

**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**

**Anna Bečková  
Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.**

**© 2022/2023 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 21.4. 2023

---

## **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.

# Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou

## Souhrn

Od smíšených kultur pšenice s leguminózami, kde pšenice je brána jako hlavní plodina a leguminóza jako plodina pomocná, podpůrná, si slibujeme především stabilizaci či dokonce navýšení výnosu a kvality produkce pšenice. Tyto směsi se nejvíce aplikují v ekologickém zemědělství, ale zájem o ně se zvyšuje i v konvenčním způsobu hospodaření.

Cílem této práce bylo vyhodnotit produkční a jakostní ukazatele ozimé pšenice, pěstované ve smíšené kultuře s vybranými druhy leguminóz.

Přesný polní maloparcelkový pokus se dvěma odrůdami pšenice seté ozimé (Butterfly, odrůda se špičkovou elitní jakostí a Lorien, odrůda doplňkové, chlebové jakosti) a několika druhy leguminóz byl realizován v roce 2021/2022 na konvenční pokusné ploše Výzkumné stanice KARP v Praze-Uhřetěvesi. Na konci odnožování pšenice byly herbicidně umrtveny všechny leguminózy (jarní leguminózy vyseté na podzim s pšenicí přezimovaly). Při zakládání směsi byl použit jednak výsev pšenice a leguminóz ob řádek, jednak výsev směsi osiva pšenice a leguminózy.

Odrůda pšenice s elitní pekařskou jakostí vykazala při způsobu založení porostu výsevem ob řádek navýšení výnosu o necelých 8 % oproti kontrole bez leguminózy, a to ve variantě s hrachem ozimým. Při výsevu ve směsi osiva byl u této odrůdy výnos navýšen o necelých 6 % ve srovnání s kontrolou. Druhá hodnocená odrůda pšenice s doplňkovou, chlebovou jakostí vykazala celkově vyšší výnosy než odrůda elitní. Nejvýraznější navýšení výnosu při výsevu ob řádek (opět o cca 8 % oproti kontrole) bylo zjištěno u varianty s hrachem jarním. Při výsevu ve směsi osiva bylo nejvyšší navýšení výnosu oproti kontrole (o cca 5 %) zjištěno ve variantě s hrachem ozimým.

Některé varianty smíšené kultury se tedy ve vztahu k výnosu pšenice projeví pozitivně; v některých variantách (s jetelem nachovým - inkarnátem a bobem) však pšenice dosáhla i mírně nižšího výnosu ve srovnání s kontrolou bez leguminózy.

Kvalita sklizené pšenice byla ovlivněna především odrůdou pšenice; u všech hodnocených jakostních ukazatelů (objemová hmotnost, obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, Zeleného testu), s výjimkou čísla poklesu, překonala elitní odrůda pšenice odrůdu s doplňkovou, chlebovou jakostí. Vliv směsného pěstování na jakostní ukazatele nebyl příliš výrazný, ale přesto byl pozorován určitý pozitivní trend mírného navýšení hodnot obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna a Zeleného testu u variant, kde byla pšenice pěstována ve směsi s leguminózami, ve srovnání s kontrolou. Číslo poklesu, ale ani objemová hmotnost zrna pěstování s leguminózou ovlivněny nebyly. Vliv způsobu založení porostu na hodnoty sledovaných jakostních ukazatelů byl nevýrazný, mírně vyšších hodnot zpravidla dosahovala pšenice z variant založených výsevem ob řádek.

**Klíčová slova:** pšenice, leguminózy, směsi, produkce, kvalita

# Cultivation of common wheat in mixture with legumes

## Summary

From mixed wheat and leguminous crops, where wheat is considered as the main crop and leguminous as an auxiliary, supporting crop, we hope to stabilize or even increase the yield and quality of wheat production. These mixtures are mostly used in organic farming, but interest in them is also increasing in conventional farming.

The aim of this study was to evaluate the production and quality parameters of winter wheat grown in mixed culture with selected leguminous species.

A precision small-plot field experiment with two varieties of winter sown wheat (Butterfly, an elite-quality variety and Lorien, a complementary, breadfruit-quality variety) and several leguminous species was conducted in 2021/2022 on a conventional experimental plot at the KARP Research Station in Prague-Uhřetěves. At the end of wheat tillering, all leguminosae were herbicidally killed (spring leguminosae sown in autumn overwintered with wheat). When establishing the mixtures, both sowing of wheat and leguminosa along the row and sowing of a mixture of wheat and leguminosa seed were used.

The wheat variety with elite baking quality showed a yield increase of almost 8 % compared to the control without leguminosa in the winter pea variant when the crop was established by sowing along the row. When sown in a seed mixture, the yield of this variety was increased by less than 6 % compared with the control. The second wheat variety evaluated, with a complementary bread-making quality, showed overall higher yields than the elite variety. The most significant increase in yield when sown along the row (again by about 8 % compared with the control) was found for the variant with spring pea. When sown in a seed mixture, the highest yield increase compared to the control (by about 5 %) was found in the winter pea variant.

Thus, some of the mixed crop variants showed a positive effect on wheat yield; however, in some variants (with purple clover - incarnate and broad bean) wheat yield was also slightly lower compared to the control without leguminosity.

The quality of the harvested wheat was mainly influenced by the wheat variety; for all quality parameters evaluated (bulk density, N-bran and wet gluten content in grain dry matter, Zeleny test), except for the number of drops, the elite wheat variety outperformed the variety with complementary, bread-making quality. The effect of mixed cultivation on the quality parameters was not very pronounced, but nevertheless, a certain positive trend of a slight increase in the values of N-bran and wet gluten content in grain dry matter and the Zeleny test was observed for the variants where wheat was grown in a mixture with leguminosae compared to the control. Neither the number of decreases nor the grain bulk density was affected by growing with leguminose. The effect of the method of crop establishment on the values of the quality parameters monitored was insignificant, with slightly higher values generally being achieved by wheat from the variants established by sowing along the row.

**Keywords:** wheat, leguminose, mixtures, production, quality

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Směsné kultury</b> .....	<b>9</b>
3.1.1 Přispění směsných kultur k biodiverzitě .....	10
3.1.2 Výhody pěstování směsných kultur .....	11
3.1.3 Možná rizika pěstování směsných kultur .....	13
<b>3.2 Možnosti založení směsných kultur</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3. Vztahy mezi plodinami ve směsi</b> .....	<b>16</b>
3.3.1 Směsné kultury s leguminózou a dostupnost dusíku .....	16
3.3.2 Alelopatie .....	17
<b>3.4 Pšenice setá ve smíšených kulturách</b> .....	<b>17</b>
<b>3.5 Procesy přeměny dusíku v půdě</b> .....	<b>18</b>
<b>3.6 Leguminózy</b> .....	<b>19</b>
<b>3.7 Pšenice ve směsi s leguminózou</b> .....	<b>19</b>
<b>4 Metody a materiál</b> .....	<b>22</b>
4.1 Půdně-klimatické podmínky pokusné stanice .....	22
4.2 Uspořádání pokusu, přehled pokusných variant .....	23
4.3 Agrotechnika .....	24
4.4 Hodnocení produkčních a jakostních parametrů .....	25
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>26</b>
5.1 Počet klasů na m <sup>2</sup> před sklizní .....	26
5.2 Hmotnost tisíce semen (HTS).....	27
5.3 Výnos pšenice .....	28
5.4 Objemová hmotnost .....	30
5.5 Obsah N-látek v sušině zrna .....	31
5.6 Obsah mokrého lepku v sušině zrna .....	32
5.7 Sedimentační index – Zelenyho test .....	33
5.8 Číslo poklesu.....	34
<b>6 Diskuse</b> .....	<b>36</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>41</b>
<b>8 Seznam literatury</b> .....	<b>42</b>

# 1 Úvod

Smíšené kultury využívali již naši předkové, např. domorodí obyvatelé Ameriky, kteří pěstovali kukuřici, fazole a dýně na jednom pozemku obvykle v kopcovitém terénu; tento systém byl nazýván tři sestry Ngapo et al. (2021). Dodnes je pěstování směsných kultur hojně využívané v rozvojových zemích, kde není praktikované vysokoprodukční zemědělství. Ale i v rozvinutých zemích se stále více do popředí dostává myšlenka ochrany přírody, zachování či zvýšení biodiverzity, nebo omezení chemických vstupů do zemědělství. Aktuální pěstování plodin ve většině případů v monokultuře vyžaduje velké množství vstupů; smíšené kultury jsou naproti tomu celkově méně náročné na spotřebu energií, neboť díky vzájemným interakcím jednotlivých komponent bývá smíšená kultura odolnější vůči chorobám a škůdcům a nevyžaduje tedy takové množství prostředků ochrany rostlin a většinou jí rovněž postačí nižší dávky hnojiv (Maitra et al. 2021).

Pšenice setá patří k nejvíce pěstovaným plodinám na světě, je logické, že se neustále hledají způsoby, jak zlepšit udržitelnost produkce při současném zajištění vysokých výnosů. V konvenčním zemědělství, které je tradičně značně závislé na externích vstupech, je zvyšování produkce pšenice možné, avšak využívané metody a postupy, které zvyšují její produkci, jsou, zejména v posledních letech, zpochybňovány pro svůj negativní dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Jednou z možností, jak dosáhnout lepší udržitelnosti systému, je právě využití smíšených porostů (Lopes et al. 2016).

Úspěšnost při pěstování smíšených kultur je však závislá na mnoha faktorech, u nichž doposud nemáme takové zkušenosti jako s pěstováním plodin v čisté kultuře; může se tedy snadno stát, že při nevhodném sestavení jednotlivých složek směsi, použití neoptimálních výsevků či ne zcela vhodně zvoleném designu založení porostu nemusí být efekt smíšené kultury ve vztahu k výnosu a jakosti produkce pozitivní a někdy se může projevit i záporně – to je možné, pokud si např. jednotlivé komponenty smíšené kultury vzájemně konkurují o světlo a živiny (Brant et al. 2019).

