. Uložení osiva pomocné plodiny do směsné kultury náhodným způsobem s sebou nese značná rizika. Prvotním problémem je poměrně vysoká pravděpodobnost uložení osiv obou plodin do těsné blízkosti, kdy může docházet ke konkurenci či alelopatii těchto semen. Dalším negativem je omezená možnost chemického nebo

mechanického zásahu v případě nevymrznutí, náhlé regeneraci, či rychlejšímu nárůstu fytomasy vůči hlavní plodině. Tento problém je o to závažnější u pomocných plodin, které jsou vzrůstnější a jsou dány jako komponent k hlavní plodině s nižší konkurenceschopností. Tedy pro náhodný výsev pomocné plodiny se více hodí plodiny méně vzrůstné, náchylné k vymrznání, tedy při záměru vymrznutí této plodiny. Pro plošný výsev pomocných plodin se méně hodí druhy plodin s velkými semeny, které potřebují pro naklíčení určitou hloubku zapravení (Brant et al. 2019a).

3.5.3 Cílené rozmístění hlavní i pomocné plodiny

Vysetí hlavní plodiny společně s pomocnou plodinou, či plodinami do řádků určených pro každou plodinu zvlášť, přičemž mohou hlavní i pomocná plodina růst simultánně, je základem této metody. Tento způsob založení porostu je velice náročný na technologii, zároveň se jedná o vysoce náročný systém (Mousavi & Eskandari 2011).

Pro potřeby cíleného rozmístění hlavní a pomocné plodiny je zapotřebí speciální výsevní technologie. Přímo pro tyto potřeby bylo nutné vyvinout nové secí stroje umožňující výsev obou plodin při jedné operaci. Důležité není pouze sjednocení těchto operací, zde záleží také na kvalitě provedené operace. Je tedy potřeba, aby takováto sečka měla minimálně dva oddělené zásobníky na osiva, systém transportu osiva k výsevním sekcím a možnost individuálního samostatného nastavení výsevních sekcí pro každou plodinu zvlášť. To je z důvodu různých potřeb plodin zařazených do směsi na hloubku setí. Důležitá je také možnost nastavení výsevků pro každou plodinu zvlášť a možnost vypínání krajních výsevních sekcí pro možnost kontinuálního navázání secí operace (Furrer et al. 2009).

3.6 Vývoj porostů pomocných plodin ve směsi

Vývoj porostů pomocných plodin ve směsné kultuře s plodinou hlavní je nutné hodnotit dvěma pohledy. Za prvé je nutné hodnotit nadzemní biomasu pomocné rostliny ve vztahu k ostatním plodinám ve směsi. Při tomto hodnocení je nutné se zaměřit jak na horizontální, tak vertikální růst rostliny. Za druhé je důležité vyhodnotit růst a vývoj podzemní biomasy těchto rostlin, a to taktéž i prostorové rozmístění podzemních orgánů v půdním prostoru. Zapotřebí je určení vývoje jednotlivých orgánů a hmotnostní podíl těchto orgánů na rostlině. Tento hmotnostní podíl jednotlivých orgánů pěstovaných plodin je zapotřebí kvůli určení kvalitativních i kvantitativních parametrů rostlin, jako například degradovatelnost biomasy na povrchu půdy i v ní, či poměry živin v rostlině z hlediska vytvoření bilance živin pro vytvoření plánů hnojení. Významný je taktéž podíl nadzemní a podzemní biomasy, a to především pro výpočet organické hmoty dodané do půdy (Brant et al. 2019a).

3.6.1 Interakce podzemní biomasy plodin pěstovaných ve směsi

Interakce podzemní biomasy rostlin zařazených do směsi přináší benefity nejen pro půdu v podobě organické hmoty, ale při správné volbě komponent také pro plodiny mezi sebou navzájem. Při správném výběru plodin se omezí vzájemná kompetice, dokonce z výsledků pokusů vybraných plodin vyplývá vzájemné obohacení plodin v podobě lepších kvalitativních i kvantitativních parametrů. Několik studií objevilo rozdíly mezi kořenovými systémy plodin, které rostou jako monokultury od plodin, které rostou ve směsi. Porovnáváno bylo několik plodin monokultur se směsmi obilnina-obilnina, obilnina-leguminóza a obilnina-podzemnice olejná. Bylo zjištěno, že rostliny zařazené do těchto směsí měly zvýšenou tvorbu kořenevé hmoty. Měřena byla hloubka prokořenění, délka kořenů a jejich celkový objem. Z výsledků je patrné, že směsné pěstování těchto plodin má na tyto zmiňované parametry kladný vliv (Ehrmann & Ritz 2014).

Nespornou výhodou plodin pěstovaných ve směsi oproti monokulturám je při správném výběru komponent směsi synergické působení těchto komponent jak chemické, tak mechanické. Dalším kladným hlediskem je zvýšení mikrobiální aktivity v půdě. Toto navýšení mikrobiální aktivity je způsobeno ovlivněním celkového poměru C : N. Díky druhovému složení směsi je tento poměr ovlivněn jak u nadzemní biomasy, tak u podzemní biomasy. Optimalizací tohoto poměru je následně zajištěna vhodná potrava pro půdní mikroorganismy (Brant et al. 2017).

Pro stanovení objemu vyprodukované podzemní biomasy je v praxi nejlépe využitelná metoda určení poměru nadzemní a podzemní biomasy dané plodiny. Je nutné dodat, že pro plodiny pěstované ve směsi je tento poměr rozdílný od plodin pěstovaných v monokulturách. Tedy pro určení tohoto poměru je nutné použít poměr vytvořený pro dané plodiny pěstované ve směsi. Je důležité se zaměřit i na ostatní komponenty směsi při určování tohoto poměru. Nejužší poměr mezi takto pěstovanými plodinami ve směsi byl určen u rostlin z čeledi lipnicovité a bobovité. Oproti tomu nejširší poměr byl zjištěn u svazanky vratičolisté a lničky seté. Dynamika růstu podzemní biomasy včetně typu a tvaru kořenového systému je hlavním hlediskem při zařazování plodin do směsi (Brant et al. 2017)

3.6.2 Alelopatie

Alelopatie je chemická interakce mezi živými organismy v ekosystému, tato interakce musí být zvážena při výběru hlavní a pomocné plodiny při pěstování ve směsi. Výzkum alelopatických chemikálií je v současné době zaměřen nejen na interakci mezi plodinami pěstovanými ve směsi, ale především na tvorbu nových herbicidů vytvořených právě z těchto alelochemikálií. Velký význam ve výzkumu alelopatie je také zaměřen na boj proti parazitickým plevelným rostlinám. U parazitických rostlin pískavice (*Trigonella foenum-graecum* L.) a zárazy vroubené (*Orobanche crenata* L.), které infikují leguminózy a obiloviny v Evropě, Asii a Severní Americe byl za posledních 13 let proveden výzkum kvůli jejich

devastujícímu efektu na zmiňované plodiny. Díky tomuto výzkumu byl rozklíčován životní cyklus těchto rostlin, které jsou schopny vyklíčit pouze v přítomnosti rostlin, které jsou vhodné jako hostitel. Rozpoznání přítomnosti těchto vhodných hostitelských rostlin je na základě velice malého množství alelopatických chemikálií v půdě. Díky tomuto výzkumu byly vynalezeny metody zamezení šíření těchto parazitických rostlin. Klíčovou metodou je tzv. sebevražedné klíčení. Tato metoda spočívá v aplikaci klíčícího stimulantu do půdy před založením porostu. Parazitické rostliny vyklíčí, nicméně nejsou schopny bez hostitele přežít a odumírají (Macías et al. 2019).

Další metodou kontroly plevelných rostlin je inhibice klíčení použitím rostlin, které exudují do půdy alelochmikalie schopné snížit klíčivost těchto plevelů. Za tímto účelem byla zkoumána pískavice (*Trigonella foenum-graecum* L.), z této rostliny byl izolován monosubstituovaný trioxazanon s názvem trigoxazanon. Tato látka dokáže inhibovat klíčivost 50 % semen zárazy vroubené (*Orobancha crenata* L.). Z těchto pokusů vyplývá, že výzkum alelopatie má silný potenciál v hledání nových alelopatických látek, které mohou sloužit jako základ pro vyvinutí nových pesticidů a být tak základem ekologického managementu plevelných společenstev. Tento výzkum je velice náročný z hlediska finančního, časového, a především kvůli komplexnosti přeměn alelopatických látek v půdě, nicméně má zásadní roli v udržitelném zemědělství a také může být odpovědí na otázku rezistence plevelných společenstev proti klasickým herbicidům (Macías et al. 2019).

Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) má silný potenciál v kontrole škůdců, chorob a plevelů právě díky svým alelopatickým schopnostem. Tento potenciál se dá využít jak u klíčící pšenice seté, tak u rozkládajících se jejích rostlinných zbytků. Odrůdy pšenice seté se liší v alelopatickém působení na ostatní organismy, toto rozdílné působení by mohlo být základem integrované ochrany této plodiny. Alelopatie této plodiny zdaleka nepůsobí pouze příznivě, v zemědělských systémech alelopatie jednotlivých odrůd pšenice nese i svá rizika. Jsou prokázány případy, kdy alelopatická rezidua pšenice seté potlačují růst rýže, ječmene a žita. Dokonce některé odrůdy pšenice působí silně alelopaticky na sóju, kukuřici, a některé druhy hrachu. V dnešních zemědělských systémech je snaha o využívání alelopatie pšenice seté v kontrole škůdců, chorob a plevelů. Díky moderním genetickým technologiím jsou šlechtitelé schopni určit, které odrůdy vykazují určité chtěné, či nechtěné alelopatické látky a dle těchto informací nadále upravit šlechtitelský program (Wu et al. 2006).

3.6.3 Interakce nadzemní biomasy plodin pěstovaných ve směsi

U nadzemní biomasy je hlavním rozlišujícím faktorem sloužícím k zařazení plodin do směsi přímá konkurence těchto plodin v čase. Tento faktor je dán schopností rostliny konkurovat ostatním organismům v daném prostoru, kdy zásadní vliv hraje zastínění ostatních rostlin. Při zastínění rostlin nežádoucích v porostu je tato konkurenční schopnost brána jako kladná, ovšem může snadno dojít k nežádoucím vlivům na ostatní komponenty směsi. Z těchto důvodů je velice důležité vybrat správné komponenty, přičemž je zapotřebí sledovat růstovou dynamiku za celé vegetační období. Tento výběr je důležitý kvůli tomu, aby nedocházelo

k negativnímu ovlivnění hlavních plodin ve směsi plodinami pomocnými. Důležitá je především klíčivost a počáteční růst těchto plodin, neboť by se na začátku vegetace mohlo snadno stát, že pomocná plodina dostane náskok nad plodinou hlavní a bude jí konkurovat v souboji o základní vegetační faktory (Brant et al. 2019c).

Při zastínění rostlin dochází k rozdílné tvorbě fytomasy, než při přístupu slunečního záření. Při různých výškách plodin použitých ve směsi je o to víc nutné dodržet a nejlépe snížit spon takto pěstovaných plodin kvůli omezení konkurenčních projevů těchto plodin vůči sobě. Rostliny, u nichž se vyskytuje vlivem nedostatečného přísunu denního světla etiolizační efekt, mají povětšinou křehčí stonky vlivem zvýšeného prodlužovacího růstu. Tento efekt se dá využít při plánovaném mechanickém odstranění zastíněné plodiny. Dle pokusu, při němž byl sledován vliv zastínění na směsný porost podzemnice olejné s kukuřicí, vyplývají výrazné rozdíly mezi podzemnicí pěstovanou společně s kukuřicí a podzemnicí pěstovanou jako monokulturu. V tomto pokusu se v závislosti na použitých odrůdách kukuřice pohybovalo množství denního světla nad porostem podzemnice olejné v rozmezí od 72 % do 53 %. Bylo zjištěno, že zastínění ovlivní růst hlavního stonku podzemnice olejné. Délka tohoto stonku byla v kontrolní monokultuře 51,4 cm, oproti tomu ve směsné kultuře dosahovala délka tohoto stonku 63,9 cm. Následkem etiolizačního efektu došlo k redukci počtu lusků na podzemnici olejné. Tyto změny vedoucí k prodloužení hlavního stonku podzemnice olejné a následné redukce lusků jsou odrazem adaptace této plodiny na stres způsobený nedostatkem světelného záření (Adjahossou et al. 2008).

Další interakcí plodin pěstovaných souběžně ve směsi je efekt zastínění povrchu půdy pomocí odumřelé fytomasy rostliny. Tento efekt může mít vliv jak zastíněním vzcházejících plevelů, tak vytvoření neprostupné vrstvy, kterou klíčící plevele nejsou schopny překonat. Z hlediska ověřování technologií pěstování pomocných plodin souběžně s plodinou hlavní je nutné se zaměřit především na výši výsevu pomocné plodiny (Brant et al. 2019b).

3.7 Pěstování pšenice seté a její využití pro směsné pěstování

Pšenice setá je v ČR nejrozšířenější obilninou, díky její vysoké přizpůsobivosti a širokému zastoupení odrůd s rozdílnými nároky na stanoviště, výživu i ochranu je tato plodina úspěšně pěstována v našich nejúrodnějších řepářských výrobních oblastech, ale také na méně úrodných lokacích, zde však vyžaduje kvalitní agrotechniku a intenzivní výživu. V ČR převažuje pěstování ozimé formy této plodiny, jelikož poskytuje stabilní a vysoké výnosy kvalitativně dobrého zrna. Nejlepší kvalitativní parametry jsou dosahovány v teplejších oblastech (Vaněk et al. 2016). Jako obilniny se pěstovaly různé druhy pšenice, vesměs z pohoří Přední a Střední Asie. Dnes se po celé zemi nejvíce pěstuje právě pšenice setá jako potravina i krmivo. Dříve se hojně pěstovaly i ostatní druhy pšenic, nejvíce špalda (*Triticum spelta* L.), pšenice jednozrnka (*Triticum monococcum* L.), pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccon* L.) a pšenice shloučená (*Triticum compactum* L.). V teplejších krajích se u nás občasně pěstuje i pšenice tvrdá (*Triticum durum* L.) (Novák & Skalický 2012).

Pro zařazení pšenice seté do smíšeného pěstování společně s leguminózami je nutné dobře zvládat její nároky na výživu, ochranu a dbát jejích fyziologických parametrů. Výška tohoto taxonu se pohybuje v rozmezí od 40 cm do 150 cm, tato výška je relevantní pro oblast České republiky. Hodnoty se vztahují k plně vyvinutým rostlinám, přičemž první nižší hodnota značí minimum, tedy běžnou dolní hranici a druhá hodnota značí maximum, tedy horní výškovou hranici plně vyvinuté rostliny. Životní forma pšenice seté klasifikována dle Raunkiaerova systému je terofyt. Terofyty jsou jednoleté nebo ozimé byliny bez obnovovacích orgánů, které přežívají nepříznivá období pouze v semenech klíčících na podzim, v zimě nebo na jaře (Kaplan et al. 2019). Růstová forma je jednoletá bylina, tedy žije typicky jen jednu sezonu, během níž se pohlavně rozmnožuje (Klimešová et al. 2017).

Doba kvetení v podmínkách České republiky je červen a červenec, barva květu je zelená. Květní obaly jsou redukované stejně jako okvěti. Typ květenství je klas klásků. Diklinie, tedy způsob oddělení samčích a samičích generativních orgánů, je syneická. Syneické rostliny mají pouze oboupohlavné květy. Způsob rozmnožování je fakultativní autogamie, tedy převažuje samosprašení s občasným cizosprašením. Způsob opylení je autogamie (samoopylení) se speciální formou pseudokleistogamie, tedy samoopylení v květech, které se neotevrou kvůli nepříznivým podmínkám prostředí. Typ plodu je suchý plod – obilka, barva plodu je hnědá. Rozmnožuje se výhradně semeny (Durka 2002).

Příjem živin pšenicí ozimou je značně závislý na půdních a povětrnostních podmínkách, intenzitě růstu, dosaženém výnosu a pěstované odrůdě. Dle středních odběrů živin potřebuje pšenice ozimá na jednu tunu zrna 25 kg N, 5 kg P, 20 kg K, 4 kg Ca a 2 kg Mg. Tyto odběrové normativy jsou uváděny v čistých živinách, problémem může být u počítání bilance živin uvádění, především výrobcí hnojiv, živin v jejich oxidových formách. Tyto hodnoty se musí nadále převést na čisté živiny. U těchto odběrů také záleží na pěstované odrůdě, jelikož se tyto odrůdy mohou od sebe výrazně lišit v potřebě živin nebo v jejich využití. Při opakovaném pěstování pšenice na jedné lokaci dochází k úbytku fosforu a dusíku z půdy. Toto je způsobeno vysokým obsahem těchto živin v obilce, která bývá ve valné většině porostů sklizena a odvážena z pole. Sláma, která v některých systémech hospodaření zůstává na poli obsahuje vyšší zastoupení draslíku a vápníku, tedy tyto živiny jsou navraceny zpět do půdy. Kvalita takto získaných organických látek není vysoká a při zaorávce slámy je potřeba počítat s přihnojením dusíkatými hnojivy k napravení poměru C : N (Vaněk et al. 2016).

