

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou

Bakalářská práce

**Pavla Gregorová
Rostlinná produkce**

prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

© 2021/2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. za odbornou pomoc při psaní a také za její ochotu a cenné rady při vedení této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Aleně Škeříkové za pomoc a spolupráci při zpracování výsledků.

Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou

Souhrn

V posledních letech je věnována zvýšená pozornost směsnému pěstování dvou i více plodin na stejném pozemku. Tyto systémy umožňují zvýšení druhové pestrosti pěstovaných plodin a ve srovnání s monokulturou mohou vést k lepšímu využití půdy i efektivnějšímu využívání podmínek prostředí.

Cílem této práce bylo vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami z hlediska základních produkčních a jakostních parametrů pšenice a posoudit rozdíly v produkčních parametrech a kvalitě produkce i v závislosti na systému pěstování (ekologický, konvenční) a způsobu založení porostu (výsev ob řádek, výsev ve směsi).

Přesný polní maloparcelkový pokus s odrůdou ozimé pšenice Butterfly a vybranými leguminózami byl veden v roce 2020/2021 na ekologické i konvenční pokusné ploše Výzkumné stanice KARP v Praze-Uhřetěvesi a založen ve dvou sousedících blocích. První blok byl využit pro založení pokusu formou výsevu směsi osiva pšenice a příslušné leguminózy (po jedné odrůdě bobu obecného, hrachu setého ozimého a jarního a jetele nachového) do řádků 125 mm. Ve druhém bloku byl pokus vyséván ob řádek – nejprve byla vyseta pšenice do řádků 250 mm a ihned poté byl proveden výsev leguminózy do prostoru meziřadí. Každá varianta měla tři opakování. Ukončení vegetace všech leguminóz (jarní leguminózy díky mírné zimě nevymrzly) v rámci celého pokusu na konvenční ploše bylo provedeno herbicidním ošetřením na počátku sloupkování pšenice, na ekologické pokusné ploše byly porosty opakovaně vláčeny plečímí branami.

Vliv směsného pěstování s leguminózami na výnosy pšenice byl v ekologickém systému poměrně výrazný – při výsevu směsi pšenice a leguminóz (do úzkých řádků 125 mm) dosáhly nejvyššího výnosu pšenice varianty s hrachem jarním a ozimým – shodně 6,83 t/ha, tj. 117,6 % kontroly bez leguminózy (5,81 t/ha). Při výsevu ob řádek dosáhla nejvyššího výnosu varianta s hrachem ozimým – 6,81 t/ha, tj. 117,4 % kontroly (5,80 t/ha). v konvenčním systému dosáhla pšenice nejvyššího výnosu při výsevu směsi u varianty s bobem – 9,26 t/ha, tj. 114,3 % kontroly bez leguminózy (8,10 t/ha). U ostatních variant byl vliv směsného pěstování s leguminózou na výnos pšenice znatelně slabší a v některých případech dokonce dosáhla pšenice z variant s leguminózami mírně nižších výnosů oproti kontrole bez leguminózy.

Z hodnocení vlivu směsného pěstování pšenice s leguminózami na základní jakostní ukazatele zrna pšenice vyplynulo, že v ekologickém i konvenčním systému u variant s leguminózami až na výjimky obsah N-látek v sušině zrna mírně přesáhl obsah N-látek v sušině zrna kontrolních variant. v obou systémech pěstování byly zaznamenány u variant s leguminózou i mírně vyšší hodnoty Zeleného testu oproti kontrolám. Naproti tomu, objemová hmotnost a číslo poklesu nebyly směsným pěstováním s leguminózou ovlivněny.

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

Cultivation of common wheat in mixture with legumes

Summary

In recent years, mixed cultivation of two or more crops on the same plot has received increased attention. These systems allow for an increase in diversity of cultivated crop types and can lead to a better use of land and more efficient use of environmental conditions compared to monoculture.

The aim of this work was to evaluate the mixed cultivation of winter wheat with selected legumes in terms of the main production and quality parameters of wheat and to assess the differences in production parameters and production quality also depending on the cultivation system (organic, conventional) and the method of crop establishment (sowing row by row, sowing in a mixture).

A precise small-plot field trial was conducted with the winter sown wheat variety Butterfly and selected legumes in 2020/2021 on both organic and conventional experimental plots at the KARP Research Station in Prague-Uhřetěves and established in two adjacent blocks. The first block was used to establish the experiment by sowing a mixture of wheat and selected legume (one variety of broad bean, winter and spring pea and crimson clover) in 125 mm rows. In the second block, the experiment was sown row by row – first wheat was sown in 250 mm rows and immediately afterwards leguminosa was sown in the inter-row spaces. Each option had three repetitions. Termination of all legumes (spring legumes did not freeze due to the mild winter) was carried out by herbicide treatment at the beginning of wheat stem elongation during the trial in the conventional plot, in the organic plot the stands were repeatedly dragged with weeding harrows.

The effect of mixed cultivation with leguminosae on wheat yields was quite significant in the organic system – when sowing a mixture of wheat and leguminosae (in 125 mm narrow rows), the highest wheat yields were achieved by the variants with spring and winter peas – 6.83 t/ha, i.e. 117.6 % of the control without leguminosae (5.81 t/ha). When sown row by row, the variant with winter peas achieved the highest yield – 6.81 t/ha, i.e. 117.4 % of the control (5.80 t/ha). In the conventional system, the highest yield of wheat was obtained when the mixture was sown in the variant with beans – 9.26 t/ha, i.e. 114.3 % of the control without leguminosity (8.10 t/ha). In the other variants, the effect of mixed cultivation with leguminosity on wheat yield was noticeably weaker and in some cases wheat from variants with leguminosity even achieved slightly lower yields compared to the control without leguminosity.

The evaluation of the effect of mixed cultivation of wheat with leguminose on the basic quality parameters of wheat grain showed that in both organic and conventional systems, the content of N-substances in grain dry matter of the variants with legumes slightly exceeded the content of N-substances in grain dry matter of the control variants, with a few exceptions. In both cropping systems, slightly higher Zeleny test values were recorded for the legume variants compared to the controls. In contrast, hectolitre mass and falling number were not affected by mixed cultivation with legume.

Keywords: wheat, legumes, mixed cropping, wheat yields, production quality

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Směsné kultury a jejich přínos diverzity v porovnání s monokulturami .	10
3.1.1 Očekávané přínosy, nevýhody komplikující směsné pěstování	11
3.1.2 Komponenty směsných kultur	13
3.2 Zakládání směsných kultur.....	14
3.2.1 Různé způsoby založení porostu	14
3.2.2 Vzdálenost řádků při výsevu	15
3.3 Interakce mezi plodinami ve směsi.....	16
3.3.1 Přínosné interakce složek směsi pro podporu růstu.....	16
3.3.2 Negativní vztahy, kompetice o zdroje ve směsném pěstování	18
3.3.3 Alelopatie mezi rostlinami a přínos směsi proti jejím dopadům	18
3.4 Směs pšenice a leguminózy	19
3.4.1 Leguminózy	21
3.4.2 Ovlivnění výnosu.....	22
3.4.3 Ovlivnění jakosti.....	23
4 Metodika	24
4.1 Půdně-klimatické podmínky pokusné stanice	24
4.2 Uspořádání pokusu, přehled variant.....	25
4.3 Agrotechnika	26
4.4 Hodnocení produkčních a jakostních parametrů	27
5 Výsledky	28
5.1 Výnos zrna pšenice.....	28
5.2 Počet klasů na m² před sklizní	29
5.3 Hmotnost tisíce semen (HTS).....	30
5.4 Objemová hmotnost.....	32
5.5 Obsah N-látek v sušině zrna pšenice	33
5.6 Obsah mokrého lepku v sušině zrna	34
5.7 Sedimentační index – Zeleného test	35
5.8 Číslo poklesu.....	36

6 Diskuse	37
7 Závěr.....	41
8 Literatura.....	42

1 Úvod

Využívání smíšených kultur je doloženo již z dávné minulosti a dodnes je běžné v rozvojových zemích, kde není zavedené vysokoprodukční zemědělství. Dnešní pohled na zemědělství, také nazývané jako "moderní zemědělství závislé na energii" se soustřeďuje na zpeněžitelnost a co nejvyšší výtěžnost produkce. Začíná se však stále častěji objevovat tlak k zavedení udržitelné produkce, snížení užívání chemických vstupů a důraz na ekologii. Zemědělské systémy vyžadují velké množství vnějších vstupů. Úspěch závislý na vnějších vstupech vyžaduje fosilní paliva, minerální hnojiva, systém zavlažování a chemické postřiky na ochranu rostlin. Naproti tomu způsob pěstování plodin ve směsi vyžaduje nižší množství vstupů a díky větší rozmanitosti se zpravidla dokáže lépe přizpůsobit se změnám podmínek prostředí (Maitra et al. 2021).

Využití směsného pěstování rostlin vede k větší druhové bohatosti. Kombinace hlavní a pomocné plodiny přináší stabilitu energie a hmoty v systému, omezení degradace půdy, snížení potřeby minerálních hnojiv a pesticidů či zlepšení kvality výsledných produktů. Směsné kultury se jeví jako výhodné pro svoji dobrou adaptabilitu na měnící se podmínky prostředí a větší přizpůsobivost a samoregulaci. Uplatnění biotických interakcí mezi složkami ve směsi je příhodnou alternativou vnějších vstupů energie a práce. Očekávaným výstupem pak je vyšší výnos, lepší kvalita produkce a ekonomika pěstování (Brant et al. 2019).

Pšenice setá náleží k plodinám, které jsou nejvíce zastoupené v současných osevních sledech. Její nadměrné rozšíření však mnohdy vede k intenzivnímu rozvoji plevelů, chorob i škůdců, jejichž výskyt je právě spojený s monokulturním pěstováním; dochází rovněž k potlačování žádoucích organismů, vysoké spotřebě pesticidů a průmyslových hnojiv (McLaughlin & Mineau 1995). Je tedy pochopitelné, že je v posledních letech pozornost soustředěna právě na směsné pěstování pšenice s jinými polními plodinami, zejména leguminózami.

Smíšené kultury pšenice s dalšími plodinami však zdaleka nejsou prozkoumané v takové míře jako systémy monokulturního pěstování. Může se tedy stát, že při neoptimální volbě jednotlivých komponent směsi či při nevyhovujícím způsobu založení smíšené kultury může docházet i k negativnímu vzájemnému ovlivnění těchto komponent, což se může projevit i snížením výnosu hlavní plodiny (Brant et al. 2019).

Předložená diplomová práce si klade za cíl prověřit směsné pěstování pšenice ozimé s vybranými druhy leguminóz při různém způsobu založení porostu (výsev leguminóz ve směsi s pšenicí, výsev pšenice a leguminóz ob řádek) a vyhodnotit rozdíly mezi sledovanými variantami i v závislosti na systému pěstování (ekologický, konvenční).

2 Cíl práce

Cílem práce je vypracovat literární rešerši k problematice směsného pěstování pšenice seté s leguminózami a vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými druhy leguminóz, testované v rámci přesného polního pokusu, z hlediska vybraných produkčních a jakostních parametrů pšenice; posoudit rozdíly v produkčních parametrech a kvalitě produkce i v závislosti na systému pěstování a způsobu založení porostu (výsev ob řádek, výsev ve směsi) a vybrat varianty, které se osvědčily nejlépe.

3 Literární rešerše

3.1 Směsné kultury a jejich přínos diverzity v porovnání s monokulturami

Způsob pěstování různých plodin společně ve směsné kultuře na jednom pozemku je znám již velmi dlouhou dobu. Dodnes je směsné pěstování využíváno především malými farmáři a tradičně je uplatňováno např. v tropických i subtropických oblastech. Jednou z jeho předností jsou nízké nároky na vstupy zvenčí, které malí farmáři z rozvojových zemí nemají k dispozici (Willey 1979). Směsi jsou běžně využívány v mnoha zemích Afriky, Asie a Latinské Ameriky. Jako příklad lze uvést využití směsi fazolí a kukuřice, které pěstují lokální farmáři v Portugalsku (Rodino et al. 2001).

Druhová bohatost přináší stabilitu ekosystému. Dnes využívané plodiny a hospodářská zvířata pocházejí z druhově bohaté a rozmanité zásoby divokých druhů, z kterých byly vybrány a dále šlechtěny a selektovány. Nicméně současně je využíván jen malý výsek druhů s omezenou variabilitou, což vede ke snížené diverzitě, biologickému zjednodušení a ztrátě regulační funkce agroekosystému. Tento umělý systém bez druhové pestrosti se nedokáže sám regenerovat a vyžaduje zásahy zvenčí a pracovní zásahy člověka, které jsou značně nákladné. Snaha vrátit se k udržitelnosti zemědělských systémů vede k návratu k diverzitě a schopnosti konzervovat a regenerovat (Altieri 1999).

Konvenční způsob pěstování vyčerpává zdroje a často vede ke znečištění prostředí, na rozdíl od udržitelného zemědělství, které poskytuje stabilitu, lepší využití zdrojů a zlepšení kvality i kvantity produkce. v rámci tohoto způsobu je často zaváděno pěstování směsí, což je systém, kdy dvě a více plodin jsou vysety na pole v jednom vegetačním období. Jejich fáze růstu se musí alespoň částečně překrývat, takže se plodiny vyskytují na poli alespoň po část svého růstu současně. Ve směsi lze pěstovat jednoleté plodiny, dále lze pěstovat jednoleté plodiny společně s víceletými, a také lze pěstovat ve směsi několik víceletých plodin. Typy pěstování se dělí na pěstování v řádcích, kdy je hlavní plodina vysetá do řádků a pomocná plodina může být také v řádcích nebo plošně. Pěstování formou směsi, kdy obě plodiny jsou vysety bez patrných řádků je časté v pastevních směsích leguminóz a trav. Další možností je pěstování jednotlivých složek směsi v samostatných řádcích, ale plodiny mohou stále společně interagovat. A poslední možností je pěstování jako podsev, kdy se plodiny překrývají pouze částí svého růstového cyklu (Mousavi & Eskandari 2011).

Směsi se již dlouhou dobu uplatňují při výsevech plodin ke krmným účelům. Nejčastěji byly používány směsky s ozimými meziplodinami, které obsahovaly hlavně jeteloviny, trávy případně i luskoviny a obilniny. Dále se běžně používají směsi meziplodin pro meziporostní období, které jsou nejčastěji složeny z hořčice seté, svazanky vratičolisté a pohanky obecné či dalších druhů (Brant et al. 2015).

Výhody v současnosti využívaného způsobu pěstování plodin v monokulturách jsou beze sporu značné, ale zároveň se vyznačují jistými omezeními. v monokultuře je značně snížena diverzita, protože je cílem pěstovat pouze jeden druh plodiny na pozemku. Způsob setí je na celém pozemku uniformní a použita je jedna technologie na založení porostu. Pěstovaný druh je geneticky uniformní. Zdroje jsou dodávány zvenčí. Nevýhodou tohoto systému je jeho negativní vliv na prostředí, a to nejen ztrátou biodiverzity, ale větší zátěží na prostředí kvůli nezbytnosti dodávání hnojiv a chemikálií, jednostrannému čerpání zdrojů a může docházet až

ke znehodnocování půdy. Směsné systémy jsou na druhou stranu považovány za návrat k přirozeným systémům. Uplatňují se poznatky principů biodiverzity, rostlinných interakcí a jiných mechanismů. Očekává se od nich pomoc se stabilitou výnosů, přínos větší samostatnosti a odolnosti bez potřeby tolika zásahů zvenčí. Nicméně založení směsi je náročnější, protože může vyžadovat několik rozdílných způsobů založení porostů a jednotlivé komponenty vyžadují po dobu růstu odlišné přístupy (Malézieux et al. 2009).

3.1.1 Očekávané přínosy, nevýhody komplikující směsné pěstování

Funkce pomocných plodin je chápána jako pomoc hlavní plodině k dosažení pěstebních a ekologických cílů. Tyto plodiny mají vliv hlavně na ochranu půdy, zabránění erozi, ztrátu vody a podporují půdní agregáty. Dále působí proti zaplevelení a výskytu škůdců a v neposlední řadě napomáhají tvorbě biomasy na pozemku (Brant et al. 2017a).

Díky vztahům mezi složkami směsi lze dosáhnout nárůstu produkce při nižších vstupech zvenčí, než je tomu u monokultury. Když je pěstována pouze jedna plodina na pozemku, lze dosáhnout zvýšení výnosu přidáním hnojiv a vody, což jsou vnější vstupy. v prostřední s nižší dostupností živin a vody je velmi prospěšná mezidruhovú interakce pěstovaných složek směsi. Nicméně složky se musí společně doplňovat a být si navzájem prospěšné (Gaba et al. 2015).

Přínos pěstování směsných systémů spočívá v několika aspektech. Jako první je důležité poukázat na stabilitu systému. Vzájemně prospěšné vztahy mezi plodinami ve směsi přináší propojení celé kultury, a také různorodější reakce na změny prostředí, díky kterým lze vybalancovat nepříznivé podmínky. Dalším efektem je zvýšení výnosu a kvality. Výnos ze směsi je schopný se vyrovnat průměrnému výnosu jedné plodiny v monokultuře. A například přítomnost leguminóz ve směsi může navýšit obsah dusíku v obilninách (Malézieux et al. 2009).