Je tedy zapotřebí, např. i v rámci přesných polních pokusů, prověřovat a vyhodnocovat nejrůznější varianty smíšených kultur a předávat zjištěné poznatky zemědělské praxi. Součástí tohoto výzkumu byla i moje bakalářská práce.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je:

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



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Směsné kultury

Světová populace každým dnem narůstá, a s tím souvisí stále se zvyšující potřeba produkce potravin. Tento problém se tradičně řešil zvyšováním intenzity pěstování plodin, využíváním výkonnějších odrůd a zvyšováním ploch určených k hospodaření. Tyto postupy však již, z různých úhlů pohledu, narážejí na své limity a je nezbytné se v oblasti zemědělské produkce orientovat na celkovou udržitelnost hospodaření, inovativní a vůči životnímu prostředí šetrnější postupy, vedoucí k dosažení uspokojivých výnosů polních plodin při současném omezování užití pesticidů a průmyslových hnojiv a podpoře biodiverzity. K těmto postupům náleží i využívání směsných kultur. Vzhledem k tomu, že nejpěstovanější obilninou světa je pšenice setá, je také nejčastěji vybíranou obilninou do směsných porostů (Aziz et al. 2015).

Směsné kultury nabízejí zemědělcům ve všech oblastech a kulturách světa, aby i nadále dokázali reagovat na zvyšující se poptávku. V historii tradiční zemědělství zahrnovalo různé systémy pěstování, počínaje snahou pěstovat více plodin na jednom pozemku během jednoho vegetačního období. Tento způsob pěstování plodin má tendenci napodobovat přirozenou vegetaci tím, že velice často zahrnuje komplexní směs různých plodin. Populační tlak vedl k intenzivnějšímu využívání půdy, které se projevovalo zkracováním nebo úplným odstraněním období úhoru. Postupné zkracování období úhoru, díky vysokému tlaku na zvyšování zemědělské produkce může vést k postupnému snižování výnosů plodin, protože půda se postupně vyčerpává, což problém dále zhoršuje. Řešením je zvyšování vstupů, např. aplikace hnojiv, což je však proveditelné pouze v případě, že zemědělec generuje dostatečný příjem na jejich úhradu a realizaci. Postupně se pro zemědělce stává stále zajímavější pěstování směsných kultur namísto pouze jedné plodiny. Pěstované odrůdy mají tendenci stát se stále více uniformními, protože šlechtitelé nebo sami zemědělci si vybírají odrůdy na základě svých, mnohdy velmi specifických, požadavků. Genetická zranitelnost plodin se výrazně zvyšuje dvojnásobným účinkem; v důsledku snížené genetické variability a snížené variability v systému pěstování. V některých prostředích, zejména v tropech se tato situace může stát neudržitelnou, protože půda je erodována a v tropických oblastech plodiny lehce podlehnou tlaku škůdců a chorob (Davis & Woolley 1993).

Směsné kultury jsou způsobem pěstování, při kterém jsou současně na jednom pozemku dvě a více plodin (Maitra et al. 2019). Pěstování směsných kultur se doposud nejvíce uplatňovalo v zemích s nízkou mírou mechanizace a bylo hojně využíváno farmáři, kteří provozují zemědělství s nízkými vstupy a nízkými výnosy na malých pozemcích (Brooker et al. 2014). Tento způsob pěstování byl již praktikován v dávné minulosti (Willey 1979). Někteří domorodí obyvatelé Ameriky pěstovali kukuřici, fazole a dýně na jednom pozemku obvykle v kopcovitém terénu. Při tomto způsobu pěstování kukuřice poskytovala podporu fazolím, fazole vázaly vzdušný dusík pomocí rhizobií a dýně poskytovaly půdní kryt, který potlačoval plevele a bránil přílišnému odpařování půdní vláhly (Ngapo et al. 2021). V některých regionech světa bylo, anebo stále zůstává, pěstování smíšených plodin dominantní formou zemědělství. V Latinské Americe pěstují drobní zemědělci 70-90 % fazolí spolu s kukuřicí, bramborami a dalšími plodinami. V Africe se s převahou ve smíšených porostech pěstuje kravský hrách

(Brooker et al. 2014). Pro úspěšné pěstování směsných kultur je potřeba zvážit několik faktorů, a to před i během pěstování (Agron 2010). Silwana a Lucas (2002) zjistili několik možných efektů na růst a vývoj zakomponovaných plodin. Prvním faktorem je zhodnocení plochy, kde bude směsná kultura. Na této ploše je důležité zvolit správnou technologii pěstování. Pokud se jedná o směsku s leguminózou, je potřeba zvážit schopnost leguminóz vázat vzdušný dusík.

Poslední dobou se do popředí zájmu dostávají především směsi leguminóz s obilninami. Tyto směsi se nejvíce aplikují v ekologickém zemědělství, avšak začíná o ně být zájem i v konvenčním způsobu hospodaření. Obecně směsky jsou doposud pěstovány převážně pro krmné účely (Brant et al. 2017). V souvislosti s rozvojem ekologického zemědělství vidíme rostoucí zájem o smíšené kultury, především obilnin a leguminóz, kdy obilnina (často pšenice) je brána jako hlavní plodina a leguminóza jako plodina vedlejší; od těchto smíšených kultur si slibujeme především stabilizaci či dokonce navýšení výnosu obilniny a kvality její produkce (Dvořák et al. 2022).

Očekává se, že rostliny pěstované v systému směsných kultur budou využívat přístupné zdroje odlišně a efektivněji než v případě monokulturního pěstování. Ve významné většině těchto systémů dochází ke kombinaci luskoviny a obilniny, kde je základním předpokladem, že obilnina bude těžit z fixace vzdušného dusíku, která je realizována luskovinou, čímž se omezí potřeba hnojení porostu dusíkem. Výkonost systémů byla studována převážně z agronomického hlediska, kde došlo hlavně k zaměření na výtěžnost a využití dusíku. Přestože zavádění druhové diverzity do pěstebních systémů se jeví jako slibné za podmínek, kde jsou vyžadovány nižší vstupy, konkrétní doporučení pro management směsných kultur jsou pouze v prvopočátcích. Jedním z důvodů, proč tomu tak je, se jeví skutečnost, že mechanismy, které jsou základem pozitivního účinku směsných kultur, zůstávají stále z větší části neobjasněné, což komplikuje celý výběr vhodných druhů či odrůd právě pro tyto systémy (Gaudio et al. 2021).

### 3.1.1 Přispění směsných kultur k biodiverzitě

Biodiverzita představuje rozmanitost života. Existuje mnoho definic biodiverzity. Světový fond ochrany přírody definoval v roce 1989 biodiverzitu jako „bohatství života na Zemi, miliony rostlin, živočichů a mikroorganismů, včetně genů, které obsahují, a složité ekosystémy, které vytvářejí životní prostředí.“ Nejstručnější definice říká: Biodiverzita – základní charakteristika života (Vlašín 2014). Biodiverzitou se tedy rozumí pestrost živého světa (živočichové, rostliny, houby a mikroorganismy, kteří žijí společně na jednom místě a jsou navzájem propojeni různými vztahy). Biodiverzity postupem času ubývá (vymírají jednotlivé druhy, snižuje se druhová pestrost a zmenšují se rozdíly mezi dříve odlišnými místy) (Lněnička & Kotecký 2022). Za snižování biodiverzity je částečně zodpovědné zemědělství, a to především díky monokulturnímu pěstování plodin. K dalším významným mechanismům ohrožování biodiverzity patří i introdukce geograficky nepůvodních druhů. Za geograficky nepůvodní druh považujeme takový druh, který pochází z jiné geografické oblasti a jeho výskyt v daném území je ovlivněn činností člověka. Druhy, které člověk rozšířil před počátkem neolitu, jsou však obvykle považovány za původní, neboť před rozvojem zemědělství se člověk z hlediska šíření biologických druhů svým chováním příliš nelišil od chování ostatních savců (Matějček 2013).

V systému pěstování směsných kultur se zvyšuje biologická rozmanitost a díky vyšší úrovni biodiverzity může docházet i k přirozené redukci výskytu škůdců a chorob. V důsledku toho je zapotřebí méně nákladů na používání pesticidů (Mala et al. 2020). Nedávné studie o úbytku hmyzu zvýšily zájem o biodiverzitu u širší veřejnosti. Hallmann et al. (2017) uvedli, že v Německu na územích chráněných oblastí došlo k 76% poklesu létajícího hmyzu, a to v rozmezí pouze 27 let. Tyto a další výsledky naznačují, že nejvíce postižené oblasti jsou právě ty zemědělské. Kukuřice je jedním z příkladů intenzivně obhospodařované plodiny. Směsné kultury kukuřice a kvetoucích rostlin mohou podpořit biodiverzitu porostu; jedná se např. o kukuřici a fazole, které byly, jak už bylo zmíněno, již v minulosti pěstované společně. Jednou ze zajímavých variant je zařazení směsných kultur do osevních postupů. Bylo zjištěno, že zapojení směsných kultur vede k významnému zvýšení aktivity čmeláků a včel (Hüber et al. 2022). Smíšené porosty mají potenciál podpořit biodiverzitu, biologickou kontrolu škůdců a stabilizovat výnos hlavních plodin. Jak uvádí např. Punyalu (2018), došlo při pěstování směsných kultur ke zvýšení půdní biodiverzity dvojnásobně.

Jedním z důvodů úbytku biodiverzity je nedostatečně variabilní osevní postup. Jedná se především o vysoké zastoupení obilnin, pěstovaných v monokultuře, tudíž např. začlenění jarních a ozimých luskovin i olejnin by zlepšilo biologickou rozmanitost v pěstebních systémech.

### 3.1.2 Výhody pěstování směsných kultur

K výhodám tohoto typu pěstování patří navýšení výnosu při vynaložení nižších nákladů (Maitra et al. 2019). Mezi další výhody těchto systémů se řadí eliminace degradačních procesů v půdě, nižší riziko zaplevelení porostů, omezení rozvoje chorob a škůdců v aktuálně pěstovaných plodinách, nebo i v plodině, která bude na pozemku následně, zajištění nutričních nároků porostů (jedná se především o cílené umrtvení a vymrznutí), přispívání ke zlepšení výživového stavu hlavní plodiny, zvýšení využití slunečního záření atp. (Brant 2019).