Kvůli vysoce frekventovanému zařazování pšenice do osevních sledů dochází k situacím, kdy se pěstuje pšenice po pšenici. Navíc po sklizni této plodiny zůstávají ve většině konvenčních systémů zpracování půdy rostlinné zbytky na povrchu půdy. Tato situace nahrává škůdcům a chorobám, které mohou přežívat na poli téměř celoročně. Z těchto důvodů je ochrana pšenice proti chorobám, škůdcům a plevelům velice náročnou disciplínou, která s ubývajícím spektrem účinných látek potřebných k ochraně nabývá ještě větší důležitosti (Kazda et al. 2010). Pšenice ozimá zásadně ovlivňuje biodiverzitu plodin a zastoupení plevelných společenstev na orné půdě. Při dodržení správných zásad ochrany proti plevelům je pěstování této plodiny nenáročné a vcelku levné, naopak při zanedbání účinné regulace plevelů

může pšenice ozimá být zdrojem zaplevelení i pro následně pěstované plodiny. V současné době musíme počítat s přemnožením určitých druhů plevelů, z nichž se u některých setkáváme s rezistencí proti některým herbicidním látkám. Toto nadměrné pěstování pšenice v osevních postupech ovlivňuje i biologické vlastnosti plevelných společenstev. Jedním z hlavních problémů regulace plevelů v obilninách je nedostatečný osevní postup, a především vymizení víceletých píceň, které sloužily jako velice kvalitní přerušovač obilných sledů (Kohout 1997).

V současném trendu zvyšujícího se zaplevelení této plodiny je nutné udržet především vysokou kvalitu zpracování a přípravy půdy i setí. Pouze dobře založený a vyrovnaný porost pšenice ozimé s dostatečnými zdroji živin je schopný konkurovat dnešním specializovaným plevelům přizpůsobeným právě k této plodině. Regulaci plevelů v pšenici ozimé je nutno přizpůsobit osevním postupům, půdně-klimatickým podmínkám, zpracování půdy a plevelům vyskytujícím se v lokalitě. Použití herbicidů k omezení plevelných společenstev je pouze součástí managementu regulace plevelů (Kazda et al. 2010). V úvahu je nutné brát zastoupení plevelů v pšenici seté ve vztahu k následným plodinám. Jsou totiž skupiny plevelů, u kterých je regulace v následujících plodinách problematická a musí se tedy provést již v porostu pšenice seté, i když není dosaženo práh škodlivosti. Příkladem mohou být violky v řepce ozimé, pcháč v bramborách, či slunečnici. Při regulaci plevelů v porostu pšenice seté je zapotřebí brát v úvahu následující: herbicidní ochrana v pšenici je obvykle levnější oproti ostatním plodinám, nesprávné použití některých účinných látek může mít negativní vliv na následující plodinu, pšenice má poměrně vysokou konkurenční schopnost, díky čemuž je schopna částečně regulovat růst plevelů. Z těchto poznatků vyplývá, že regulace plevelů v pšenici seté má zásadní význam pro regulaci plevelů celého osevního sledu. V pšenici ozimé se uplatňují především ozimé, či efemérní plevele. Nejběžnějšími zástupci těchto plevelů jsou v současné době především rozrazil, hluchavky, chundelka metlice, ptačinec prostřední, violky, kokoška pastuší tobolka, peníze rolní a mák vlčí. Mezi druhy, které se v pšenici ozimé šíří expanzivně lze zařadit zemědělský, sverep jalový a kakost maličký. V porostech ozimé pšenice může také být výrazným problémem výdrol řepky ozimé jako zaplevelující plodiny. V jarním období mohou být slabší porosty pšenice ozimé zaplevelovány časnými jarními plevelnými druhy rostlin jako například: konopice polní, merlík bílý, opletka obecná a oves hluchý. Pozdní jarní plevele již nebývají problémem díky vysoké konkurenceschopnosti pšenice ozimé v tomto období. Z vytrvalých plevelů se v porostech pšenice ozimé může vyskytovat pýr plazivý a pcháč rolní, případně když je porost pšenice založen po víceleté pícnině, může se objevit pelyněk černobýl, pampeliška a šťovíky. Regulace plevelů v pšenici ozimé je oproti pšenici jarní složitější disciplínou. Tento rozdíl je především kvůli přerušování růstu a vývoje u pšenice ozimé v době zimního vegetačního klidu, při kterém může dojít ke ztrátě listové plochy či prořídnutí porostu. V takto uvolněných plochách následně mohou vzcházet plevele, dalším náskokem plevelů je jejich schopnost vegetace na podzim a během mírných zim (Soukup et al. 2018).

Choroby pšenice seté způsobují velké hospodářské škody. Rozsah těchto škod je závislý na průběhu počasí, výskytu daných patogenů a osevním postupu. Bohužel, stále převládá v mnoha zemědělských podnicích České republiky chemická ochrana proti chorobám prováděná podle šablon, nikoliv podle aktuální situace na pozemku (Kazda et al. 2010).

Aplikace fungicidního ošetření pšenice ozimé podle schématu 1-3 ošetření se řídí dle data a růstové fáze pšenice, nikoliv dle aktuálního výskytu chorob. Tato metoda zbytečně zatěžuje životní prostředí pesticidy, především u této metody chybí srovnání s aplikací fungicidů dvakrát nebo třikrát během sloupkování a později s jedním ošetřením. Pokud se aplikují fungicidy během sloupkování, pak se jejich účinnost překrývá se stadijní odolností a v některých případech může být hodnocena jako zbytečná. Fungicidní ochrana má podstatný význam v době po vymetání, kdy stadijní odolnost mizí v důsledku stárnutí horních listů. Aplikace fungicidů do porostů pšenice ozimé dle předem určených schémat jsou neefektivní, především kvůli proměnlivosti počasí. Počasí výrazně ovlivňuje průběh vegetace a výskyt chorob v dané lokaci. Dalším hlediskem je výskyt chorob mimo aplikační okna. Padlí travní a rez plevová je vázána na nízký redoxní potenciál a může se objevit v porostech i na horních listech již na začátku metání. Z těchto důvodů je zapotřebí porosty neustále monitorovat a fungicidní ochranu provádět především dle aktuální potřeby (Benada 2016).

3.7.1 Pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s leguminózou

Pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s leguminózou může zlepšit soběstačnost v potřebě dusíku a zásobení touto živinou. Tento výživový potenciál pěstování pšenice ozimé společně s leguminózou může snížit náklady vynaložené na výživu dusíkatými hnojivy. V pokusu zaměřeném na udržitelné hospodaření dusíkatými hnojivy za pomoci směsného pěstování pšenice seté společně s leguminózami se zjišťoval vliv různých pěstebních metod a různé dusíkaté výživy na porost pšenice ozimé. V tomto pokusu, který probíhal ve středomořském prostředí se studenými zimami, bylo porovnáváno čtrnáct variant pěstování po dobu tří let. Tyto varianty byly pěstovány podle různých vzorů hospodaření, schéma pokusu bylo následující: (A) kontrolní monokulturní porosty pšenice ozimé pěstované při použití 0, 40, 80, 120 a 160 kg N/; (B) kontrolní monokulturní porosty hrachu, jetele kostrbatého a fazole; (C) dočasné pěstování hrachu, jetele nebo fazole ve směsných porostech s pšenicí ozimou; (D) trvalé pěstování hrachu, jetele nebo fazole ve směsných porostech s pšenicí ozimou. Při dočasném směsném pěstování leguminóz v pšenici ozimé byla ve všech variantách pokusů vyšší dostupnost dusíku pro pšenici ozimou. Tento přínos byl konstantní v průběhu celého sledovaného období několika let, přičemž kompetice těchto leguminóz neměla negativní vliv na hlavní plodinu. Z pokusu vyplývá, že čím vyšší je konkurenceschopnost leguminóz, tím vyšší je přínos dusíku pro hlavní plodinu po ukončení vegetace leguminózy. Dle tohoto výzkumu je klíčovým faktorem pro pěstování leguminóz ve směsi s pšenicí ozimou datum ukončení vegetace leguminózy ve směsi, aby byl přínos dusíku co nejvyšší, ale aby nedocházelo k přílišné kompetici mezi těmito plodinami. Při trvalém pěstování leguminóz souběžně s pšenicí ozimou není možnost cíleného ukončení porostu. Díky tomu dochází k přílišné kompetici k pšenici ozimé s následným negativním dopadem na kvalitativní i kvantitativní parametry hlavní plodiny (Guiducci et al. 2018).

Díky současnému vývoji secích strojů schopných výsevu dvou a více plodin najednou, a také díky možnosti efektivního pěstování pšenice ozimé na širší rozpětí řádků nabývá metoda směsného pěstování pomocných plodin společně s pšenicí ozimou na významu. Pro souběžné

pěstování pšenice seté společně s leguminózou je klíčový podzimní výsev. Využívá se podzimního nárůstu fytomasy leguminóz a následného umrtvení této pomocné plodiny mrazem bez použití herbicidů nebo jiných metod. Díky umrtvení pomocné plodiny mrazem jsou nižší finanční vstupy při souběžném pěstování a také se šetří životní prostředí díky nižší uhlíkové stopě a nižšímu využívání herbicidů. U pšenice jarní se nedosahuje tak dobrých výsledků jako u ozimé varianty kvůli jiné dynamice růstu v jarním období oproti podzimní variantě. Pšenice jarní má po zasetí rychlou dynamiku růstu a ve směsné kultuře má roli krycí plodiny pro porosty víceletých pícnin. Pro pšenici ozimou se nejčastěji jako pomocné plodiny zařazují do směsi luskoviny, a to jejich ozimé i jarní formy. Ideálními luskovinami jsou z jarních forem hrách setý a rolní, lupiny a bob obecný. Z ozimých forem je to hrách setý a rolní. Do směsného pěstování s pšenicí ozimou nebyly zařazeny vikve kvůli různé dynamice růstu. Dalšími druhy zařazovanými do směsi s pšenicí ozimou jsou například hořčice bílá a ředkev olejná (Brant et al. 2019a).

3.8 Pomocné plodiny pro směsné pěstování s pšenicí ozimou

Jako pomocné plodiny se počítají ty plodiny, které pozitivně ovlivňují růst hlavní plodiny. Tento účinek na hlavní plodinu může být přímý i nepřímý. Pomocné plodiny můžeme rozlišit dle dynamiky růstu na stanovišti následně:

- vysetí pomocné plodiny v druhé polovině vegetace plodiny hlavní, přičemž se využívá vzájemného synergického účinku obou plodin
- souběžné založení obou komponent směsi, vegetace pomocné plodiny je cíleně ukončena chemicky či mechanicky, nebo vymrznutím jarní formy pomocné plodiny, vyseté spolu s ozimou formou hlavní plodiny na podzim
- souběžné založení obou komponent směsi, zde obě plodiny slouží jako zdroj produkce
- založení hlavní plodiny do umrtveného porostu vedlejší plodiny, pomocná plodina postupně odumírá vlivem chemického či mechanického umrtvení

Primárním hlediskem při vytváření směsky hraje působení a vnímání rostlin všech druhů směsky navzájem, přičemž tato vzájemná interakce musí být brána v potaz jak v době jejich souběžného růstu a k růstovým fázím, tak po přirozeném či cíleném ukončení vegetace. Odumřelá fytomasa rostlin opět ovlivňuje přímo i nepřímo okolní rostliny, půdu a mikroklima (Brant et al. 2018).

3.8.1 Hrách jako pomocná plodina pro pšenici setou

Na základě experimentální sítě, kterou ve své práci popisuje Pelzer et al. (2012), bylo zjištěno, že výnosy hrachu společně s pšenicí ozimou ve směsi dosahovaly vyšších výnosů oproti monokulturám. Při těchto pokusech byly varianty s různými hladinami dodávaných minerálních dusíkatých hnojiv, přičemž v každé této variantě byly vyšší výnosy při směsném

pěstování oproti monokulturám. Z pokusů vyplývá, že pšenice pěstovaná metodou intercroppingu ve srovnání s konvenční metodou pěstování vyžaduje méně než polovinu dusíku na tunu zrna dodaného v minerálních hnojivech.

Dle statistické analýzy založené na Priceově rovnici bylo směsné pěstování těchto plodin účinnější než konvenční pěstování, a to zejména při nízkých dávkách dodávaného dusíku. Množství odhadované energie spotřebované na tunu sklizených zrn bylo u konvenčně obhospodařované pšenice dvakrát až třikrát vyšší než při využití směsného pěstování společně s hrachem, a to u hnojených či nehnojených variant pokusů. Důležitým aspektem u směsného pěstování bylo udržování koncentrace bílkovin pšeničného zrna a zvýšení produkce pšeničného zrna oproti monokulturnímu pěstování. U hrachu pěstovaného pomocí metody intercroppingu s pšenicí ozimou se zvýšila fixace vzdušného dusíku a celková akumulace dusíku v této plodině oproti hrachu pěstovanému monokulturně. Směsné pěstování těchto plodin také vedlo k snížení celkové potřeby využívání pesticidů a minerálních hnojiv oproti klasickému konvenčnímu pěstování. Výsledky těchto pokusů jsou slibným ověřením toho, jak se dají konvenční plodiny pěstovat způsobem, který je ekonomický, a především šetrný k životnímu prostředí (Pelzer et al. 2012).

Na ověření technologie směsného pěstování hrachu setého a rolního společně s pšenicí ozimou jako hlavní plodinou se zaměřil také Brant et al. (2018). V rámci jeho pokusů byl ověřován vliv jarní i ozimé formy hrachu rolního a setého na pšenici ozimou jako hlavní plodinu. Pokusy byly založeny secím strojem Falcon od firmy Farnet, tento stroj obsahuje dva zásobníky na osivo a je schopen vysévat dvě plodiny ob řádek, přičemž rozteč řádků je 125 mm. Z těchto důvodů byly porosty ozimé pšenice založeny na rozteč řádků 250 mm, díky tomu byly na většině pokusných ploch sníženy výsevky pšenice ozimé, což mělo výrazný vliv na ekonomiku pěstování. Takto založené pokusné porosty nebyly na podzim hnojeny, na jaře byla dána dávka 55 kg N/ha hnojivem LAV. Toto byla celková dávka přidaného dusíku. Regulace přezimujícího hrachu byla provedena přípravkem Starane Forte (0,33 l/ha) a Biplay SX (40 g/ha). Ošetření porostů proti škůdcům, plevelům a chorobám probíhalo dle standardních postupů. Výnos zrna pšenice při směsném pěstování s hrachem byl v pokusech podobný, ale i vyšší než v monokulturně pěstované pšenici ozimé. Důležitým hlediskem je také to, že díky úspoře osiva pšenice při zakládání porostů na 250 mm nebyly překročeny náklady při směsném pěstování oproti konvenci, jelikož maximální výsevek hrachu nepřekročil 140 kg/ha. Z výsledků těchto pokusů vyplývá, že při využití ozimých forem hrachu, které se musí chemicky v porostu ukončit je lepší využívat hrachy, které v jarním období tvoří biomasu. Při porovnání hrachu setého s hrachem rolním se jeví jako lepší právě hrách rolní díky vyšším hodnotám dynamiky růstu a menší velikosti semen kvůli hloubce uložení tohoto osiva. Herbicidní ukončení vegetace hrachu v pšenici ozimé je velice dobře zvládnutelné, důležitým aspektem tohoto směsného pěstování je kvalitní založení obou porostů vzhledem k horší vzházivosti hrachu (Brant et al. 2018).

3.8.2 Bob obecný jako pomocná plodina pro pšenici setou

V polních pokusech, které zkoumal Gooding et al. (2007) byla ověřena technologie směsného setí bobu obecného společně s pšenicí ozimou. Tyto pokusy probíhaly v letech 2002 až 2005 na území Německa, Dánska, Itálie a Velké Británie. V těchto pokusech se především sledoval obsah a přeměny dusíku a také fosforu vzhledem k pšenici ozimé. Z těchto pokusů bylo zjištěno, že obsah dusíku v obilném zrně byl zvýšen bez ohledu na lokaci nebo designu pokusu. Obsah síry v pšenici byl také zvýšen, ale již méně než u dusíku a také ne ve všech variantách. Obsah dusíku v pšenici při směsném pěstování společně s bobem byl navýšen o 8 % ve všech variantách pokusů, nicméně obsah síry pouze o 4 %. Při srovnání všech variant pokusů docházelo ve všech variantách k navýšení obsahu hrubého proteinu o 10 g/kg. Toto navýšení hrubého proteinu bylo bohužel spojeno s redukcí výnosu pšenice ozimé od 25–30 %, tato redukce je vysvětlována účinky směsného setí společně s bobem obecným. Z těchto pokusů byl vyvozen závěr, že přínos intercroppingu za použití bobu obecného a pšenice seté je především při prodeji pšenice na pekárenské účely. To z důvodů zvýšení koncentrace bílkovin v pšeničném zrně. Další podmínkou přínosu této technologie je uvedení bobu obecného na trh jako komoditu (Gooding et al. 2007).

Dle Agegnehu et al. (2008) smysl směsného pěstování bobu obecného společně s pšenicí leží také ve zvýšení produkční plochy, schopné produkovat potraviny zejména v zemědělských systémech s omezenou zemědělskou plochou. V pokusech, které se konaly v zemědělském výzkumném středisku Holetta v centrální vysočině Etiopie zkoumá navýšení produkční plochy schopné produkovat potravu. Tyto dvouleté pokusy byly zakládány s výsevky 175 kg/ha až 200 kg/ha pšenice seté s příměsí bobu obecného od 12,5 % do 62,5 %. Z výsledků vyplývá, že využití metody intercroppingu zvýší o 3 % až 22 % rozlohu užitné půdy. Zvýšení obsahu bobu ve směsi mělo negativní vliv na výnos pšenice, nicméně mělo zásadní vliv na zvýšení produkce bobu. Z pokusu vyplývá, že směsné pěstování těchto plodin může zvýšit celkový výnos a příjmy z obou těchto plodin, snížit tlak plevelů a chorob a zvýšit účinnost využívání půdy (Agegnehu et al. 2008).