Pokusy Vrignon-Brenasse et al. (2018), v kterých pěstovali společně ozimou pšenici a jetel setý, prokázaly nárůst výnosu a zvýšení obsahu N-látek v pšenici. Při samotném pěstování pšenice v ekologickém systému, vykazují její zrna nižší obsah N-látek, protože pšenici chybí přihnojení dusíkem. Po přidání jeteloviny, která je schopná zpřístupnit dusík pro hlavní plodinu, díky své schopnosti fixovat vzdušný dusík z atmosféry, je patrný nárůst N-látek. Množství fixovaného dusíku leguminózou je dáno objemem nadzemní suché biomasy jetele. Jetel může být vysetý zároveň s pšenici ve směsi. Obě plodiny tak vzejdou ještě v podzimním období. Nicméně při této variantě může vzcházející jetel konkurovat pšenici na počátku jejího růstu. Tomu lze zabránit snížením výsevu leguminózy. Přínosem společného výsevu je prodloužení vegetační doby jetele, čímž je prodloužena doba fixace vzdušného dusíku do nadzemní biomasy. Další možností je vysít jetel na jaře jako podsev do pšenice, jejíž meziřadí bylo připraveno mechanickým plečkováním. Nicméně v některých případech může pěstování ve směsi i s podsevem způsobit snížení výnosu a obsahu bílkovin u pšenice. Proti tomu lze bojovat jarním přihnojováním, které pomůže pšenici lépe přerůst leguminózu a plevele, protože v případě dostupného množství zdrojů se umí nejlépe přizpůsobit a konkurovat právě pšenice. I když právě jarní hnojení pomáhá vyrovnat rozdělení zdrojů a navýšit výnos a obsah bílkoviny u pšenice, snižuje se tím schopnost růstu jetele. Na spolupráci obou plodin má také veliký význam region a vhodné klimatické podmínky.

Dalším přínosem směsi je regulace chorob a škůdců. Pomocná plodina ve směsi může snížit působení škůdců, znesnadnit jejich rozmnožování, je schopna znesnadňovat lokalizaci hostitelské plodiny, může působit jako fyzická bariéra, a dokonce je může odpuzovat nebo může poskytnout prostředí pro predátory nežádoucích škůdců (Malézieux et al. 2009; Gaba et al. 2015).

Komponenty směsi mohou účinně konkurovat plevelům, a tak potlačovat jejich růst. Jde například o inhibici růstu plevelů kompeticí o zdroje (Malézieux et al. 2009; Vrignon-Brenas et al. 2018). Na potlačení plevelů má vliv časová i prostorová variabilita. Oproti úplným monokulturám, kde nejsou plodiny obměňovány ani v průběhu let, je střídání plodin a pěstování plodin ve směsích prokazatelně úspěšnější v potlačování plevelných rostlin. Ještě účinnější je, když je ve směsi více rozdílných plodin. Hlavní výhodou při rotaci plodin na pozemku je kompetice plodin o rozdílné zdroje, alelopatie některých plodin, během let se střídáním plodin mění působení na půdu a jinak narušují společenstva plevelů (Liebman & Dyck 1993). Od různorodějšího složení druhů plodin na poli se očekává negativní vliv na diverzitu plevelů a potlačení jejich růstu. Množství biomasy plodin značně ovlivňuje, na kolik bude potlačen růst plevelů. Při pokusech s ječmenem a hrachem setým prokázal ječmen dobrou schopnost potlačování růstu plevelů sám o sobě. Hrách nevykazoval dostatečné schopnosti v kompetici s plevely. Při smíšeném pěstování hrachu a ječmene byly výsledky v potlačení ostatních druhů dobré. Ječmen je sám o sobě schopen kumulovat nejvíce dusíku, proto potlačuje ostatní druhy. Při společném pěstování hrachu a ječmene každý druh využívá odlišné zdroje dusíku, proto jsou schopné růst úspěšně ve směsi. Celkový vliv na plevele je tedy největší u samotného ječmene, ale ve směsi je výsledný vliv na složení plevelných společenstev při opakování pokusů stabilnější. Užití pomocných plodin je výhodná cesta pro snížení množství užívaných herbicidů (Poggio 2005).

Schopnost směsi potlačovat plevele je také dána schopnostmi pomocné plodiny. Ta může přímo konkurovat plevelům o zdroje, nebo může vylučovat chemické látky kořeny a zabraňovat tak díky svému alelopatickému působení vyklíčení semen plevelů. Tento inhibiční vliv mohou mít i mrtvé zbytky pomocné plodiny ponechané na pozemku, případně může mrtvá biomasa bránit přístupu světla a růstu, pokud je opět ponechána na půdě (Brant et al. 2018a).

Meziplodiny dokážou potlačovat výskyt výdrolu obilnin na pozemku po sklizni. Pěstování pomocných plodin v meziproductním období přináší výhodu produkce nadzemní biomasy, pokrývnost půdy, která by ležela několik měsíců bez vegetace. Vzcházivost meziplodiny záleží na druhu, na ročníku a podmínkách při vzcházení, jako je množství srážek a teplota. Ovlivnění vzcházivosti se dosahuje vhodným zvolením termínu výsevu. Meziplodinou je chápána plodina, která je vysetá za účelem využití neoseté půdy v období mezi pěstováním hlavních plodin. Podílí se na zlepšování kvality půdy, brání její erozi a vyplavování živin. Jako nejlepší meziplodiny, které potlačují výdrol pšenice jsou hořčice setá a svazanka vratičolistá. Nejvíce potlačuje plevele hořčice setá. Výdrol je nežádoucí, protože je rezervoárem chorob a škůdců na pozemku v období, kdy na něm není hlavní pěstovaná plodina. Na druhou stranu poskytuje ochranu před erozí a produkuje biomasu, ale je výhodnější potlačit výdrol vhodnou meziplodinou a přerušit přítomnost hlavní plodiny na pozemku (Brant et al. 2009).

Velkým přínosem směsi pro prostředí je její dlouhodobé působení na zlepšení podmínek, větší druhová pestrost, poskytování různorodých habitatů pro prospěšné živočichy, recyklace živin, ochrana půdy a vody (Malézieux et al. 2009; Gaba et al. 2015). v neposlední řadě směsi

poskytují ekonomický zisk díky přínosu pěstovaných plodin na plochu půdy za dobu, po kterou jsou na pozemku (Malézieux et al. 2009).

Využití směsi v ekologickém zemědělství je výhodné díky nižším požadavkům směsi na vysoké vstupy agrochemikálií a průmyslových hnojiv. Pěstování směsi pšenice a leguminózy je přínosné z ekonomického hlediska, protože se pšenice dobře zpeněžuje a leguminózy jsou žádané vysokoproteinové krmivo pro dobytek. Pro sklizeň obou složek současně se využívá raných forem luskovin, které dozrávají zároveň se pšenicí. Sklizená směs může být následně rozdělena, anebo zkrmována jako směs pro dobytek (Bulson et al. 1997).

Přínosem směsi ještě může být zajištění úspěšného vzejití alespoň části porostu, když nejsou zrovna příznivé podmínky. Díky tomu, že se od sebe druhy ve směsi odlišují, mohou některé složky překonat nepříznivá období, která pro ně nejsou tak kritická jako pro jiné složky. Tím dosáhnou požadovaného růstu a zajistí alespoň částečný pokryv půdy. Díky využití více druhů je zajištěna rovnoměrná tvorba nadzemního porostu a také zapojení kořenového systému, který efektivněji odsadí půdní prostor. Složky směsi se vzájemně podporují a tvoří rozmanité společenstvo, které zároveň dotváří celkový vzhled krajiny a poskytuje různorodý porost (Brant et al. 2017b).

Za negativa se dá považovat oddálený výnos některých víceletých směsí, provázanost směsí s určitými klimatickými podmínkami, obtížně stanovitelný ekologický přínos, který nelze přesně nacenit, a také požadavky na práci a její produktivitu, které se liší od pěstování plodiny v monokultuře. Někdy nároky směsi převyšují její přínosy (Malézieux et al. 2009).

Hauggaard-Nielsen et al. (2005) uvádějí mezi negativy směsných kultur jejich obtížně mechanizovatelné pěstování, nebezpečí poškození jedné plodiny při sklizni druhé, poukazují na hrozící přečerpávání živin a také na tvorbu prostředí pro množení škodlivé organismy. Dále jsou často překážkou tlaky na ekonomiku pěstování a nařízení či omezení ze stran vlády dané země. Směsné systémy jsou složitější oproti monokulturám a zatím jsou málo prozkoumané vztahy mezi složkami. Systémy často nejsou považovány za ekonomicky výhodné.

Brant et al. (2019) poukazují také na vyšší nároky na agrotechniku, zejména potřeba speciální secí techniky pro zakládání porostů. Také je podle nich důležité správné zvolení složek do směsi, což má významný vliv na úspěšnost pěstování. A v neposlední řadě je nezbytné mít v konvenčním systému pěstování k dispozici dostatek účinných chemických látek pro ochranu porostů.

3.1.2 Komponenty směsných kultur

Pro vhodné složení směsi se používají odlišné druhy, které přinesou rozdílné vlastnosti celkovému porostu. Jednou z možností může být kombinace méně vzrůstné plodiny s druhem s vyšším výškovým potenciálem. Například leguminózy, které dosahují nižší výšky a pokrývají půdu, mohou být nakombinovány s plodinami, které je převyšují. To jsou některé plodiny z čeledi brukvovitých či hvězdnicovitých. Aby však vzrůstnější druhy nepotlačily nízké plodiny a nezastínily je úplně, je vhodné zvolit nižší hustotu plodiny, která je schopná dosáhnout vyšší výšky (Brant et al. 2017c).

Jednotlivé odrůdy fazolu, které byly použity ve směsi s kukuřicí, vykazují různé výsledky s ohledem na jejich odlišné genotypy. Zvolením optimálních složek pro danou směs v určité lokalitě, umožňuje vyvážit výnos a ekonomické aspekty pěstování směsi, tak aby se vyplatila

více než monokultura. Vzájemné vztahy mezi složkami směsi jsou proto vyhodnoceny jako přínosné, když splňují požadavky, které by nebyly splněny při pěstování jednotlivých složek samostatně (Santalla et al. 2001).

3.2 Zakládání směsných kultur

Na vzcházení porostu a vyrovnaný růst složek směsi má výrazný vliv způsob založení porostu. Dle velikosti semene a také podle jeho nároků a požadavků je nutné zvolit optimální hloubky setí. Při výsevu lze používat kombinaci různé pracovní techniky. Pro vysévání větších semen je vhodné zvolit výsev do řádků a pro menší semena způsob rozhozem. Úprava velikosti výsevu pomáhá potlačit konkurenci mezi plodinami, proto je lepší snížit výsevek při řádkovém výsevu až o 50 % pro stabilitu mezi složkami. Příhodnou kombinací je spojení plodiny, která má nižší počáteční růst, jako jsou například rostliny ze skupiny leguminóz, s plodinami, jejichž počáteční růst je dynamický, k nim jsou řazeny obiloviny a trávy (Brant et al. 2018a).

Nejjednodušší založení směsného porostu je při využití plodin se semeny přibližně stejné velikosti, které se příliš neliší v požadavcích na hloubku výsevu. U výsevů meziplodin se využívá řádkový výsev případně pneumatické secí stroje pro výsev drobnosemenného osiva. U řádkových výsevů lze odděleně vysévat dva komponenty do samostatných řádků, jako je tomu například u luskovinoobilných směsek (Brant et al. 2015).

Hustota setí ovlivňuje výnos. Při pokusech s hustotou výsevu u pšenice a bobu pěstovaných ekologickým způsobem bylo prokázáno, že pokud se u samotně pěstované pšenice porovnávají výnosy z ploch osetých 25, 50, 75 a 100 % hustoty výsevu podle doporučené hodnoty, výnosy se zvyšují. Stejně je tomu i u bobu. Překročení doporučeného výsevu na 150 % přestává přinášet nárůst výnosu a spíše výnos snižuje. Tyto výsledky odpovídají pokusům s výsevky v konvenčním zemědělství. v ekologicky pěstované směsi pšenice a bobu byl pozorován nárůst množství dusíku v zrna i v rostlině obilniny, pokud se zvyšoval výsevek luskoviny. Ale při velké hustotě luskoviny byl celkový obsah dusíku v obilnině nízký, protože bob potlačil porost obilniny (Bulson et al. 1997).

3.2.1 Různé způsoby založení porostu

První možností, jak lze založit porost z více složek, je souběžné pěstování více plodin na jednom pozemku, při dvou to mohou být hlavní a pomocná plodina, kdy pomocná může zajišťovat případný zisk při neúrodě hlavní plodiny, pomáhá proti erozi půdy a zlepšuje úrodnost, potlačuje plevele atd. Tímto způsobem se ale na výnos pěstuje pouze hlavní plodina a vedlejší plní jen pomocnou funkci. Jednou z dalších možností je, že obě plodiny mohou přinášet výnos, který je sice menší než u plodiny pěstované v monokultuře, ale dohromady je celkový výnos větší. Při založení jsou složky odděleny prostorově například do řad či časově rozdílným termínem výsevu (Liebman & Dyck 1993).

Další způsob dělení směsi podle založení porostu je následující (Brant et al. 2018b):

- Obě plodiny jsou vysety současně, a výnos je sklizen rovněž z obou plodin.
- Souběžné založení porostu, kdy pomocné plodině není umožněno dozrát a je umrtvena ještě před sklizní hlavní plodiny.
- Využití porostu pomocné plodiny, který je buď ponechán, nebo umrtven a následně je do něj vyseta hlavní plodina.

- Posledním způsobem je přidání pomocné plodiny do porostu hlavní plodiny v polovině vegetační doby.

Jednou z možností využití pomocné plodiny, která zároveň slouží jako přídavek do osevního postupu poskytující různorodost, je vysev hlavní plodiny do živého mulče pomocné plodiny. Přínosem meziplodiny je snížení obsahu nitrátů v půdě a ovlivnění vzcházení některých plevelů. Je zde využito mechanizace pro částečné umrtvení meziporostu a setí následné plodiny do nezpracované půdy. Nicméně takovéto založení porostu může snížit výnos hlavní plodiny, ale naopak zabraňuje vyplavování živin v období, kdy je na pozemku meziplodina a podporuje zachování struktury půdy, vysokou pokryvnost a omezení evaporace a redukuje plevel. Další možností jsou pásové výsevy, kdy je půda zpracována kypřicí radlicí a půdní frézou v pásch. Používá se na strniště, ale také do porostů pícnin. Pomocná plodina je ponechána v meziřádku, a pomáhá s potlačení eroze půdy a vývojem plevelů a usnadňuje vsakování vody. Třetí možností je souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny. Hlavní i pomocná plodiny jsou na plochu vysety současně. Je možné využít cíleného rozmístění hlavní plodiny a náhodného rozmístění pomocné. Nebo lze obě plodiny rozmístit cíleně. Jako efektivní se jeví první způsob, kdy je hlavní plodina vyseta do úzkých řádků a pomocná plodina je vyseta plošně na povrch půdy. Přesnější, ale náročnější je vysetí obou plodin přesně a cíleně do řádků, a to jak do úzkých, tak i do širokých (Brant et al. 2019).

3.2.2 Vzdálenost řádků při výsevu

Pro potlačení konkurence mezi složkami směsi se jako vhodný způsob ukazuje založení plodin samostatně do vlastních řádků. Optimální počet rostlin obilnin s podsevem luskoviny na metr čtvereční je od 190 do 240 rostlin. Doporučuje se tedy snížit výsevek oproti samostatnému pěstování pšenice, což je přínosné jak ekonomicky, tak také po stránce technologické (Brant et al. 2018c).

Při zvolení příliš velké meziřádkové vzdálenosti může docházet k neefektivnímu využívání sluneční energie dopadající na porost. v opačném případě, kdy zvolíme příliš vysokou hustotu porostu, mohou rostliny způsobovat zastínění, a tudíž může nastávat větší kompetice o zdroje a vodu. Směr, kterým jsou vysévané řádky orientovány ovlivňuje, jak je porost osvětlen. Ideálními podmínkami je uniformní porost, který dokáže přijímat sluneční energii vyrovnaně a dosáhnout tak největších možných výsledků z fotosyntézy. Teplota porostu v pokusu nebyla zásadně ovlivněna vzdáleností řad, ale jejich orientace měla na teplotu v porostu vliv. Orientace porostu od severu k jihu vykazovala nejvyšší výnosy a v daných podmínkách byla tedy nejúspěšnější (Pandey et al. 2013).

V pokusu Echarte et al. (2011) zkoušeli výsevky sóji s kukuřicí nebo se slunečnicí. Výnosy těchto směsí byly nižší než výnosy plodin v monokultuře s jedinou výjimkou, která byla u pokusu s nízkou hustotou výsevu slunečnice. Odklon od očekávaného výsledku mohl být způsoben právě rozdílnými hustotami a podmínkami, v kterých byly směsi pěstovány. Výnos z jedné rostliny ve směsi byl větší než z rostliny pěstované v monokultuře, nicméně prostorové rozložení porostu snížilo celkový součet výnosu.

3.3 Interakce mezi plodinami ve směsi

Vzájemné vztahy mezi dvěma a více plodinami ve směsi lze rozdělit do tří skupin (Bedoussac et al. 2015):

- 1) kompetice o zdroje, které jsou využívány oběma plodinami
- 2) vztah, který je založený na vzájemném doplňování plodin, kdy plodiny čerpají zdroje a využívají prostor časově či přístupově oddělený a nedochází tedy mezi nimi ke kompetici, ale naopak využívají zdroje lépe a mohou z nich vytěžit více
- 3) facilitace, kdy jde o prospěšný vztah, kde je usnadněný růst plodiny díky vzájemnému vztahu a jejich působením na prostředí.