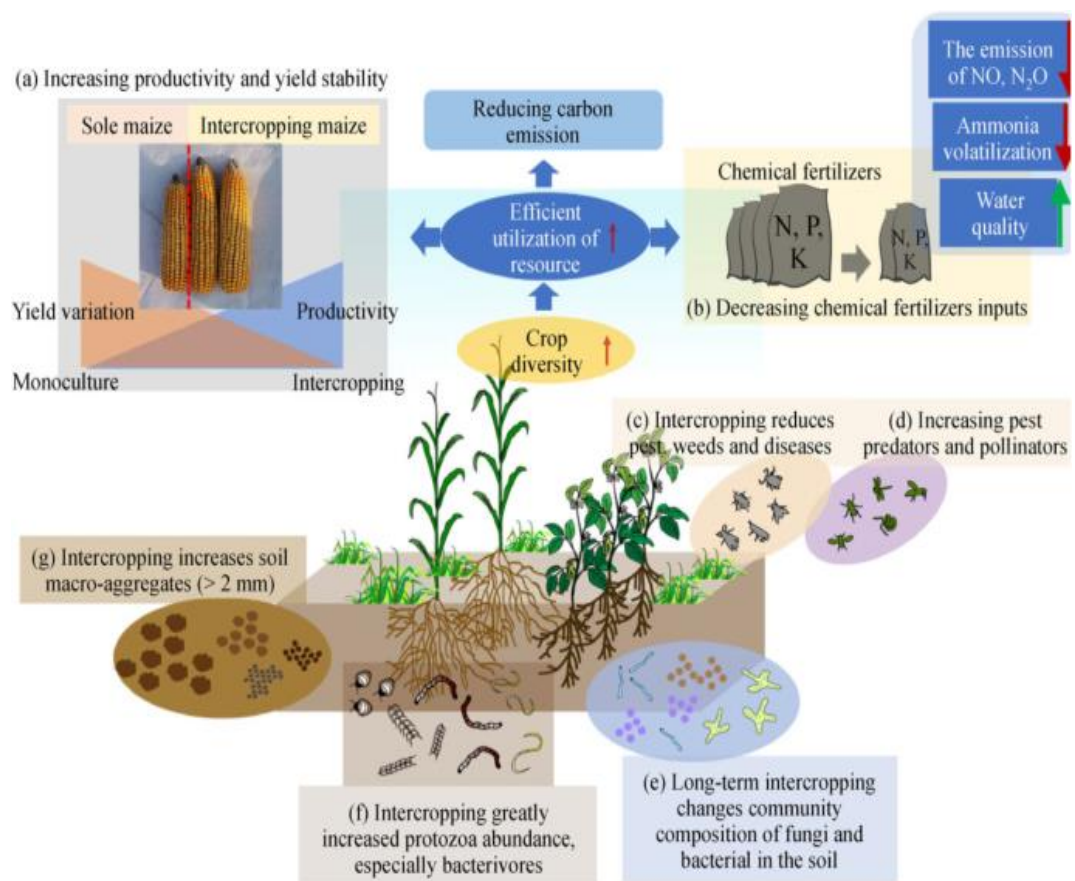
U směsných kultur lze najít celou řadu výhod, zde jsou uvedeny ty nejdůležitější:

- 1) Efektivita využívání zdrojů při směsném pěstování  
Při pěstování směsných kultur byl zaznamenán vyšší a stabilnější výnos (Gebru 2015). Francis (1986) uvedl, že u pěstování směsných kultur dochází k lepšímu využití zdrojů nutných pro růst rostlin, jako je světlo, půdní živiny a voda. Pokud se složky v dané směsi odlišují svými nároky na tyto zdroje, nedochází k vzájemné konkurenci plodin, vzhledem k morfologickým a fyziologickým rozdílům (Mousavi & Eskandari 2011).
- 2) Zvýšení produkce  
Jedná se o jednu z nejvýznamnějších výhod oproti monokulturám (Mousavi & Eskandari 2011). Ghanbari a Lee (2002) prokázali, že při pěstování pšenice spolu s fazolemi lze dosáhnout vyššího výnosu pšenice než při monokulturním pěstování. Willey (1979) považoval metodu směsného za ekonomicky výhodnější s vynaložením nižších nákladů, a tím pádem i vhodnější zejména pro malé farmáře.
- 3) Snížení pravděpodobnosti napadení škůdci, chorobami a zaplevelení  
Pro regulaci plevelů ve směsných kulturách se využívá principu alelopatie. Intenzivní výzkum alelopatie je prováděn u rýže, ale jsou známy i účinky ječmene,

pšenice, slunečnice i řepky. Dalším možným způsobem regulace je přímá konkurence mezi pěstovaným porostem a plevelnými společenstvy. Jedná se o konkurenci o živiny, vodu a světlo. U škůdců a chorob se jedná pouze o přímé efekty, které jsou prospěšné směsné kultuře (Brant 2019).

#### 4) Výnosová stabilita

Četné studie dokazují, že pěstování smíšených kultur přináší výnosové výhody oproti monokulturám. Pomocí metaanalýzy bylo zjištěno, že směsné kultury byly efektivnější ve využití půdy; v jedné z dalších studií bylo uvedeno, že směsné kultury vyprodukovaly o 38 % biomasy více než monokultury (Yang & Zhang 2021). Rozmanitost plodin v porostu a koexistence více druhů se používá jako příklad zlepšení funkcí agroekosystému. Ve srovnání s monokulturami zvýšilo zapojení směsných kultur do porostu produktivitu a stabilitu výnosů, snížily se vstupy chemikálií a tím i náklady na životní prostředí. Zvýšení rozmanitosti hmyzu zvýšilo šanci na opylování a omezení výskyt chorob v porostu. Směsné kultury zvyšují úrodnost půdy z hlediska chemických, biologických a fyzikálních vlastností (Yang & Zhang 2021).



Obr. 1 Zvýšení produktivity a stability výnosů

#### 5) Zlepšení úrodnosti půdy a navýšení zásoby dusíku v půdě

Při směsném pěstování plodin je za jednu z výhod tohoto hospodaření považováno zlepšení úrodnosti půdy; k tomu může významně přispět právě směsné pěstování

plodin s leguminózami, díky symbiotickému vztahu leguminóz s bakteriemi rodu *Rhizobium*, které fixují vzdušný dusík. Existuje mnoho výzkumů, které naznačují, že se při pěstování směsí s leguminózami zvyšuje obsah dusíku v rostlinách, které nejsou schopny poutat vzdušný dusík (Mousavi & Eskandari 2011; Dvořák et al. 2022).

K dalším příkladům výhod při pěstování směsných kultur patří, jak uvádějí Dierauer et al. (2018), menší pěstitelské riziko, lepší odolnost a snazší sklizeň krmných luskovin, nižší pozdní zaplevelení, lepší schopnost potlačovat plevele, vyšší výnosová stabilita, díky rozložení rizika na dvě a více plodin, ve víceletém průzkumu o 5-15 % vyšší celkový výnos a příspěvek k vyšší biodiverzitě a kvalitě krajiny.

### 3.1.3 Možná rizika pěstování směsných kultur

Přestože pěstování směsných kultur může přinášet řadu výhod, s jejich pěstováním se pojí i některé nevýhody či rizika. Možným problémem může být správný výběr rostlin do pěstované směsi (Rahman et al. 2020). Mezi další komplikace tohoto systému se řadí i volba vhodné hustoty setí, která bude vyhovovat všem složkám ve směsi. Během přípravy půdy je také třeba počítat se zvýšeným počtem pracovních operací. Volba vhodného složení směsi, ale také způsobu založení směsi mohou být složité a k správnému rozhodování je zapotřebí mnoha zkušeností. Úspěch pěstování je z velké části ovlivněn vztahy a interakcemi mezi jednotlivými komponenty směsi (Lithourgidis 2011).

V případě, že jsou obě plodiny sklizeny na zrno a dodány do výkupu, je nutné třídění směsi, což znamená dodatečné náklady, možná nižší kvalitu obiloviny kvůli absenci hnojení nebo ne zcela optimálnímu termínu sklizně pro jednotlivé komponenty směsi. Není možné libovolně kombinovat komponenty směsi vzhledem k rozdílnému termínu zrání a s tím spojenými omezeními v sestavování osevního postupu. Při výsevu je nutno osivo míchat a spolu s tím dospět ke kompromisům ohledně hloubky výsevu, anebo použít secí stroj s několika zásobníky, který umožňuje samostatný výsev a hloubku setí jednotlivých komponent (Dierauer et al. 2018). Pro zakládání smíšených kultur, jejichž součástí jsou druhy plodin, které mají různou velikost semen, jsou v dnešní době již k dispozici speciální secí stroje vybavené oddělenými výsevními skříněmi, které umožňují jak samostatný výsev jednotlivých komponent směsi dle různého navrženého designu, ale také umožňují zajistit pro jednotlivé komponenty optimální hloubku setí; to vede k lepší vzcháživosti a zapojení porostu. V případě, že tuto speciální mechanizaci nemáme a používáme standardní zemědělskou techniku (secí stroje), je zpravidla zapotřebí o něco snížit výsevek, aby se omezila vzájemná mezidruhová i vnitrodruhová konkurence. Velmi důležité je také stanovit optimální poměr jednotlivých komponent směsi (Brant 2017; Brant et al. 2019). Při sklizni je náročnější nastavení sklízecí mlátičky a u luskovin bývá nižší výnos bílkovin na hektar než při úspěšném pěstování monokultury (Dierauer et al. 2018).

### 3.2 Možnosti založení směsných kultur

Podsevové plodiny je vhodné zakládat jak na jaře, tak i na podzim, závisí především na složení směsi (Brant et al. 2008). Podle Freyera (2003) je výhodnější zakládat smíšené porosty, které obsahující jeteloviny, na jaře. Lze vysévat podsevy do plodin širokořádkových i úzkořádkových. Velké uplatnění nacházejí podsevové plodiny při pěstování obilnin, a to především pšenice. Vliv podsevu na výnos hlavní plodiny je ovlivňován rostlinným druhem užitým pro podsev a termín výsevu, nelze opomenout ani důležitý faktor povětrnostních podmínek (Brant et al. 2008).

Typy založení směsných porostů podle způsobu setí:

#### 1) Setí do živého mulče

Živý mulč pozitivně ovlivňuje celý agroekosystém, působí i jako částečná ochrana proti plevelům a škůdcům a zvyšuje biologickou rozmanitost porostu. Pokud by se jednalo o leguminový mulč, je možné snížit hnojení dusíkem. Přítomnost živého mulče, který je fotosynteticky aktivní po celý rok, zlepšuje i obsah uhlíku v půdě. Největším omezením využívání systému zakládání porostů do živého mulče v bezorebných systémech je následná konkurence o živiny, světlo a vodu mezi pšenicí a živým mulčem (Carof et al. 2007).