3.8.3 Jetel jako pomocná plodina pro pšenici setou

Při směsném pěstování s pšenicí setou se snižují nároky na aplikaci minerálních hnojiv a aplikaci pesticidů (Houba et al. 2009). Cílem studie, kterou prováděl Vrignon-Brenas et al. (2018), bylo vyhodnocení využívání jetele jako pomocné plodiny pro pšenici ozimou. V této studii se prověřovala metoda založení porostu jetele souběžně s pšenicí ozimou a metoda přisetí jetele do porostu pšenice ozimé v jarním období. Tato studie byla vyhotovena na základě tří polních pokusů, v nichž se využíval jetel jako pomocná plodina pro pšenici ozimou s různým založením těchto porostů. V prvním případě byl založen porost pšenice ozimé souběžně s jetelem, v druhém případě byl jetel přisetý během měsíce března do již založeného porostu pšenice ozimé. Také byl založen kontrolní porost pšenice ozimé bez vlivu leguminóz. Tyto pokusy byly vedeny s různými přísunými minerálních dusíkatých hnojiv, přičemž bylo aplikováno

v regeneračním hnojení 0–100 kg N/ha. Sledován zde byl výnos pšenice ozimé, obsah bílkovin v zrna pšenice, nepřímé vlivy na růst pšenice (hubení plevelů, omezení tlaku škůdců) a suchá hmota výhonků jetele. Z těchto polních pokusů vyplývá, že výnos zrna pšenice ozimé nebyl ovlivněn využitím jetele v obou variantách intercroppingu. Obsah bílkovin byl při souběžném založení obou plodin významně nižší oproti kontrolní variantě, nebo variantě s přisetím jetele do vzešlého porostu pšenice. Při porovnání obou metod intercroppingu s využitím jetele byl vyšší obsah N v biomase jetele při souběžném vysetí této plodiny s pšenicí ozimou. Potlačení plevelných společenstev bylo dosaženo v obou metodách intercroppingu s využitím jetele, přičemž vyšší úroveň potlačení plevelů byla u metody souběžného založení hlavní i pomocné plodiny. Z těchto výsledků vyplývá, že souběžné vysetí jetele s pšenicí ozimou poskytuje dřívější a lepší potlačení plevelných společenstev a vyšší akumulaci dusíku ve výhoncích jetele. Tato metoda však může přímo narušit výnos pšenice ozimé a obsah bílkovin v zrna pšenice kvůli přílišné konkurenci, která se o to více projevuje na písčítých půdách, kde je konkurence o vodu a dusík vyšší. Tyto negativní vlivy může odstranit jarní aplikace dusíkatých hnojiv, přičemž jako první díky vyšší osvojovací schopnosti využije tento dusík pšenice ozimá. Proto je důležité mít do doby přihnojení dobře zapojený a vzešlý porost jetele, aby nedošlo k jeho přílišnému potlačení pšenicí ozimou. Dusík dodaný při regeneračním hnojení dokáže zvýšit výnos i obsah bílkovin pšenice ozimé při použití metod intercroppingu (Vrignon-Brenas et al. 2018).

3.8.4 Kvalita pšenice pěstované ve směsné kultuře s leguminózou

Při pěstování pšenice seté dochází ke snižování kvalitativních parametrů zrna pšenice především kvůli omezené dostupnosti dusíku v půdě. Tento problém může být částečně vyřešen metodou směsného pěstování pšenice seté společně s leguminózami. Tato metoda má větší význam v systémech s nízkými vstupy dusíkatých hnojiv, například v systémech ekologické produkce plodin. Z důvodu ověření vlivu metody intercroppingu na kvalitativní a kvantitativní parametry pšenice seté vyhodnotil Kamalongo & Cannon (2020) dvouleté pokusy zaměřené na výnos a koncentraci surových bílkovin pšenice jarní za použití směsného pěstování s fazolemi. Z těchto pokusů bylo zjištěno, že pšenice založená v monokultuře dosahovala vyšších výnosů zrna než pšenice pěstovaná ve směsi s fazolemi, nicméně obsah hrubého proteinu byl v obou letech pokusu vyšší za použití metod intercroppingu. Ve všech variantách pokusu při směsném pěstování obou plodin byl vyšší obsah hrubých bílkovin, a to v průměru o 17 %. Index koncentrace chlorofylu v pšenici byl při směsném pěstování 2,2krát vyšší oproti pěstování pšenice v monokultuře. Při využití metod intercroppingu se také využila účinnost využití dusíku. V jednom roce pokusu bylo dokonce využití dusíku pšenicí o 50,7 % vyšší oproti pšenici pěstované v monokultuře. Z tohoto pokusu vyplývá, že využití směsného pěstování pšenice společně s fazolemi může zlepšit využití dusíku pšenicí a nutriční kvalitu pšenice ve srovnání s monokulturním pěstováním této plodiny (Kamalongo & Cannon 2020).

Dle Vrignon-Brenas et al. (2018), jenž porovnával metody založení porostu pšenice ozimé s jetelem, metodou souběžného výsevu, nebo přisetím na jaře může docházet ke snížení výnosu pšenice a obsahu bílkovin v zrna pšenice. Tento stav je způsoben především konkurencí

vedlejší plodiny k plodině hlavní. Negativní vliv konkurence vedlejší plodiny k plodině hlavní se dle těchto pokusů projevuje především na písčitéch půdách s nedostatkem vody a s menšími zásobami dusíku. Zároveň se této negativní konkurenci může předejít vstupem dusíkatých hnojiv nejlépe ve formě regeneračního hnojení (Vrignon-Brenas et al. 2018).

4 Metodika

Předmětem práce, jejímž cílem bylo ověření technologie pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s různými druhy leguminóz a posouzení vlivu použité leguminózy a způsobu založení porostu na produkční ukazatele a kvalitu hodnocených odrůd pšenice, byl přesný polní pokus se dvěma odrůdami pšenice ozimé pšenice a vybranými leguminózami. Pokus byl realizován v roce 2019/2020 na Výzkumné stanici Katedry agroekologie a rostlinné produkce ČZU v Praze-Uhřetěvesi. Součástí experimentální práce bylo:

- sledování a hodnocení stavu porostů v průběhu vegetace;
- hodnocení obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice během vegetace;
- zhodnocení základních produkčních parametrů pšenice a jejího výnosu;
- posklizňové hodnocení základních jakostních parametrů pšenice.

4.1 Půdně-klimatická charakteristika pokusného stanoviště

Výzkumná stanice KARP ČZU v Praze-Uhřetěvesi se nachází v nadmořské výšce 295 m n.m., s průměrnou roční teplotou 8,5 °C; nejvyšší průměrné teploty jsou dosahovány v červenci. Suma ročních srážek činí 575 mm, nejvyšších úhrnů srážek je dlouhodobě dosahováno v červnu a v červenci. Přehled měsíčních údajů o průměrných denních teplotách a úhrnech srážek v období září 2019 až srpen 2020 uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Průběh teplot a srážek v období září 2019 až srpen 2020 v Praze-Uhřetěvesi

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Úhrn	Dlouhodobý úhrn	Rozdíl
IX/2019	14,25	14,0	0,25	40,4	49,0	-8,6
X/2019	11,45	8,6	2,85	39,8	41,0	-1,2
XI/2019	6,11	3,2	2,91	37,7	34,0	3,7
XII/2019	3,01	-0,5	3,51	13,8	34,0	-20,2
I/2020	1,75	-2,1	3,85	12,8	28,0	-15,2
II/2020	5,51	-0,8	6,31	59,2	27,0	32,2
III/2020	4,33	3,4	0,93	63,0	31,0	32,0
IV/2020	9,93	8,2	1,73	12,8	46,0	-33,2
V/2020	12,31	13,4	-1,9	68,0	65,0	3,0
VI/2020	17,50	16,3	1,20	79,4	74,0	5,4
VII/2020	19,68	18,2	1,48	37,8	70,0	-32,2
VIII/2020	18,56	18,0	0,56	46,2	69,0	-22,8

Pokusné stanoviště Praha-Uhřetěves náleží do ŘVO. Půdním typem je hnědozem s poměrně dobrou vododržností; na základě klasifikace stupně Kopeckého patří tyto půdy do skupiny jílovitých hlín. Výsledky stanovení obsahu N_{min} v půdě na pokusné lokalitě jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Obsah Nmin v půdě (0–30 cm), odběr 26. 2. 2020

Vzorek	Faktor cca	Sušina %	NH4-N	NO3-N	N anorg.	NH4-N	NO3-N	N anorg.
			mg N/kg sušiny			kg N/ha		
Průměr parcel s leguminózou	3,9	79,22	0,85	6,00	6,85	3,30	23,41	26,71
Průměr parcel bez leguminózy	4,0	79,87	0,46	5,17	5,63	1,84	20,70	22,54

4.2 Přehled pokusných variant

Přesný maloparcelkový pokus byl založen ve dvou sousedících blocích. V prvním bloku byl realizován výsev směsi pšenice s vybranými leguminózami (pšenice s příslušnou leguminózou byla smíchána vždy před setím) do běžných úzkých řádků 12,5 cm; hloubka setí byla přizpůsobena pšenici a činila 4 cm. Ve druhém bloku byl pokus vyset ob řádek, přičemž nejprve byla vyseta pšenice do řádků 25 cm a vzápětí byly do prostoru meziřádků vysety leguminózy (hrách ozimý a jarní – hloubka setí 5 cm, bob obecný 6 cm, jetel nachový 2 cm). K výsevu pokusu byl použit běžný maloparcelkový secí stroj. Každá varianta pokusu měla čtyři opakování, velikost jedné pokusné parcely činila 12 m². Přehled pokusných variant je uveden v tabulce 3.

Předpokládali jsme, že jarní leguminózy (jarní hrách a bob obecný) během zimy 2019/2020 vymrznou, avšak vzhledem k mírné zimě tyto leguminózy nevymrzly. Ukončení vegetace ozimých i jarních leguminóz v rámci celého pokusu bylo provedeno herbicidním ošetřením 16. 4. 2020, na počátku sloupkování pšenice.

Tabulka 3: Přehled pokusných variant

Kombinace	Odrůda	Výsevek		Kombinace	Odrůda	Výsevek	
		MKS/ha	kg/ha			MKS/ha	kg/ha
Výsev ob řádek							
Pšenice + Hrách ozimý	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Hrách ozimý	Lorien	4,0	155
	Balltrap	0,5	95		Balltrap	0,5	95
Pšenice + Hrách jarní	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Hrách jarní	Lorien	4,0	155
	Avatar	0,5	133		Avatar	0,5	133
Pšenice + Bob obecný	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Bob obecný	Lorien	4,0	155
	Merkur	0,3	215		Merkur	0,3	215
Pšenice + Inkarnát	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Inkarnát	Lorien	4,0	155
	Kardinál	3,0	14		Kardinál	3,0	14
Pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	148	Pšenice – kontrola	Lorien	4,0	155
Výsev směsi							
Pšenice + Hrách ozimý	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Hrách ozimý	Lorien	4,0	155
	Balltrap	0,5	95		Balltrap	0,5	95
Pšenice + Hrách jarní	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Hrách jarní	Lorien	4,0	155
	Avatar	0,5	133		Avatar	0,5	133
Pšenice + Bob obecný	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Bob obecný	Lorien	4,0	155
	Merkur	0,3	215		Merkur	0,3	215
Pšenice + Inkarnát	Butterfly	4,0	148	Pšenice + Inkarnát	Lorien	4,0	155
	Kardinál	3,0	14		Kardinál	3,0	14
Pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	148	Pšenice – kontrola	Lorien	4,0	155

Použité odrůdy pšenice:

Butterfly: poloraná odrůda elitní pekařské jakosti (E); vyznačuje se výbornou mrazuvzdorností. Jedná se o odrůdu, která má střední vzrůst, je tolerantní i k pozdnímu termínu setí, vyznačuje se dobrým zdravotním stavem a vysokou odolností vůči rzi plevové. Dále je charakteristická vysokým obsahem N-látek a vysokými hodnotami Zelenyho testu. Udržovatel: Selgen, a.s.

Lorien: odrůda ze skupiny jakosti B. Má vysoký výnos především v KVO a ŘVO. Jedná se o osinatou pšenici, odolnou vůči poléhání. Rovněž dobře snáší i pozdní termíny setí. Vyznačuje se vysokým číslem poklesu, vysokým obsahem N-látek a dosahuje střední objemové hmotnosti. Udržovatel: Selgen, a.s.

4.3 Agrotechnika použitá v pokusu

Předplodina: řepka ozimá

Orba: 12. 9. 2019

Příprava půdy: 15.9. 2019 vibrační brány, 8. 10. 2019 kompaktor

Setí: 8. 10. 2019

Hnojení: 1. 3. 2020 – 40 kg N/ha v LAV

Herbicid: 16. 4. 2020 – Zypar, 1,0 l/ha

Fungicidní ani insekticidní ošetření nebylo provedeno

Sklizeň: 4. 8. 2020

4.4. Odběry nadzemní biomasy pšenice pro stanovení obsahu N v sušině nadzemní biomasy v průběhu vegetace

Během vegetace (2. 4. 2020 – 1. 7. 2020) byly prováděny v cca čtrnáctidenních intervalech z pokusných parcel odběry nadzemní biomasy náhodně vybraných rostlin pšenice; při počátečních odběrech (odnožování pšenice) cca 30 rostlin, v posledních fázích odběrů cca 15 rostlin. Odebraná nadzemní biomasa byla vysušena do konstantní hmotnosti a použita pro stanovení obsahu dusíku (v sušině nadzemní biomasy) – stanovení bylo provedeno metodou dle Kjeldahla v laboratoři FAPPZ.

4.4 Hodnocené vegetační charakteristiky a produkční ukazatele

V rámci hodnocení porostů v průběhu vegetace bylo provedeno hodnocení počtu rostlin pšenice i sledovaných leguminóz na m² po vzejití a po přezimování, dále byl sledován výskyt chorob pšenice, a to rzi plevové (v BBCH 37) a komplexu listových skvrnitostí (v BBCH 71) a výskyt škůdců – kohoutka modrého i černého (v BBCH 75) - s využitím bonitační stupnice 9–1 bodů, kde 9 bodů znamená porost zcela zdravý, 1 bod porost totálně napadený. Před herbicidním ošetřením (14. 4. 2020) byla hodnocena intenzita zaplevelení – bodová stupnice 9–1 bodů. Před sklizní pak byl hodnocen počet klasů pšenice na m², výška porostu pšenice a po sklizni výnos pšenice. Polehnutí porostu před sklizní se nevyskytovalo. Po sklizni byly odebrány vzorky zrna pšenice pro stanovení HTS a pro hodnocení kvalitativních znaků.

4.5 Hodnocení kvalitativních ukazatelů

Posklizňové jakostní hodnocení zrna pšenice, v rámci kterého byly stanoveny objemová hmotnost, obsah N-látek v sušině zrna, obsah mokrého lepku v sušině zrna, sedimentační index – Zelenyho test a číslo poklesu, probíhalo v laboratořích KARP na ČZU v Praze dle následujících metod:

- vlhkost šrotu (%) ČSN 56 0512-7
- objemová hmotnost (kg/hl) ČSN ISO 7971

- obsah N-látek (%) ČSN ISO 1871 – dle Kjeldahla, použit přístroj Kjeltec
- obsah mokrého lepku (%) ČSN ISO 5531 – ke stanovení použit přístroj Glutomatic 2200
- sedimentační index – Zelenyho test (ml) – ČSN ISO 5529 (použit speciální mlýnek na mouku pro Zelenyho test a přístroj Seditester)
- číslo poklesu (s) ČSN ISO 3093 – ke stanovení byl použit přístroj Falling Number 1400

4.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny analýzou variance (ANOVA); rozdíly mezi průměry variant s leguminózami, způsobů setí a odrůd pšenice byly vyhodnoceny testem dle Tukeye na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v programu SAS, verze 9.4.

5 Výsledky

5.1 Hodnocení porostů v průběhu vegetace, vybrané vegetační charakteristiky a produkční ukazatele

V tabulkách 4 a 5 je uveden stručný přehled hodnocení pokusů v průběhu vegetace. Kvůli pandemii koronaviru byla v průběhu předjarního a jarního období 2020 uzavřena budova výzkumné stanice v Praze-Uhřetěvsi. Hodnocení pokusů v průběhu vegetace proto zahrnovalo zejména hodnocení a sledování, realizovatelné přímo na pokusném pozemku.

Porosty vzešly rovnoměrně a díky příznivým podmínkám v průběhu klíčení a vzházení i poměrně rychle. Způsob výsevu (ob řádek, směs) ani přítomnost leguminóz se na počtu rostlin ozimé pšenice na m^2 po vzejití výrazněji neprojeví; v případě výsevu směsi byl počet rostlin pšenice na m^2 po vzejití jen nepatrně vyšší. Výrazný rozdíl v počtu rostlin na m^2 po vzejití u hrachu ozimého a jarního v závislosti na způsobu setí rovněž nebyl zaznamenán; celkově mírně vyššího počtu rostlin na m^2 dosáhl hrách ozimý, který se oproti hrachu jarnímu vyznačoval menším semenem. Naproti tomu v případě bobu byl u výsevu směsi zaznamenán znatelně nižší počet rostlin na m^2 po vzejití oproti výsevu ob řádek, což nepochybně souviselo s tím, že v případě výsevu směsi byla hloubka setí přizpůsobena pšenici (4 cm) a tedy pro bob, který vyžaduje hlubší setí, nevyhovovala. Nicméně pravděpodobně díky těžší půdě a dostatku srážek v období klíčení a vzházení dokázaly v případě výsevu směsi rostliny bobu vzházet i při nižší hloubce setí. Obdobná situace byla zaznamenána v případě jetele nachového – zde byl zjištěn poměrně výrazně nižší počet rostlin na m^2 po vzejití při výsevu systémem směsi, tentokrát díky hlubšímu výsevu, než je pro jetel žádoucí.