Růst plodiny a její příjem živin může být ovlivněn půdním typem a pH půdního prostředí. Interakce směsi v prostředí tedy závisí na reakci jednotlivých složek na prostředí a také, jak na sebe složky navzájem působí. v nepříznivém prostředí, v kterém je nedostatek určitého prvku, může mít jedna z plodin ve směsi účinnější strategii pro získávání daného prvku. Druhá složka, která nedokáže prvek v nízké koncentraci přijímat, nemá ani pomoc od první plodiny a ve směsi může být potlačena (Wang et al. 2007).

Růst a výnos plodiny je omezen zdrojem, který se vyskytuje v nejmenším množství. Dále o růstu rozhoduje, jak účinně dokáže rostlina limitní zdroj využít. Výnos je také velmi ovlivněn podmínkami prostředí a fyziologickými procesy. Záleží na klimatu, na půdě a na výskytu chorob a škůdců. Výnos lze ovlivnit agronomickými zásahy jako je termín setí, způsoby hnojení a zvolené ošetření proti škůdcům. Zvýšení efektivity zdrojů lze také dosáhnout pěstováním více plodin ve směsi. Dobré výsledky má kombinace plodin, které mají rozdílné období hlavního růstu, a proto si plodiny vzájemně nekonkurují o růstové zdroje. Právě schopnost přijímat živiny a získávat je lépe, než ostatní komponenty ve směsi je významně ovlivněna prostředím. Pokusy prováděné v určitém prostředí za určitých podmínek nemusí při zachování složek směsi být úspěšné z hlediska výnosu. Výnosy jsou ovlivněny schopností přijímat zdroje, účinně je využívat a také rozdělováním asimilátů do částí rostliny, které se podílejí na výnosu. Komponenty ve směsi na sebe mohou působit jak pozitivně, tak i negativně. Mohou poskytnout příznivé prostředí pomocí zastínění. Větší pokryvnost půdy zajišťuje snížení evaporace, čímž udržuje vláhu v půdě, a následně zúrodňuje půdu. Na druhou stranu mohou konkurovat o zdroje a prostor a potlačovat se v růstu. Když například bujněji rostoucí plodina zastíní příliš slabě rostoucí plodinu ve směsi, ta přestane přirůstat jak v nadzemní, tak v kořenové části, čehož bujně rostoucí plodina využívá a o to více přirůstá a způsobuje ještě větší zastínění. Dále pokud je rostlina schopná zrychleného počátečního růstu, překoná vzrůstem ostatní komponenty ve směsi a stane se dominantní. Složky ve směsi by ideálně měly mít rozdílnou dobu hlavního růstu, kdy čerpají potřebné živiny, aby se snížil tlak konkurence. Ta může sice i přes to nastat, ale komponenty, které mají stejné období hlavního růstu si konkurují mnohem více a celá směs poté vykazuje nižší celkovou produktivitu (Fukai & Trenbath 1993).

3.3.1 Přínosné interakce složek směsi pro podporu růstu

Uplatnění souběžného pěstování nebo využití podsevu, při kterém se složky směsi překrývají částí své vegetace, ukazuje na nezanedbatelný vliv hlavní plodiny na krycí meziplodinu. Krycí plodina čerpá z příznivého mikroklimatu v horní vrstvě půdy. Krycí

plodina sama poskytuje ochlazení nadzemního prostředí zastíněním půdy svojí biomasou, díky čemuž je zadržena půdní vlhkost (Marens 2001).

Při zkoumání vlivu vztahů na růst, se mezi nadzemní biomasou složek směsi a podzemní biomasou prokázalo, že vzájemná interakce mezi nadzemní biomasou pomáhá s navýšením výnosů jednotlivých složek. Interakce mezi kořeny složek jsou také důležité, avšak jejich vliv na výnos je menší a spíše ovlivňuje kompetici mezi složkami či případnou vyrovnanost ve vztahu plodin a významně se podílí na příjmu živin z půdy. Nicméně interakce mezi kořeny působí na růst nadzemní biomasy a na množství listové plochy. Bylo prokázáno, že bez interakce mezi kořeny složek ve směsi, kdy spolu nadzemní části rostlin interagují, jsou si listové části rostlin také vzájemně prospěšné (Willey & Reddy 1981).

Vliv na společný růst celé směsi má vzájemná interakce kořenů jednotlivých komponent. Vývoj kořenů se projevuje na příjmu živin, což samo o sobě je zatím málo prozkoumané, avšak viditelný a měřený projev úspěšného čerpání živin se projevuje na nárůstu výnosu plodiny. Pozitivním vzájemným působením si složky směsi navzájem pomáhají v růstu. Na úrovni kořenů je tento vztah, facilitace, umožňován například změnou rozložení kořenů nebo nepřímo u leguminóz, které poskytují dusík plodině, s kterou jsou ve směsi. Vzájemné vztahy tedy mohou působit přímo na růst a uspořádání kořenů, nebo mohou ovlivňovat příjem živin a blízké okolí kořenů, které zahrnuje půdní prostředí a mikroorganismy, jež mohou přinášet užitek, nebo mohou být odpuzovány, pokud by mohli nepříznivě působit na rostlinu. Kořenové exudáty produkované jednou složkou směsi můžou ovlivňovat příjem živin druhou plodinou (Ehrmann & Ritz 2014).

Pěstování rostlin ve směsi podporuje růst kořenů, například při pěstování pšenice ve směsi s kukuřicí, byla délka kořenů pšenice delší než při pěstování v monokultuře. Kukuřice byla sice omezena růstem do šířky, ale přesto celková délka jejích kořenů byla také větší než v monokultuře. Kořeny plodin pěstovaných ve směsi zabírají větší objem v půdě, než plodiny pěstované samostatně. Nicméně pozitivní vliv pěstování ve směsi se na plodině může projevit až po sklizni druhé plodiny. Proto tedy kořenový systém kukuřice významně narostl až po sklizni pšenice (Li et al. 2006).

S kořeny rostlin jsou v mutualistickém prospěšném vztahu mykorhizní houby, jež prospívají plodinám při příjmu živin a nárůstu výnosu. Houby benefitují příjmem uhlíkatých látek vytvořených rostlinou při fotosyntéze. Při kombinaci více plodin do směsi jsou mykorhizní houby vzájemnými vztahy mezi plodinami také ovlivněny a je patrná změna jejich prostorového uspořádání. Ve směsi obilnin a leguminóz je patrná větší přítomnost mykorhizních hub (Li et al. 2009).

Facilitace jako prospěšný vztah zlepšující prostředí v souvislosti s kořenovými interakcemi pomáhá jak v příjmu živin, pomocí mykorhizních vztahů, tak tvorbou mikroprostředí pomocí kořenových exudátů v půdě v blízkosti kořenů a pomáhá s přijímáním vody. Přínos facilitace je nejen v chudých půdách a v ekologickém zemědělství, ale svou pomoc poskytuje i v intenzivním zemědělství. Facilitace může být například působení rostlin na prostředí a zlepšení životních podmínek, zpřístupňování zdrojů pro ostatní organismy, podpora symbiotických hub v půdě, potlačování škodlivých faktorů (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005).

3.3.2 Negativní vztahy, kompetice o zdroje ve směsném pěstování

Při kompetici složek směsi o zdroje dochází k nízkému nárůstu nadzemní biomasy plodin oproti hodnotám v monokultuře. Kompetice mezi složkami tedy může vést k nižší výkonnosti směsi. Při porovnání složek směsi mezi sebou lze určit, která z plodin je v kompetici úspěšnější, tedy která složka je dominantní a která je podřízená. z těchto hodnot je dále poznat míra a schopnost konkurovat. Právě tato schopnost je dána rozdílným růstem nebo schopností překonávat nepříznivé podmínky (Maitra 2000).

Konkurence mezi jednotlivými plodinami ve směsi závisí na jejich dynamice růstu, a hlavně porovnání těchto dynamik mezi sebou u jednotlivých složek. Při silné převaze jedné plodiny, je silně potlačen růst všech ostatních rostlin. Zabere-li tak jedna plodina díky svému většímu vzrůstu všechny zdroje, jako jsou půda a voda, a znemožní ostatním přijímat i sluneční světlo, jsou tyto zastíněné rostliny nuceny použít dlouhivého růstu a dorůst za světlem, avšak za cenu odumírání listů. Nedokáže-li zastíněná rostlina dosáhnout světla, nemůže dominantní rostlině konkurovat. Naopak ve vyrovnaném porostu je dán prostor i slabší plodině, která má šanci dosáhnout na zdroje přístupné dominantní rostlině a posílí kvůli tomuto dosažení svého růstu (Brant et al. 2019).

Vztah mezi složkami směsi je značně ovlivněn druhem plodin pěstovaných společně. Při pěstování bobu s kukuřicí, vykazoval bob vyšší výnos, biomasu a také více fixovaného dusíku v porovnání k bobu pěstovanému ve směsi s pšenicí. Bob je s pšenicí pěstován jako pomocná plodina, která podporuje plodinu hlavní, v tomto případě pšenice. Bylo prokázáno, že při dosažení bobu jako hlavní plodiny do této směsi, je bob potlačován. Jeho výnos i biomasa jsou nižší než při pěstování v monokultuře. z toho vyplývá, že mezi pšenicí a bobem panuje kompetice, z které více těží právě pšenice. Kdežto při interakcích ve směsi s kukuřicí jsou výsledky bobu pozitivní, to znamená že vztah mezi kukuřicí k bobu je přínosný (Fan et al. 2006).

Povaha vztahu mezi plodinami závisí na dostupnosti zdroje, kdy pozitivní a velmi prospěšný vztah je mezi plodinami za nepříznivých podmínek, ale v normálních až příznivých podmínkách může být kompetitivní a velmi nežádoucí. Například při dostatečné zásobě vody v půdě dochází k silné kompetici mezi plodinou hluboko kořenící a mělce kořenící. Naopak v období sucha si tyto dvě plodiny mohou být prospěšné a hluboko kořenící rostlina může poskytovat pomoc přinášením vody z větší hloubky. Ke kompetici se dále řadí například boj o světlo či o živiny a samozřejmě také o vodu v podpovrchových částech půdy. Kompetice může také ovlivnit celkové množství biomasy, které může být následkem boje o zdroje velmi nízké (Singh et al. 2020).

3.3.3 Alelopatie mezi rostlinami a přínos směsí proti jejím dopadům

Alelopatie je vztah mezi rostlinami, kdy jeden druh působí negativně na všechny ostatní druhy ve svém okolí případně i na jedince stejného druhu pomocí chemických látek, které vypouští do svého prostředí pomocí kořenů. Může se jednat o obranu proti jiným rostlinám, případně i proti škůdcům. Principů alelopatie lze využít i v ekologickém zemědělství právě pro boj s plevely a škůdci. Nicméně pozorovaný pozitivní efekt může být nežádoucí, pokud by alelopaticky působila jedna složka směsi na druhou (Macías et al. 2019).

Alelopatie je zkoumaná u pšenice, kde je pozorováno její působení na potlačení růstu některých plevelů. Soustavné pěstování pšenice na pozemku bez přerušování pěstebního sledu

v následujících letech prokazatelně vede k akumulaci alelopatických látek v půdě, čímž může být potlačený růst následné pěstované plodiny na pozemku. Chemikálie produkované pšenicí mohou také negativně ovlivnit vývin kořenů a výnos samotné pšenice. v tomto případě se jedná o autotoxicitu. Přes přínosy alelopatie pro potlačení růstu plevelů či vývoj herbicidů pro praktické využití, je nutné počítat s negativním efektem a možným potlačením růstu plodiny pěstované ve směsi s rostlinou produkující alelopatické toxické látky. Tato reakce nemusí ovlivňovat plodinu jenom přímo, ale také může působit později, pokud jsou toxiny naakumulované v půdě (Wu et al. 2001).

Využití více složek ve směsi přináší výhodu potlačení vzájemných negativních interakcí, jež mohou být například alelopatické působení jednoho druhu v monokultuře na následující plodinu. Díky vzájemným interakcím složek ve směsi a celkové vyšší biodiverzitě na pozemku je potlačeno inhibiční působení a akumulace látek v půdě pro budoucí plodinu, která přijde na pozemek po směsi. v případě pěstování další plodiny po monokultuře by akumulace toxických látek nebyla potlačena složkami směsi a mohla by negativně ovlivnit růst následné plodiny (Brant et al. 2017b).

3.4 Směs pšenice a leguminózy

Farmáři hospodařící na malých plochách například v Africe nalézají v směsném pěstování obilnin a leguminóz potravinovou stabilitu a jistotu výnosů i přes nedostatek dostupných hnojiv. Využívají fixaci dusíku leguminózami pro podporu obilnin ve směsi a dále k zúrodnění půdy. Uplatnění leguminóz nejen jako zelené hnojení, ale také jako krycí plodiny brání erozi půdy, napomáhá vstřebávání vody a snižuje znečištění prostředí (Massawe et al. 2016).

Fyziologické a morfologické odlišnosti mezi složkami směsi jsou výhodnými vlastnostmi pro společný růst a interakci. Obilniny na rozdíl od leguminóz mají vyšší vzrůst a dobře reagují na proměnlivé prostředí. Častěji jsou proto leguminózy utlačovány a zastínovány obilninami, což jde výrazně ovlivnit řádkovou vzdáleností. Obilninám zastínění tak často nehrozí (Fujita et al. 1992).

Při pečlivém výběru pomocné plodiny ovlivňuje pozitivně hlavní plodinu správně zvolená leguminóza díky své schopnosti poutat dusík, právě přínosem dusíku hlavní plodině, který je srovnatelný s dodáním dávky dusíku hnojením. Pěstováním ve směsi byl dále navýšen obsah bílkoviny v zrně oproti variantě pěstované v monokultuře (Singh et al. 1986).

Pěstování pšenice, potažmo i ostatních obilnin, s leguminózami je nyní stále častěji voleno v ekologickém zemědělství. Leguminózy ve směsi ovlivňují produkci a celkový výnos a pomáhají růstu hlavní plodiny. Zároveň jsou vzájemné interakce prospěšné pro samotné leguminózy, které při zařazení do směsi kladně reagují a dávají větší výnos (Bedoussac et al. 2015).

Užitečnost směsného pěstování záleží na podmínkách, které ovlivňují růst plodin ve směsi. Pro posouzení užitkovosti a efektivnosti se lze zaměřit na indikátory, které poukazují na přínos leguminóz ve směsi při potlačování plevelů a při fixaci dusíku. Takovým indikátorem může být množství biomasy vytvořené leguminózou. Při zohlednění indikátorů je možné zvážit, zda jsou případné přínosy pěstování plodin ve směsi dostačující a včasně tak zvolit jinou

metodu či jinou plodinu, pokud je krycí plodina vysetá první a hlavní plodina je přisévána do této krycí plodiny (Vrignon-Brenas et al. 2016).

Využití leguminóz jako mulč připravený pro zasetí obilnin přináší spoustu prospěšných podmínek pro růst obilnin. Ať už je to využití živého, ale i mrtvého mulče bobovitých, který chrání půdu před erozí, snižuje nutnost dávky minerálních hnojiv a udržuje půdní organickou hmotu, přístupnost dusíku a potlačení plevelů. Setí do živého mulče může nabídnout ještě mnohé další výhody, jako jsou pokryvnost půdy během celého roku, tvorba biomasy a snížení ceny díky menším vnějším vstupům. Nicméně mulče leguminóz mohou představovat kompetitora pro pšenice. Pro lepší prosazení obilniny se využívá užší řádkový výsev případně založení ozimého porostu na podzim. Pokud by leguminóza převážila obilninu, snížil by se tím výnos hlavní plodiny (White & Scott 1991). Využití leguminózy jako živého mulče pro pšenici, který má potlačit plevele na pozemku, tady může vést i ke snížení výnosu pšenice. Účinnost krycí plodiny nevyplývá pouze z vhodně zvoleného druhu, ale také ze složení společenstva plevelů na pozemku, které má pomocná plodina potlačit (Hiltbrunner et al. 2007).

Často je využíváno směsí jako krmiva pro hospodářská zvířata. Jsou voleny směsi obilnin s luskovinami. Luskoviny jsou ceněné pro svůj vysoký obsah bílkovin, ale protože mají nižší množství biomasy, používají se obilniny jako výhodný doplněk. Dohromady je pak celá směs dobrým poskytovatelem energie a potřebných bílkovin. Pro kvalitu píce je nutné rovnoměrné dozrávání, kdy všechny složky směsi vykazují nejlepší vlastnosti ve stejném období. Dále je vyžadována úspěšná sklizeň plodin se všemi jejich využitelnými částmi. Důležitý pro kvalitu píce jsou vhodně zvolené druhy, odrůdy, hodnoty výsevků a také správná doba setí a následně sklizně (Eskandari et al. 2009).

Leguminózy pěstované jako krmivo a sklizené před dozráním semen ponechávají pšenici pěstované ve směsi větší podíl dusíku, než leguminózy nechané dozrát a sklizené na semeno. Také pro větší konkurenceschopnost pšenice je využíváno vysetí pšenice na podzim a podsevu leguminózy do porostu až na jaře. Tím je hlavní plodině zajištěn lepší přístup ke zdrojům, což zabezpečuje jistější vzcházení pšenice a zaručuje úspěšnost pěstování pro výnos z hlavní plodiny za využití odloženého výsevu pomocné plodiny (Amossé et al. 2013).

Pšenice, při pěstování ve směsi s leguminózou, získává dusík z dodaného hnojiva, z půdní zásoby, anebo za využití leguminózy, která dusík fixuje, a následně jej uvolní do blízkého okolí kořenů pšenice (Patra & Subbiah 1986).