#### 2) Pásové výsevy

Při využití pásových výsevů jde o pásové zpracování půdy vycházející z hlubšího prokypření půdy v pásu kypřící radlicí a mělčí zpracování vrchní části pásu půdní frézou. Tento způsob výsevu se nejčastěji využívá u kukuřice seté. Kypření lze provádět jak do strniště hned po sklizni plodin, tak i do krmných plodin na píci, nebo do porostů pícnin. Při zakládání do regenerujících nebo rostoucích porostů pícnin dochází při jedné pracovní operaci k pásovému kypření půdy, výsevu a plošné nebo pásové aplikaci herbicidu. Hlavním cílem frézového zpracování půdy s využitím pomocných plodin je eliminace eroze a omezení rozvoje plevelů v meziřádku (Brant et al. 2019).

#### 3) Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny

Doba setvání pomocné plodiny v porostu může být velmi variabilní, může se lišit i při používání stejné technologie v závislosti na podmínkách daného roku. Největší výhodou tohoto způsobu založení porostu je to, že výsev pomocné plodiny probíhá zároveň s výsevem hlavní plodiny. V rámci rozmístění hlavních a pomocných plodin po pozemku se rozlišují dvě hlavní strukturální schémata. První je cílené rozmístění pomocné plodiny a druhý způsob využívá cílené prostorové rozmístění plodiny hlavní i pomocné. V systémech, kde se využívají i dvě a více plodin se lze setkat se smíšeným schématem, které spočívá hlavně v přesném rozmístění hlavní a dominantní pomocné plodiny a druhá pomocná plodina je rozmístěna náhodně.

##### a) Cílené rozmístění hlavní plodiny a náhodné rozmístění pomocné plodiny

Tento způsob je využíván především u úzkořádkových rostlin. Výsev hlavní plodiny je proveden secími stroji a pomocná plodina je zaseta před výsevem hlavní plodiny, souběžně s hlavní plodinou, nebo je i možné pomocnou plodinu dosít opožděně po vzejití pomocné plodiny. Nejčastěji je k vidění cílený výsev hlavní plodiny do řádků

a plošný výsev pomocné plodiny na povrch půdy. Společný výsev je z pohledu různých hledisek nevhodnější (Brant et al. 2019).

b) Systém cíleného rozmístění hlavní i pomocné plodiny

Tyto systémy se dále dělí na plodiny vysévané do úzkých řádků a plodiny vysévané do širokých řádků (Brant et al. 2019).

#### Plodiny vysévané do úzkých řádků

Úzkořádkové postupy přímo ovlivňují výnos plodin a konkurenci v systémech, kde jsou použity (Yang et al. 2016). Tyto technologie jsou z velké části ovlivněné dostupností vhodné technologie. Cílem těchto postupů je rozmístění hlavní a pomocné plodiny tak aby nedocházelo ke vzájemné konkurenci. Pokud by došlo k výsevu některé plodiny na větší meziřádkovou vzdálenost, je zde možnost provedení regulace pomocné rostliny (Brant et al. 2019).

#### Plodiny vysévané do širokých řádků

Tyto systémy se vyznačují větší variabilitou technických řešení, ale existují i tzv. technické improvizace, které si vytvářejí samotní zemědělci. Výsev plodin do širších řádků představuje větší možnost dodatečně dosít pomocnou plodinu; výsev pomocné plodiny může být realizován až po vzejití plodiny hlavní (Brant et al. 2019).

Rozdělení směsných kultur podle způsobu založení porostu:

1. Souběžný výsev obou plodin; výnos je sklizen a využit z obou plodin
2. Souběžný výsev obou plodin; pomocná plodina je umrtvena (herbicidně, mechanicky či vymrznutím)
3. Pomocná plodina je umrtvena a do ní je zaseta hlavní plodina
4. V průběhu vegetace dochází k přisevu pomocné plodiny do porostu plodiny hlavní (Brant et al. 2019).

Směsné kultury lze rovněž rozdělit na:

- 1) Řádkové systémy  
Pěstování dvou nebo více plodin současně, kdy dochází k výsevu jedné nebo více plodin v pravidelných řádcích.
- 2) Smíšené pěstování  
Pěstování dvou nebo více plodin současně, bez zřetelného řádkového uspořádání.
- 3) Pásový systém  
Pěstování dvou nebo více plodin současně v pásech, které jsou dostatečně široké, aby umožnily pěstování plodin bez nežádoucí konkurence a zároveň dostatečně úzké, aby se dostavil pozitivní účinek smíšeného pěstování.
- 4) Štafetový systém  
Pěstování dvou nebo více plodin současně, přičemž je každá rostlina v jiném vývojovém cyklu. Obvykle dochází k výsevu pomocné plodiny v ten moment, kdy hlavní plodina dosáhne reprodukčního stádia (Maitra et al. 2019).

### 3.3. Vztahy mezi plodinami ve směsi

Mezi plodinami ve směsné kultuře probíhají různé interakce, a to jak pozitivní, tak i negativní. Mezi pozitivní působení se řadí interakce taková, která přinese lepší podmínky pro hlavní pěstovanou plodinu. Oproti tomuto pozitivnímu vlivu se však mohou objevovat i některé negativní dopady na hlavní pěstovanou plodinu. Negativní vliv může vyplynout ze vzájemné konkurence plodin, která může vzniknout v důsledku omezených zdrojů, jako je například konkurence o živiny, světlo, vodu, dostatečný prostor pro rozvoj rostliny v porostu či omezení růstu skrze působení alelopatického efektu. V některých případech se druhy, které jsou součástí směsi, téměř nemusí vzájemně ovlivňovat; tato situace může nastat, pokud rostliny v danou chvíli využívají rozdílné zdroje (Bedoussac et al. 2015).

#### 3.3.1 Směsné kultury s leguminózou a dostupnost dusíku

Často bývá zkoumán efekt směsného pěstování leguminóz s ostatními plodinami a jejich vliv na příjem dusíku hlavními plodinami. V těchto směsích bylo prokázáno, že díky směsnému pěstování s leguminózami bývá v půdě větší množství dusíku, využitelného hlavní plodinou (Wendling et al. 2017). Interakce mezi plodinami ve směsi jsou ovlivněny celou řadou faktorů, jako například přístupnost živin, způsob založení porostu, výše výsevu a habitus rostlin ve směsi (Connolly et al. 1990). Podle Möllera (2008) při hnojení dusíkem směsi, která obsahuje leguminózu a rostlinu, která není schopna poutat vzdušný dusík, dochází k určitému zvýhodnění rostlin, které nejsou schopny přijímat vzdušný dusík.

Pro dosažení úspěchu při pěstování směsných kultur je důležité rozumět vlivům, které směsnou kulturu ovlivňují, počínaje výběrem vhodných komponent směsi a jejich podílu ve směsi, přes volbu vhodného způsobu založení směsi, dopady složení směsi na zdravotní stav porostu a výživu, až po způsob sklizně a kvalitu produkce (Wendling et al. 2017). Při zvládnutí všech výše uvedených zásad může být pěstování směsných kultur lepším řešením než monokulturní pěstování. Jak již bylo uvedeno výše, k nejčastějším variantám smíšených kultur patří směsné pěstování obilnin s leguminózou. Pokud je na jednom pozemku směs rostlin, které nejsou schopny poutat vzdušný dusík, tak u nich s největší pravděpodobností dojde ke konkurenci o tuto živinu. Pokud je ve směsi leguminóza, konkurence o minerální dusík mezi komponenty směsi do určité, někdy i značné míry odpadá (Bedoussac et al. 2015).

Bergkvist (2003) referoval o translokaci dusíku z luskovin (jetelovin) do obilnin a trav. To může mít podle něj za následek zvýšený obsah dusíku v pšenici. Na druhou stranu výzkum, který prováděli Wanic et al. (2016) ukázal, že obsah celkového dusíku v jarní pšenici pěstované s jetelem perským byl nižší než obsah dusíku v čisté pšenici seté. Počínaje fází odnožování pšenice byla absorpce dusíku oběma druhy ve směsi nižší, než absorpce druhy vyšetými v čistém porostu, což se projevilo nižšími koncentracemi této živiny v rostlinách (od fáze sloupkování u pšenice) a jejím celkovým obsahem. Podle Andersena et al. (2004) výše uvedené pozorování může naznačovat, že pěstování obilnin s leguminózami by mohlo být méně přínosné, než se očekávalo. Nicméně, jak zmiňují Thorsted et al. (2006), je možné konkurenci mezi leguminózou a pšenicí řídit prostorovou architekturou porostu (šířka řádků, hustota setí) a zastoupením jednotlivých složek ve směsi (Gooding et al. 2007).



### 3.3.2 Alelopatie

Jedná se o jev, kdy jedna rostlina může ovlivňovat výskyt a růst druhé rostliny pomocí chemických látek (Jandová et al. 2015). Při tomto procesu jsou využívány sekundární metabolity produkované rostlinami, které mají vliv na vývoj přírodních a zemědělských systémů (Zvěřinová 2015). Podle některých studií může být alelopatie využívána k ochraně proti plevelům. Rostliny vypouštějí kořeny alelochemikálie, které působí jako herbicidy skrze půdu (Abbas et al. 2017). Alelochemikálie dokážou stimulovat nebo utlumovat klíčení i růst a umožňují tím pěstování plodin s nízkým množstvím reziduí ve vodě i půdě. Mohou představovat jednu z možných náhrad chemických herbicidů. Avšak jejich účinnost je po většinu času omezená. Mezi hlavní cíle výzkumu alelopatie se řadí alelopatické účinky na zemědělskou produkci, snížení vstupů chemických pesticidů, udržitelný vývoj zemědělské produkce, využití v ekologickém zemědělství. V současnosti se alelopatie využívá v osevních postupech, při využití pomocných plodin, nebo i při zeleném hnojení (Cheng & Cheng 2015). Omezení růstu plevelných společenstev s využitím alelopatie lze realizovat pomocí pěstování rostlin s alelopatickým účinkem poblíž ohnisek plevelů. Dalším způsobem využití alelopatie je získání alelochemikálií a vytvoření kapalného roztoku, který lze aplikovat jako postřik (Jabran et al. 2015). Jednou z pěstovaných rostlin s alelopatickým účinkem je pšenice; je již zjištěno několik alelochemikálií, které pšenice vypouští do svého okolí. Alelopatický efekt pšenice lze využít pro redukci hmyzu, škůdců a chorob, zlepšení kvality půdy a půdní diverzifikace. Zároveň se vyvíjí nízkonákladový biologický pesticid a podporuje se odolnost rostlin proti stresu. Účinky alelopatie pšenice se mění s věkem rostlin; největší potlačení plevelu probíhalo během vegetativní fáze a během sklizně. Během vegetativní fáze rostliny lze alelopatii využít k potlačení plevelů pomocí exsudace alelochemikálií v půdě. Během sklizně se koncentrace alelochemikálií zvyšuje, a to hlavně v kořenech rostlin (Aslam et al. 2016).