U jarního hrachu a bobu, zasetých na podzim spolu s pšenicí, se předpokládalo jejich vymrznutí během zimního období. Tato situace však nenastala díky mírné zimě a obě jarní leguminózy bez problémů přezimovaly. Úbytek rostlin během zimního období byl celkově velmi malý jak u použitých leguminóz, tak i u ozimé pšenice. Naproti tomu, průběh předjarního období a období časného jara byl poměrně atypický. V březnu a na přelomu března a dubna přišly dvě vlny pozdních mrazů, přičemž teploty na výzkumné stanici Praha-Uhřetěves klesaly v noci až k $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tyto pozdní vlny mrazů jarní leguminózy poškodily (po přechodu těchto pozdních mrazů byly jarní hrách i bob mrazem poškozeny více, než bezprostředně po přezimování), nicméně nezničily. Tyto pozdní mrazy současně vedly ke zpomalení aktivity jak u pšenice, tak u leguminóz, které ještě zhruba dva týdny po odeznění mrazů téměř nepokračovaly v růstu. Ošetření porostů herbicidem Zypar (1,0 l/ha) za účelem ukončení vegetace leguminóz bylo provedeno 16. 4. 2020. K tomuto datu byly obě odrůdy ozimé pšenice na počátku sloupkování. Odrůda Lorien byla původně oproti odrůdě Butterfly opožděnější, nicméně do uvedeného data se obě odrůdy takřka vyrovnaly.

Před herbicidním ošetřením byla hodnocena úroveň zaplevelení porostů. Ta byla u hodnocených variant, bez ohledu na způsob setí či přítomnost leguminóz, obdobná, zpravidla

na úrovni 7 bodů. Hojný byl především výskyt ptačince prostředního; z dalších plevelů je třeba zmínit kokošku pastuší tobolku, svízel přítulu, penízek rolní, zemědým lékařský či heřmánkovec přímořský.

Tabulka 4: Počet rostlin pšenice a leguminóz na m², výskyt chorob a škůdců, výška porostu (odrůda pšenice Butterfly)

Varianty	Výsev	Počet rostlin pšenice na m ²		Počet rostlin leguminóz na m ²		Výskyt list. skvrnitostí (1-9 bodů)	Výskyt rzi plevové (1-9 bodů)	Výskyt tkohoutka a (1-9 bodů)	Výška porostu před sklizní (cm)
		po vzejití	po přezimování	po vzejití	po přezimování				
Butterfly + hrách jarní	Ob řádek	316	311	40	38	7	8	6	117
Butterfly + bob obecný	Ob řádek	316	310	24	20	8	8	7	119
Butterfly + jetel nachový	Ob řádek	313	309	232	229	7	9	6	119
Butterfly + hrách ozimý	Ob řádek	315	308	43	42	7	9	7	118
Butterfly kontrola	Ob řádek	314	311	-	-	7	8	7	119
Butterfly + hrách jarní	Směs	318	312	38	36	8	8	6	120
Butterfly + bob obecný	Směs	321	310	18	17	8	8	6	122
Butterfly + jetel nachový	Směs	315	311	218	211	7	8	7	121
Butterfly + hrách ozimý	Směs	320	315	41	39	8	8	6	120
Butterfly (kontrola)	Směs	318	312	-	-	8	8	7	121

Tabulka 5: Počet rostlin pšenice a leguminóz na m², výskyt chorob a škůdců, výška porostu (odrůda pšenice Lorien)

Varianty	Výsev	Počet rostlin pšenice na m ²		Počet rostlin leguminóz na m ²		Výskyt list. skvrnitostí (1-9 bodů)	Výskyt rzi plevové (1-9 bodů)	Výskyt ko-houtka (1-9 bodů)	Výška porostu před sklizní (cm)
		po vzejití	po přezi-mování	po vzejití	po přezi-mování				
Lorien + hrách jarní	Ob řádek	317	312	41	40	7	8	7	113
Lorien + bob obecný	Ob řádek	315	313	22	19	7	8	6	116
Lorien + jetel nachový	Ob řádek	316	309	230	227	7	7	7	115
Lorien + hrách ozimý	Ob řádek	315	310	43	43	6	8	6	114
Lorien kontrola	Ob řádek	314	309	-	-	8	8	6	115
Lorien + hrách jarní	Směs	320	310	40	39	8	7	7	116
Lorien + bob obecný	Směs	318	309	17	16	7	8	7	117
Lorien + jetel nachový	Směs	320	317	219	215	7	8	6	115
Lorien + hrách ozimý	Směs	318	310	42	41	7	7	6	116
Lorien (kontrola)	Směs	319	313	-	-	8	8	7	116

Pro hodnocení úrovně výskytu chorob a škůdců byla použita bodová stupnice 1–9 bodů, kdy 1 bod znamená porost totálně napadený a 9 bodů porost zcela zdravý. V BBCH 71 (první obilky dosáhly konečné velikosti, obsah vodnatý) byl hodnocen výskyt komplexu listových skvrnitostí, do nichž patří feosferiová skvrnitost pšenice (původní název braničnatka plevová), septoriová skvrnitost pšenice (původní název braničnatka pšeničná) a pyrenoforová skvrnitost pšenice (původní název helmintosporiáza pšenice). Výskyt komplexu listových skvrnitostí byl na úrovni 6–8 bodů; vliv odrůdy pšenice, způsobu výsevu či přítomnosti leguminózy se zřetelně neprojevil (tabulky 1 a 2). Samostatně byl hodnocen výskyt žluté rzivosti pšenice (rzi plevové) v BBCH 37 (objevení se praporcového listu); byl na úrovni 8–9 bodů u odrůdy Butterfly

a 7–8 bodů u odrůdy Lorien. Zřetelný vliv způsobu výsevu či přítomnosti leguminózy rovněž nebyl zjištěn. Výskyt hnědé rzivosti pšenice (rzi pšeničné) nebyl prakticky zaznamenán. Sledován byl i výskyt kohoutka (modrého a černého), v BBCH 75 (střední mléčná zralost) – dosahoval 6–7 bodů. Výskyt dalších škodlivých činitelů byl nevýznamný.

Odrůda pšenice Butterfly dosáhla při výsevu formou směsi mírně větší výšky porostu před sklizní oproti výsevu formou ob řádek (o cca 2–3 cm); v případě odrůdy Lorien se od sebe výška porostu v závislosti na různém způsobu výsevu téměř nelišila, nebo jen minimálně (cca 1–2 cm). Úroveň polehnutí porostů před sklizní byla velmi nízká, mezi 8–9 body.

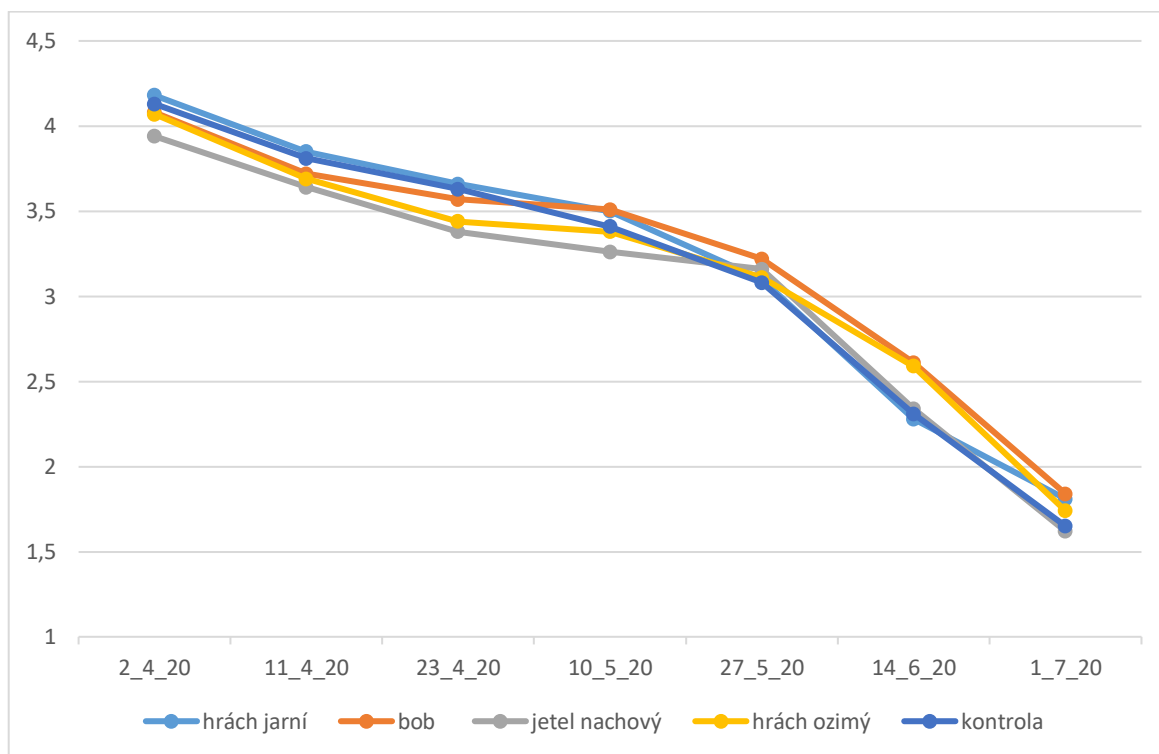
5.2 Stanovení obsahu N v sušině nadzemní biomasy pšenice v průběhu vegetace

V následujících grafech číslo 1, 2, 3 a 4 jsou znázorněny výsledky hodnocení obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice. Odběry pro toto hodnocení byly realizovány od počátku dubna do začátku července roku 2020.

V Grafu 1, který znázorňuje obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Butterfly vyseté ob řádek s jednotlivými druhy leguminóz a v sušině nadzemní biomasy kontroly bez leguminózy, vidíme obdobný trend obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve všech variantách pokusu. Z grafu je zřejmé, že nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice byl zaznamenán u všech variant při prvním odběru dne 2. 4. 2020. Následoval pozvolný pokles obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy hodnocených variant do odběru 27. 5. 2020 (BBCH 59–61). U všech variant pak následoval poměrně výrazný pokles obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice až do posledního odběru 1. 7. 2020 (BBCH 71).

Z grafu je dále patrné, že během prvních čtyř odběrů, realizovaných v průběhu odnožování a sloupkování, obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u hodnocených variant kolísal, přičemž mírně nižší hodnoty obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice byly zaznamenány u variant s jetelem nachovým a hrachem ozimým. Mezi čtvrtým a pátým odběrem je patrný mírný poklesu obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy u kontroly a současně mírné navýšení obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u varianty s bobem. Jak již bylo uvedeno, během posledních dvou odběrů došlo u všech hodnocených variant k výraznějšímu poklesu obsahu dusíku v sušina nadzemní biomasy pšenice; tento pokles byl výraznější u kontroly a varianty s jetelem nachovým, zatímco varianty s bobem a hrachem ozimým vykazaly v závěru hodnocení nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy ze všech hodnocených variant.

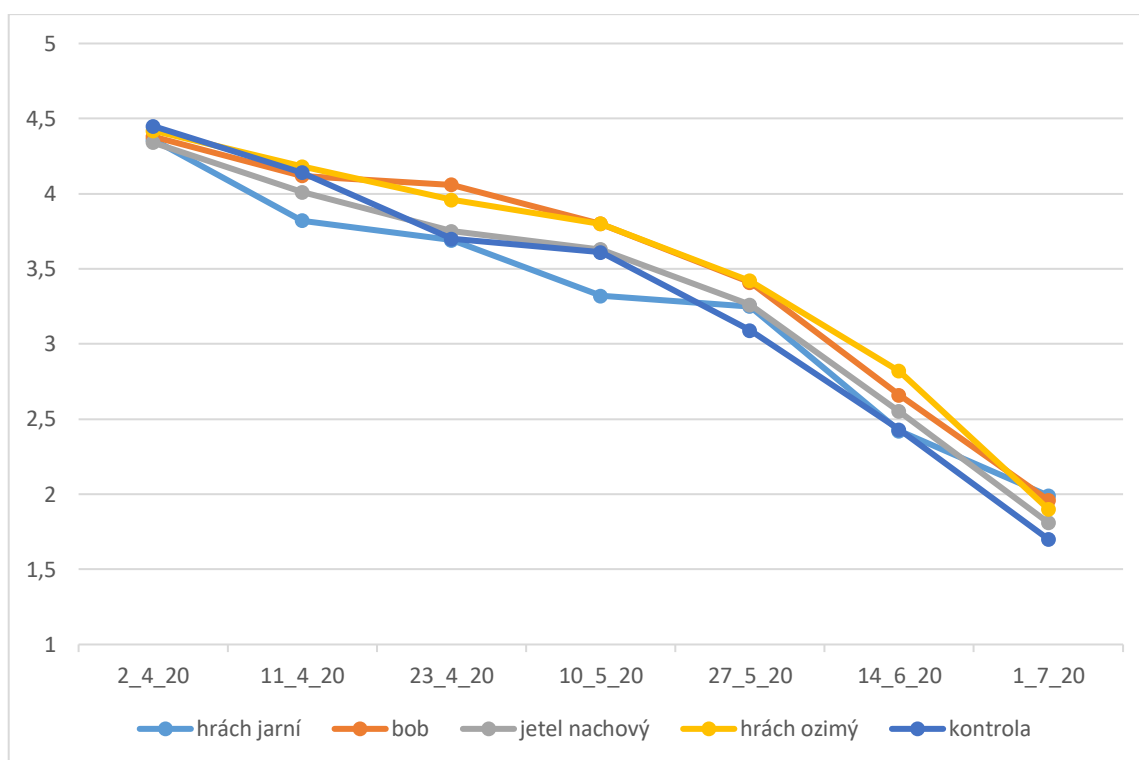
Graf 1: Obsah N v sušině nadzemní biomasy pšenice (%), odrůda Butterfly, výsev ob řádek



Z Grafu 2, který znázorňuje obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Butterfly vyseté ve směsi s jednotlivými leguminózami a v sušině nadzemní biomasy kontroly bez leguminózy, je zřejmé, že nejvyššího a současně takřka shodného obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice dosáhly hodnocené varianty opět při prvním odběru 2. 4. 2020. V průběhu následujících čtyř odběrů (do 27. 5. 2020) je u hodnocených variant patrné o něco výraznější kolísání obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy oproti předchozímu Grafu 1 (výsev odrůdy Butterfly ob řádek). Již během tohoto období dosahovaly mírně vyššího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice varianty s bobem a hrachem ozimým; dále jsou zde patrné větší výkyvy u variant s hrachem jarním, jetelem nachovým a kontrolou bez leguminózy.

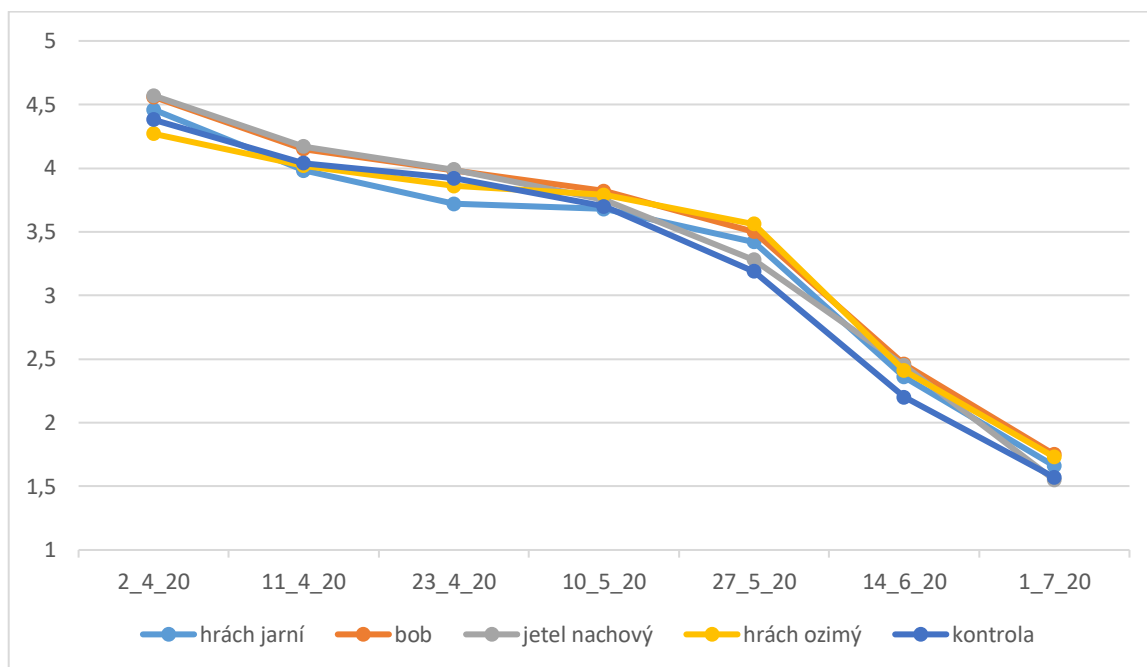
Obdobně jako u předchozího grafu je i v tomto případě zřejmé, že při posledních odběrech v období 27. 5. – 1. 7. 2020 docházelo k výraznějšímu poklesu obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy u všech hodnocených variant; přičemž mírně vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy si i v tomto období udržely varianty s bobem a hrachem ozimým. Během posledního sledovaného období od 14. 6. do 1. 7. se s těmito variantami prakticky srovnala i varianta s hrachem jarním. Varianta s jetelem nachovým a kontrola stejně jako v předchozím případě dosáhly nejnižšího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice, nicméně i zde byly rozdíly mezi jednotlivými variantami jen malé.

Graf 2: Obsah N v sušině nadzemní biomasy pšenice (%), odrůda Butterfly, výsev směsi



Graf číslo 3 znázorňuje obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Lorien vyseté ob řádek s jednotlivými druhy leguminóz a v sušině nadzemní biomasy kontroly bez leguminózy. Graf působí velmi kompaktně, mezi jednotlivými variantami není patrné během hodnoceného období výraznější kolísání. Zajímavé je, že v období 2. 4. 2020 až 23. 4. 2020 vykazovala nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy varianta s jetelem nachovým, která se na grafu v tomto období překrývá s variantou s bobem. Při odběru 10. 5. 2020 dosáhly všechny hodnocené varianty takřka srovnatelného obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice a až mezi odběry 10. 5. 2020 a 27. 5. 2020 je patrné určité „rozvrstvení“ křivek ve prospěch bobu, hrachu ozimého a hrachu jarního. Stejně jako u předchozích grafů je i v tomto případě patrný výraznější poklesu obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u všech hodnocených variant v období od 27. 5. 2020 po 1. 7. 2020. V tomto období dosahovala mírně nižšího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice kontrolní varianta, ale i tak je graf stále kompaktní a hodnoty obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u variant s leguminózami se v době posledního odběru 1. 7. 2020 v podstatě překrývají.