Směs ozimé pšenice a ozimého hrachu může mít vliv na navýšení obsahu biomasy, výnosu obou plodin a také zabudování dusíku do zrna, pokud není do systému dodáván dusík zvenčí (Bedoussac & Justes 2009). Ve směsi byl pozorován na počátku růstu větší počáteční růst u pšenice, u které byl pozorován rychlejší a větší počáteční růst kořenů a větší odčerpávání dusíku z půdy (Bedoussac & Justes 2010). U hrachu byl počáteční růst pomalejší, což je připisováno většímu energeticky náročnějšímu tvoření kořenových hlízek (Vocanson et al. 2005). Díky této schopnosti je pšenice na začátku svého růstu úspěšnější při kompetici s hrachem. Obě plodiny, když byly pěstované ve směsi, měly lepší využití slunečního záření díky optimálnímu rozložení listové plochy, zapříčiněnému dobrou architekturou porostu ve směsi. Průběh růstu obou plodin byl tedy ovlivněn přijímáním světla a u hrachu byl ovlivněn dusíkem. Hrách nejlépe využíval zdroje po svém kvetení a před dozráváním. v pozdějších stádiích měla pšenice opět navrch oproti hrachu a byla v růstu efektivnější. Celkově bylo využití zdrojů v průběhu růstu směsi lepší než u monokultury (Bedoussac & Justes 2010).

Efektivita využití plochy při pěstování směsi pšenice a bobu je větší než při samostatném pěstování obou plodin (Agegnehu et al. 2008).

Založení směsi je zodpovědné za schopnost porostu a potažmo jednotlivých složek směsi zvládat dané podmínky a potlačovat případný výdrol a plevele. Výrazně tedy ovlivňuje vzcházení směsi příprava půdy před setím. Mělké zpracování půdy může mít v důsledku vliv na větší vzcházení výdrolu. Dále celkové množství vyprodukované biomasy závisí na vlastnostech půdy, na počasí a také na lokalitě daného pozemku. Termín výsevu ovlivní množství vyprodukované biomasy (Brant et al. 2011).

3.4.1 Leguminózy

I přes prokázaný přínos leguminóz na kvalitu půdy, na společenstva mikroorganismů i na dobré osvojovací vlastnosti ve vztahu k živinám, klesají plochy leguminóz jak v České republice, tak i v Evropě. Luskoviny mají dále schopnost poutat fosfor a být jeho zdrojem, neboť mají schopnost jej získávat z jeho těžko dostupných forem (Brant et al. 2017d). Vztah leguminóz s hlízkovými bakteriemi je symbiotický. Kořeny rostlin jsou osídleny rhizobii a vytvářejí na nich hlízky, čímž pomáhají rostlině fixovat vzdušný dusík (Peoples et al. 2009).

Leguminózy jsou často využívány jako krycí meziplodina v zimním období. Dále jejich využití ve směsích s ozimými plodinami, jako je právě například pšenice, vyžaduje po leguminózách odolnost nízkým teplotám a odolávání mrazům. Tato schopnost je vázána na krátké dny, které spouští obranné mechanismy. z toho také vyplývá potřeba včasného založení porostů, pro dostatečný vývoj nadzemní biomasy, která je schopná čelit zimním podmínkám (Brandsaeter et al. 2000).

Pro uplatnění leguminóz v zemědělství je předurčuje jejich vysoká kvalita jako potravina i jako krmivo, oproti jiným plodinám produkují méně skleníkových plynů, přinášejí větší rozmanitost do osevních postupů, dále jsou schopné zachovávat půdu, a hlavně fixují vzdušný dusík, díky čemuž obohacují organickou složku půdy a její zásobené živinami (Stagnari et al. 2017).

Luskoviny zabezpečují až třetinu konzumovaných bílkovin v lidské stravě. Ke konzumaci se využívají semena, oleje a využívají se také ke zkrmování pro hospodářská zvířata chovaná na maso. Nicméně při pěstování je stále dáována přednost obilninám, které dávají větší výnosy (Graham & Vance 2003).

Hlízkové bakterie žijící v symbióze s leguminózami mají schopnost, díky své produkci chemických látek do půdního prostředí ve svém okolí, podporovat růst rostlin a také vzcházení semen. Navíc mohou potlačovat půdní patogeny a tím příznivě přispívat k vytvoření příznivého prostředí pro další plodiny pěstované s nimi ve směsi. Bakteriální společenstva žijící volně v půdě mohou kořenovým systémům směsi pomáhat přijímat živiny z půdy tím, že sami vylučují exudáty, které pomohou uvolnit minerální prvky a usnadnit tak jejich příjem rostlinami (Dakora 2003).

Ve směsi leguminózy a obilniny se na efektivitě produkce nejvíce podílejí světlo a dusík. Přičemž obilnina je ve směsi dominantní a řídí, jak vysoké budou hodnoty biomasy a také výnosu. Nicméně, při kompetici o faktory, které determinují růst, určuje efektivitu výnosu právě méně dominantní složka směsi. Dále v prostředí s nižším obsahem dusíku v půdě, se

leguminóza snaží více spoléhat na svoji schopnost získávání dusíku jeho fixací ze vzduch a nekonkuruje tolik pšenici (Oforili & Stern 1987).

Kromě přínosu v podobě přijímání dusíku díky směsnému pěstování leguminózy s obilninami byl objeven vliv na příjem prvků fosforu, železa a zinku. Složky směsi vzájemným působením a uvolňováním kořenových exudátů zpřístupňují a dávají mobilitu těmto prvkům a napomáhají tak jejich lepšímu příjmu a využití plodinami ve směsi (Xue et al. 2016).

Společné pěstování pšenice a leguminóz má také vliv na biodiverzitu v půdě. v blízkosti kořenů směsi byla bohatší mikrobiální společenstva bakterií než v okolí kořenů v monokultuře. Kořenové exudáty vylučované plodinami mění půdní prostředí, protože složení a množství vylučovaných látek závisí na struktuře porostu na pozemku (Qiao 2011).

Prokaryotické mikroorganismy volně žijící v půdě či v symbióze, mezi něž patří rhizobakterie, které využívají hostitelských kořenů leguminóz, jsou schopné poutat dusík. Díky mutualistickým vztahům mezi bakteriemi a leguminózami, které ovlivňují kořenovou stavbu rostlin, jsou vytvořeny hlízky, které chrání anaerobní enzym nitrogenázu, jenž poutá dusík, ale nesmí být vystavený působení kyslíku, protože kyslík zastavuje fungování nitrogenázy (Fustec et al. 2010).

3.4.2 Ovlivnění výnosu

Výsledky pěstování směsi se stejnými komponenty z různých prostředí ukazují na nestálost výsledků v závislosti na vnějších podmínkách. Také klimatické změny mezi roky značně ovlivňují výstupní hodnoty pěstované směsi. Při uplatnění nižšího výsevu v různých variantách řádkového výsevu je patrná rozdílná efektivita při porovnání různých ročníků, přičemž některé varianty mají slibné výnosy v rozdílných podmínkách i v rozdílném klimatu (Francis et al. 1986).

Leguminózy vysévané společně s ozimou obilninou na podzim musí splňovat požadavky pro překonání zimních podmínek. Při dobrém vzejití po zasetí v podzimním období ještě nemusí přečkat podmínky zimy v daném pěstebním období. Nicméně pokusy ukazují větší hustotu v porostu leguminóz zasetých na podzim oproti leguminózám vysetým na jaře, ale záleží také na plodině, protože při podzimním výsevu u jetele vycházely hustoty porostu při porovnání s jarním výsevem nižší (Blackshaw et al. 2010).

Při pokusu Blaser et al. (2011) neprokázali přímý účinek leguminózy na obilninu, nicméně sušší období během zrání v jednom z let pokusu ovlivnilo vyzrávání zrn a výnos byl větší, další rok byl výnos snížen kvůli výskytu mrazů v květnu.

Z pokusů, které prováděli Tosti a Guiducci (2010) vyplývá, že při pěstování ve směsi pšenice s leguminózou vycházely výsledky dvou let odlišně. Když jeden rok obilnina úspěšně konkurovala leguminóze a porosty byly vyrovnané, pokus z předchozího roku ukazoval, že bob měl oproti pšenici navrch a přerostl ji, čímž snížil její výnos. Nicméně byl prokázán přínos leguminózy na nárůst proteinu v znu pšenice při ekologickém pěstování.

Patogeny a škůdci vyskytující se v půdě mohou závažně ovlivnit a potlačit růst plodin. Bylo prokázáno, že směsným pěstováním je jejich vliv na plodiny potlačen více než pěstováním monokultur. Tedy, že pěstování směsi podporuje více růst všech složek směsi a diverzita v půdě potlačuje půdní patogeny. Je také možné, že společné pěstování ve směsi může mít efekt na patogeny specializované přímo na jednu z plodin ve směsi, ale pěstováním s jinou složkou je

pozorován efekt této plodiny na patogeny, čímž je zabráněno napadení hostitelské plodiny (Wang et al. 2017).

3.4.3 Ovlivnění jakosti

Společné pěstování pšenice a leguminózy přináší lepší celkový obsah proteinu v biomase pro krmné účely a ke spásání. Pšenice a obilniny jsou dobrým krmivem pro dobytek díky jejich příznivé ceně a tvorbě velkého množství biomasy a také dodávají velké množství energie při spásání. Nicméně mají malé množství bílkovin, něco kolem 9 % a proto je jejich kombinace právě s leguminózami přínosná (bob obecný může mít až 18 % bílkovin), směs má celkově velké množství bílkovin. Při pěstování směsi pro pastvu je tak směs kvalitnější než samotná obilnina (Eskandari 2009).

Obsah a složení dusíkatých látek a lepku má velký význam na pekárenskou kvalitu mouky. Pěstování leguminózy společně s pšenicí přináší možnost lépe využít anorganický půdní dusík, a navíc samy leguminózy fixují vzdušný dusík. Samostatně pěstovaná pšenice nezískávala tolik dusíku z půdy, ale díky větší kompetici o zdroje při společném pěstování s leguminózou byla schopná více dusík poutat. Složení směsi je potřebné nastavit v poměru alespoň 40–50 % leguminózy k složce pšenice (Hauggaard-Nielsen et al. 2006).

Pěstování pšenice a leguminózy alespoň část jejich vývojových cyklů společně může přinést nárůst obsahu dusíkatých látek a lepku v zrna pšenice v porovnání s pšenicí pěstovanou v monokultuře. Nicméně toto směsné pěstování může vést ke sníženému výnosu pšenice. Ekologicky pěstovaná pšenice obsahuje méně dusíkatých látek. Je potřeba tedy dosáhnout lepších vlastností lepku pro pekárenskou jakost u ekologicky pěstované pšenice, s čímž může pomoci směsné pěstování s leguminózou. U lepku je důležitější jeho kvality, konkrétně jeho tažnost a pružnost, víc než jeho kvantita. Při přidání bobu obecného do směsi pšenice využívala více dusíku z půdy a obsahy N-látek se v zrna navýšily (De Stefanis et al. 2017).

Dle Kadziulienė et al. (2011) je u pšenice ve směsi s hrachem ovlivněn výnos a také obsah bílkovin v zrna. Vliv směsného pěstování na obsah dusíkatých látek v zrna pšenice závisel na zvolené kombinaci obilniny a leguminózy a na příslušném ročníku. Nicméně pozitivní dopad na obsah dusíkatých látek při směsném pěstování byl v jejich pokusu patrný.

4 Metodika

Experimentální část práce spočívala ve vyhodnocení vlivu směšného pěstování pšenice ozimé s vybranými druhy leguminóz při různém způsobu založení porostu (výsev leguminóz ve směsi s pšenicí, výsev pšenice a leguminóz ob řádek) na vybrané produkční a jakostní parametry pšenice ozimé, odrůdy Butterfly. Přesný polní maloparcelkový pokus se směsmi pšenice a leguminóz byl veden v ekologickém i konvenčním systému pěstování na Výzkumné stanici Katedry agroekologie a rostlinné produkce FAPPZ ČZU v Praze-Uhřetěvesi.

Výzkumná stanice Praha-Uhřetěves disponuje pokusnými pozemky, certifikovanými pro realizaci polních pokusů v režimu ekologického zemědělství, dle pravidel stanovených zákonem č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství, vyhláškou č. 16/2006 a podle zásad IFOAM, bez průmyslových hnojiv a pesticidů. Současně disponuje VS Praha-Uhřetěves i pokusnými pozemky pro vedení polních pokusů v běžném konvenčním systému hospodaření.

Vlastní experimentální práce zahrnovala hodnocení základních produkčních parametrů a výnosu pšenice; po sklizni pak bylo provedeno stanovení základních jakostních parametrů zrna pšenice. v práci jsou zahrnuty výsledky z roku 2020/2021.

4.1 Půdně-klimatické podmínky pokusné stanice

Výzkumná stanice Praha-Uhřetěves se nachází v nadmořské výšce 295 m n.m., průměrná roční teplota činí 8,5 °C, suma ročních srážek činí 575 mm. Nejvyšší průměrné teploty jsou dosahovány v červenci, nejvyšší úhrny srážek v červnu a červenci. Přehled průběhu povětrnostních v období září 2020 – srpen 2021 uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Měsíční údaje průběhu teplot a srážek za září 2020 – srpen 2021 na VS Praha-Uhřetěves

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Úhrn	Dlouhodobý úhrn	Rozdíl
09/2020	14,4	14,0	0,4	38,6	49,0	-10,4
10/2020	10,5	8,6	1,9	32,7	41,0	-8,3
11/2020	4,3	3,2	1,1	35,8	34,0	1,8
12/2020	2,8	-0,5	3,3	18,8	34,0	-15,2
01/2021	0,1	-2,1	2,2	42,2	28,0	14,2
02/2021	-0,1	-0,8	0,7	28,5	27,0	1,5
03/2021	4,5	3,4	1,1	33,6	31,0	2,6
04/2021	7,0	8,2	-1,2	23,4	46,0	-22,6

05/2021	11,8	13,4	-1,6	100,8	65,0	35,8
06/2021	20,2	16,3	3,9	102,6	74,0	28,6
07/2021	19,9	18,2	1,7	87,9	70,0	17,9
08/2021	17,5	18,0	-0,5	77,6	69,0	8,6

Lokalita spadá do řepařské výrobní oblasti. Půdním typem je hnědozem; podle klasifikace stupně Kopeckého patří tato půda do skupiny jílovitých hlín. Výsledky stanovení obsahu N_{min} v půdě na ekologicky certifikované pokusné ploše jsou uvedeny v tabulce 2, obsah N_{min} v půdě na pokusné ploše konvenční uvádí tabulka 3.

Tabulka 2: Obsah N_{min} v půdě (0–30 cm), odběr 28.2. 2021 (ekologická pokusná plocha)

Vzorek	Faktor cca	Sušina %	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N anorg.	NH ₄ - N	NO ₃ -N	N anorg.
			mg N/kg sušiny			kg N/ha		
Průměr parcel s leguminózou	3,9	80,24	0,92	3,99	4,94	3,59	15,56	19,27
Průměr parcel bez leguminózy	4,0	80,57	0,28	3,24	3,55	1,12	12,96	14,20

Tabulka 3: Obsah N_{min} v půdě (0–30 cm), odběr 28.2. 2021 (konvenční pokusná plocha)

Vzorek	Faktor cca	Sušina %	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N anorg.	NH ₄ - N	NO ₃ -N	N anorg.
			mg N/kg sušiny			kg N/ha		
Průměr parcel s leguminózou	3,9	79,11	0,87	6,02	6,87	3,39	23,48	26,79
Průměr parcel bez leguminózy	4,0	79,72	0,49	5,20	5,66	1,96	20,80	22,64

4.2 Uspořádání pokusu, přehled variant

Přesný polní maloparcelkový pokus byl založen jak na ekologické, tak i konvenční pokusné ploše vždy ve dvou sousedících blocích. První blok byl využit pro založení pokusu formou výsevu směsi osiva sledovaných leguminóz a pšenice do řádků 125 mm (osivo pšenice a leguminózy bylo smícháno těsně před výsevem). Hloubka výsevu všech variant činila 40 mm. Ve druhém bloku byl pokus vyséván ob řádek – nejprve byla vyseta pšenice do řádků 250 mm a ihned poté byl proveden výsev leguminóz do prostoru meziřadí (hrách jarní i ozimý – hloubka výsevu 50 mm, bob obecný 60 mm, jetel nachový – inkarnát 20 mm). Součástí pokusu byla vždy i kontrolní varianta bez leguminózy. Pro založení pokusu byl použit běžný

maloparcelkový secí stroj. Všechny varianty pokusu byly založeny ve třech opakováních, při velikosti pokusné parcely 12 m². Přehled pokusných variant uvádí tabulka 4.

Oproti předpokladu jarní leguminózy (hrách jarní a bob obecný) v průběhu zimního období 2020/2021 díky mírné zimě nevymrzly. Na konvenční pokusné ploše bylo provedeno ukončení vegetace jarních i ozimých leguminóz herbicidním ošetřením 14. 4. 2021 na počátku sloupkování pšenice. Na pokusné ploše ekologické byly porosty opakovaně vláčeny plecími branami. Přehled variant pokusu uvádí tabulka 4.