### 3.4 Pšenice setá ve smíšených kulturách

Vzhledem k tomu, že pšenice je jednou z nejvýznamnějších a nejrozšířenějších plodin na světě, je rozumné hledání alternativních metod ke zlepšení její udržitelné produkce. V konvenčním zemědělství jsou využívány metody, které zvyšují její produkci, avšak jsou, zejména v posledních letech, zpochybňovány pro svůj negativní dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Konvenční zemědělství je z velké části závislé na externích vstupech. Jednou z možností, jak dosáhnout lepší udržitelnosti systému, je právě využití smíšených porostů (Lopes et al. 2016). K nejčastěji užívaným formám patří, jak už bylo zmíněno, směsi, kde obilnina je hlavní plodinou a leguminóza plodinou vedlejší; nicméně, efekt smíšené kultury ve vztahu k výnosu a jakosti produkce nemusí být vždy pozitivní (Capouchová & Dvořák 2022). Naproti tomu, Gill et al. (2009) uvádějí, že směsné pěstování se zpravidla projevuje pozitivně; například obilniny mívají mohutnější kořenový systém a hustotu zakořenění, což je činí konkurenceschopnějšími v osvojování živin z půdy.

V Pákistánu se často pěstuje pšenice ve směsi s cizrnou. Bylo zjištěno, že při směsném a monokulturním pěstování těchto dvou plodin byly rozdílné účinky na některé rhizosférické mikrobiální funkce, zejména ty, které souvisí s dynamikou dusíku. Předpokládalo se, že ve směsném porostu nastane zvýšení aktivity nitrát reduktázy u kořenů pšenice, které usnadní nodulaci, a tím i fixaci  $N_2$  v cizrně, zatímco cizrna mohla podporovat růst pšenice zvýšením dostupnosti  $NO_3$ . V současné době se zkoumá vliv smíšeného porostu na výnos biomasy a její

distribuci, koncentraci vody ve tkáních kořenů pšenice, množství vody v kořenech a v pšenici a nodulaci u cizrny (Gill et al. 2009).

### 3.5 Procesy přeměny dusíku v půdě

Dusík je celosvětově považován za jeden z nejdůležitějších prvků ovlivňujících růst rostlin. Otevřenost koloběhu dusíku vedla k řadě narušení, která ovlivňují všechny ekologické složky a odrážejí se v akronymu pěti hrozeb WAGES: kvalita vody, kvalita ovzduší, bilance skleníkových plynů, ekosystémy a biodiverzita a kvalita půdy. Většina přebytku dusíku z orné půdy (přebytek celkového hnojení nad odběrem) se vyplavuje do vodonosných vrstev a říčních sítí, což způsobuje závažné znečištění dusičnany, jejichž koncentrace výrazně překračují pitné a ekologické normy, a také přemnožení škodlivých druhů řas v pobřežních mořských oblastech (Anglade et al. 2015).

V půdě jsou dostupné dvě hlavní formy anorganického dusíku - dusičnanová a amonná (Murray et al. 2016). V zemědělství je přirozený koloběh dusíku narušen odvozem organické hmoty z pozemku v podobě hlavních a vedlejších produktů pěstovaných rostlin a aplikací dusíkatých hnojiv. Hlavní podíl dusíku v půdě představují organické dusíkaté sloučeniny, jejichž dusík je až na výjimky rostlinám nedostupný. Z celkového množství N v půdě je rostlinám dostupné pouze 1-2 %, a to ve formě nitrátové a amonné, což souhrnně označujeme jako minerální dusík. Nejvíce rostlinám přístupného dusíku se nachází v ornici, kde se dusík uvolňuje mineralizací organických látek. S ohledem na pohyblivost nitrátové formy v půdním roztoku se jisté množství dusíku posunuje profilem hlouběji a v konečném důsledku je vyplavováno z dosahu kořenů rostlin. V průběhu roku dochází ke změnám v obsahu minerálního dusíku v půdě. V jarním období se v důsledku oteplování půdy zvyšuje činnost mikroorganismů a obsah minerálního dusíku dosahuje maximálních hodnot. V průběhu vegetace, kdy dochází k odběru dusíku rostlinami a snižování intenzity mineralizace, klesá i obsah minerálního dusíku až na relativně stabilní hodnotu, která je pozorovatelná těsně před sklizní a po sklizni. Pokud jsou vlhkostní a teplotní podmínky příznivé, tak se v podzimním období začíná obsah dusíku navyšovat mineralizací posklizňových zbytků a následně před zimou zase obsah N klesá (Balík et al. 2012). V současné době se v celosvětovém měřítku podílí leguminózy na celkovém hnojení půdy dusíkem pouze ze 13 %. Potenciál symbiotické fixace dusíku je z velké části nedostatečně využit (Anglade et al. 2015).

Jedním z procesů, který v půdě probíhá, je nitrifikace, což je dvoufázový proces. V první fázi dochází k přeměně  $\text{NH}_4$  na dusitany ( $\text{NO}_2$ ) pomocí skupiny obligátních autotrofních bakterií známých jako *Nitrosomonas* spp. Další skupina obligátních autotrofních bakterií provádí druhý krok, při kterém se  $\text{NO}_2$  přeměňuje na  $\text{NO}_3$ . Nitrifikaci jsou schopny provádět i některé heterotrofní organismy, avšak pomalejší rychlostí. Při nitrifikaci vzniká oxid dusný (valence +1 a +2) (Hofman & Cleemput 2004).

Na rozdíl od nitrifikace je denitrifikace anaerobní proces. Jedná se o heterotrofní děj, který vyžaduje organický substrát. Existují dva způsoby denitrifikace, a to biologická a chemická. Biologická denitrifikace představuje biochemickou redukci  $\text{NO}_3$  na plyný dusík. Při denitrifikaci se  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_3$  redukují na molekulární N pomocí mikroorganismů a tím se stávají pro rostliny nepřijatelné (Hofman & Cleemput 2004).

### 3.6 Leguminózy

Leguminózy se pěstují na 12 – 15 % orné půdy na Zemi a představují 27 % světové produkce primárních plodin. Bohužel výnosy luskovin nejsou schopné držet krok s výnosy obilnin (Graham & Vance 2003). Podle Neye (1997) se výnosy pšenice ve Francii v období 1981-1996 zvyšovaly o 120 kg na hektar ročně, zatímco výnosy hrachu se za stejné období zvýšily pouze o 75 kg na hektar. Leguminózy poutají vzdušný dusík pomocí symbiotického vztahu s bakteriemi na jejich kořenech (Peoples et al. 2009; Hakl 2022). Z této schopnosti těží jak samotné leguminózy, tak i plodiny následné nebo společně pěstované na pozemku (Liu et al. 2011). Současná produkce dusíkatých hnojiv je založena na Haber-Boschově reakci. Přeměňuje atmosférický dusík na amoniak a roční fixace se pohybuje kolem 100 milion tun čistého dusíku, zatímco vstup dusíku pomocí jeho fixace činí zhruba 110 milionu tun, což poukazuje na vysoký potenciál leguminóz. Fixace dusíku pomocí hlízkových bakterií není stabilní a je ovlivněn podmínkami prostředí a má i svůj sezónní charakter (Hakl 2022).

Jak již bylo zmíněno, nejvíce limitujícím prvkem ve výživě rostlin je ve většině případů právě dusík. V celosvětovém měřítku zpřístupňují velkou část dusíku leguminózy, pomocí symbiotických vazeb s dusík fixujícími bakteriemi. Schopnost leguminóz získávat dusík z jiných, než minerálních zdrojů je oceňována především u půd, které jsou chudé na dusík (Murray et al. 2016). Z počátku růstu leguminóz ještě nejsou plně formované kořenové hlízkové, zprvu se i v systémech s leguminózou může projevit konkurence o minerální dusík (Bedoussac et al. 2015). Nodulace luskovin může být potlačena velkým množstvím dusíku v půdě, přehnojováním dusíkatými hnojivy či hnojením pro lepší vzcházení rostlin (Murray et al. 2016). Hlízkové bakterie přeměňují atmosférický plyn  $N_2$  na  $NH_3$ , který se dále mění na aminokyseliny a bílkoviny. Leguminózy na druhou stranu bakteriím poskytují potřebnou energii, kterou potřebují k růstu a fixaci dusíku. Schopnost vázat dusík má každý druh jiný a tím pádem je i různě velká fixace, která se pohybuje od několika kg až po několik set kg. Tento proces je utlumen, pokud je dostatek jiných zdrojů dusíku, a snižuje se také v kyselých půdách a půdách s nízkou dostupností fosforu (Hofman & Cleemput 2004).

### 3.7 Pšenice ve směsi s leguminózou

Jednou z největších předností pšenice pěstované ve směsi s leguminózou je zlepšení kvality produkce a její stabilizace; ve srovnání s monokulturním pěstováním především zvýšení obsahu bílkovin v zrna pšenice. Pěstování smíšených kultur tvořených obilninou a leguminózou je považováno za systém pěstování s nízkým vstupem dusíkatých hnojiv, což je výhodné zejména pro ekologické zemědělství, kde jsou možnosti dusíkatého hnojení omezené (Bedoussac et al. 2015). Obilniny na rozdíl od leguminóz bývají vzrůstnější a zpravidla intenzivně reagují na změny či zásahy v průběhu vegetace. Poměrně častá je tedy situace, kdy jsou leguminózy zastíněny a potlačeny pšenicí; tomuto problému lze lehce předcházet např. vhodným poměrem jednotlivých komponent směsi a/či nastavením mezirádkové vzdálenosti (Fujita et al. 1992). Pěstování smíšených porostů pšenice a luskoviny je využíváno především v zemědělství, kde jsou vyžadovány nízké vstupy, a kde díky tomu sehrává velmi významnou roli biologická fixace vzdušného dusíku skrze leguminózy. Ve středomořských zemích je pěstování směsí obilnin a leguminóz běžným systémem pěstování, a to hlavně z důvodu vyšší produktivity a udržitelnosti (Yang et al. 2017). Komplementarita tohoto systému zvyšuje výnosovou stabilitu v systému a pomáhá překonat různá rizika, ke kterým dochází v případě

monokulturního pěstování. Poměr uhlíku a dusíku je mnohem vyrovnanější v případě pěstování leguminóz s pšenicí. Tento vyvážený poměr vede k vyváženějšímu obratu mineralizace a imobilizace dusíku. Při pěstování směsných kultur také dochází k nižšímu vyplavování dusíku z půd (Monti et al. 2019). Pěstování směsných kultur pšenice a leguminózy může vést k řadě výhod, které se mohou projevit v různých časových i prostorových měřítkách. Jedná se od krátkodobého zvyšování výnosu a kvality produkce pšenice až po dlouhodobou udržitelnost systému (Šarūnaitė et al. 2010).