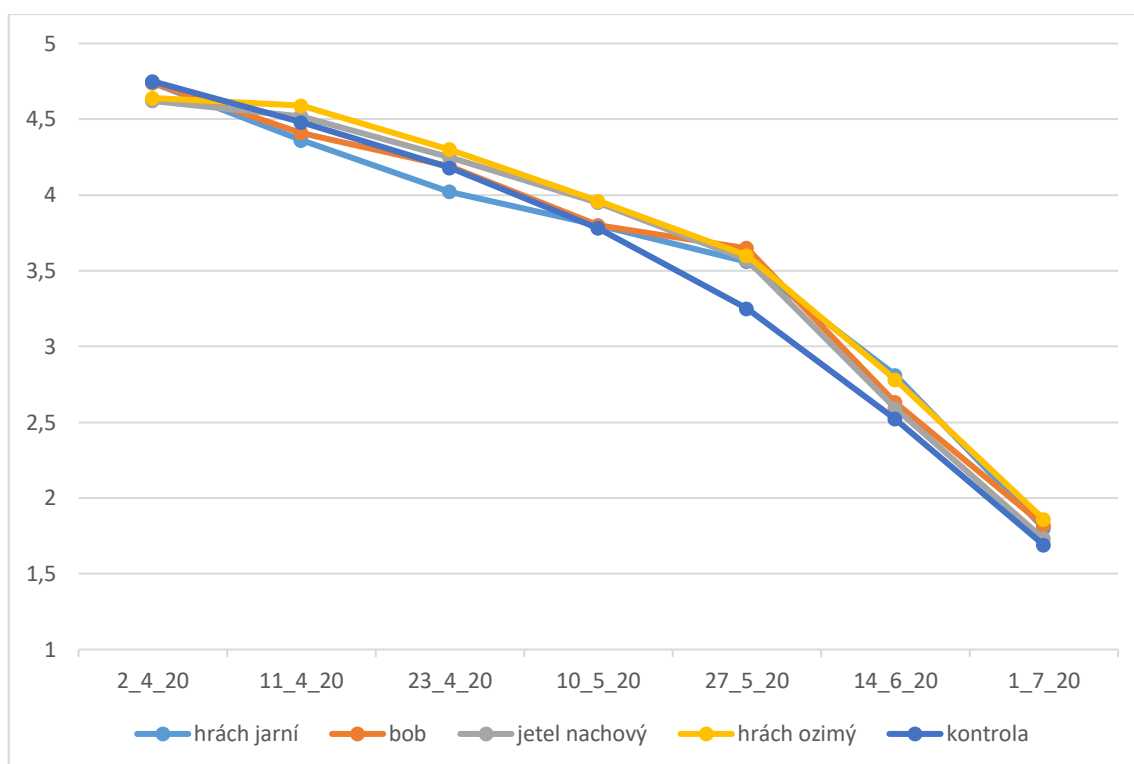
Graf 3: Obsah N v sušině nadzemní biomasy pšenice (%), odrůda Lorien, výsev ob řádek



V Grafu 4 je znázorněn obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Lorien vyseté ve směsi s jednotlivými druhy leguminóz a v sušině nadzemní biomasy kontroly bez leguminózy. Graf má podobný průběh jako v případě Grafu 2, je jen kompaktnější. Obdobně jako v předchozích případech jsou patrné v období od 2. 4. do 10. 5. 2020 jen minimální rozdíly v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice mezi jednotlivými variantami; v období od 10. 5. 2020 vidíme zřetelněji nižší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy u kontrolní varianty, nicméně při posledním odběru 1. 7. 2020 je obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u všech hodnocených variant velmi vyrovnaný.

Celkově lze konstatovat, že průběh křivek, znázorňujících obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice vykazoval u obou odrůd pšenice, u obou způsobů výsevu i u všech hodnocených variant s leguminózami obdobný charakter. Během prvních odběrů zpravidla nebyl případný efekt leguminózy na obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice zřetelný; docházelo spíše k určitému mírnému kolísání mezi variantami. Nejvyššího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice dosáhly shodně všechny hodnocené varianty při prvním odběru 2. 4. 2020, poté následoval pokles obsahu dusíku až do posledního odběru 1. 7. 2020. Tento pokles byl při prvních odběrech pozvolnější, od odběru 27. 5. 2020 výraznější. Od tohoto odběru se také zpravidla zřetelněji projevil trend mírně vyššího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u variant s bóbem a hrachem a mírně nižšího obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy u varianty kontrolní, případně i u varianty s jetelem nachovým. Nicméně, jak již bylo uvedeno, rozdíly mezi jednotlivými variantami byly poměrně malé.

Graf 4: Obsah N v sušině nadzemní biomasy pšenice (%), odrůda Lorien, výsev směsí



5.3 Statistické zhodnocení hlavních produkčních a jakostních parametrů pšenice

5.3.1 Míra ovlivnění hodnocených produkčních a jakostních parametrů pšenice sledovanými faktory a jejich interakcemi

Míru ovlivnění hodnocených produkčních a jakostních parametrů sledovanými faktory a jejich interakcemi vyjadřují hodnoty testovacího kritéria F (ANOVA). Z výsledků kompletního třífaktorového modelu, které uvádí tabulka 6 je patrné, že počet klasů na m^2 před sklizní byl ovlivněn v převažující míře způsobem výsevu, přičemž porovnáváno bylo setí ob řádek a setí ve směsi. Následoval vliv odrůdy a konečně vliv leguminózy, ten byl sice statisticky rovněž průkazný, ale zřetelně nižší oproti vlivu způsobu setí a odrůdy. V menší míře, přesto však statisticky průkazně, ovlivnily počet klasů na m^2 před sklizní i interakce leguminóza x způsob setí, leguminóza x odrůda a způsob výsevu x odrůda. Z výsledků dvoufaktorových modelů, uvedených v tabulkách 7 a 8, které poskytují podrobnější pohled na míru ovlivnění počtu klasů na m^2 sledovanými faktory u obou hodnocených odrůd pšenice je zřejmé, že u obou odrůd byl počet klasů na m^2 před sklizní opět ovlivněn výrazně převažující mírou způsobem setí. Leguminóza ovlivnila počet klasů na m^2 výrazně méně, avšak přesto stále statisticky průkazně. Vliv interakce způsob setí x leguminóza pak byl u obou odrůd statisticky neprůkazný.

Tabulka 6: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria *F*, třífaktorový model s interakcemi)

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na m ² před sklizni	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	72,24**	309,22***	133,72***	32,76***
Způsob setí (S)	418,19***	595,61***	274,31***	3,18*
Odrůda (O)	201,65***	628,17***	138,45***	9657,92***
(L) x (S)	2,65**	16,22**	8,43*	2,98 ⁿ
(L) x (O)	1,15*	19,96**	4,55*	20,22***
(S) x (O)	4,72**	41,12***	22,18***	11,57**
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zeleného test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	32,16***	41,11***	38,16***	4,85*
Způsob setí (S)	12,41***	15,65***	17,22***	7,12*
Odrůda (O)	18,73***	20,24***	3654,92***	952,11***
(L) x (S)	9,45***	8,78**	5,33*	1,02 ⁿ
(L) x (O)	11,02***	10,22**	14,35**	3,11 ⁿ
(S) x (O)	3,72*	5,08*	8,11**	5,02*

P < 0,05*; P < 0,01**, P < 0,001***, ⁿ = neprůkazné

Tabulka 7: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria *F*, dvoufaktorový model s interakcí, odrůda Butterfly)

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na m ² před sklizni	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	8,39*	45,18***	120,16***	41,95***
Způsob setí (S)	372,25***	315,62***	351,17***	4,22 ⁿ
(L) x (S)	2,62 ⁿ	33,11**	4,61 ⁿ	11,02*
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zeleného test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	39,18***	291,51***	40,19***	6,12*
Způsob setí (S)	15,47***	102,11***	6,52*	5,22*
(L) x (S)	6,85*	51,16**	1,39 ⁿ	1,05 ⁿ

P < 0,05*; P < 0,01**, P < 0,001***, ⁿ = neprůkazné

Tabulka 8: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria *F*, dvoufaktorový model s interakcí, odrůda Lorien)

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na m ² před sklizní	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	5,65**	39,16***	190,92***	32,16***
Způsob setí (S)	182,47***	208,20***	307,21***	10,65**
(L) x (S)	1,22 ⁿ	11,53**	2,35 ⁿ	4,12 ⁿ
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zeleného test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	42,34***	365,14***	28,19***	3,23 ⁿ
Způsob setí (S)	19,76***	258,22***	4,01 ⁿ	2,69 ⁿ
(L) x (S)	10,11**	36,19**	0,99 ⁿ	0,55 ⁿ

P < 0,05*; P < 0,01**, P < 0,001***, ⁿ = neprůkazné

Z výsledků třífaktorového modelu (tabulka 6) je dále zřejmé, že HTS byla ovlivněna nejvíce odrůdou, následoval vliv způsobu setí a jako poslední z těchto sledovaných faktorů byl vliv leguminózy. Vliv všech těchto faktorů na HTS byl statisticky průkazný. Co se týče ovlivnění HTS interakcemi, tak nejvíce ovlivnila tento ukazatel interakce způsob výsevu x odrůda, následovaly interakce leguminóza x odrůda a leguminóza x způsob setí, přičemž vliv posledních dvou interakcí byl obdobný a statisticky průkazný. Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) je zřejmé, že u obou odrůd byla HTS ovlivněna převážně způsobem setí; avšak statisticky průkazně se u obou odrůd uplatnil i vliv leguminózy a interakce způsob setí x leguminóza.

Výnos zrna pšenice byl dle třífaktorového modelu (tabulka 6) nejvíce ovlivněn způsobem výsevu. Následoval vliv odrůdy pšenice a obdobný, statisticky rovněž průkazný byl vliv leguminózy. Z interakcí ovlivňujících výnos zrna se nejvíce uplatnil vliv interakce odrůda x způsob setí. Interakce leguminóza x způsob setí a leguminóza x odrůda ovlivnili výnos zrna pšenice v menší míře, přesto však ještě statisticky průkazně. Z výsledků dvoufaktorových modelů, které vyjadřují vliv způsobu výsevu a leguminózy na výnos jednotlivých odrůd pšenice (tabulky 7 a 8) můžeme vyvodit, že u obou odrůd byl výnos zrna pšenice ovlivněn v převažující míře způsobem setí; statisticky průkazný byl i vliv leguminózy. Vliv interakce způsob setí x leguminóza byl u obou odrůd neprůkazný.

Následujícím sledovaným ukazatelem byla objemová hmotnost zrna pšenice. Výsledky třífaktorového modelu (tabulka 6) ukázaly, že tento jakostní znak byl ovlivněn vysoce převažujícím způsobem odrůdou; statisticky průkazně, avšak výrazně méně, byla objemová hmotnost ovlivněna i leguminózou. Vliv způsobu setí na objemovou hmotnost byl nejnižší, přesto však ještě statisticky průkazný. Z hodnocených interakcí se statisticky průkazně uplatnily interakce odrůda x leguminóza a způsob setí x odrůda. Vliv interakce leguminóza x způsob setí byl statisticky neprůkazný. Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) je

zřejmé, že vliv leguminózy u obou odrůd pšenice převážil nad vlivem způsobu výsevu. Vliv způsobu setí na objemovou hmotnost byl v případě odrůdy Lorien statisticky průkazný, v případě odrůdy Butterfly statisticky neprůkazný. Naproti tomu, interakce leguminóza x způsob setí ovlivnila objemovou hmotnost odrůdy Butterfly statisticky průkazně, v případě odrůdy Lorien byl vliv této interakce na objemovou hmotnost statisticky neprůkazný.

Dalším hodnoceným jakostním ukazatelem byl obsah N-látek v sušině zrna pšenice. Z výsledků třífaktorového modelu (tabulka 6) můžeme vyvodit, že obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl nejvíce ovlivněn leguminózou. Následoval vliv odrůdy a statisticky průkazně ovlivnil obsah N-látek v sušině zrna i způsob výsevu. Statisticky průkazně ovlivnily obsah N-látek v sušině zrna pšenice i všechny tři interakce, v pořadí leguminóza x odrůda, leguminóza x způsob setí a způsob setí x odrůda. I výsledky dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) ukázaly u obou odrůd pšenice převažující vliv leguminózy na obsah N-látek v sušině zrna. Statisticky průkazně se však uplatnil i vliv způsobu výsevu a interakce leguminóza x způsob setí.

Shodný trend byl zaznamenán i v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna – i zde třífaktorový model (tabulka 6) ukázal převažující vliv leguminózy na tento jakostní znak. Následoval vliv odrůdy a statisticky průkazně byl obsah mokrého lepku v sušině zrna pšenice ovlivněn i způsobem setí. Statisticky průkazně ovlivnily obsah mokrého lepku v sušině zrna i všechny tři interakce, ve shodném pořadí jako v případě obsahu N-látek v sušině zrna. Také výsledky dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) ukázaly u obou odrůd pšenice převažující vliv leguminózy na obsah lepku; statisticky průkazný byl u obou odrůd i vliv způsobu setí a interakce leguminóza x způsob setí.

Sedimentační index-Zelenyho test byl ze sledovaných tří faktorů (tabulka 6) vysoce dominantně ovlivněn odrůdou; vliv leguminózy a způsobu setí byl rovněž statisticky průkazný, ale výrazně menší. Statisticky průkazně ovlivnily Zelenyho test i všechny tři sledované interakce, pořadí leguminóza x odrůda, způsob setí x odrůda a leguminóza x způsob setí. Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) je zřejmé, že v případě tohoto jakostního ukazatele u obou odrůd pšenice převážil vliv leguminózy nad způsobem výsevu. Způsob setí ovlivnil Zelenyho test v případě odrůdy Butterfly statisticky průkazně, v případě odrůdy Lorien byl statisticky neprůkazný. Vliv interakce leguminóza x způsob setí na hodnoty Zelenyho testu byl statisticky neprůkazný u obou hodnocených odrůd pšenice.

Posledním hodnoceným jakostním ukazatelem bylo číslo poklesu. Výsledky třífaktorového modelu (tabulka 6) ukázaly, že číslo poklesu bylo ovlivněno výrazně dominujícím způsobem odrůdou; následovaly vliv leguminózy a způsobu setí, které se sice ještě uplatnily statisticky průkazně, jejich vliv na číslo poklesu byl ovšem výrazně nižší. Z hodnocených interakcí se statisticky průkazně uplatnily interakce leguminóza x odrůda a způsob setí x odrůda; vliv interakce leguminóza x způsob setí byl statisticky neprůkazný. Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 7 a 8) je patrné, že leguminóza a způsob setí ovlivnily číslo poklesu srovnatelným způsobem; v případě odrůdy Butterfly byl jejich vliv na

číslo poklesu statisticky průkazný, v případě odrůdy Lorien statisticky neprůkazný. Vliv interakce způsob setí x leguminóza na číslo poklesu byl statisticky neprůkazný u obou hodnocených odrůd.

V další části práce je věnována pozornost podrobnému zhodnocení průkaznosti rozdílů mezi průměry způsobů výsevu, odrůd pšenice a variant s leguminózami u jednotlivých hodnocených produkčních a kvalitativních parametrů pšenice prostřednictvím testu dle Tukeye.

5.3.2 Počet klasů na m² před sklizní

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v počtu klasů na m² před sklizní mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů výsevu jsou uvedeny v tabulce 9. Nejvyššího průměrného počtu klasů na m² dosáhla varianta s hrachem ozimým, tato varianta se v tomto parametru statisticky průkazně nelišila od variant s hrachem jarním a bobem. Nejnížší počet klasů na m² byl zaznamenán u varianty s jetelem nachovým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně neodlišovala od kontrolní varianty pěstované bez leguminózy. Z výsledků je dále zřejmý výrazný vliv způsobu výsevu na tento produkční parametr. Při setí směsi byl v průměru dosažen vyšší průměrný počet klasů na m² oproti setí ob řádek; mezi oběma způsoby výsevu byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Statisticky průkazně se v počtu klasů na m² před sklizní od sebe odlišovaly i obě odrůdy, zde byl však rozdíl mezi průměry obou odrůd nižší oproti způsobům výsevu. Vyššího průměrného počtu klasů na m² dosáhla odrůda Butterfly.

Tabulka 9: Hodnocení průkaznosti rozdílů v počtu klasů pšenice na m² mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Počet klasů na m²
Bob obecný	481,67ab
Jetel nachový	467,58c
Hrách ozimý	486,33a
Hrách jarní	480,00ab
Kontrola	471,58bc
HSD _{0,05}	12,02
Způsob setí	Počet klasů na m²
Ob řádek	450,14b
Směs	504,74a
HSD _{0,05}	5,76
Odrůda pšenice	Počet klasů na m²
Butterfly	494,60a
Lorien	460,27b
HSD _{0,05}	5,76

Podrobnější pohled na jednotlivé odrůdy uvádí tabulka 10. Z výsledků je zřejmé, že obě hodnocené odrůdy pšenice dosáhly nejvyššího průměrného počtu klasů na m² u varianty s hrachem ozimým. Rozdíly v počtu klasů na m² mezi jednotlivými variantami s leguminózami však byly zpravidla nepříliš výrazné. U odrůdy Butterfly se pouze varianta s jetelem nachovým,

kteřá dosáhla nejnižšího počtu klasů na m², v tomto znaku statisticky průkazně lišila od ostatních variant. Odrůda Lorien dosáhla nejnižšího počtu klasů na m² u kontrolní varianty bez leguminózy; tato varianta se však statisticky průkazně lišila pouze od varianty s hrachem ozimým. Z výsledků je dále opět u obou odrůd patrný výrazný, statisticky průkazný vliv způsobu výsevu na počet klasů na m²; obě odrůdy dosáhly vyššího průměrného počtu klasů na m² před sklizní při výsevu směsi.