Tabulka 4: Přehled variant pokusu na ekologické i konvenční pokusné ploše

Kombinace	Odrůda	Výsevek		Kombinace	Odrůda	Výsevek	
		MKS/ha	kg/ha			MKS/ha	kg/ha
Výsev ob řádek				Výsev směsi (do řádků 125 mm)			
pšenice + ozimý hrách	Butterfly	4,0	147	pšenice + ozimý hrách	Butterfly	4,0	147
	Balltrap	0,5	97		Balltrap	0,5	97
pšenice + jarní hrách	Butterfly	4,0	147	pšenice + jarní hrách	Butterfly	4,0	147
	Avatar	0,5	131		Avatar	0,5	131
pšenice + bob obecný	Butterfly	4,0	147	pšenice + bob obecný	Butterfly	4,0	147
	Merkur	0,3	214		Merkur	0,3	214
pšenice + inkarnát	Butterfly	4,0	147	pšenice + inkarnát	Butterfly	4,0	147
	Kardinál	3,0	14		Kardinál	3,0	14
pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	147	pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	147

Charakteristika použité odrůdy pšenice ozimé Butterfly: poloraná odrůda s elitní pekařskou jakostí (E), s vysokou mrazuvzdorností a tolerancí i k pozdějšímu setí. Odrůda je středního vzrůstu, má dobrý zdravotní stav a vyznačuje se vysokou odolností vůči rzi plevové. Dále se vyznačuje vysokým obsahem N-látek a hodnotami Zeleného testu. Udržovatelem je Selgen, a.s.

4.3 Agrotechnika

Konvenční pokusná plocha:

Předplodina: řepka ozimá

Orba: 15. 9. 2020

Příprava půdy: 18. 9. 2020 vibrační brány, 9. 10. 2020 kompaktor

Setí: 9. 10. 2020

Hnojení: 2. 3. 2021 – 40 kg N/ha v LAV 27, 4. 4. 2021 – 40 kg N/ha v LAV 27

Herbicid: 14. 4. 2021 – Zypar, 1,0 l/ha

Fungicidní ani insekticidní ošetření nebylo provedeno

Sklizeň: 4. 8. 2021

Ekologická pokusná plocha:

Předplodina: řepka ozimá

Orba: 10. 9. 2020

Příprava půdy: 12. 9. 2020 vibrační brány, 8. 10. 2020 kompaktor

Setí: 8. 10. 2020

Vláčení plecími branami: 16. 3. 2021, 9. 4. 2021, 24. 4. 2021

Sklizeň: 12. 8. 2021

4.4 Hodnocení produkčních a jakostních parametrů

Z produkčních parametrů byl hodnocen počet klasů na m² před sklizní. Po sklizni byl zjištěn výnos a dále byly odebrány vzorky zrna pšenice pro stanovení HTS a pro hodnocení jakosti.

Základní jakostní parametry zrna ozimé pšenice byly hodnoceny v laboratořích KARP na FAPPZ ČZU v Praze. Bylo provedeno stanovení objemové hmotnosti, obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, sedimentačního indexu – Zelenyho testu a čísla poklesu dle následujících technických norem:

- 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.

5 Výsledky

V následující části práce jsou uvedeny výsledky hodnocení vlivu směsného pěstování s leguminózami při různém způsobu založení porostu (výsev ve směsi s pšenicí, výsev ob řádek) v ekologickém i konvenčním systému na vybrané produkční a jakostní parametry pšenice ozimé, odrůdy Butterfly. z produkčních parametrů byl kromě výnosu zrna pšenice hodnocen i počet klasů na m² před sklizní a HTS, hodnocení jakostních ukazatelů pak zahrnovalo objemovou hmotnost, obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, sedimentační index – Zeleného test a číslo poklesu.

5.1 Výnos zrna pšenice

Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému hospodaření na výnos ozimé pšenice graf č. 1. z výsledků je patrné, že zejména v ekologickém systému byl u kontroly bez leguminózy zaznamenán nižší průměrný výnos zrna pšenice ve srovnání s variantami s leguminózou, a to poměrně výrazně – rozdíl mezi výnosem kontroly a výnosem nejvýnosnějších variant s leguminózou činil téměř 1 t/ha. v případě výsevu pšenice a leguminózy ob řádek dosáhla pšenice z varianty s hrachem jarním 114,1 % výnosu kontroly (pšenice pěstované samostatně při meziřádkové vzdálenosti 250 mm); v případě varianty s bobem to bylo 115,7 %, u varianty s inkarnátem 103,4 %, a u varianty s hrachem ozimým 117,4 % výnosu kontroly. v případě výsevu pšenice a leguminózy ve směsi dosáhla pšenice z varianty s hrachem jarním 117,6 % výnosu kontroly (pšenice pěstované samostatně v klasických úzkých řádcích 125 mm); v případě varianty s bobem 114,8 %, u varianty s inkarnátem 115,3 % a u varianty s hrachem ozimým 117,6 % kontroly. Rozdíly mezi jednotlivými variantami s leguminózou nebyly, co se týče dopadu na výnos pšenice, příliš velké – výnosy variant s bobem a oběma hrachy (jarním i ozimým) byly zpravidla srovnatelné; při výsevu ob řádek byl zaznamenán znatelně nižší výnos u varianty s inkarnátem.

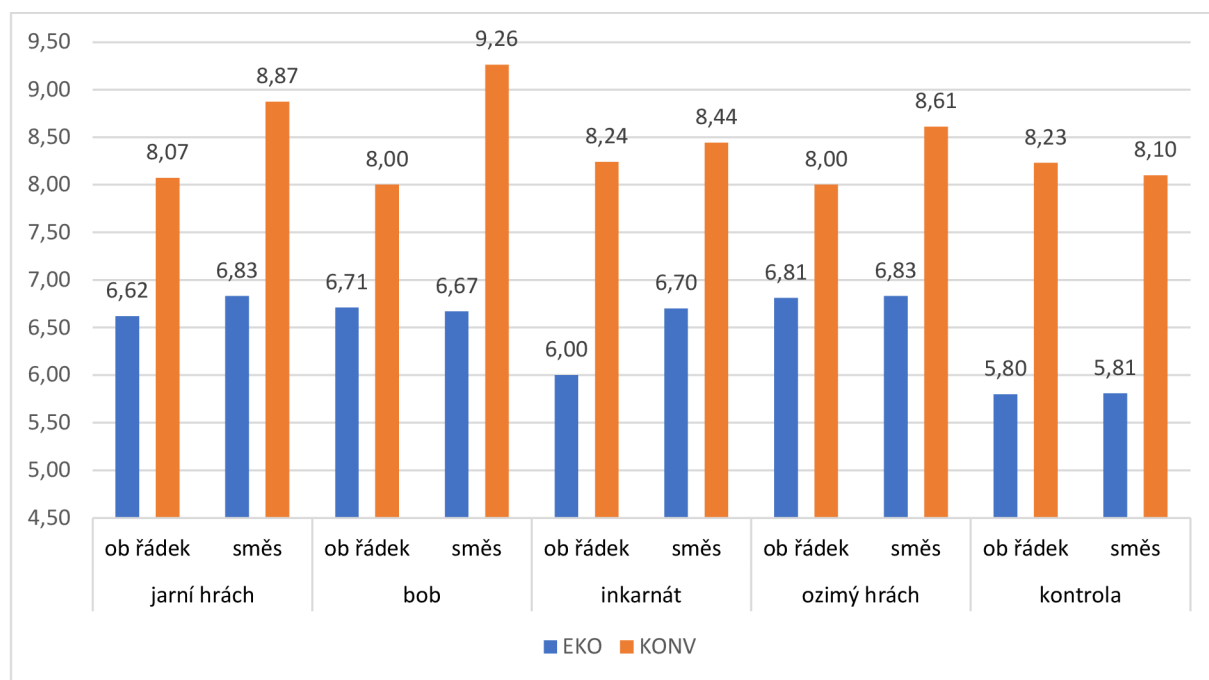
V případě konvenčního systému byla situace odlišná – pozitivní vliv leguminóz na výnos pšenice byl podstatně menší a v některých případech dokonce dosáhly varianty s leguminózou mírně nižších výnosů ve srovnání s kontrolou. v případě výsevu pšenice a leguminózy ob řádek činil výnos pšenice z varianty s hrachem jarním 98,1 % výnosu kontroly, varianta s bobem dosáhla 97,2 %, varianta s inkarnátem 100,1 % a varianta 97,2 % výnosu kontroly. v případě výsevu pšenice a leguminózy ve směsi dosáhla pšenice z varianty s hrachem jarním 109,5 % kontroly, u varianty s bobem 114,3 %, u varianty s inkarnátem 104,2 % a u varianty s hrachem ozimým 106,3 % výnosu kontroly. Rozdíly mezi jednotlivými variantami s leguminózou opět nebyly, co se týče dopadu na výnos pšenice, příliš velké; výjimku tvořila varianta s bobem při výsevu směsi, která dosáhla poměrně výrazně vyššího výnosu oproti ostatním variantám.

Vliv způsobu založení porostu – ob řádek (pšenice při meziřádkové vzdálenosti 250 mm), směs (klasické úzké řádky 125 mm) na výnos pšenice byl v ekologickém systému nevýrazný; např. výnos kontroly bez leguminózy při obou způsobech založení porostu byl shodný. Naproti tomu v konvenčním systému se vliv způsobu založení porostu projevil výrazněji – znatelně vyšších výnosů dosáhly varianty pěstované ve směsi (v klasických úzkých řádcích 125 mm).

Vliv systému pěstování byl dle očekávání zřejmý – varianty z ekologického systému dosahovaly v průměru o cca 1,3 – 2 t/ha nižších výnosů ve srovnání s variantami z konvenčního

způsobu pěstování. Celkově však byly jak v konvenčním, tak i ekologickém systému pěstování výnosy pšenice poměrně vysoké – v konvenčním systému se pohybovaly mezi 8,00 t/ha (varianta s bobem obecným a varianta s hrachem ozimým, výsev ob řádek) a 9,26 t/ha (varianta s bobem, výsev ve směsi). v ekologickém systému se výnosy pšenice pohybovaly mezi 5,80 t/ha (kontrola bez leguminózy, výsev ob řádek) a 6,83 t/ha (varianty s hrachem jarním a hrachem ozimým, výsev ve směsi).

Graf 1: Výnos zrna pšenice (t/ha)



5.2 Počet klasů na m² před sklizní

Výsledky hodnocení počtu klasů ozimé pšenice na m² před sklizní v závislosti na pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému hospodaření uvádí graf č. 2. z výsledků je zřejmé, že v ekologickém systému jak při výsevu ob řádek (širší řádky 250 mm), tak při výsevu do klasických úzkých řádků 125 mm dosáhla kontrola bez leguminózy nejnižšího počet klasů na m² (340 a 354 klasů). U variant s leguminózou byly počty klasů na m² vyšší; pohybovaly se mezi 355 klasy (varianta s inkarnátem, výsev ob řádek – zde byl rozdíl oproti kontrole minimální) a 394 klasy na m² (varianta s bobem, výsev ve směsi). Rozdíly v počtu klasů na m² mezi jednotlivými variantami s leguminózou nebyly velké, jak při výsevu směsi, tak při výsevu ob řádek se zpravidla pohybovaly do 30 klasů na m². Jak již bylo uvedeno, celkově nejnižšího počtu klasů na m² dosáhla varianta s inkarnátem při výsevu ob řádek, která se blížila kontrole.

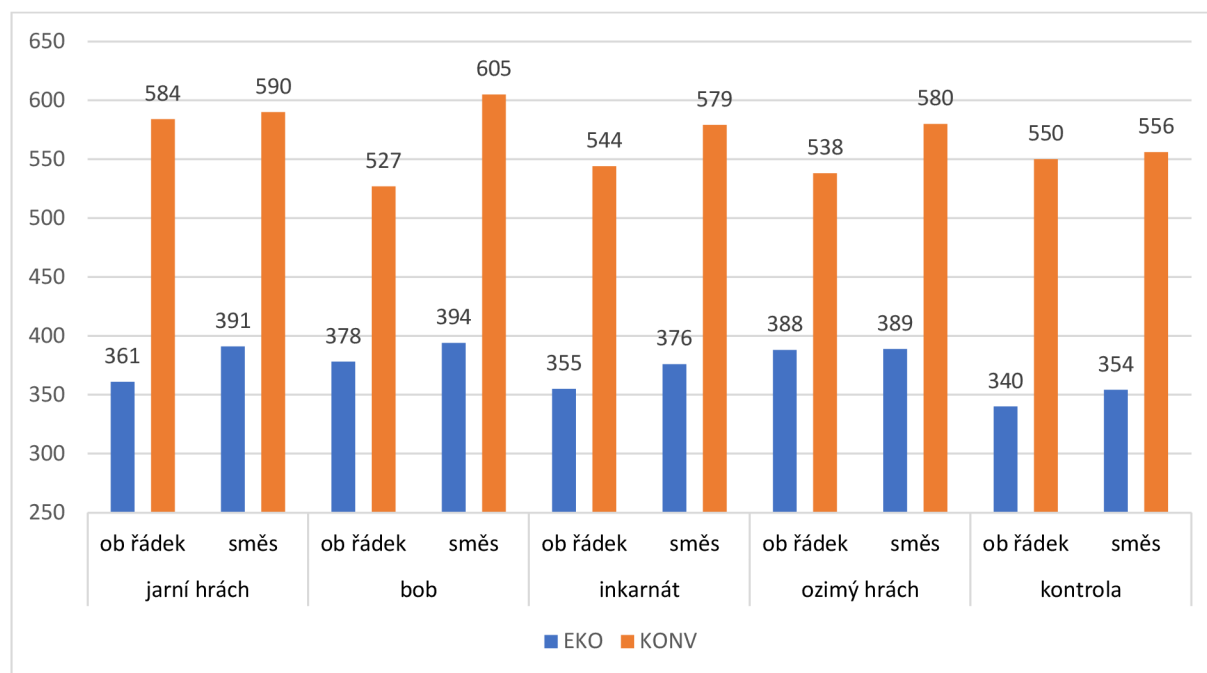
V konvenčním systému byla situace odlišná. Počty klasů na m² u kontroly při obou způsobech založení porostu dosahovaly v porovnání hodnocených variant spíše nižších hodnot (550 a 556 klasů na m²), ale u některých variant s leguminózou byl počet klasů na m² ještě nižší – jednalo se o varianty s bobem (527 klasů), inkarnátem (544 klasů) a ozimým hrachem (538 klasů na m²) – vždy se jednalo o výsev ob řádek. Při výsevu ve směsi pšenice z variant

s leguminózami v počtu klasů na m² kontrolu zpravidla převýšila, a to o cca 25 – 30 klasů. Nejvyšší počet klasů na m² byl při výsevu směsi zaznamenán u varianty s bobem (605 klasů).

Při porovnání vlivu způsobu založení porostu na počet klasů na m² je patrné, že při ekologickém i konvenčním způsobu pěstování dosahovala pšenice vyššího počtu klasů na m² při výsevu směsi. Avšak zatímco v ekologickém systému zpravidla nebyly rozdíly v počtu klasů na m² mezi variantami vysetými ob řádek a ve směsi příliš velké, v případě konvenčního systému byly znatelně výraznější. Největší rozdíl byl zaznamenán u varianty s bobem (výsev ob řádek 527 klasů na m², výsev ve směsi 606 klasů) a u varianty s hrachem ozimým (výsev ob řádek 538 klasů na m², výsev ve směsi 580 klasů).

Vliv systému pěstování na počet klasů pšenice na m² před sklizní byl výrazný. U pšenice z ekologického systému se počet klasů na m² pohyboval mezi 340 – 394 klasy, u pšenice z konvenčního systému to bylo mezi 527 a 605 klasy na m², tedy oproti ekologickému systému o cca 180–220 klasů na m² více.

Graf 2: Počet klasů na m² před sklizní



5.3 Hmotnost tisíce semen (HTS)

Vliv směšného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému hospodaření na HTS znázorňuje graf č. 3. z výsledků je především patrný výrazný vliv způsobu pěstování na HTS – v ekologickém systému, kde hodnocené varianty dosahovaly nízkého počtu klasů na m², byla HTS zrna pšenice výrazně vyšší oproti HTS pšenice ze systému konvenčního, kde byl počet klasů na m² velmi vysoký – rozdíl mezi HTS ekologicky a konvenčně pěstované pšenice se bez ohledu na způsob založení porostu a variantu pohyboval mezi cca 8 – 10 g. Je zřejmé, že se zde uplatnila autoregulační schopnost pšenice, která již nedokázala při vysoké

hustotě porostu v konvenčním systému dosáhnout vysoké HTS a naopak, nízká hustota porostu v ekologickém systému byla kompenzována vyšší hmotností zrna.

Z hodnocení vlivu smíšeného pěstování s leguminózou na HTS pšenice není patrný výrazný vliv na HTS, nicméně určité rozdíly zjevné jsou. v konvenčním systému se HTS pšenice pohybovala mezi 42,47 g (varianta s inkarnátem, výsev ve směsi) po 43,97 g (varianta s bobem, výsev ob řádek). s výjimkou již zmíněné varianty s inkarnátem (výsev směsi) a varianty s jarním hrachem (opět výsev ve směsi, HTS 42,77 g) dosáhly kontroly při obou způsobech založení porostu (shodně 42,87 g) mírně nižší HTS než varianty s leguminózami.

V ekologickém systému se HTS pšenice pohybovala mezi 51,14 g (kontrola, výsev v úzkých řádcích) po 52,84 g (varianta s jarním hrachem, výsev ob řádek). Při výsevu směsi překonala HTS všech variant s leguminózami HTS kontroly, při výsevu ob řádek byla situace obdobná, pouze varianta s inkarnátem dosáhla mírně nižší HTS oproti kontrole.