Guiducci (2018) provedl pokus zakládající se na myšlence, že společné pěstování pšenice a leguminózy s devitalizací luskovin na konci zimy může zvýšit dusíkovou soběstačnost rostlin pšenice. Tato myšlenka nebyla zatím řádně prozkoumána. V této studii byly porovnávány čtyři varianty pěstování, a to čisté porosty pšenice, které byly pěstovány při odstupněných dávkách N od 0 až po 160 kg N/ha, monokulturní porosty vybraných luskovin, a dočasné a trvalé smíšené porosty pšenice s luskovinami. V průběhu let se zvyšovala schopnost luskovin poutat dusík a bylo upozorováno, že luskoviny s lepší konkurenční schopností jsou schopny poutat více vzdušného dusíku. Čím vyšší byla akumulace dusíku, tím více a dříve byl dusík přístupný pro pšenici. Toto zjištění dokazuje, že termín devitalizace luskovin představuje klíčový faktor, který je třeba každoročně řídit, aby se maximalizovala dodávka dusíku z luskovin a zároveň se zabránilo nadměrné konkurenci luskovin, která by mohla ohrozit růst a výnos pšenice. Takováto regulace nebyla možná v trvalých smíšených porostech, kde konkurence luskovin snižovala výnos zrna pšenice. Dusík dodaný do půdy pomocí devitalizace luskovin zvýšil akumulaci dusíku v pšeničném zrna během jeho plnění. Celkově lze říct, že dočasné smíšené porosty s leguminózou se zdají být proveditelným a účinným nástrojem pro udržitelné řízení výživy ozimé pšenice dusíkem.

Velké oblíbenosti se dostalo pěstování leguminóz a pšenice v oblasti východní a jižní Afriky, které jsou postiženy klesajícím podílem půdy na obyvatele, ztrátou úrodnosti a velkou proměnlivostí klimatu. V současnosti představuje největší problém degradace půdy, což představuje sociální, ekonomické i environmentální problémy (Kiwia et al. 2019). Pěstování směsných kultur pšenice a leguminóz může nabídnout zemědělský systém, který bude splňovat jak ekonomické, tak environmentální požadavky (Chapagain & Riseman 2014). Udržitelná intenzifikace, která je definována jako produkce většího množství ze stejné plochy při snížení negativních dopadů na životní prostředí, byla u malých zemědělských podniků uznána za klíčovou součást strategie směřující ke zvrácení stavu degradace půdy a zvýšení produkce potravin. Smíšené porosty obilnin a leguminóz představují jednu z cest, jak tohoto cíle dosáhnout. Smíšené porosty obilnin a leguminóz také zajišťují diverzifikaci stravy a snížení rizika v případě neúspěchu jedné z plodin. Zjistilo se, že v těchto oblastech má největší předpoklad pro pěstování ve směsi s pšenicí *Cajanus cajan*, a to díky své schopnosti tolerovat sucho a významné roli ve výživě místních obyvatel. *Cajanus cajan* se v afrických zemích tradičně pěstuje ve smíšené kultuře s kukuřicí, čirokem, nebo prosem. Uvádí se, že v oblastech náchylných k extrémním povětrnostním podmínkám poskytuje podsev *Cajanus cajan* v pšenici větší jistotu proti neúrodě. Většina odrůd *Cajanus cajan* navíc dozrává v období sucha, dlouho poté co tamní zemědělci sklidili obilniny, čímž se překrývá období hladu a zajišťuje se potravinová bezpečnost. *Cajanus cajan* poskytuje také další výhody, jako je krmivo pro hospodářská zvířata a palivové dřevo pro energetické potřeby domácností. Zásobování

palivovým dřevem může mít přínos v podobě úspory práce pro ženy, od nichž se tradičně očekává, že budou tuto činnost vykonávat pro rodinu. Přínosy pro životní prostředí by mohly plynout také ze snížení tlaku na lesní porosty v souvislosti s potřebou palivového dřeva, i když jen krátkodobě. Díky komplementaritě s obilninami a schopnosti biologicky vázat dusík z atmosféry byly dobře zdokumentovány přínosy pěstování smíšených porostů obilnin a *Cajanus cajan* pro dlouhodobé zlepšování půdní úrodnosti. V polopouštních oblastech se *Cajanus cajan* pěstuje na více než 400 000 ha, jeho potenciál je však mnohem větší. Díky rostoucí a trvalé poptávce po dovozu z Indie dojde k pravděpodobnému zvětšení plochy, na které by se tato plodina mohla potenciálně pěstovat (Kiwia et al. 2019).

Jak již bylo uvedeno, pěstování pšenice s leguminózami se stále více uplatňuje především v ekologickém zemědělství a v podmínkách s nižšími vstupy, právě pro udržitelnost tohoto systému, přičemž leguminózy plní ve smíšené kultuře pomocnou, podpůrnou funkci ve vztahu k hlavní plodině - pšenici (Bedoussac et al. 2015). V mnoha studiích o ekologické produkci obilnin se uvádí, že leguminózy lze využít jako účinný zdroj dodávání dusíku do půdy, během vegetace rostlin. Schopnost leguminóz poutat vzdušný dusík a zpřístupňovat ho rostlinám, které tuto schopnost nemají, se staly předmětem rostoucího zájmu, a to hlavně u ekologických zemědělců, kde je hnojení dusíkem výrazně omezeno. Dostupnost dusíku pro následné rostliny a rostliny souběžně pěstované závisí do značné míry na akumulaci dusíku, kterou luskoviny poskytují. Bylo zjištěno, že efektivnější pro zásobení půdy dusíkem jsou luskoviny pěstované jako zelené hnojení bez možnosti tvorby semen, protože semena leguminóz obsahují až 75 % dusíku, který by se jinak nahromadil v půdě. Vzájemné pěstování luskovin jakožto pomocných, podpůrných plodin s hlavními plodinami - obilninami je jednou z možností, jak zlepšit zásobenost dusíku v půdě a zároveň zachovat ekonomicky rentabilní výnos hlavní plodiny. Kromě toho mohou smíšené porosty skládající se z obilnin a leguminóz nabídnout zlepšení využití radiace díky odlišné struktuře nadzemní části a rozdílnému životnímu cyklu obou plodin. Při společném pěstování leguminózy a pšenice by mohlo docházet i k lepšímu příjmu vody a živin rostlinami. (Amossé et al. 2013). V systémech směsného pěstování kombinujících obilniny a leguminózy je žádoucí převaha obilnin nad leguminózami, aby se předešlo vzniku konkurence, což by mohlo vést k omezení výkonnosti hlavní plodiny. Tomuto jevu lze předcházet např. založením porostu obilniny před výsevem leguminózy. Další z možností je využití odrůd s odlišnými vegetačními cykly, což může zajistit to, že obilniny získají lepší přístup k trofickým zdrojům. Štafetové pěstování hlavních plodin s leguminózami, varianta s opožděním výsevu luskovin, je nejčastěji využívána při jarním přisevu leguminóz, kde se očekává, že ozimá plodina (obilnina) bude dostatečně vzrostlá a dominantní, aby se omezila možnost konkurence s leguminózou (Amossé et al. 2013). Jak uvádějí Vrignon-Brenas et al. (2016), přínos leguminóz dané smíšené kultuře nebo plodině je závislý na podmínkách prostředí, které ovlivňují růst a vývoj plodin. Je vhodné využívání různých indikátorů, prostřednictvím kterých lze případný přínos leguminóz vyjádřit; např. množství biomasy, které leguminóza vytvoří. Na základě těchto indikátorů je možné smíšenou kulturu změnit a upravit.

## 4 Metody a materiál

Experimentální část práce byla zaměřena na posouzení vlivu smíšeného 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 ukazatele odrůd pšenice ozimé Butterfly a Lorien. Přesný polní maloparcelkový pokus byl realizován v experimentálním ročníku 2021/2022 na konvenční pokusné ploše Výzkumné stanici Katedry agroekologie a rostlinné produkce FAPPZ ČZU v Praze-Uhřetěvesi. Byly hodnoceny základní produkční ukazatele a výnos pšenice; po sklizni pak bylo provedeno stanovení základních jakostních ukazatelů zrna pšenice.

### 4.1 Půdně-klimatické podmínky pokusné stanice

Výzkumná stanice Praha-Uhřetěves leží v nadmořské výšce 295 m.n.m., průměrná roční teplota dosahuje 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 podmínek v období září 2021 – srpen 2022 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
9/2021	16,0	14,0	2,0	22,8	49,2	-26,4
10/2021	9,2	8,6	0,6	19,2	41,8	-22,6
11/2021	4,5	3,2	1,3	47,6	34,0	13,6
12/2021	1,8	-0,5	2,3	28,8	34,6	-5,8
1/2022	2,2	-2,1	4,3	18,2	28,4	-10,2
2/2022	4,5	-0,8	5,3	9,4	27,5	-18,1
3/2022	4,6	3,4	1,2	9,6	31,8	-22,2
4/2022	7,7	8,2	-0,5	28,8	46,9	-18,1
5/2022	16,1	13,4	2,7	21,6	65,0	-43,4
6/2022	20,1	16,3	3,8	181,4	74,1	107,3
7/2022	20,0	18,2	1,8	50,0	74,3	-24,3
8/2022	20,3	18,0	2,3	94,4	76,5	17,9

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<sub>min</sub> v půdě jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2: Obsah Nmin v půdě (0–30 cm), odběr 27.2.2022**

Vzorek	Faktor cca	Sušina %	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	N anorg.	NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>3</sub> -N	N anorg.
			mg N/kg sušiny			kg N/ha		
Průměr parcel s leguminózou	3,9	79,26	0,91	6,08	6,96	3,55	23,71	27,14
Průměr parcel bez leguminózy	4,0	79,84	0,48	4,86	5,56	1,92	19,44	21,44

#### 4.2 Uspořádání pokusu, přehled pokusných variant

Přesný polní maloparcelkový pokus se dvěma odrůdami pšenice seté ozimé (Butterfly a Lorien) a vybranými druhy leguminóz (po jedné odrůdě hrachu setého jarního, hrachu setého ozimého, bobu obecného a jetele nachového) byl založen na konvenční pokusné ploše ve dvou sousedících blocích.