Tabulka 10: Hodnocení průkaznosti rozdílů v počtu klasů na m² mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Počet klasů na m ²	Počet klasů na m ²
Bob obecný	496,67a	466,67ab
Jetel nachový	472,17b	463,00ab
Hrách ozimý	498,17a	474,50a
Hrách jarní	493,00a	467,00ab
Kontrola	492,00a	451,17b
HSD _{0,05}	13,98	20,11
Způsob setí	Počet klasů na m ²	Počet klasů na m ²
Ob řádek	463,00b	437,27b
Směs	526,20a	483,27a
HSD _{0,05}	6,02	9,74

5.3.3 Hmotnost tisíce semen (HTS)

Tabulka 11 uvádí výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v HTS pšenice mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů výsevu. Nejvyšší průměrné hodnoty HTS dosáhla varianta s hrachem jarním, tato varianta se statisticky průkazně neodlišovala pouze od varianty s bobem obecným. Nejnižší hodnota HTS byla zaznamenána u kontroly, tato varianta se statisticky průkazně odlišovala od všech variant s leguminózou. Z tabulky rovněž vyplývá, že při setí ob řádek byla dosažena vyšší průměrná hodnota HTS než v případě výsevu směsi. Mezi těmito metodami založení porostu byl v průměrné HTS zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Odrůda Lorien dosáhla vyšší průměrné hodnoty HTS než odrůda Butterfly. Mezi oběma odrůdami byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl, který byl obdobný jako u způsobu setí.

Tabulka 11: Hodnocení průkaznosti rozdílů v HTS pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	HTS (g)
Bob obecný	51,88ab
Jetel nachový	51,52c
Hrách ozimý	51,57bc
Hrách jarní	52,04a
Kontrola	51,04d
HSD _{0,05}	0,32
Způsob setí	HTS (g)
Ob řádek	52,15a
Směs	51,07b
HSD _{0,05}	0,14
Odrůda pšenice	HTS (g)
Butterfly	51,05b
Lorien	52,18a
HSD _{0,05}	0,14

Podrobnější náhled na výsledky obou odrůd pšenice nabízí tabulka 12. Odrůda Butterfly dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty HTS u varianty s hrachem jarním, oproti tomu odrůda Lorien dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty HTS u varianty s bobem obecným. Rozdíly v HTS mezi jednotlivými variantami leguminóz i kontrolou byly u obou odrůd statisticky průkazné. Statisticky průkazný rozdíl byl u obou odrůd pšenice zaznamenán i mezi jednotlivými způsoby setí; u obou odrůd byly zaznamenány vyšší průměrné hodnoty HTS v případě výsevu ob řádek. Celkově dosahovala odrůda Lorien vyšších hodnot HTS oproti odrůdě Butterfly.

Tabulka 12: Hodnocení průkaznosti rozdílů v HTS mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	HTS (g)	HTS (g)
Bob obecný	51,18b	52,58a
Jetel nachový	51,01c	52,04c
Hrách ozimý	50,83d	52,31b
Hrách jarní	51,70a	52,38b
Kontrola	50,51e	51,57d
HSD _{0,05}	0,16	0,20
Způsob setí	HTS (g)	HTS (g)
Ob řádek	51,63a	52,67a
Směs	50,46b	51,68b
HSD _{0,05}	0,08	0,12

5.3.4 Výnos pšenice

Následující tabulka 13 uvádí hodnocení průkaznosti rozdílů ve výnosu mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí. Nejvyššího průměrného výnosu pšenice (takřka identického) dosáhly varianty s hrachem jarním a hrachem ozimým. Tyto varianty se statisticky průkazně nelišily od varianty s bobem obecným, kde byl průměrný výnos jen nepatrně nižší. Varianta s jetelem nachovým dosáhla jako jediná nižšího průměrného výnosu zrna pšenice než kontrola – tyto dvě varianty se statisticky průkazně odlišovaly od ostatních variant s leguminózami. Poměrně výrazný rozdíl mezi průměry byl zaznamenán v případě způsobu setí – zde dosáhla varianta výsevu směsi vyššího výnosu oproti variantě výsevu ob řádek a statisticky průkazně se od něj lišila. Statisticky průkazný rozdíl byl také zjištěn mezi průměry výnosů obou odrůd – zde dosáhla vyššího průměrného odrůda Butterfly.

Tabulka 1: Hodnocení průkaznosti rozdílů ve výnosu zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Výnos pšenice (t/ha)
Bob obecný	9,10a
Jetel nachový	8,82b
Hrách ozimý	9,16a
Hrách jarní	9,17a
Kontrola	8,90b
HSD _{0,05}	0,17
Způsob setí	Výnos pšenice (t/ha)
Ob řádek	8,86b
Směs	9,20a
HSD _{0,05}	0,08
Odrůda pšenice	Výnos pšenice (t/ha)
Butterfly	9,11a
Lorien	8,95b
HSD _{0,05}	0,08

Detailnější hodnocení průkaznosti rozdílů ve výnosu pšenice mezi průměry variant s leguminózami a způsobů setí u jednotlivých odrůd pšenice poskytuje tabulka 14. Je zřejmé, že obě odrůdy pšenice dosáhly shodně nejvyššího výnosu u varianty s hrachem jarním, ale výnosy variant s hrachem ozimým a bobem obecným se od této varianty statisticky průkazně nelišily. U odrůdy Butterfly se pouze varianta s jetelem nachovým a kontrola statisticky průkazně lišily od variant s bobem obecným a oběma hrachy; rozdíly ve výnosech však byly celkově velmi malé. U odrůdy Lorien byly rozdíly mezi variantami o něco výraznější. Tato odrůda dosáhla nejnižšího průměrného výnosu u varianty s jetelem nachovým; tento výnos se statisticky průkazně lišil nejen od ostatních variant s leguminózami, ale i od kontroly. U obou odrůd pšenice byly dále zaznamenány statisticky průkazné, poměrně výrazné rozdíly ve výnosu

zrna v závislosti na způsobu setí – vyšších výnosů v průměru dosáhly obě odrůdy pšenice při výsevu směsi.

Tabulka 2: Hodnocení průkaznosti rozdílů ve výnosu zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Výnos (t/ha)	Výnos (t/ha)
Bob obecný	9,19a	9,01a
Jetel nachový	9,00b	8,65c
Hrách ozimý	9,19a	9,12a
Hrách jarní	9,20a	9,14a
Kontrola	8,98b	8,82b
HSD _{0,05}	0,14	0,16
Způsob setí	Výnos (t/ha)	Výnos (t/ha)
Ob řádek	8,92b	8,79b
Směs	9,30a	9,10a
HSD _{0,05}	0,06	0,07

5.3.5 Objemová hmotnost

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v objemové hmotnosti mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí jsou uvedeny v tabulce 15. Z výsledků je patrné, že rozdíly v průměrné objemové hmotnosti mezi variantami s leguminózami byly opět velmi malé. Nejvyšší průměrné objemové hmotnosti dosáhla varianta s bobem obecným. Tato varianta se statisticky průkazně lišila pouze od varianty s hrachem ozimým. Vliv způsobu setí na objemovou hmotnost byl statisticky neprůkazný. Naproti tomu rozdíl v průměrné objemové hmotnosti mezi oběma odrůdami pšenice byl statisticky průkazný a velmi výrazný – odrůda Butterfly v tomto znaku značně převýšila odrůdu Lorien.

Tabulka 3: Hodnocení průkaznosti rozdílů v objemové hmotnosti zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	OH (kg/hl)
Bob obecný	80,81a
Jetel nachový	80,78a
Hrách ozimý	80,51b
Hrách jarní	80,62ab
Kontrola	80,66ab
HSD _{0,05}	0,23
Způsob setí	OH (kg/hl)
Ob řádek	80,63b
Směs	80,73a
HSD _{0,05}	0,10
Odrůda pšenice	OH (kg/hl)
Butterfly	82,73a
Lorien	78,61b
HSD _{0,05}	0,10

Detailnější pohled na výsledky obou odrůd pšenice přináší tabulka 16. Odrůda Butterfly dosáhla nejvyšší objemové hmotnosti u varianty s jetelem nachovým; tato varianta se statisticky průkazně nelišila od varianty s bobem obecným a s kontrolou. Statisticky průkazně se od sebe nelišily ani varianty s oběma hrachy. Odrůda Lorien dosáhla nejvyšší objemové hmotnosti u varianty s bobem obecným, tato varianta se statisticky průkazně odlišovala pouze od kontroly. Vliv způsobu setí na objemovou hmotnosti byl v případě odrůdy Butterfly statisticky neprůkazný; v případě odrůdy Lorien statisticky průkazný – mírně vyšší objemová hmotnost byla v průměru zaznamenána při způsobu výsevu směsi. Celkově však dosahovala objemová hmotnost u obou odrůd pšenice vysokých hodnot – dle ČSN 46 1100-2 „Pšenice potravinářská“ by obě odrůdy by bez problémů splnily minimální požadavek na OH pšenice potravinářské (76 kg/hl).

Tabulka 4: Hodnocení průkaznosti rozdílů v objemové hmotnosti zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	OH (kg/hl)	OH (kg/hl)
Bob obecný	82,86a	78,75a
Jetel nachový	82,96a	78,60ab
Hrách ozimý	82,44b	78,59ab
Hrách jarní	82,54b	78,70a
Kontrola	82,89a	78,44b
HSD _{0,05}	0,15	0,18
Způsob setí	OH (kg/hl)	OH (kg/hl)
Ob řádek	82,75a	78,50b
Směs	82,72a	78,73a
HSD _{0,05}	0,05	0,07

5.3.6 Obsah N-látek v sušině zrna

Tabulka 17 znázorňuje výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí. Nejvyššího průměrného obsahu N-látek v sušině zrna pšenice dosáhla varianta s bobem obecným; tato varianta se však statisticky průkazně lišila pouze od varianty s jetelem nachovým a kontroly. Nejnižší obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl zaznamenán u kontroly – ta se v tomto jakostním parametru statisticky průkazně lišila od všech variant s leguminózami. Co se týče vlivu způsobu výsevu na obsah N-látek v sušině zrna pšenice, vyšší obsah N-látek byl v průměru zjištěn u způsobu výsevu ob řádek. Rozdíl mezi oběma způsoby výsevu byl statisticky průkazný. Statisticky průkazně se v obsahu N-látek v sušině zrna od sebe odlišovaly i obě odrůdy pšenice – vyššího průměrného obsahu N-látek dosáhla odrůda Butterfly.

Tabulka 5: Hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Bob obecný	11,94a
Jetel nachový	11,76b
Hrách ozimý	11,87ab
Hrách jarní	11,83ab
Kontrola	11,58c
HSD _{0,05}	0,15
Způsob setí	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Ob řádek	11,87a
Směs	11,72b
HSD _{0,05}	0,06
Odrůda pšenice	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Butterfly	11,88a
Lorien	11,71b
HSD _{0,05}	0,06

Podrobnější přehled o průměrném obsahu N-látek v sušině zrna pšenice obou testovaných odrůd poskytuje tabulka 18. Zde je patrné, že obě odrůdy pšenice dosáhly nejvyššího obsahu N-látek v sušině zrna u varianty s bobem. U odrůdy Butterfly se tato varianta statisticky průkazně nelišila od variant s hrachem jarním a hrachem ozimým. U odrůdy Lorien se varianta s bobem statisticky průkazně nelišila pouze od varianty s hrachem jarním. U obou odrůd pšenice byl zjištěn nejnižší průměrný obsah N-látek v sušině zrna u kontroly; ta se v případě odrůdy Butterfly statisticky průkazně lišila od všech variant s leguminózou, v případě odrůdy Lorien se kontrola statisticky průkazně nelišila od varianty s jetelem nachovým. Celkově by požadovaného minimálního obsahu N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (dle ČSN 461100-2) 11,5 % dosáhly všechny hodnocené varianty.

Tabulka 6: Hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Obsah N-látek (%)	Obsah N-látek (%)
Bob obecný	12,04a	11,84a
Jetel nachový	11,86b	11,65bc
Hrách ozimý	12,02a	11,72b
Hrách jarní	11,89ab	11,76ab
Kontrola	11,61c	11,55c
HSD _{0,05}	0,14	0,12
Způsob setí	Obsah N-látek (%)	Obsah N-látek (%)
Ob řádek	11,96a	11,78a
Směs	11,80b	11,65b
HSD _{0,05}	0,05	0,06

5.3.7 Obsah mokrého lepku v sušině zrna

Následující tabulka 19 znázorňuje výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí. Nejvyššího průměrného obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice dosáhla varianta s bobem obecným, tato varianta se statisticky průkazně lišila od varianty s jetelem nachovým a od kontroly. Nejnižšího průměrného obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice dosáhla kontrolní varianta, tato varianta se statisticky průkazně lišila od všech variant s leguminózami kromě varianty s jetelem nachovým. Z výsledků je dále zřejmý vliv způsobu založení porostu. Varianta setí ob řádek dosáhla vyšší průměrné hodnoty obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice a statisticky průkazně se odlišovala od varianty setí směsi. Statisticky průkazně se v průměrném obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice od sebe odlišovaly také obě odrůdy pšenice; vyššího průměrného obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice dosáhla odrůda Butterfly.

Tabulka 7: Hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)
Bob obecný	29,14a
Jetel nachový	27,82b
Hrách ozimý	29,03a
Hrách jarní	28,90a
Kontrola	27,02b
HSD _{0,05}	0,89
Způsob setí	Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)
Ob řádek	28,92a
Směs	27,84b
HSD _{0,05}	0,40
Odrůda pšenice	Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)
Butterfly	28,98a
Lorien	27,78b
HSD _{0,05}	0,40

Detailnější pohled na výsledky obou odrůd pšenice znázorňuje tabulka 20. Nejvyššího průměrného obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice u odrůdy Butterfly dosáhla varianta s bobem obecným; tato varianta se statisticky průkazně nelišila pouze od varianty s hrachem jarním. Nejnižší obsah mokrého lepku v sušině zrna pšenice byl zjištěn u kontroly; ta se statisticky průkazně lišila od všech variant s leguminózami. U odrůdy Lorien byl zaznamenán nejvyšší obsah mokrého lepku v sušině zrna u varianty s hrachem ozimým a nejnižší opět u kontroly. Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny mezi všemi variantami. Vyšší průměrný obsah mokrého lepku v sušině zrna pšenice byl u obou odrůd shodně zaznamenán u varianty setí ob řádek, u obou odrůd se tato varianta statisticky průkazně lišila od varianty setá směsí.

Tabulka 20: Hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Obsah lepku (%)	Obsah lepku (%)
Bob obecný	30,07a	28,21b
Jetel nachový	28,30c	27,33d
Hrách ozimý	29,28b	28,78a
Hrách jarní	29,89a	27,91c
Kontrola	27,37d	26,67e
HSD _{0,05}	0,21	0,19
Způsob setí	Obsah lepku (%)	Obsah lepku (%)
Ob řádek	29,48a	28,35a
Směs	28,47b	27,20b
HSD _{0,05}	0,09	0,09

5.3.8 Sedimentační index – Zelenyho test

Tabulka 21 znázorňuje výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v hodnotách Zelenyho testu mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí. Nejvyšší průměrné hodnoty Zelenyho testu dosáhla varianta s bobem obecným, tato varianta se však statisticky průkazně lišila pouze od kontrolní varianty, která dosáhla nejnižší průměrné hodnoty Zelenyho testu. Mírně vyšší průměrná hodnota Zelenyho testu byla zaznamenána při výsevu směsi; mezi touto variantou a výsevem ob řádek byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Velmi výrazný rozdíl v průměrných hodnotách Zelenyho testu byl zjištěn mezi oběma odrůdami pšenice – odrůda Butterfly výrazně převýšila v tomto jakostním parametru odrůdu Lorien a statisticky průkazně se od ní odlišovala.

Tabulka 21: Hodnocení průkaznosti rozdílů v hodnotách Zeleného testu pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Zelenýho test (ml)
Bob obecný	39,83a
Jetel nachový	38,83ab
Hrách ozimý	39,33a
Hrách jarní	38,94ab
Kontrola	38,00b
HSD _{0,05}	1,05
Způsob setí	Zelenýho test (ml)
Ob řádek	38,64b
Směs	39,34a
HSD _{0,05}	0,47
Odrůda pšenice	Zelenýho test (ml)
Butterfly	43,33a
Lorien	34,63b
HSD _{0,05}	0,47

Detailnější pohled na výsledky hodnocení Zeleného testu u jednotlivých odrůd pšenice znázorňuje následující tabulka 22. I z této tabulky je vidět výrazný rozdíl v průměrných hodnotách Zeleného testu mezi oběma odrůdami, ve prospěch odrůdy Butterfly. U odrůdy Butterfly i Lorien shodně dosáhla nejvyšších průměrných hodnot Zeleného testu varianta s bobem obecným. U odrůdy Butterfly se tato varianta statisticky průkazně nelišila pouze od varianty s hrachem ozimým. U odrůdy Lorien se varianta s bobem obecným statisticky průkazně lišila pouze od kontroly. Nejnížší průměrné hodnoty Zeleného testu byly u obou odrůd pšenice zjištěny u kontroly. Co se týče vlivu způsobu setí, u odrůdy Butterfly byla zjištěna mírně vyšší průměrná hodnota Zeleného testu u výsevu směsi; rozdíl mezi oběma způsoby setí byl statisticky průkazný. U odrůdy Lorien se oba způsoby výsevu od sebe statisticky průkazně nelišily. Minimální požadavek na Zelenýho test pšenice potravinářské – pekárenské (dle ČSN 461100-2) 30 ml by splňovaly všechny hodnocené varianty.