Z hodnocení vlivu způsobu založení porostu v konvenčním systému je patrné, že při výsevu ob řádek dosahovaly hodnocené varianty s leguminózou mírně vyšší HTS než při výsevu směsi (opět se zde patrně projevila určitá kompenzační schopnost pšenice, která při nižší hustotě porostu při výsevu ob řádek reagovala mírným navýšením HTS). Kontrola při obou způsobech založení porostu (širší i úzké řádky) dosáhla shodné HTS pšenice. v ekologickém systému byl zaznamenán obdobný efekt – varianty založené formou směsi dosáhly mírně nižší HTS oproti variantám založeným systémem ob řádek; výjimkou byla pouze varianta s inkarnátem, kde tomu bylo naopak.

Graf 3: HTS ozimé pšenice (g)



5.4 Objemová hmotnost

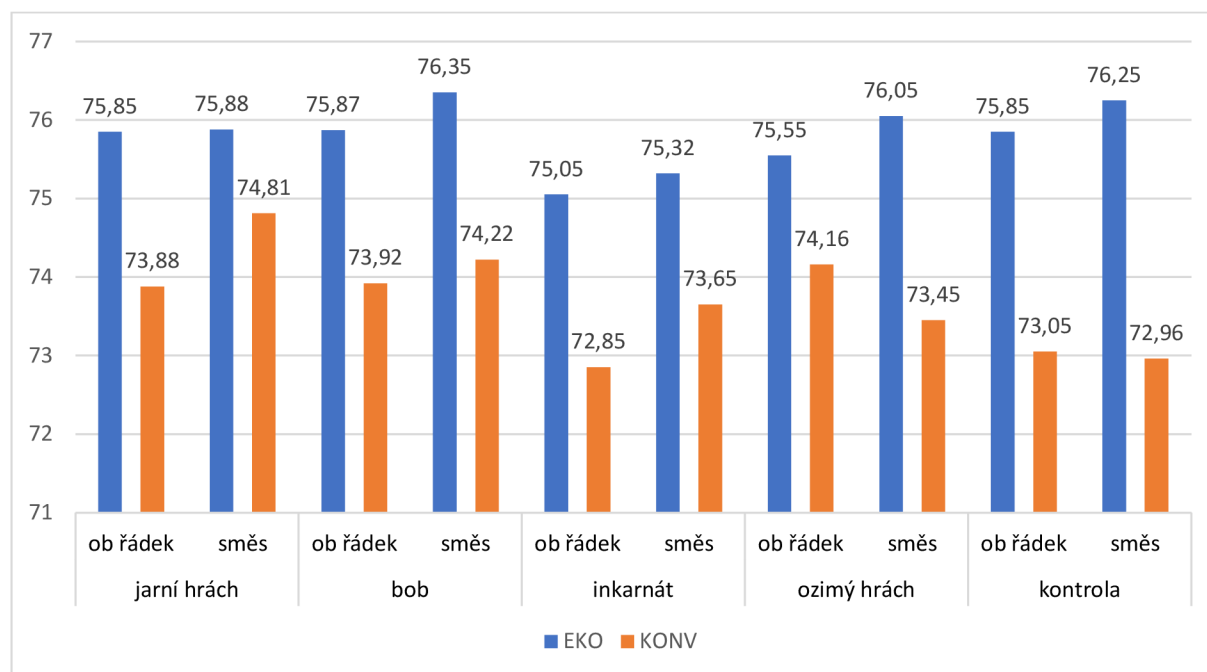
Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému hospodaření na objemovou hmotnost zrna ozimé pšenice uvádí graf č. 4. z hodnocení vlivu směsného pěstování s leguminózou v ekologickém systému je patrné, že v případě tohoto znaku byl vliv přítomné leguminózy na OH nevýrazný a nejednoznačný. Nejvyšší OH (76,35 kg/hl) byla zaznamenána u varianty s bobem (výsev ve směsi), nejnižší (75,05 kg/hl) u varianty s inkarnátem (výsev ob řádek). Objemová hmotnost pšenice u kontroly byla zpravidla srovnatelná s OH variant s leguminózami a v některých případech je i mírně překonala.

V konvenčním systému byly rozdíly v OH mezi hodnocenými variantami mírně vyšší oproti systému ekologickému. Nejvyšší OH (74,81 kg/hl) byla zjištěna u varianty s jarním hrachem, při výsevu ve směsi, nejnižší (72,85 kg/hl) u varianty s inkarnátem, při výsevu ob řádek. s výjimkou uvedené varianty s inkarnátem je patrné, že OH pšenice u kontroly, při obou způsobech založení porostu, dosahovala mírně nižších hodnot, než u variant s leguminózami.

Jak v ekologickém, tak i v konvenčním systému dosahovaly mírně vyšší OH varianty založené systémem výsevu směsi (s výjimkou varianty s ozimým hrachem a kontroly v konvenčním systému, kde tomu bylo naopak).

Z výsledků je dále patrný poměrně výrazný vliv ekologického a konvenčního systému pěstování na objemovou hmotnost pšenice. Ta souvisí i s hmotností zrna; je tedy přirozené, že pšenice z ekologického způsobu pěstování, která v našem pokusu dosáhla výrazně vyšší HTS, dosáhla i vyšší objemové hmotnosti a naopak u pšenice z konvenčního systému, která dosáhla nižší HTS, byly zjištěny i nižší hodnoty objemové hmotnosti. Rozdíly mezi OH z ekologického a konvenčního systému se pohybovaly nejčastěji okolo 2 kg/hl. Minimální hodnoty OH pro pšenice potravinářskou (76 kg/hl) dosáhly jen tři vzorky zrna z ekologického systému pěstování.

Graf 4: Objemová hmotnost (kg/hl)



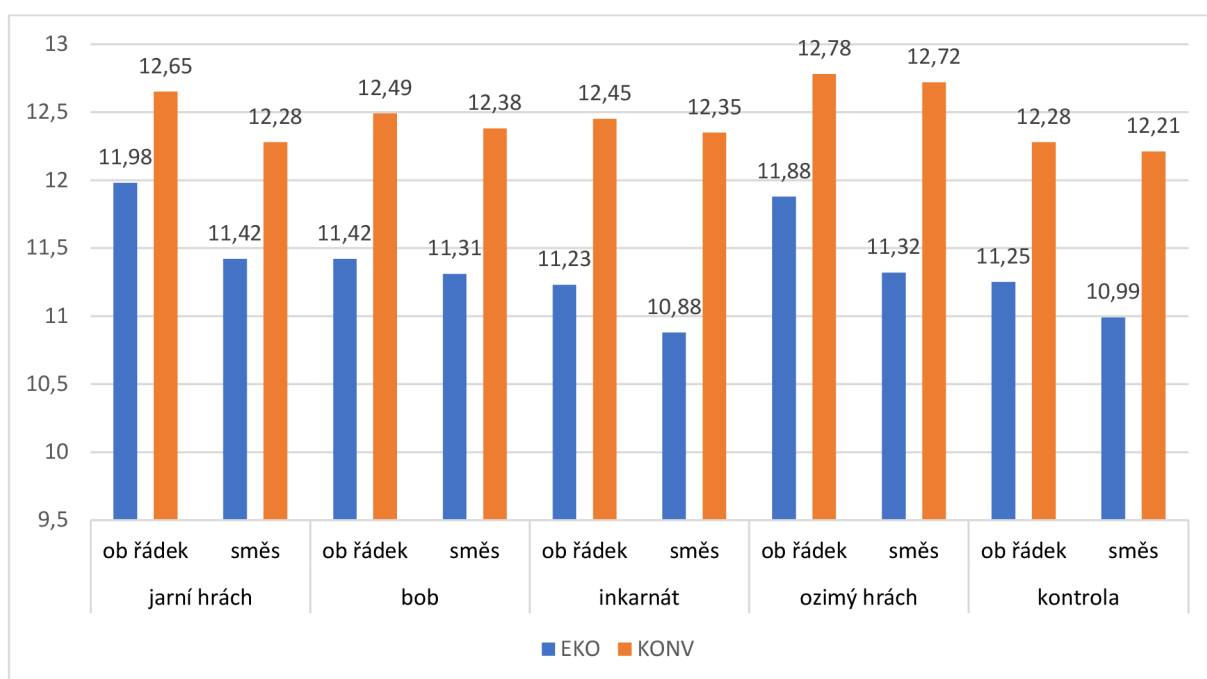
5.5 Obsah N-látek v sušině zrna pšenice

Vliv leguminózy, způsobu založení porostu a systému pěstování na obsah N-látek v sušině zrna ozimé pšenice znázorňuje graf č. 5. v ekologickém systému se obsah N-látek v sušině zrna pšenice pohyboval mezi 10,88 % (varianta s inkarnátem, výsev směsí) a 11,98 % (varianta s jarním hrachem, výsev ob řádek). Varianty s leguminózou s výjimkou varianty s inkarnátem dosahovaly při obou způsobech založení porostu vyššího obsahu N-látek v sušině zrna než kontrola. U všech variant, včetně kontroly, byl zaznamenán vyšší obsah N-látek v sušině zrna u variant vysetých ob řádek. Přestože rozdíly v obsahu N-látek v sušině zrna pšenice mezi variantami nebyly velké, lze konstatovat, že celkově nejlépe vyšly varianty s oběma hrachy – jarním i ozimým.

V konvenčním systému se obsah N-látek v sušině zrna pohyboval mezi 12,21 % (kontrola, výsev v úzkých řádcích) a 12,78 % (varianta s ozimým hrachem, výsev ob řádek). Stejně jako v případě ekologického systému dosáhla kontrola při obou způsobech výsevu nižšího obsahu N-látek v sušině zrna ve srovnání s variantami s leguminózou a stejně jako v ekologickém systému byl zaznamenán mírně vyšší obsah N-látek v sušině zrna u variant vysetých systémem ob řádek. Rozdíly mezi variantami s leguminózou opět nebyly velké, přesto lze říci, že stejně jako v případě ekologického systému, i zde varianty s oběma hrachy mírně přesáhly varianty s ostatními leguminózami.

Z výsledků je dále zřejmý výrazný rozdíl v obsahu N-látek v sušině zrna mezi oběma způsoby pěstování. v ekologickém systému pouze varianty s hrachem jarním a ozimým, vyseté ob řádek, přesáhly min. požadavek na obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (11,5 %). Naproti tomu, v konvenčním systému přesáhly uvedený limit všechny hodnocené varianty, včetně kontroly, a to poměrně výrazně.

Graf 5: Obsah N-látek v sušině zrna pšenice (%)



5.6 Obsah mokrého lepku v sušině zrna

Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému pěstování na obsah mokrého lepku v sušině zrna ozimé pšenice uvádí graf č. 6. Výsledky zpravidla korespondují s obsahem N-látek v sušině zrna. v ekologickém systému pěstování varianty s leguminózou dosahovaly vyššího obsahu mokrého lepku v sušině zrna oproti kontrole, s výjimkou varianty s inkarnátem, která měla oproti kontrole obsah mokrého lepku v sušině zrna mírně nižší. Nejvyšší hodnoty obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice byly zaznamenány u varianty s jarním hrachem, při obou způsobech založení porostu, a dále pak u varianty s hrachem ozimým, při výsevu ob řádek. Obdobně jako v případě obsahu N-látek v sušině zrna byl zaznamenán vyšší obsah mokrého lepku u variant vysetých ob řádek.

V konvenčním systému byla situace obdobná – varianty s leguminózou dosahovaly vyšších hodnot obsahu mokrého lepku v sušině zrna ve srovnání s kontrolou. Celkově nejvyšší obsah mokrého lepku v sušině zrna byl zaznamenán u obou způsobů založení porostu u varianty s hrachem ozimým; mezi ostatními variantami, včetně kontroly, nebyly výraznější rozdíly.

Jak v ekologickém, tak i konvenčním systému byly zaznamenány vyšší obsahy mokrého lepku v sušině zrna při způsobu založení porostu ob řádek – nejvýraznější rozdíl v obsahu mokrého lepku mezi oběma způsoby založení porostu cca (2,8 %) byl u varianty s inkarnátem v ekologickém systému, ve prospěch výsevu ob řádek.

Vliv systému hospodaření byl opět ve prospěch konvenčního systému. Oproti ekologickému dosahoval i o 4 % vyšších hodnot obsahu mokrého lepku v sušině zrna.

Graf 6: Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)



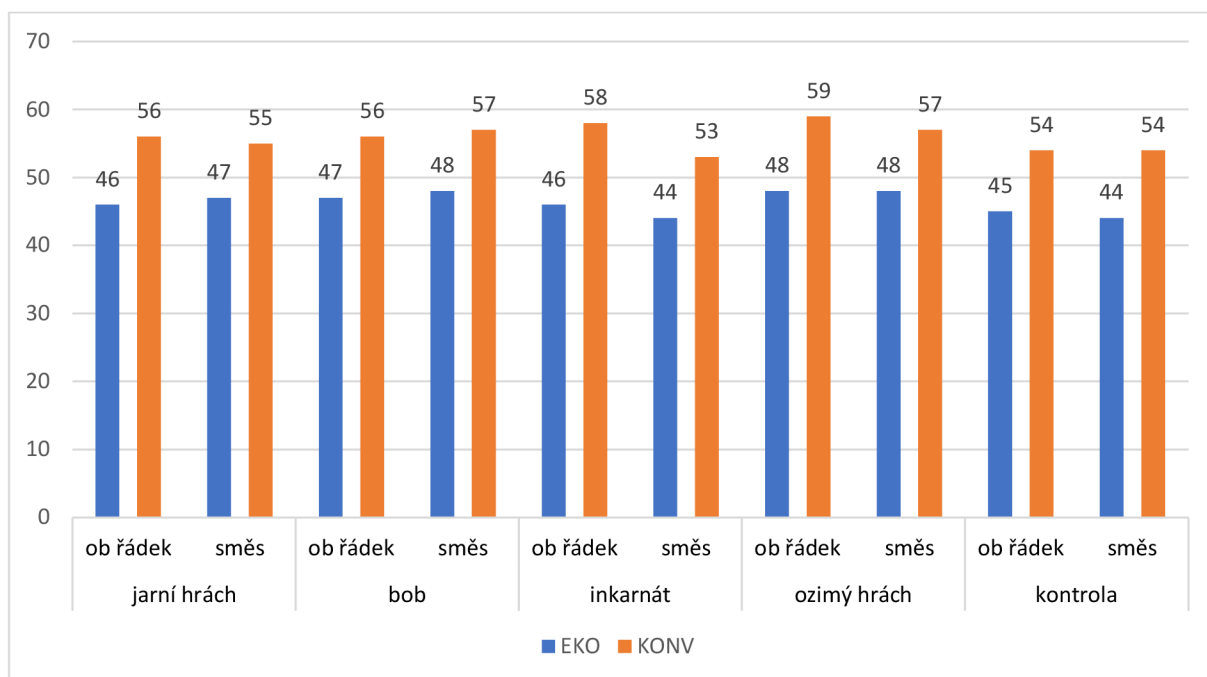
5.7 Sedimentační index – Zelenyho test

Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému hospodaření na hodnoty Zelenyho testu ozimé pšenice uvádí graf č. 7. v ekologickém systému pěstování dosáhla kontrola při obou způsobech založení porostu mírně nižších hodnot Zelenyho testu (45 a 44 ml) oproti variantám s leguminózou, u kterých se hodnoty Zelenyho testu pohybovaly mezi 44 ml (varianta s inkarnátem, výsev směsi) a 48 ml (varianta s bobem – výsev směsi, varianta s ozimým hrachem – shodně výsev ob řádek i výsev směsi). Vliv způsobu založení porostu se na hodnotách Zelenyho testu projevil jen minimálně – rozdíl mezi výsevem ob řádek a ve směsi činil zpravidla pouze 1 ml. v případě variant s hrachem jarním a bobem byl nepatrně vyšší Zelenyho test zaznamenán při výsevu směsi, u varianty s inkarnátem a kontroly tomu bylo naopak a v případě ozimého hrachu byla hodnota Zelenyho testu při obou způsobech založení porostu shodná.

V konvenčním systému byla situace obdobná – kontrola dosáhla shodně hodnoty Zelenyho testu na úrovni 54 ml při obou způsobech založení porostu; tyto hodnoty byly zpravidla nižší oproti variantám s leguminózou, kde se hodnoty Zelenyho testu pohybovaly mezi 53 ml (varianta s inkarnátem, výsev směsi) a 59 ml (varianta s ozimým hrachem, výsev ob řádek). Vliv způsobu založení porostu na hodnoty Zelenyho testu byl opět nevýrazný, s výjimkou varianty s inkarnátem, kde při výsevu směsi byla zaznamenána zřetelně nižší hodnota Zelenyho testu oproti výsevu ob řádek.

Způsob hospodaření ovlivnil hodnoty Zelenyho testu poměrně výrazně; celkově vyšší hodnoty – v průměru o cca 10 ml, byly zaznamenány v konvenčním systému. Je však třeba zmínit, že vysoké hodnoty Zelenyho testu byly zjištěny i při ekologickém způsobu pěstování – všechny hodnocené varianty výrazně překonaly minimální hodnotu Zelenyho testu pro pšenici potravinářskou – pečárenskou (30 ml).