V prvním bloku byl pokus založen výsevem směsi osiva sledovaných leguminóz a pšenice do řádků 12,5 cm (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 25,0 cm a hloubky 40 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 Wintersteiger. Všechny varianty pokusu byly založeny ve třech opakováních, při velikosti pokusné parcely 12 m<sup>2</sup>. Přehled pokusných variant uvádí tabulka 3.

Zima byla mírná, a tak jarní leguminózy (hrách setý jarní a bob obecný), vyseté na podzim spolu s pšenicí, v průběhu zimního období 2021/2022 nevymrzly. Na pokusné ploše bylo provedeno ukončení vegetace jarních i ozimých leguminóz herbicidním ošetřením 8.4. 2022 na konci odnožování pšenice.

**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 Zelenyho testu.

Udržovatelem je Selgen, a.s

**Charakteristika použité odrůdy pšenice ozimé Lorien:** raná odrůda s potravinářskou jakostí (B), s nižší mrazuvzdorností a dobrou odolností vůči poléhání. Odrůda je vyššího vzrůstu, má dobrý zdravotní stav a vyznačuje se vysokou odolností vůči FHB a virózám. Dále se vyznačuje vysokým číslem poklesu a vysokými bílkovinami.

Udržovatelem je Selgen, a.s

**Tabulka 3: Přehled variant pokusu**

Kombinace	Odrůda	Výsevek		Kombinace	Odrůda	Výsevek	
		MKS/ha	kg/ha			MKS/ha	kg/ha
Výsev ob řádek				Výsev směsi osiva (do řádků 125 mm)			
pšenice + ozimý hrách	Butterfly	4,0	197	pšenice + ozimý hrách	Butterfly	4,0	197
	Balltrap	0,5	93		Balltrap	0,5	93
pšenice + jarní hrách	Butterfly	4,0	197	pšenice + jarní hrách	Butterfly	4,0	197
	Avatar	0,5	155		Avatar	0,5	155
pšenice + bob obecný	Butterfly	4,0	197	pšenice + bob obecný	Butterfly	4,0	197
	Merkur	0,3	220		Merkur	0,3	220
pšenice + inkarnát	Butterfly	4,0	197	pšenice + inkarnát	Butterfly	4,0	197
	Kardinál	3,0	15		Kardinál	3,0	15
pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	197	pšenice – kontrola	Butterfly	4,0	197
pšenice + ozimý hrách	Lorien	4,0	177	pšenice + ozimý hrách	Lorien	4,0	177
	Balltrap	0,5	93		Balltrap	0,5	93
pšenice + jarní hrách	Lorien	4,0	177	pšenice + jarní hrách	Lorien	4,0	177
	Avatar	0,5	155		Avatar	0,5	155
pšenice + bob obecný	Lorien	4,0	177	pšenice + bob obecný	Lorien	4,0	177
	Merkur	0,3	220		Merkur	0,3	220
pšenice + inkarnát	Lorien	4,0	177	pšenice + inkarnát	Lorien	4,0	177
	Kardinál	3,0	15		Kardinál	3,0	15
pšenice – kontrola	Lorien	4,0	177	pšenice – kontrola	Lorien	4,0	177

### 4.3 Agrotechnika

Předplodina: ječmen jarní

Orba: 12.9. 2021

Příprava půd: 12.9. 2021 vibrační brány + 18.10. 2021 kompaktor

Setí: 19.10. 2021

Hnojení: 4.3. 2022 (40 kg N/ha v LAV 27) + 29.3. 2022 (40 kg N/ha v LAV 27)

Herbicid: 8.4. 2022 Zypar, 1,0 l/ha

Fungicidní ani insekticidní ošetření nebylo provedeno

Sklizeň 27.7. 2022



#### 4.4 Hodnocení produkčních a jakostních parametrů

Před sklizní byl stanoven počet klasů na m<sup>2</sup>. Po sklizni byl zjištěn výnos a dále byly z každého opakování odebrány vzorky zrna pšenice pro stanovení HTS a pro hodnocení jakosti (v práci jsou uvedeny průměrné hodnoty sledovaných produkčních a jakostních ukazatelů).

Základní jakostní ukazatele 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

Tato kapitola se zabývá porovnáním a zhodnocením výsledků vlivu smíšeného pěstování dvou odrůd pšenice ozimé Butterfly a Lorien s vybranými druhy leguminóz, při dvojitěm způsobu založení porostu (výsev směsi pšenice a leguminóz a výsev pšenice a leguminóz ob řádek). Základní produkční parametry - počet klasů na m<sup>2</sup> před sklizní, HTS, výnos pšenice a vybrané jakostní parametry - objemová hmotnost, obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, Zeleného test a číslo poklesu.

### 5.1 Počet klasů na m<sup>2</sup> před sklizní

Prvním hodnoceným produkčním parametrem byl počet klasů na m<sup>2</sup>; výsledky znázorňuje graf č. 1.

Odrůda Butterfly dosáhla nejvyššího počtu klasů na m<sup>2</sup> (v průměru 508 klasů) u varianty vyseté ve směsi s hrachem jarním do klasických úzkých řádků 12,5 cm. Podobný výsledek byl u odrůdy Butterfly při výsevu směsi s hrachem ozimým (501 klasů na m<sup>2</sup>). Následovaly varianty, kde byla odrůda Butterfly pěstovaná ve smíšené kultuře s bobem a inkarnátem, opět u porostu založeného výsevem směsi osiva s uvedenými leguminózami do klasických úzkých řádků (481 a 482 klasů na m<sup>2</sup>) a u kontroly bez leguminózy byl v průměru počet klasů na m<sup>2</sup> jen o málo nižší – 473 klasů.

V části pokusu, který byl zaset střídavým výsevem pšenice a leguminózy ob řádek byly počty klasů na m<sup>2</sup> odrůdy Butterfly znatelně nižší. Nejvyšší počet klasů měla při tomto způsobu výsevu (tedy v řádcích 25 cm) odrůda Butterfly ve směsi s ozimým hrachem (475 klasů na m<sup>2</sup>); následovaly směsi s hrachem jarním (462 klasů), inkarnátem (454 klasů) a bobem (449 klasů na m<sup>2</sup>). Kontrola bez leguminózy (výsev na 25 cm) dosáhla opět nejnižšího počtu klasů na m<sup>2</sup> – 447 klasů, avšak rozdíl oproti variantám s inkarnátem a bobem byl opět nepatrný.

Při prvním pohledu na výsledky odrůdy Lorien je vidět, že počet klasů na m<sup>2</sup> byl u této odrůdy oproti odrůdě Butterfly u smíšené kultury založené výsevem směsi osiva a leguminóz nižší, a to poměrně výrazně. U variant, kde byl smíšený porost založen ob řádek, byl počet klasů na m<sup>2</sup> ve srovnání s odrůdou Butterfly většinou jen mírně nižší či srovnatelný.

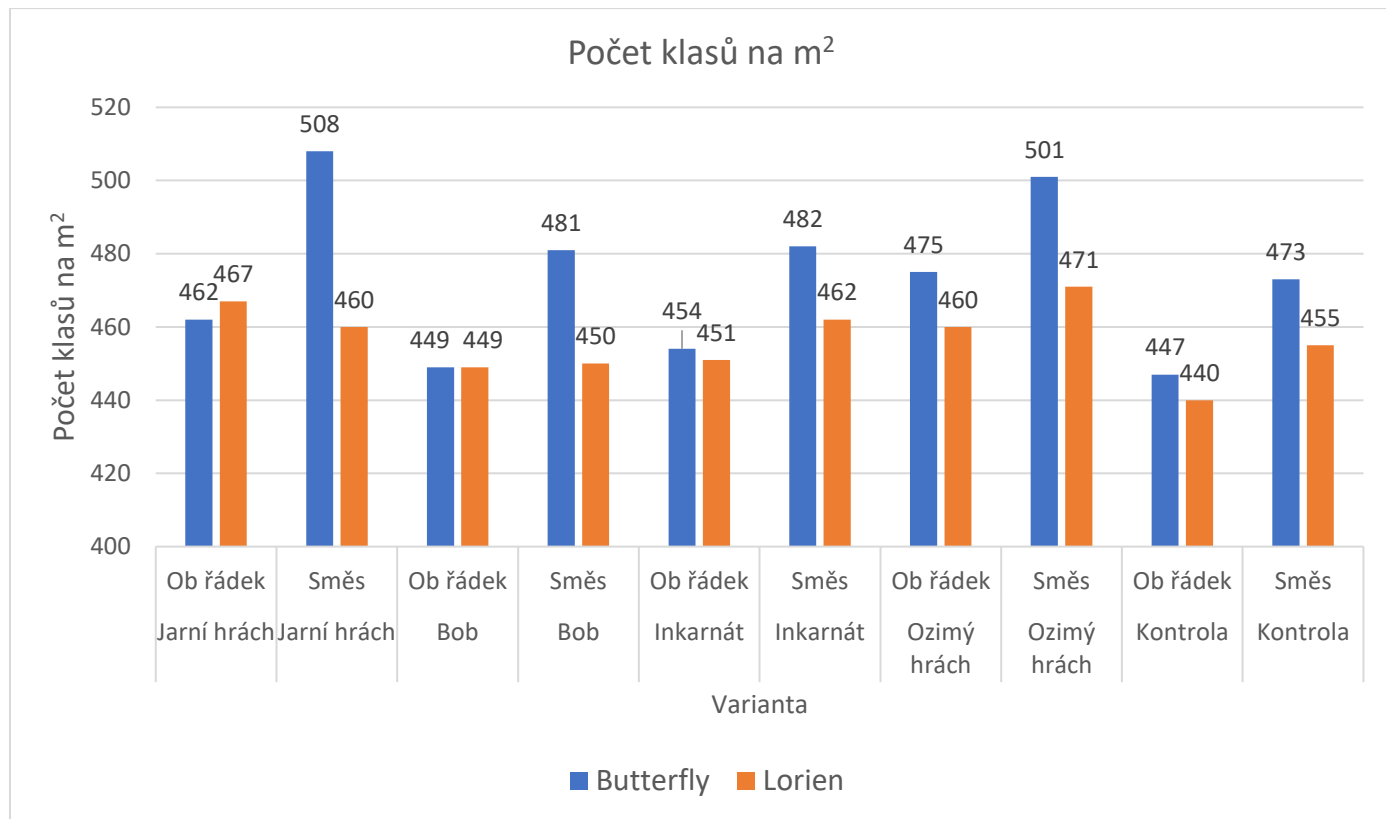
Nejvyšší počet klasů na m<sup>2</sup> odrůdy Lorien (471 klasů) byl zjištěn u varianty s výsevem směsi osiva s hrachem ozimým; shodného či téměř shodného výsledku dosáhly smíšené kultury Lorien s hrachem ozimým při výsevu ob řádek (460 klasů), varianta s inkarnátem při výsevu směsi osiva (462 klasů) a varianta s hrachem jarním při obou způsobech založení porostu (467 a 460 klasů na m<sup>2</sup>). Srovnatelného počtu klasů na m<sup>2</sup> při obou způsobech založení porostu (449 a 450 klasů na m<sup>2</sup>) dosáhla varianta s bobem a podobný výsledek byl zaznamenán i u kontrol bez leguminózy (440 klasů na m<sup>2</sup> při výsevu ob řádek a 455 klasů na m<sup>2</sup> při výsevu směsi).