Tabulka 22: Hodnocení průkaznosti rozdílů v hodnotách Zeleného testu mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Zeleného test (ml)	Zeleného test (ml)
Bob obecný	44,50a	35,17a
Jetel nachový	43,34b	34,33ab
Hrách ozimý	43,67ab	35,00ab
Hrách jarní	43,17b	34,67ab
Kontrola	42,00c	34,00b
HSD _{0,05}	0,90	1,01
Způsob setí	Zeleného test (ml)	Zeleného test (ml)
Ob řádek	42,80b	34,47a
Směs	43,87a	34,80a
HSD _{0,05}	0,44	0,52

5.3.9 Číslo poklesu

Posledním hodnoceným jakostním ukazatelem bylo číslo poklesu. Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v čísle poklesu mezi průměry odrůd pšenice, variant s leguminózami a způsobů setí uvádí tabulka 23. Nejvyššího průměrného čísla poklesu dosáhla varianta s hrachem jarním; tato varianta se však statisticky průkazně lišila pouze od varianty s hrachem ozimým, u které byla průměrná hodnota čísla poklesu nejnižší. Při výsevu ob řádek byla zaznamenána mírně vyšší průměrná hodnota čísla poklesu než u výsevu směsi, obě varianty se od sebe statisticky průkazně lišily. Výraznější rozdíl v průměrném čísle poklesu byl zjištěn mezi oběma odrůdami pšenice; u odrůdy Butterfly bylo průměrné číslo poklesu znatelně vyšší oproti odrůdě Lorien, obě odrůdy se od sebe statisticky průkazně lišily.

Tabulka 8: Hodnocení průkaznosti rozdílů v čísle poklesu zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Číslo poklesu (s)
Bob obecný	352,75a
Jetel nachový	351,75a
Hrách ozimý	339,25b
Hrách jarní	354,09a
Kontrola	348,25ab
HSD _{0,05}	10,20
Způsob setí	Číslo poklesu (s)
Ob řádek	353,70a
Směs	344,73b
HSD _{0,05}	4,52
Odrůda pšenice	Číslo poklesu (s)
Butterfly	369,43a
Lorien	329,00b
HSD _{0,05}	4,52

Podrobnější přehled o jednotlivých odrůdách pšenice poskytuje tabulka 24. Z této tabulky je opět zřejmý rozdíl v čísle poklesu mezi oběma odrůdami pšenice, ve prospěch odrůdy Butterfly. Tato odrůda dosáhla nejvyššího průměrného čísla poklesu u varianty s hrachem jarním, statisticky průkazně se však tato varianta lišila pouze od varianty s hrachem ozimým, kde bylo zaznamenáno číslo poklesu nejnižší. Odrůda Lorien dosáhla nejvyššího čísla poklesu u varianty s bobem obecným a nejnižšího u varianty s hrachem jarním, avšak mezi všemi variantami s leguminózami i kontrolou byl rozdíl v čísle poklesu neprůkazný. Statisticky neprůkazný byl u odrůdy Lorien i rozdíl v čísle poklesu mezi oběma způsoby setí. U odrůdy Butterfly byl tento rozdíl statisticky průkazný, mírně vyššího čísla poklesu dosáhla v průměru varianta výsevu ob řádek. Celkově dosahovalo u obou odrůd pšenice číslo poklesu velmi vysokých hodnot a výrazně převýšilo minimální požadavek na číslo poklesu pšenice potravinářské – dle ČSN 46 1100-2 (220 s).

Tabulka 9: Hodnocení průkaznosti rozdílů v čísle poklesu mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD_{0,05})

Varianty s leguminózou	Butterfly	Lorien
	Číslo poklesu (s)	Číslo poklesu (s)
Bob obecný	374,34a	331,17a
Jetel nachový	372,50a	331,00a
Hrách ozimý	353,00b	325,50a
Hrách jarní	379,84a	328,34a
Kontrola	367,50a	329,00a
HSD _{0,05}	8,11	8,36
Způsob setí	Číslo poklesu (s)	Číslo poklesu (s)
Ob řádek	376,53a	330,87a
Směs	362,33b	327,13a
HSD _{0,05}	4,02	3,99

6 Diskuse

Technologie souběžného pěstování hlavní a pomocné plodiny je obecně považována za perspektivní směr, přičemž souběžné pěstování pšenice s vybranými druhy leguminóz patří k nejužívanějším příkladům. Vychází se ze souběžného pěstování pomocné plodiny po předem stanovenou dobu, kdy biotické efekty poskytuje rostoucí pomocná plodina, či její umrtená nebo odumřelá biomasa. Za hlavní výhodu souběžného pěstování je považována skutečnost, že výsev pomocné plodiny probíhá souběžně s výsevem plodiny hlavní v rámci jedné pracovní operace. Podstatný vliv na efektivitu použité technologie má optimalizace struktury porostu, tedy prostorové rozmístění hlavní plodiny a pomocné plodiny a počet jedinců dané plodiny na jednotku plochy (Brant et al. 2019a). V našem pokusu jsme použili založení porostu ozimé pšenice ob řádek, což umožňuje jak cílené rozmístění hlavní plodiny, tak i optimální hloubku výsevu jednotlivých komponent směsi, ovšem v případě, že je k dispozici speciální secí stroj se dvěma či více zásobníky a možností individuální regulace hloubky setí – ten jsme k dispozici neměli a tato část pokusu tedy byla založena nejprve výsevem pšenice do řádků 25 cm a ihned na to výsevem sledovaných leguminóz do prostoru meziřádku, přičemž hloubka výsevu leguminóz byla přizpůsobena velikosti jejich semen. Druhým použitým způsobem založení porostu byl výsev směsi pšenice a leguminóz do běžných úzkých řádků, kdy hloubka výsevu byla přizpůsobena pšenici, což samozřejmě není ideální zejména v případech, kdy se velikost semen hlavní a pomocné plodiny výrazně liší. Ukázalo se to i v našem pokusu, kdy zejména u bobu obecného a jetele nachového v systému výsevu směsi byl zaznamenán nižší počet rostlin po vzejití oproti výsevu ob řádek; avšak i při tomto způsobu založení porostu zvládly i bob a jetel nachový vzcházet, pravděpodobně i proto, že podmínky pro klíčení a vzcházení byly v daném roce příznivé. Na základě současných poznatků (Brant et al. 2019a, Brant et al. 2018, Vrignon-Brenas et al. 2018) a další jsou za perspektivnější způsoby založení směsných kultur považovány spíše systémy s cíleným rozmístěním hlavní a pomocné plodiny, které jsou vysévané do samostatných řádků. Při tomto systému výsevu se pomocná plodina nedostává do těsné blízkosti plodiny hlavní, což by mohlo vést i k potlačování hlavní plodiny (Ehrmann & Ritz 2014, Vandermeer 2012) a současně je tento systém zpravidla vhodnější i pro regulaci plevelů (Vrignon-Brenas et al. 2018). Avšak, jak je vidět i z našich dalších výsledků, tento systém výsevu hlavní plodiny (v našem případě pšenice) ob řádek, může vést i ke snížení výnosu hlavní plodiny, díky větší mezirostlinné konkurenci u pšenice. Tento nedostatek lze zmírnit optimalizací zastoupení jednotlivých komponent ve směsi, volbou vhodných druhů a jejich rozmístěním.

Brant et al. (2019a) dále doporučují využívat pro souběžné pěstování ozimé obilniny, především díky využití podzimní části vegetace pro rozvoj pomocné plodiny a možnost jejího umrtení mrazem. Také v našem pokusu jsme použili pšenici ozimou, spolu s hrachem ozimým, jetelem nachovým, hrachem jarním a bobem obecným – u posledních dvou leguminóz se předpokládalo jejich vymrznutí, ke kterému však díky mírné zimě nedošlo a obě jarní leguminózy bez problémů přezimovaly. Ukončení vegetace všech použitých leguminóz tak bylo realizováno herbicidním ošetřením, což je v případě konvenčního způsobu pěstování běžně zvládnutelné.

V rámci experimentální části práce bylo hlavním cílem vyhodnocení vlivu sledovaných leguminóz, způsobů založení porostu a odrůd pšenice na hlavní produkční parametry pšenice a na její kvalitu.

Při hodnocení míry ovlivnění produkčních ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi pomocí testovacího kritéria F (ANOVA) bylo zjištěno, že počet klasů pšenice na m^2 před sklizní byl ovlivněn nejvíce způsobem setí, přičemž zde byl porovnáván výsev ve směsi a výsev ob řádek. Při výsevu ob řádek byl průměrný počet klasů na m^2 o cca 50 klasů nižší ve srovnání s výsevem směsi. Na této skutečnosti se nepochybně projevilo to, že rostliny pšenice, vyseté do klasických úzkých řádků 12,5 cm, měly pro sebe větší prostor a nedocházelo u nich k tak velké mezirostlinné konkurenci jako při výsevu do řádků 25 cm. Současně se projevila značná autoregulační schopnost pšenice, neboť při použití stejného výsevku při výsevu směsi i výsevu ob řádek dokázala dle očekávání „zregulovat“ strukturu porostu tak, jak to odpovídalo jejím potřebám. V konvenčním systému hospodaření by se měl podle Štolcové et al. (2009) počet klasů na m^2 pohybovat v rozmezí od 450 do 600 klasů. Toto bylo v našem pokusu docíleno, s výjimkou počtu klasů na m^2 při výsevu ob řádek u odrůdy pšenice Lorien (v průměru 437 klasů). Vliv odrůdy pšenice na počet klasů na m^2 byl nižší, přesto statisticky průkazný – vyššího počtu klasů na m^2 před sklizní dosáhla odrůda Butterfly. Významný vliv odrůdy na počet klasů na m^2 a rozdíly mezi odrůdami ozimé pšenice Julie, Penelope a Turandot zmiňují na základě výsledků svých pokusů i Brant et al. (2018) a Brant et al. (2019a). Nejméně, přesto však statisticky průkazně, byl počet klasů na m^2 před sklizní ovlivněn i leguminózou – nejvyšší počet klasů na m^2 byl v průměru zaznamenán u variant s hrachem ozimým a s bobem obecným, nejnižší u kontroly bez leguminózy. Celkově však byly rozdíly mezi jednotlivými variantami poměrně malé.

Hmotnost tisíce semen (HTS) dle Zimolky et al. (2005) určují jak vlastnosti pěstovaných odrůd, tak průběh počasí v zemědělském roce. U hodnoty HTS bylo zjištěno, že nejvíce byla ovlivněna odrůdou pšenice, dále způsobem setí a nejslabší, přesto však statisticky průkazný, byl vliv leguminózy na tento parametr. V průměru dosáhla vyšší HTS odrůda Lorien, avšak vysoká HTS (u odrůdy Lorien v průměru 52,18 g, u odrůdy Butterfly 51,05 g) byla zjištěna u obou odrůd pšenice. V průměru vyšší HTS byla zjištěna u varianty výsevu ob řádek – zde se nejspíše projevila kompenzační schopnost pšenice, která při tomto způsobu výsevu dosáhla nižšího průměrného počtu klasů na m^2 . Co se týče vlivu leguminóz, nejvyšší HTS pšenice byla v průměru zjištěna u varianty s hrachem jarním a bobem obecným, nejnižší u kontroly. Naproti tomu, Brant et al. (2018) uvádějí na základě výsledků svých pokusů, že hodnota HTS vycházela u kontrolní varianty v porovnání s variantami směšného setí stejně, někdy i lépe.

Výnos zrna pšenice je hlavním produkčním parametrem. Pelzer et al. (2012), kteří se zabývali směsným pěstováním pšenice ozimé společně s hrachem ozimým jako pomocnou plodinou, zjistili na základě výsledků svých pokusů, že krom mnoha ostatních kladných vlivů směšného pěstování na pšenici ozimou bylo dosahováno při tomto způsobu pěstování srovnatelných, v některých případech i vyšších výnosů v porovnání s monokulturně založeným porostem pšenice ozimé. Také Brant et al. (2019a) zmiňují, že zaznamenali statisticky průkazně

navýšení výnosů pšenice pěstované s pomocnou plodinou (peluškou a hrachem setým). I z výsledků našich pokusů je patrný pozitivní a statisticky průkazný vliv směsného pěstování na průměrné výnosy ozimé pšenice – v průměru obou odrůd dosáhly nejvyššího výnosu varianty s hrachem jarním i ozimým a varianta s bobem obecným; mezi těmito variantami nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Statisticky průkazně se od sebe nelišily ani varianta s jetelem nachovým a kontrola; tyto dvě varianty se průkazně lišily od variant s oběma hrachy a bobem. Celkově však rozdíly mezi těmito variantami nebyly velké – rozdíl mezi variantou s nejvyšším a nejnižším průměrným výnosem činil pouze cca 0,3 t/ha. Někteří autoři, např. Mysliwiec et al. (2013) či Olesen et al. (2009) vyšších výnosů při směsném pěstování nedosáhli a zmiňují, že důvodem toho může být celá řada okolností. Co se týče konkrétně našeho pokusu, tam byl sice, jak již bylo uvedeno, vliv směsného pěstování s leguminózami na výnos pšenice pozitivní a u některých variant i statisticky průkazný, ale reálně poměrně malý. Jednou z příčin mohlo být nevymrznutí jarních leguminóz a herbicidní ukončení vegetace leguminóz v době, kdy byla pšenice cca na počátku sloupkování. Díky pomalejšímu rozkladu se tak možná vliv leguminóz na výnosu již „nestihl“ významněji projevit. K celkově nižšímu vlivu leguminóz na výnos pšenice mohl přispět i nižší počet rostlin leguminóz na jednotku plochy, než by bylo optimální – zde je zapotřebí prověřit zastoupení jednotlivých komponent ve směsi tak, aby bylo docíleno žádoucího efektu. Dalším důvodem mohla být i skutečnost, že pokusná lokalita VS Praha-Uhřetěves se nachází ve velmi úrodných podmínkách a pšenice zde většinou dosahuje vysokých výnosů i při monokulturním pěstování.

Z našich výsledků dále vyplynul statisticky průkazný vliv odrůdy, a především způsobu výsevu na výnos pšenice. V průměru vyššího výnosu (9,11 t/ha) dosáhla odrůdy Butterfly a statisticky průkazně se lišila od odrůdy Lorien (8,95 t/ha). Jak je však vidět, výnosy byly celkově velmi vysoké u obou hodnocených odrůd. Poměrně výrazně ovlivnil výnos pšenice způsob setí – při výsevu ob řádek bylo dosaženo průměrného výnosu na úrovni 8,86 t/ha, při výsevu směsi 9,20 t/ha. Opět se zde nepochybně projevil vliv větší meziorostlinné konkurence u pšenice vyseté do širších řádků a tím pádem větší redukce počtu rostlin. Způsob pěstování pšenice v širších řádcích přitom není nikterak nový. Byla mu věnována poměrně značná pozornost už před mnoha lety, především v souvislosti s pěstováním pšenice v ekologickém zemědělství, tenkrát ještě bez pomocných plodin, neboť se zjistilo, že tímto způsobem pěstování pšenice se zpravidla dařilo docílit vyššího obsahu N-látek v sušině zrna, což bylo pro „ekologickou“ pšenici velmi důležité. U nás se problematice pěstování pšenice v širších řádcích v ekologickém zemědělství věnovala např. Bicanová (1996), která zjistila u ekologicky pěstované pšenice v širších řádcích průkazné navýšení obsahu N-látek v sušině zrna pšenice, pravděpodobně i díky prodloužení doby tvorby obilky, pomalejšímu odumírání fotosynteticky aktivního asimilačního aparátu, případně i nižšímu výskytu chorob a škůdců. V praxi se však tento způsob pěstování pšenice v ekologickém zemědělství neosvědčil, nejspíše právě díky nižším výnosům. Směsné pěstování pšenice s pomocnou plodinou, především leguminózou, by však mohlo při vhodné volbě a zastoupení komponent směsi výnos pšenice podpořit.

Jak uvádí Polišenská et al. (2016), může v našich podmínkách nastat situace, kdy objemová hmotnost bude limitujícím faktorem kvality potravinářské pšenice. V našich

pokusech jsme zjistili, že objemová hmotnost pšenice byla výrazně převažujícím způsobem ovlivněna odrůdou, přičemž vyšší průměrná hodnota objemové hmotnosti byla zjištěna u odrůdy Butterfly z jakostní skupiny E. Následoval vliv leguminózy a vliv způsobu setí byl v tomto případě nejnižší, i když stále statisticky průkazný. Co se týče vlivu leguminózy, ta ovlivnila OH pozitivně; nejvyšší hodnota OH byla v průměru zjištěna u varianty s bobem obecným, rozdíly mezi variantami však byly velmi malé. Naproti tomu, Brant et al. (2018) uvádí, že hodnoty objemové hmotnosti při směsném pěstování pšenice ozimé společně s hrachem ozimým byly znatelně nižší oproti kontrole.