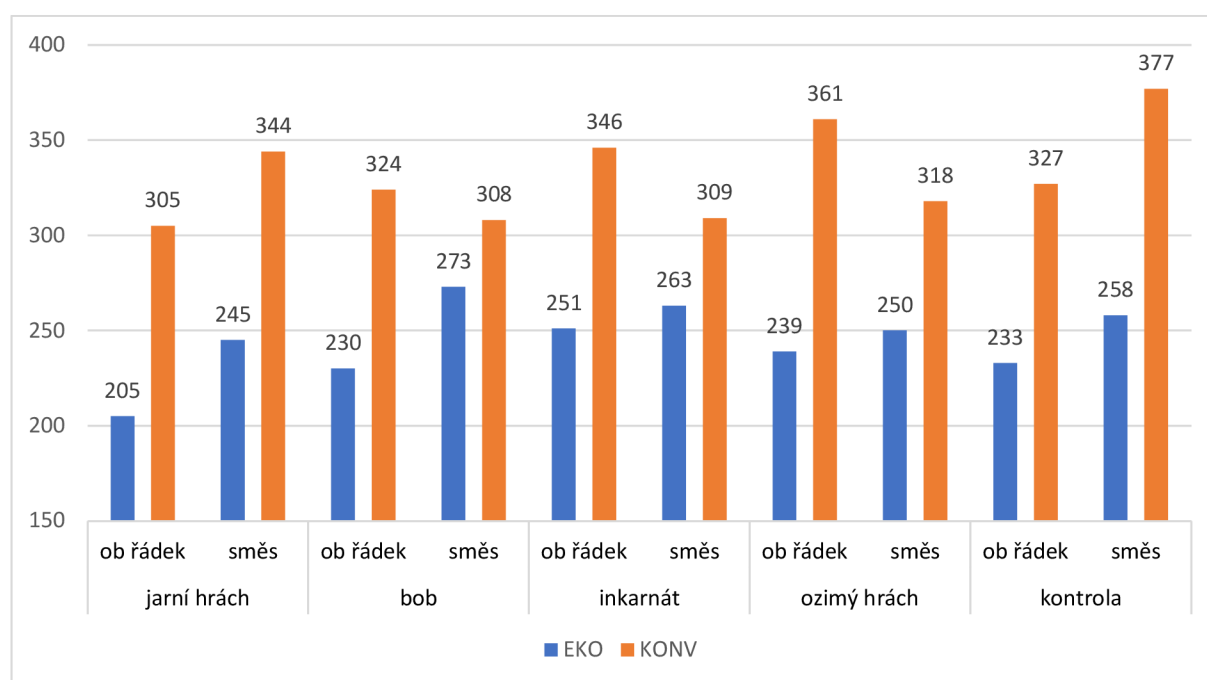
Graf 7: Zelenyho test (ml)



5.8 Číslo poklesu

Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a systému pěstování na číslo poklesu u ozimé pšenice uvádí graf č. 8. z výsledků je patrné, že jak v ekologickém, tak i konvenčním systému pěstování byly hodnoty čísla poklesu poměrně rozkolísané; vliv způsobu založení porostu ani vliv směsného pěstování s leguminózou na číslo poklesu byl nejednoznačný – u některých variant dosáhly kontroly vyšších hodnot čísla poklesu než varianty s leguminózou, u jiných variant tomu bylo naopak. Zcela evidentní je však celkový vliv způsobu pěstování na hodnoty čísla poklesu – ty byly v ekologickém systému výrazně nižší oproti systému konvenčnímu; s výjimkou varianty s hrachem jarním (výsev ob řádek) však i přesto splnily min. požadavek na číslo poklesu pšenice potravinářské – 220 s. Je známo, že systémem pěstování nebývá číslo poklesu výrazně ovlivněno; v našem případě se pravděpodobně projevila skutečnost, že porost z ekologického systému byl sklizen o něco později než porost z konvenčního pěstování (díky nepříznivým povětrnostním podmínkám) a postihly ho tak intenzivní srážky na počátku srpna, což se zjevně na hodnotách čísla poklesu odrazilo.

Graf 8: Číslo poklesu (s)



6 Diskuse

Hlavní součástí experimentální části práce bylo vyhodnocení vlivu smíšeného pěstování s vybranými leguminózami při různém způsobu založení porostu v ekologickém i konvenčním systému na hlavní produkční parametry pšenice ozimé, odrůdy Butterfly.

Brant et al. (2019) uvádějí, že porosty pšenice s pomocnými plodinami lze zakládat různým způsobem. v našem pokusu jsme použili jednak výsev osiva pšenice a hodnocených leguminóz ve směsi (smícháno před výsevem a vyseto do klasických úzkých řádků 125 mm), jednak byl využit i systém výsevu pšenice a leguminózy zvlášť, ob řádek. Tento systém je vhodný zejména v případě, že je k dispozici speciální sečí stroj, umožňující výsev dvou i více plodin do samostatných řádků. Ten jsme k dispozici neměli, a proto byla při způsobu založení porostu ob řádek nejprve zaseto pšenice do řádků s roztečí 250 mm a ihned poté doseta leguminóza do prostoru meziřadí.

Na základě hodnocení obou způsobů založení porostu lze konstatovat, že mírně vyšší výnosy byly zaznamenány v případě výsevu směsi – založení porostu do klasických úzkých řádků 125 mm), přičemž v případě pokusu z konvenčního systému byl vliv způsobu založení porostu na výnos výraznější. Naše výsledky potvrdily známou skutečnost (Bicanová 1996, Vandermeer 2012, Ehrmann & Ritz 2014), že při výsevu pšenice do širších řádků (v našem případě 250 mm) lze očekávat odumírání vyššího počtu slabších rostlin a odnoží v průběhu vegetace vzhledem k vyšší mezirostlinné a mezistébelné konkurenci a díky tomu nižší počet klasů na m². Tento efekt se zřetelně projevil v daném pokusu i v předchozím sklizňovém roce 2020 (Burianová 2021, Sedláček 2021). v roce 2021, pravděpodobně i díky dostatku srážek během jarní vegetace a nižším teplotám nebyl tak výrazný a jak již bylo uvedeno, více se projevil v konvenčním systému pěstování.

Podle Branta et al. (2019) jsou při smíšeném pěstování pšenice ozimé vhodnější ozimé formy pomocné plodiny, které se vyznačují ve srovnání s jarními formami pomalejším růstem a pomalejší tvorbou nadzemní i podzemní biomasy ještě i v jarním období, po přezimování. Je však třeba na jaře počítat s chemickým či mechanickým ukončením jejich vegetace, na rozdíl od jarních forem, u kterých se předpokládá vymrznutí. I v našem pokusu bylo zřejmé rozdílné „chování“ ozimého a jarního hrachu, které byly vysety na podzim společně s pšenicí; ozimý hrách se vyznačoval pomalejším růstem, přezimující rostliny byly přisedlé k zemi, a i po přezimování byl jejich růst pomalejší. Jarní hrách se naproti tomu již v podzimním období vyznačoval intenzivnějším růstem, vytvářel úponky a v případě tužší zimy by pravděpodobně vymrzl. Nicméně, vzhledem k relativně mírné zimě 2020/2021 přezimoval téměř stejně dobře, jako hrách ozimý. Stejně tak bez problémů přezimovala i další jarní leguminóza, zařazená do našich pokusů – bob obecný. Poslední z testovaných leguminóz – ozimý jetel nachový, rovněž přezimoval bez problémů. Zatímco v konvenčním systému bylo na jaře provedeno „umrtvení“ leguminóz pomocí herbicidu Zypar, v ekologickém systému bylo provedeno opakované vláčení plecími branami, které přítomné leguminózy poškodilo, ale zpravidla zcela nevyvláčelo, a tak část rostlin, i když oslabená, setrvala v porostu až do sklizně pšenice.

Z dostupných literárních údajů, týkajících se hodnocení smíšeného pěstování pšenice s leguminózami, resp. vlivu leguminóz na výnos pšenice, vyplývají nejednoznačné a rozporuplné výsledky. Brant et al. (2019) zaznamenali poměrně výrazné rozdíly ve výnosech pšenice, která byla pěstována s pomocnými plodinami (peluškou a hrachem setým). Jiní autoři,

např. Amossé et al. (2013) či Vrignon-Brenas et al. (2018) uvádějí na základě výsledků svých pokusů, že se pozitivní vliv leguminóz při směsném pěstování s pšenicí neprojevil.

V našem pokusu v ekologickém způsobu pěstování se vliv leguminóz na výnosy pšenice Butterfly při výsevu směsi nejvíce projevil u variant s hrachem jarním a ozimým, které dosáhly shodně výnosu 6,83 t/ha, tj. 117,6 % výnosu kontrolní varianty bez leguminózy (5,81 t/ha). Při výsevu ob řádek byl zaznamenán nejvyšší výnos pšenice u varianty s hrachem ozimým, která dosáhla výnosu 6,81 t/ha, tj. 117,4 % kontrolní varianty bez leguminózy (5,80 t/ha). v konvenčním systému pěstování dosáhla při výsevu směsi odrůda Butterfly u varianty s bobem nejvyššího výnosu 9,26 t/ha, tj. 114,3 % kontroly bez leguminózy (8,10 t/ha). U ostatních hodnocených variant byl vliv směsného pěstování s leguminózou na výnos pšenice znatelně nižší. v případě výsevu ob řádek dosáhla odrůda Butterfly u varianty s inkarnátem nejvyššího výnosu 8,24 t/ha, tj. 100,1 % kontroly (8,23 t/ha).

Celkově lze na základě výsledků pokusu se směsmi ozimé pšenice s leguminózami v ekologickém i konvenčním způsobu pěstování konstatovat, že v ekologickém systému byl vliv použitých leguminóz na výnosy pšenice zřejmý – rozdíl mezi nejméně výnosnou variantou, kterou byla zpravidla kontrola bez leguminózy a variantami nejvýnosnějšími, kterými byla nejčastěji varianta s hrachem ozimým či jarním se pohybovaly nejčastěji okolo 0,8 t/ha, v některých případech dosáhly cca 1 t/ha. v konvenčním systému byl naproti tomu efekt použití leguminóz na výnosy pšenice slabší (s výjimkou variant s bobem a hrachem jarním) a v některých případech dosáhly varianty s leguminózami dokonce mírně nižších výnosů oproti kontrole bez leguminózy.

Otázkám spojeným se vzájemnými vztahy hlavní a pomocné plodiny v porostu a se vzájemnou konkurenceschopností pšenice a leguminóz se věnovala řada autorů (Haugaard-Nielsen & Jensen 2005, Vandermeer 2012, Ehrmann & Ritz 2014, Brant et al. 2018b). v našem pokusu na konvenční pokusné ploše pšenice u všech variant (jak s leguminózami, tak i u kontrol) velmi intenzivně odnožovala a leguminózy potlačovala. Jak u variant s leguminózami, tak i u kontrol vykazoval na konvenční ploše porost pšenice velmi vysokou výslednou hustotu (počet klasů na m² na úrovni téměř 600 klasů); v takto hustém porostu už pravděpodobnost, že by se přínos leguminóz mohl výrazněji uplatnit, nebyla velká. Na ekologické pokusné ploše byl na jaře růst leguminóz poměrně intenzivní. Avšak vzhledem k tomu, že, jak uvádí Konvalina et al. (2008) či Moudrý et al. (2007), porosty pšenice v ekologickém systému jsou zpravidla oproti systému konvenčnímu výrazně řidší (to se projevilo i v našem pokusu, kdy v době sklizně hodnocené varianty nedosahovaly ani 400 klasů na m²), obě složky směsi si nejspíše vzájemně tolik nekonkurovaly a efekt leguminóz se tak mohl projevit výrazněji. Pozitivně se mohlo projevit i lepší prosvětlení a oslunění leguminóz v porostu ekologické pšenice (ve srovnání s pšenicí „konvenční“).

Jak již bylo uvedeno výše, u variant z ekologického systému byl zaznamenán výrazně nižší počet klasů na m² oproti variantám z konvenčního způsobu pěstování. U pšenice z ekologického systému se počet klasů na m² pohyboval mezi 340–394 klasy; nedosahoval tedy doporučení Moudrého et al. (2007), podle kterých by porost pšenice ozimé v ekologickém způsobu pěstování měl dosahovat 400 až 450 klasů na m². v konvenčním systému pak hodnocené varianty dosahovaly vysoké hustoty pšenice, na úrovni 527–605 klasů na m².

Jak dále vyplývá z našich výsledků, pšenice z ekologického způsobu pěstování dosahovala při nízkém počtu klasů na m² velmi vysoké HTS mezi 51,14 g (kontrola, výsev

v úzkých řádcích) po 52,84 g (varianta s hrachem jarním, výsev ob řádek). U pšenice z konvenčního systému, s velmi vysokým počtem klasů na m², dosahovala HTS pšenice výrazně nižších hodnot a pohybovala se mezi 42,47 g (varianta s inkarnátem, výsev ve směsi) po 43,97 g (varianta s bobem, výsev ob řádek). Je zde tedy jasně patrný určitý kompenzační efekt, kdy při vysoké hustotě porostu pšenice lze očekávat nižší HTS a naopak. Schopnost udržet si vysokou HTS i v podmínkách nízkých vstupů, tedy i v ekologickém způsobu hospodaření je u odrůd pšenice velmi důležitá; drobnozrné odrůdy jsou pro ekologický systém pěstování nevhodné (Petr & Škeřík 1999). z tohoto pohledu se námi testovaná elitní odrůda pšenice Butterfly osvědčila.

Další součástí experimentální části práce bylo hodnocení základních jakostních ukazatelů zrna pšenice. Prvním sledovaným jakostním parametrem byla objemová hmotnost zrna. Dle ČSN 46 1100-2 musí zrno pšenice dosahovat minimální objemové hmotnosti na úrovni 76 kg/hl, aby mohlo být použito pro potravinářské účely. z našich výsledků je zřejmé, že v případě tohoto znaku byl vliv přítomné leguminózy nevýrazný a nejednoznačný. Podstatně více se projevil vliv způsobu pěstování – ekologicky pěstovaná pšenice dosáhla vyšší objemové hmotnosti než pšenice z konvenčního systému, nicméně i u pšenice z ekologického systému by minimální požadavek na OH pšenice potravinářské (76 kg/hl) splnily pouze 3 varianty.

Konvalina et al. (2010) uvádí, že obsah N-látek je závislý jak na odrůdě pšenice, tak i na způsobu a intenzitě pěstování. Podle Krejčířové et al. (2007) je obsah N-látek ovlivněn odrůdou, systémem pěstování a také působením podmínek prostředí. z našich výsledků je patrný vliv systému pěstování na obsah N-látek v sušině zrna ozimé pšenice. Určitý, i když ne příliš výrazný vliv na hodnoty obsahu N-látek měl také způsob založení porostu a projevil se i vliv směsného pěstování s leguminózou. v konvenčním systému dosahoval obsah N-látek v sušině zrna pšenice v průměru 12,46 % a všechny hodnocené varianty splnily min. požadavek na obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské – pekárenské (11,5 %). Naopak v ekologickém systému pěstování dosahovala pšenice v průměru 11,37 % N-látek a pouze varianty s hrachem jarním a ozimým, vyseté ob řádek, překročily požadovaný limit. Ekologicky pěstovaná pšenice zpravidla nedosahuje požadovaných hodnot pekárenské jakosti (Krejčířová et al. 2008). Také dle Mädera et al. (2007) a Capouchové et al. (2013) je v ekologickém systému pěstování dosahováno nižších hodnot obsahu N-látek v sušině zrna pšenice oproti pšenici pěstované konvenčním způsobem. Při způsobu založení porostu ob řádek byly hodnoty obsahu N-látek v sušině zrna mírně vyšší než u výsevu ve směsi. Také Capouchová et al. (2008) uvádí pozitivní vliv zvýšení meziřádkové vzdálenosti nejen na obsah N-látek v sušině zrna pšenice, ale i na další ukazatele pekařské jakosti pšenice. To potvrzuje i Förster et al. (2004), který uvádí, že pěstování pšenice v širších řádcích mělo pozitivní vliv i na výsledky sedimentačního testu. Pozitivně se ve vztahu k obsahu N-látek v sušině zrna projevil i vliv směsného pěstování s leguminózou, kdy varianty s leguminózou dosahovaly až na výjimky při obou způsobech založení porostu vyššího obsahu N-látek v sušině zrna než kontrola bez leguminózy. Výsledky hodnocení obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice zpravidla korespondovaly s výsledky stanovení obsahu N-látek.

Sedimentační index – Zeleného test patří k jakostním ukazatelům, které nejvíce vypovídají o pekařské jakosti pšenice a o vhodnosti pšenice k výrobě kynutých pekárenských výrobků (Capouchová et al. 2013). z našich výsledků je zřejmý především vliv způsobu pěstování na hodnoty Zeleného testu – v konvenčním systému dosahovaly hodnocené varianty průměru

Zelenyho testu na úrovni 56 ml, v ekologickém systému na úrovni 46 ml. v obou systémech pěstování však hodnocené varianty překonaly min. požadavek na Zelenyho test pšenice pekárenské – 30 ml. Je to nepochybně ovlivněno skutečností, že Zelenyho test je ukazatel, který je (kromě intenzity pěstování) ovlivněn výrazně i geneticky, odrůdou (Capouchová 2003, Capouchová et al. 2013, Krejčířová et al. 2006); u odrůdy elitní jakosti, jakou byla naše odrůda Butterfly, lze i v ekologickém systému uspokojivé hodnoty Zelenyho testu očekávat. Pozitivně se ve vztahu k Zelenyho testu projevilo i směsné pěstování s leguminózami; naproti tomu vliv způsobu založení porostu na hodnoty Zelenyho testu byl nevýrazný.

Z výsledků hodnocení čísla poklesu je patrné, že jak v ekologickém, tak i konvenčním systému pěstování byly hodnoty čísla poklesu poměrně rozkolísané; vliv způsobu založení porostu ani vliv směsného pěstování s leguminózou na číslo poklesu byl nejednoznačný – u některých variant dosáhly kontroly vyšších hodnot čísla poklesu než varianty s leguminózou, u jiných variant tomu bylo naopak. Zcela evidentní je však celkový vliv způsobu pěstování na hodnoty čísla poklesu – ty byly v ekologickém systému výrazně nižší oproti systému konvenčnímu; s výjimkou varianty s hrachem jarním (výsev ob řádek) však i přesto splnily min. požadavek na číslo poklesu pšenice potravinářské – 220 s. Vzhledem k tomu, že číslo poklesu zpravidla nebývá způsobem, resp. intenzitou pěstování ovlivněno, patrně se projevila skutečnost, že porost z ekologického systému byl sklizen o něco později než porost z konvenčního pěstování (díky nepříznivým povětrnostním podmínkám) a postihly ho tak intenzivní srážky na počátku srpna, což se zjevně na hodnotách čísla poklesu odrazilo.

Celkově lze konstatovat, že naše výsledky přinesly některé zajímavé poznatky týkající se vlivu směsného pěstování pšenice s leguminózami na vybrané produkční a jakostní ukazatele pšenice. Jedná se však o jednoleté výsledky, které nelze zobecňovat; navíc pokus byl realizován ve velmi dobrých agroekologických podmínkách, kde především pšenice v konvenčním systému zpravidla dosahuje vysokých výnosů i při běžném pěstování a různá podpůrná opatření nemají mnoho šancí se výrazněji projevit. Při ekologickém způsobu pěstování byl pozitivní efekt směsného pěstování s leguminózami na sledované ukazatele výraznější.

7 Závěr

Z výsledků přesného polního pokusu, jehož cílem bylo vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé, odrůdy Butterfly, s vybranými leguminózami z hlediska základních produkčních a jakostních parametrů pšenice a posoudit rozdíly v produkčních parametrech a kvalitě produkce i v závislosti na systému pěstování (ekologický, konvenční) a způsobu založení porostu (výsev ob řádek, výsev ve směsi) lze vyvodit, že:

- V ekologickém systému byl vliv směsného pěstování s leguminózami na výnosy pšenice zřejmý a poměrně výrazný – při výsevu směsi pšenice a leguminóz (do úzkých řádků 125 mm) dosáhly nejvyššího výnosu pšenice varianty s hrachem jarním a ozimým – shodně 6,83 t/ha, tj. 117,6 % kontroly bez leguminózy (5,81 t/ha). Při výsevu ob řádek dosáhla nejvyššího výnosu varianta s hrachem ozimým – 6,81 t/ha, tj. 117,4 % kontroly (5,80 t/ha).
- V konvenčním systému dosáhla pšenice nejvyššího výnosu při výsevu směsi u varianty s bobem – 9,26 t/ha, tj. 114,3 % kontroly bez leguminózy (8,10 t/ha). U ostatních variant byl vliv směsného pěstování s leguminózou na výnos pšenice znatelně slabší a v některých případech dokonce dosáhla pšenice z variant s leguminózami mírně nižších výnosů oproti kontrole bez leguminózy.
- Vliv způsobu založení porostu na výnos pšenice byl v ekologickém systému nevýrazný. Naproti tomu v konvenčním systému se vliv způsobu založení porostu projevil výrazněji – znatelně vyšších výnosů dosáhly varianty pěstované ve směsi (výsev pšenice s leguminózou v klasických úzkých řádcích 125 mm).
- Celkově byly zaznamenány poměrně výrazné rozdíly ve struktuře porostů pšenice z ekologického a konvenčního systému. Na konvenční pokusné ploše dosahovala pšenice jak u variant s leguminózou, tak i u kontroly vysokého počtu klasů na m² (527 – 605 klasů), ale nižší HTS (42,47 – 43,97 g). v ekologickém systému se počet klasů na m² pohyboval v závislosti na variantě mezi 340 – 394 klasy a HTS byla vysoká – mezi 51,14 – 52,84 g.
- Z hodnocení vlivu směsného pěstování pšenice s leguminózami na základní jakostní ukazatele zrna pšenice vyplynulo, že v ekologickém i konvenčním systému u variant s leguminózami až na výjimky obsah N-látek v sušině zrna mírně přesáhl obsah N-látek v sušině zrna kontrolních variant. v obou systémech pěstování byl zjištěn mírně vyšší obsah N-látek v sušině zrna u variant pěstovaných ob řádek.
- Dle předpokladu se projevil i vliv systému pěstování – v ekologickém systému se obsah N-látek v sušině zrna pohyboval mezi 10,88 % a 11,98 %, v konvenčním systému mezi 12,21 % a 12,78 %.
- V obou systémech pěstování byly zaznamenány u variant s leguminózou i mírně vyšší hodnoty Zelenyho testu oproti kontrolám.
- Naproti tomu, objemová hmotnost a číslo poklesu nebyly směsným pěstováním s leguminózou prakticky ovlivněny.

8 Literatura

- Agegehu 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.
- Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**: 19–31.
- Amossé C, Jeuffroy MH, David C. 2013. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. *Field Crops Research* **145**: 78–87.
- Bedoussac L, Journet E-P, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Jensen ES, Prieur L, Justes E. 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **35**: 911–935.
- Bedoussac L, Justes E. 2009. The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant and Soil* **330**: 19–35.
- Bedoussac L, Justes E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. *Plant and Soil* **330**: 37–54.
- Bicanová E. 1996. Vztah struktury porostu ozimé pšenice v ekologickém zemědělství k produkčním ukazatelům porostu a ke kvalitě zrna [Disertační práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Blackshaw RE, Molnar LJ, Moyer JR, Blackshaw RE, And Moyer LJ, Et Moyer LJ. 2010. Suitability of legume cover crop-winter wheat intercrops on the semi-arid Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science* **90**: 479–488.
- Blaser BC, Singer JW, Gibson LR. 2011. Winter cereal canopy effect on cereal and interseeded legume productivity. *Agronomy Journal* **103**: 1180–1185.
- Brandsaeter LO, Smeby T, Tronsmo AM, Netland J. 2000. Winter Annual Legumes for Use as Cover Crops in Row Crops in Northern Regions: II. Frost Resistance Study. *Crop science* **40**: 175–181.
- Brant V, Neckář K, Pivec J, Duchoslav M, Holec J, Fuksa P, Venclová V. 2009. Competition of summer catch crops. *Brant 2009. Plant soil environ* **55**: 17–24.
- Brant V, Pivec J, Fuksa P, Neckář K, Kocourková D, Venclová V. 2011. Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and Bioenergy* **35**: 1286–1294.
- Brant V, Škeřiková M, Zábanský P, Tyšer L. 2015. Dynamika růstu meziplodin. *Farmář* **21**: 32–36.

- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Vailich J, Kroulík M, Procházka P, Kunte J. 2017a. Alternativní využití luskovin (2) – Morfologická variabilita hrachu setého a rolního. *Agromanuál* **12**: 88–91.
- Brant V, Škeříková M, Zábranský P, Kroulík M, Petrásek S, Mrázek L, Kunte J. 2017b. Technologické postupy zakládání porostů vícedruhových směsí meziplodin. *Agromanuál* **12**: 96–101.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Kunte J. 2017c. Morfologická variabilita meziplodin. *Agromanuál* **12**: 108–112.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Vailich J, Kroulík M, Procházka P, Kunte J. 2017d. Alternativní využití luskovin (1) – Důvody a cíle. *Agromanuál* **12**: 118–121.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Mrázek L, Kroulík M, Petrásek S, Hamouz P, Procházka P. 2018a. Pěstování luskovin s pomocnou plodinou. *Agromanuál* **13**: 14–16.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018b. Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. *Agromanuál* **13**: 106–111.
- Brant V, Kroulík M, Šmöger J, Zábranský P, Škeříková M, Krček V, Kunte J. 2018c. Pěstební systémy ozimé pšenice – Využití pomocných plodin a směsných plodin. *Úroda* **6**: 20–22.
- Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmoger J, Tyšer L, Zábranský P. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Agrární komora České republiky, Praha.
- Bulson HAJ, Snaydon RW, Stopes CE. 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *Journal of Agricultural Science* **128**: 59–71.
- Burianová L. 2021. Využití směsného pěstování pšenice s leguminózou v ekologickém zemědělství [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Capouchová I. 2003. Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobárenskou a pečivárenskou jakost ozimé pšenice. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Capouchová I, Bicanová E, Petr J, Krejčířová L, Faměra O. 2008. Effects of organic wheat cultivation in wider rows on grain yield and quality. *Scientia agriculturae Bohemica* **39**: 1–5.
- Capouchová I, Škeříková A, Mičák L. 2013. Produkční a kvalitativní parametry ozimé pšenice v ekologickém zemědělství. Pages 11–16 in Švachula V, Dvořák P, editors. *Výzkum a zkušenosti – pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- ČSN 46 1100-2. Pšenice potravinářská.
- Dakora FD. 2003. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. *New Phytologist* **158**: 39–49.
- De Stefanis E, Sgrulletta D, Pucciarmati S, Ciccoritti R, Quaranta F. 2017. Influence of durum wheat-faba bean intercrop on specific quality traits of organic durum wheat. *Biological Agriculture & Horticulture* **33**: 28-39.

- Echarte L, Maggiora A della, Cerrudo D, Gonzalez VH, Abbate P, Cerrudo A, Sadras VO, Calviño P. 2011. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *Field Crops Research* **121**: 423–429.
- Ehrmann J, Ritz K. 2014. Plant: Soil interactions in temperate multi-cropping production systems. *Plant and Soil* **376**: 1–29.
- Eskandari H, Ghanbari A, Javanmard A. 2009. Intercropping of Cereals and Legumes for Forage Production. *Notulae Scientia Biologicae* **1**: 7–13.
- Fan F, Zhang F, Song Y, Sun J, Bao X, Guo T, Li L. 2006. Nitrogen fixation of faba bean (*Vicia faba* L.) interacting with a non-legume in two contrasting intercropping systems. *Plant and Soil* **283**: 275–286.
- Förster Ch, Wilmersdorf G, Lutz C, Müller E. 2004. Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen. *Scientia agriculturae Bohemica* **39**: 1-5.
- Francis C, Jones A, Crookston K, Wittler K, Goodman S. 1986. Strip cropping corn and grain legumes: A review. *American Journal of Alternative Agriculture* **1**: 159–164.
- Fujita K, Ofosu-Budu KG, Ogata S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant and Soil* **141**: 155–175.
- Fukai S, Trenbath BR. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crops Research* **34**: 247–271.
- Fustec J, Lesuffleur F, Mahieu S, Cliquet J-B. 2010. Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for sustainable development* **30**: 57–66.
- Gaba s et al. 2015. Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agronomy for Sustainable Development* **35**: 607–623.
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiology* **131**: 872–877.
- Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES. 2005. Facilitative root interactions in intercrops. *Plant and Soil* **274**: 237–250.
- Hauggaard-Nielsen H, Knidsen MT, Jørgensen JR, Jensen ES. 2006. Intercropping wheat with pea for improved wheat baking quality. Danish Consumer Council (Darcof), Denmark.
- Hiltbrunner J, Liedgens M, Bloch L, Stamp P, Streit B. 2007. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. *European Journal of Agronomy* **26**: 21–29.
- Kadžiulienė Ž, Šarūnaitė L, Deveikytė I. 2011. Effect of Pea and Spring Cereals Intercropping on Grain Yield and Crude Protein Content. *Ratarstvo i Povrtarstvo/Field and Vegetable Crops Research* **48**: 183-188.

- Konvalina P, Moudrý J, Kalinová J, Capouchová I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Konvalina P, Capouchová I, Stehno Z, Moudrý J Jr., Moudrý J. 2010. Volba druhu a odrůdy pšenice v ekologickém zemědělství (certifikovaná metoda). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Krejčířová L, Capouchová I, Petr J, Bicanová E, Kvapil R. 2006. Protein composition and quality of winter wheat from organic and conventional farming. *Zemdirbyste/Agriculture* 93: 285–296.
- Krejčířová L, Capouchová I, Petr J, Bicanová E, Faměra O. 2007. *Plant soil environment* 53: 499–505.
- Krejčířová L, Capouchová I, Bicanová E, Faměra O. 2008. Storage protein composition of winter wheat from organic farming. *Scientia agriculturae Bohemica* 39: 6–11.
- Li L, Jianhao AE, Ae S, Zhang F, Tianwen AE, Xingguo G, Ae B, Andrew F, Ae S, Smith SE. 2006. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia* 147: 280–290.
- Li Y, Ran W, Zhang R, Sun S, Xu G. 2009. Facilitated legume nodulation, phosphate uptake and nitrogen transfer by arbuscular inoculation in an upland rice and mung bean intercropping system. *Plant and Soil* 315: 285–296.
- Liebman M, Dyck E. 1993. Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed. Source: *Ecological Applications* 3: 92–122.
- Mäder P, et al. 2007. Wheat quality in organic and conventional farming: results of 21 year field experiment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 1826–1835.
- Macías FA, Mejías FJR, Molinillo JMG. 2019. Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. *Pest Management Science* 75: 2413–2436.
- Maitra S. 2000. Productivity, competition and economics of intercropping legumes in finger millet (*Eleusine coracana*) at different fertility levels. *Indian Journal of Agricultural Science* 70: 824–828.
- Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, de Tourdonnet S, Valantin-Morison M. 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 43–62.
- Martens JRT, Hoepfner JW, Entz MH. 2001. Legume cover crops with winter cereals in southern manitoba establishment, productivity, and microclimate effects. *Agronomy Journal* 93: 1086–1096.
- Massawe I, Mtei KM, Munishi LK, Ndakidemi PA. 2016. Existing practices for soil fertility management through cereals-legume intercropping systems. *World Research Journal of Agricultural Sciences* 3: 80–91.

- Moudrý J, Konvalina P, Kalinová J, Štěřba Z, Šrámek J, Zdrhová I. 2007. Pěstování obilnin v ekologickém zemědělství (Metodika pro ekologické zemědělce). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- 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.
- Oforili F, Stern WR. 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Advances in Agronomy* **41**: 41–90.
- Pandey BP, Basnet KB, Bhatta MR, Sah SK, Thapa RB, Kandel TP. 2013. Effect of row spacing and direction of sowing on yield and yield attributing characters of wheat cultivated in Western Chitwan, Nepal. *Agricultural Sciences* **04**: 309–316.
- Patra DD, Subbiah BV. 1986. ¹⁵N studies on the transfer of legume-fixed nitrogen to associated cereals in intercropping systems. *Biology and Fertility of Soils* **2**: 165–171.
- Petr J, Škeřík J. 1999. Výnosová odezva odrůd ozimé pšenice na nízké vstupy. *Rostlinná výroba* **5**:14-16.
- Peoples M et al. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* **48**: 1–17.
- Poggio SL. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **109**: 48–58.
- Qiao YJ, Li ZH, Wang X, Zhu B, Hu YG, Zeng ZH. 2011. Effect of legume-cereal mixtures on the diversity of bacterial communities in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment* **58**: 174–180.
- Rodino AP, Santalla M, Montero I, Casquero PA, de Ron AM. 2001. Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm from Portugal. *Genetic Resources and Crop Evolution* **48**: 409–417.
- Santalla M, Rodiñ AP, Casquero PA, de Ron AM. 2001. Interactions of bush bean intercropped with field and sweet maize. *European Journal of Agronomy* **15**: 185–196.
- Sedláček V. 2021. Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Singh D, Mathimaran N, Boller T, Kahmen A. 2020. Deep-rooted pigeon pea promotes the water relations and survival of shallow-rooted finger millet during drought—Despite strong competitive interactions at ambient water availability. *PLoS ONE* **15** (e0228993): DOI: 10.1371/journal.pone.e0228993.
- Singh NB, Singh PP, Nair KPP. 1986. Effect of legume intercropping on enrichment of soil nitrogen, bacterial activity and productivity of associated maize crops. *Experimental Agriculture* **22**: 339–344.

- Stagnari F, Maggio A, Galieni A, Pisante M. 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* **4**: 1–13.
- Tosti G, Guiducci M. 2010. Durum wheat-faba bean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *European Journal of Agronomy* **33**: 157–165.
- Vandermeer JH. 2012. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vocanson A, Munier-Jolain N, Voisin A S, Ney B. 2005. Nutrition azotée. Pages 81–106 in Munier-Jolain N, Biarnès V, Chaillet I, Jeuffroy M-H, Lecoœur J, editors. *Agronomie du pois protéagineux*. INRA-ARVALIS-UNIP-ENSAM, Paris.
- Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Jeuffroy MH, David C. 2016. Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. *European Journal of Agronomy* **75**: 89–98.
- 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.
- Wang D, Marschner P, Solaiman Z, Rengel Z. 2007. Belowground interactions between intercropped wheat and Brassicas in acidic and alkaline soils. *Soil Biology and Biochemistry* **39**: 961–971.
- Wang GZ, Li HG, Christie P, Zhang FS, Zhang JL, Bever JD. 2017. Plant-soil feedback contributes to intercropping overyielding by reducing the negative effect of take-all on wheat and compensating the growth of faba bean. *Plant and Soil* **415**: 1–12.
- White JG, Scott TW. 1991. Effects of perennial forage-legume living mulches on no-till winter wheat and rye. *Field Crops Research* **28**: 135–148.
- Willey R W. 1979. Intercropping-its importance and research needs: Part 1. Competition and yield advantages. *Field crop abstracts* **32**: 1–10.
- Willey RW, Reddy MS. 1981. A field technique for separating above- and below-ground interactions in intercropping: an experiment with pearl millet/groundnut. *Experimental Agriculture* **17**: 257–264.
- Wu H, Pratley J, Lemerle D, Haig T. 2001. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). *Ann. appl. Biol* **139**: 1–9.
- Xue Y, Xia H, Christie P, Zhang Z, Li L, Tang C. 2016. Crop acquisition of phosphorus, iron and zinc from soil in cereal/legume intercropping systems: a critical review. *Annals of Botany* **117**: 363–377.