Dalším sledovaným parametrem byl obsah N-látek v sušině zrna pšenice. Z výsledků našich pokusů vyplynulo, že právě u obsahu N-látek se vliv směsného pěstování s leguminózou projevil nejvýrazněji. Kromě převažujícího statisticky průkazného vlivu leguminózy ovlivnila obsah N-látek v sušině zrna i odrůda a statisticky průkazně se uplatnil i způsob setí. Kodeš et al. (2010) uvádějí, že proteinový komplex zrna pšenice je velmi heterogenní, přičemž klimatické podmínky během vegetace ovlivňují obsah N-látek v sušině zrna pšenice velmi výrazně. Kulovaná (2002) dodává, že přestože je obsah N-látek v sušině zrna pšenice významnou měrou ovlivněn geneticky, jsou současně ovlivněny i průběhem počasí a agrotechnickými opatřeními. Vliv ročníku nemůžeme v rámci našich jednoletých výsledků posoudit, nicméně, jak již bylo uvedeno, vliv leguminózy se v tomto případě projevil pozitivně – nejvyšší obsah N-látek v sušině zrna byl v průměru zaznamenán u variant s bobem obecným (shodný efekt zaznamenali Gooding et al. 2007), hrachem ozimým a hrachem jarním – tyto tři varianty se statisticky průkazně lišily od varianty s jetelem nachovým a od kontroly. Vyšší obsah N-látek v sušině zrna byl v průměru zaznamenán u způsobu výsevu ob řádek – zde se pravděpodobně potvrdily závěry Bicanové (1996), podle kterých pšenice zpravidla dosahuje vyššího obsahu N-látek v sušině zrna při pěstování v širších řádcích. Jak již bylo uvedeno – statisticky průkazně byl obsah N-látek v sušině zrna ovlivněn i odrůdou – v průměru vyššího obsahu N-látek v sušině zrna dosáhla odrůda Butterfly z jakostní skupiny E. Celkově však byl obsah N-látek v sušině zrna u obou odrůd pšenice poměrně vysoký a obě odrůdy by dle ČSN 46 1100-2 splnily min. požadavek na obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (11,5 %).

Obsah mokrého lepku v sušině zrna je dalším jakostním ukazatelem, který jsme hodnotili. I v případě tohoto jakostního znaku jsme zaznamenali převažující vliv leguminózy a o něco nižší, avšak statisticky průkazný vliv odrůdy a způsobu setí. Obdobně jako u obsahu N-látek v sušině zrna byl zjištěn nejvyšší průměrný obsah mokrého lepku v sušině zrna u variant s bobem obecným, hrachem ozimým a hrachem jarním – tyto tři varianty se statisticky průkazně lišily od varianty s jetelem nachovým a od kontroly. V průměru mírně vyšší obsah mokrého lepku v sušině zrna byl zjištěn u způsobu setí ob řádek a u odrůdy Butterfly z jakostní skupiny E.

Při vyhodnocování Zeleného testu jsme zjistili, že jeho hodnoty byly výrazně převažujícím způsobem ovlivněny odrůdou. Vliv leguminózy a vliv způsobu setí byl sice rovněž statisticky průkazný, ale výrazně nižší. Výsledky hodnocení tohoto parametru jsou v souladu s tvrzením Polišenské et al. (2019), podle kterých je Zelený test kvalitativní

parametr, jenž je z velké části podmíněn geneticky, nicméně ani vliv agrotechnických podmínek a podmínek prostředí není zanedbatelný. Naše výsledky ukázaly, že odrůda Butterfly z jakostní skupiny E dosáhla v průměru výrazně vyšší hodnoty Zelenyho testu (43,33 ml) ve srovnání s odrůdou Lorien z jakostní skupiny B (v průměru 34,63 ml). Nicméně minimální požadavek na Zelenyho test pšenice potravinářské-pekárenské (dle ČSN 461100-2) na úrovni 30 ml byl splnily obě hodnocené odrůdy. Co se týče vlivu způsobu výsevu, mírně vyšší průměrné hodnoty Zelenyho testu dosáhly variantě vysévané formou směsi. Mezi variantami s leguminózami byly rozdíly v hodnotách Zelenyho testu minimální a zpravidla statisticky neprůkazné; nepatrně nižší průměrnou hodnotu Zelenyho testu vykazala kontrola bez leguminózy.

I v případě posledního hodnoceného jakostního ukazatele – čísla poklesu byl prokázán výrazný, zcela převažující vliv odrůdy; odrůda Butterfly dosáhla v průměru vyššího čísla poklesu oproti odrůdě Lorien. Tento výsledek opět potvrzuje závěry Polišínské et al. (2019), podle kterých tento jakostní znak závisí především na odrůdě, i když významný je i vliv ročníku. Při vyhodnocování vlivu leguminóz na číslo poklesu bylo zjištěno, že byl minimální, zpravidla statisticky neprůkazný. Mírně vyšší číslo poklesu bylo v průměru zaznamenáno při výsevu ob řádek. Celkově je však třeba uvést, že číslo poklesu u všech hodnocených variant dosahovalo velmi vysokých hodnot a výrazně převyšovalo min. požadavek na číslo poklesu pšenice potravinářské; ten na základě ČSN 46 1100-2 činí 220 s.

Celkově je možné uvést, že výsledky našeho pokusu přinesly některé zajímavé poznatky, týkající se vlivu vybraných leguminóz, ale i způsobu setí, resp. založení směsného porostu pšenice ozimé s leguminózami a také vlivu odrůdy pšenice na její hlavní produkční a jakostní ukazatele. Jedná se však o jednoleté výsledky z jedné pokusné lokality, takže je nelze zobecňovat a pokus byl navíc realizován ve velmi dobrých agroekologických podmínkách, kde pšenice ozimá většinou dosahuje vysokých výnosů i při pěstování v monokultuře; je ale pravděpodobné, že při dlouhodobém užívání souběžného pěstování pšenice s leguminózami by mohl být pozitivní efekt tohoto systému výraznější. Na základě dostupných informací se způsob založení směsné kultury výsevem ob řádek zdá být z různých důvodů perspektivnější než výsev směsi (cílené rozmístění pomocné plodiny, omezení případné nežádoucí konkurence mezi hlavní a pomocnou plodinou, možnost regulace hloubky výsevu podle požadavků jednotlivých komponent směsi, v některých případech, např. v ekologickém zemědělství, snazší ukončení vegetace pomocné plodiny mechanicky atp.). Případný nižší výnos pšenice při pěstování v širších řádcích lze vyvážit úsporou osiva pšenice a optimalizací zastoupení jednotlivých komponent směsi. Dlouhodobý přínos směsného pěstování pšenice s leguminózou nepochybně spočívá i v podpoře biodiverzity, úspoře N hnojiv, případně i některých pesticidů, omezení zaplevelení a zvýšení pestrosti plodin v osevních postupech.

7 Závěr

Z výsledků přesného maloparcelkového pokusu, jehož cílem bylo vyhodnocení směsného pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami a posouzení dopadu tohoto způsobu pěstování na základní produkční a jakostní ukazatele pšenice, lze vyvodit, že:

- V případě výnosu pšenice byl zaznamenán převažující vliv založení porostu (výsev pšenice a leguminóz ob řádek, výsev směsi pšenice s leguminózami do klasických úzkých řádků) na tento parametr; nicméně statisticky průkazně byl výnos pšenice ovlivněn i odrůdou pšenice a leguminózou.
- Vyhodnocení vlivu leguminóz na výnos pšenice ukázalo, že nejvyšší výnos pšenice byl v průměru zaznamenán u variant s hrachem jarním i ozimým a bobem obecným; tyto varianty se současně statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy a varianty s jetelem nachovým. Rozdíl mezi nejhoršími a nejlepšími variantami dosáhl cca 0,3 t/ha. Náš předpoklad, že směsné pěstování pšenice s leguminózou pozitivně ovlivní výnos pšenice, byl potvrzen, přestože vliv leguminóz na výnos pšenice nebyl příliš výrazný.
- Při založení porostu formou směsi pšenice s leguminózami dosáhla pšenice v průměru o cca 0,4 t/ha vyššího výnosu oproti výsevu pšenice a leguminóz ob řádek.
- Odrůda pšenice Butterfly (E) dosáhla v průměru o 0,2 t/ha vyššího výnosu než odrůda pšenice Lorien (B).
- Z hodnocení vlivu směsného pěstování pšenice s leguminózami na jakostní ukazatele pšenice vyplynul poměrně výrazný vliv leguminóz na obsah N-látek v sušině zrna pšenice; vliv leguminóz na obsah N-látek byl výraznější, než vliv založení porostu (způsobu výsevu) a vliv odrůdy pšenice.
- Průměrný obsah N-látek v sušině zrna pšenice dosáhl u „nejlepších“ variant s bobem obecným a hrachem ozimým 11,94 % a 11,87 % (kontrola bez leguminózy v průměru 11,58 %).
- Vliv způsobu založení porostu na obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl rovněž statisticky průkazný (výsev ob řádek v průměru 11,87 %, výsev ve směsi 11,72 %); statisticky průkazně se uplatnila i odrůda pšenice.
- V případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna byl charakter výsledků podobný.
- Naproti tomu, ostatní sledované jakostní ukazatele pšenice (objemová hmotnost, Zeleného test a číslo poklesu) byly ovlivněny převažujícím způsobem odrůdou pšenice a vliv leguminóz byl nižší.
- Náš předpoklad, že směsné pěstování pšenice s leguminózou pozitivně ovlivní hodnoty jakostních ukazatelů pšenice, lze opět považovat za potvrzený; zejména v případě obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna pšenice byl tento efekt zcela zřetelný.

8 Literatura

Adjahossou SB, Adjahossou FD, Sinsin B, Boko M, da Silva JV. 2008. Ecophysiological responses of peanut (*Arachis hypogea*) to shading due to maize (*Zea mays*) in intercropping systems. *Cameroon Journal of Experimental Biology* **4**:29-38.

Agegnehu G, Ghizaw A, Sinebo W. 2008. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. *Agronomy for sustainable development* **28**:257-263.

Benada J. 2016. Ochrana pšenice proti chorobám – uplatnění integrované ochrany rostlin v ČR. *Agromanuál*. **3**:33-34.

Bicanová E. 1996. Vztah struktury porostu ozimé pšenice v ekologickém zemědělství k produkčním ukazatelům porostu a ke kvalitě zrna. *Disertační práce*. ČZU Praha, 204 s.

Brant V, Škeříková M, Zábranský P, Kroulík M, Petrásek S, Mrázek L, Kunte J. 2017. Technologické postupy zakládání porostů vícedruhových směsí meziplodin. *Agromanuál*. **12**: 96-101.

Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018. *Agromanual*. Kurent s.r.o.. České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/hrach-pomocna-plodina-v-ozime-psenici> (accessed January 2021)

Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmöger J, Tyšer L, Zábranský P. 2019a. Pomocné plodiny v systémech polních plodin. *Agrární komora České republiky*, Praha, 164 s.

Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Mrázek L, Kroulík M, Petrásek S, Hamouz P, Kunte J, Procházka P. 2019b. Pěstování luskovin s pomocnou plodinou. *Agromanuál*. **12**:88-90

Brant V, Škeříková M, Kroulík M, Kubín K, Hamsa J, Kunte J, Hofbauer M. 2019c. Pásové výsevy meziplodin v pěstebních systémech kukuřice seté. *Agromanuál*. **2**:104-109

Brant V, Šmöger J, Čejka J, Kroulík M, Zábranský P, Škeříková M, Ryčl D, Kunte J. 2020. *Agromanual*. Kurent s.r.o.. České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuziti-pomocnych-plodin-v-ozime-repce>

Brooker RW, Bennett AE, Cong WF, Daniell TJ, George TS, Hallett PD, White PJ. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*. **206**:107-117.

Corre-Hellou G, Faure M, Launay M, Brisson N, Crozat Y. 2009. Adaptation of the STICS intercrop model to simulate crop growth and N accumulation in pea–barley intercrops. *Field Crops Research*. **113**: 72-81.

ČSN 46 1100-2. Pšenice potravinářská

- Durka W. 2002. Blüten-und Reproduktionsbiologie. BIOLFLOR–eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde. **38**: 133-175.
- Dwivedi S L, Sahrawat K L, Upadhyaya H D, Mengoni A, Galardini M, Bazzicalupo M, Ortiz R. 2015. Advances in host plant and rhizobium genomics to enhance symbiotic nitrogen fixation in grain legumes. *Advances in agronomy*. **129** 1-116.
- Ehrmann J, Ritz K. 2014. Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems. *Plant and Soil*. **376**:1-29.
- Fan J, McConkey BG, Luce MS, Brandt K. 2020. Rotational benefit of pulse crop with no-till increase over time in a semiarid climate. *European Journal of Agronomy*. **121**:126-155.
- Frink CR, Waggoner PE, Ausubel JH. 1999. Nitrogen fertilizer: retrospect and prospect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **96**:1175-1180.
- Furrer GJ, Kaeb TW, Walder SR. 2009. Patent and Trademark Office. United States Patent, USA. US 7,500,817.
- Gaba S, Lescourret F, Boudsocq S, Enjalbert J, Hinsinger P, Journet EP, Ozier-Lafontaine H. 2015. Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agronomy for sustainable development*. **35**:607-623.
- Génard T, Etienne P, Laîné P, Yvin JC, Diquélou S. 2016. Nitrogen transfer from *Lupinus albus* L., *Trifolium incarnatum* L. and *Vicia sativa* L. contribute differently to rapeseed (*Brassica napus* L.) nitrogen nutrition. *Heliyon* (e00150) DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00150.
- Gooding MJ, Kasyanova E, Ruske R, Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES, Dahlmann C, Launay M. 2007. Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *The Journal of Agricultural Science*. **145**:469.
- Graham PH, Vance CP. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Research*. **65**:93-106.
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology*. **131**:872-877.
- Guiducci M, Tosti G, Falcinelli B, Benincasa P. 2018. Sustainable management of nitrogen nutrition in winter wheat through temporary intercropping with legumes. *Agronomy for Sustainable Development*. **38**:1-11.
- Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES. 2005. Facilitative root interactions in intercrops. *Root physiology: From gene to function*. **4**: 237-250.
- Houba M, et al. 2009. Luskoviny pěstování a užití. Kurent, České Budějovice.

Inselsbacher E, Wanek W, Strauss J, Zechmeister-Boltenstern S, Müller C. 2013. A novel ¹⁵N tracer model reveals: plant nitrate uptake governs nitrogen transformation rates in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*. **57**:301-310.

Kamalongo D M, Cannon ND. 2020. Advantages of bi-cropping field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) on cereal forage yield and quality. *Biological Agriculture & Horticulture*. **36**:213-229.

Kaplan Z, Danihelka J, Chrtek J, Kirschner J, Kubát K, Štěpánek J, Štech M. 2019. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.

Kazda J, Mihulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press, Praha.

Kherif O, Keskes MI, Pansu M, Ouaret W, Rebouh YN, Dokukin P, Latati M. 2021. Agroecological modeling of nitrogen and carbon transfers between decomposer micro-organisms, plant symbionts, soil and atmosphere in an intercropping system. *Ecological Modelling*. **440**:109-390.

Klimešová J, Danihelka J, Chrtek J, de Bello F, Herben T. 2017. CLO-PLA: a database of clonal and bud-bank traits of the Central European flora. *Ecology*. **98**: 1179.

Kohout V. 1997. Plevelle polí a zahrad. Agrospoj, Praha.

Liu J, Uhde-Stone C, Li A, Vance C, Allan D. 2001. A phosphate transporter with enhanced expression in proteoid roots of white lupin (*Lupinus albus* L.). *Plant and Soil*. **237**:257-266.

Macías FA, Mejías FJ, Molinillo JM. 2019. Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. *Pest management science*. **75**:2413-2436.

Manzoni S, Porporato A. 2009. Soil carbon and nitrogen mineralization: theory and models across scales. *Soil Biology and Biochemistry*. **41**:1355-1379.

McLaughlin A, Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **55**:201-212.

Mousavi SR, Eskandari H. 2011. A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. **1**:482-486.

Neumann G, Massonneau A, Martinoia E, Römheld V. 1999. Physiological adaptations to phosphorus deficiency during proteoid root development in white lupin. *Planta* **208**:373-382.

Novák J, Skalický M. 2012. Botanika. Powerprint, Praha.

Pansu M, Machado D, Bottner P, Sarmiento L. 2014. Modelling microbial exchanges between forms of soil nitrogen in contrasting ecosystems. *Biogeosciences*. **11**:915-927.

Pansu M, Ibrahim H, Hatira A, Brahim N, Drevon JJ, Harmand JM, Blavet D. 2018. Modelling the continuous exchange of nitrogen between microbial decomposers, the organs

and symbionts of plants, soil reserves and the atmosphere. *Soil Biology and Biochemistry*. **125**:185-196.

Pelzer E, et al. 2012. Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*. **40**:39-53.

Smil V. 1999. Nitrogen in crop production. An account of global flows. *Global biogeochemical cycles*. **13**:647-662.

Suliman S, Tran LP. 2017. Legume nitrogen fixation in soils with low phosphorus availability : Adaptation and regulatory implication. Springer, Switzerland.

Stern WR. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field crops research*. **34**:335-356.

Socolow RH. 1999. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **96**:6001-6008.

Soukup J, Jursík M, Holec J, Hamouz P. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice.

Vance CP. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant physiology*. **127**:390-397.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profipress, Praha.

Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G, David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field crops research*. **224**:160-169.

Weerarathne LVY, Marambe B, Chauhan BS. 2017. Does intercropping play a role in alleviating weeds in cassava as a non-chemical tool of weed management?—A review. *Crop Protection*. **95**:81-88.

Wu H, Pratley J, Lemerle D, Haig T. 2001. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Applied Biology*. **139**:1-9.

Zhang Y, Wilson JE, Lavkulich LM. 2017. Integration of Agriculture and Wildlife Ecosystem Services: A Case Study of Westham Island, British Columbia, Canada. *Agricultural Sciences*. **8**:409-425.

9 Samostatné přílohy



Obrázek 1 Pokusné plochy Uhřetěves



Obrázek 2 Hrách jarní ve směsném porostu s pšenící – výsev ob řádek



Obrázek 3 Hrách ozimý ve směsném porostu s pšenicí – výsev ob řádek



Obrázek 4 Rostliny bobu poškozené mrazem ve směsném porostu s pšenicí



Obrázek 5 Hlízky na kořenech bobu



Obrázek 6 Výsev formou směsi