Při porovnání obou odrůd pšenice byl, jak již bylo zmíněno, zaznamenán vyšší počet klasů na m<sup>2</sup> u odrůdy Butterfly, která dosáhla maximální hodnoty 508 klasů na m<sup>2</sup> (výsev směsi osiva s jarním hrachem), naproti tomu u odrůdy Lorien byla maximální hodnota počtu klasů na m<sup>2</sup> 471 klasů (varianta s ozimým hrachem, opět výsev ve směsi). Při porovnání nejnižších počtů klasů na m<sup>2</sup> obou odrůd byl rozdíl menší, činil pouze 7 klasů na m<sup>2</sup>.

Rozdíl v počtu klasů na m<sup>2</sup> byl, jak vyplývá z již výše uvedených výsledků, i v závislosti na způsobu založení porostu. Celkově byl vyšší počet klasů na m<sup>2</sup> v průměru zaznamenán při založení porostu výsevem směsi osiva a leguminóz do klasických úzkých řádků; avšak zatímco

u odrůdy Butterfly byly rozdíly v průměrném počtu klasů na m<sup>2</sup> mezi oběma způsoby založení porostu poměrně výrazné, u odrůdy Lorien se vliv způsobu založení porostu na počet klasů na m<sup>2</sup> tolik neprojevil.

Graf 1



## 5.2 Hmotnost tisíce semen (HTS)

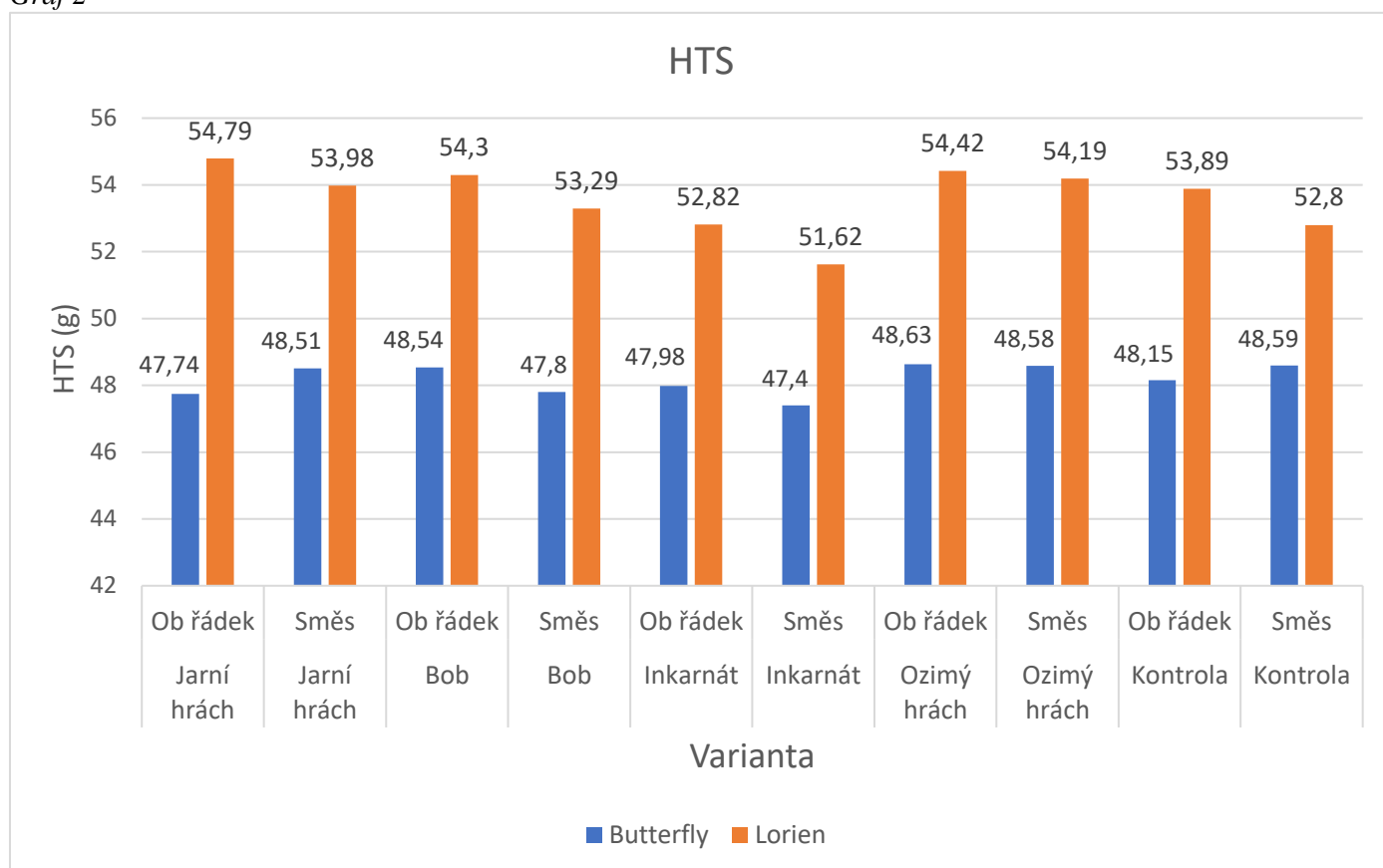
Z výsledků uvedených v grafu č. 2 je na první pohled vidět výrazný rozdíl v HTS mezi oběma odrůdami, kdy HTS odrůdy Lorien dosahovala velmi vysokých hodnot a byla o cca 5 – 7 g vyšší oproti HTS odrůdy Butterfly.

V případě HTS nebyly zaznamenány výrazné rozdíly v závislosti na způsobu založení porostu, ani na pěstování s leguminózami, jako tomu bylo v případě počtu klasů na m<sup>2</sup>. Odrůda Butterfly dosáhla nejvyšší průměrné HTS 48,63 g u varianty s hrachem ozimým, při výsevu ob řádek; téměř shodné hodnoty dosáhla při výsevu ve směsi (48,58 g). Podobné výsledky, tedy poměrně malé rozdíly jak s ohledem na založení porostu, tak s ohledem na směsné pěstování s leguminózou, byly zjištěny u odrůdy Butterfly i v případě dalších variant – varianta s hrachem jarním dosáhla při výsevu ob řádek HTS na úrovni 47,74 g, při výsevu směsi osiva 48,51 g; podobná situace byla zaznamenána v případě variant s bobem a inkarnátem – i zde byly hodnoty HTS poměrně vyrovnané. Podobně tomu bylo u kontrol bez leguminózy, kde byly opět vyrovnané hodnoty HTS při obou způsobech založení porostu. Kromě toho HTS kontrol nebyla nejnížší ze všech hodnocených variant; naopak HTS variant s leguminózami v některých případech i mírně překonala.

U odrůdy Lorien byly hodnoty HTS, jak již bylo zmíněno, vyšší oproti odrůdě Butterfly a byly zde také větší rozdíly mezi jednotlivými variantami. Hodnoty HTS se pohybovaly v rozmezí 51,61 - 54,79 g. Nejvyšší HTS – 54,79 g byla zjištěna u varianty s hrachem jarním, vysévaným ob řádek s pšenicí. Následovala varianta s hrachem ozimým, rovněž při založení porostu ob řádek (54,42 g) a následně se zde nachází 3 varianty, které mají velice podobné výsledky – varianta s hrachem jarním založená formou směsi (53,98 g), kontrola vysetá samostatně do řádků 25 cm (53,89 g) a varianta s bobem (porost založený formou směsi) - 53,29 g. Nejnižší HTS dosáhla varianta s inkarnátem, založená formou směsi s pšenicí (51,61 g).

Jak již bylo zmíněno, v případě HTS se projevil výrazný meziodrůdový rozdíl; vliv způsobu založení porostu a vliv leguminózy byl podstatně méně výrazný.

Graf 2



### 5.3 Výnos pšenice

Vliv směsného pěstování leguminóz s pšenicí, a současně vliv různého způsobu založení směsného porostu na výnos zrna pšenice znázorňuje graf č. 3. Výsledky ukazují rozdíly ve výnosu mezi oběma odrůdami pšenice, ale také je patrný určitý vliv způsobu založení porostu i vliv směsného pěstování s leguminózami.

U odrůdy Butterfly byl v kontrolní variantě vyseté do řádků 25 cm výnos zrna v průměru na úrovni 6,92 t/ha, což byl nejnižší výnos této odrůdy nejen při výsevu ob řádek, ale i celkově

nejnižší ze všech variant. Nejvyššího výnosu při způsobu založení porostu ob řádek – 7,45 t/ha, (107,7 % kontroly), dosáhla odrůda Butterfly u varianty s ozimým hrachem. Dále následovala varianta s hrachem jarním – 7,22 t/ha (104,3 % kontroly). Téměř shodný výnos (7,02 a 7,03 t/ha) byl zjištěn u variant s bobem a inkarnátem a nejnižšího výnosu při tomto způsobu založení porostu dosáhla, jak již bylo řečeno, kontrola bez leguminózy – 6,92 t/ha.

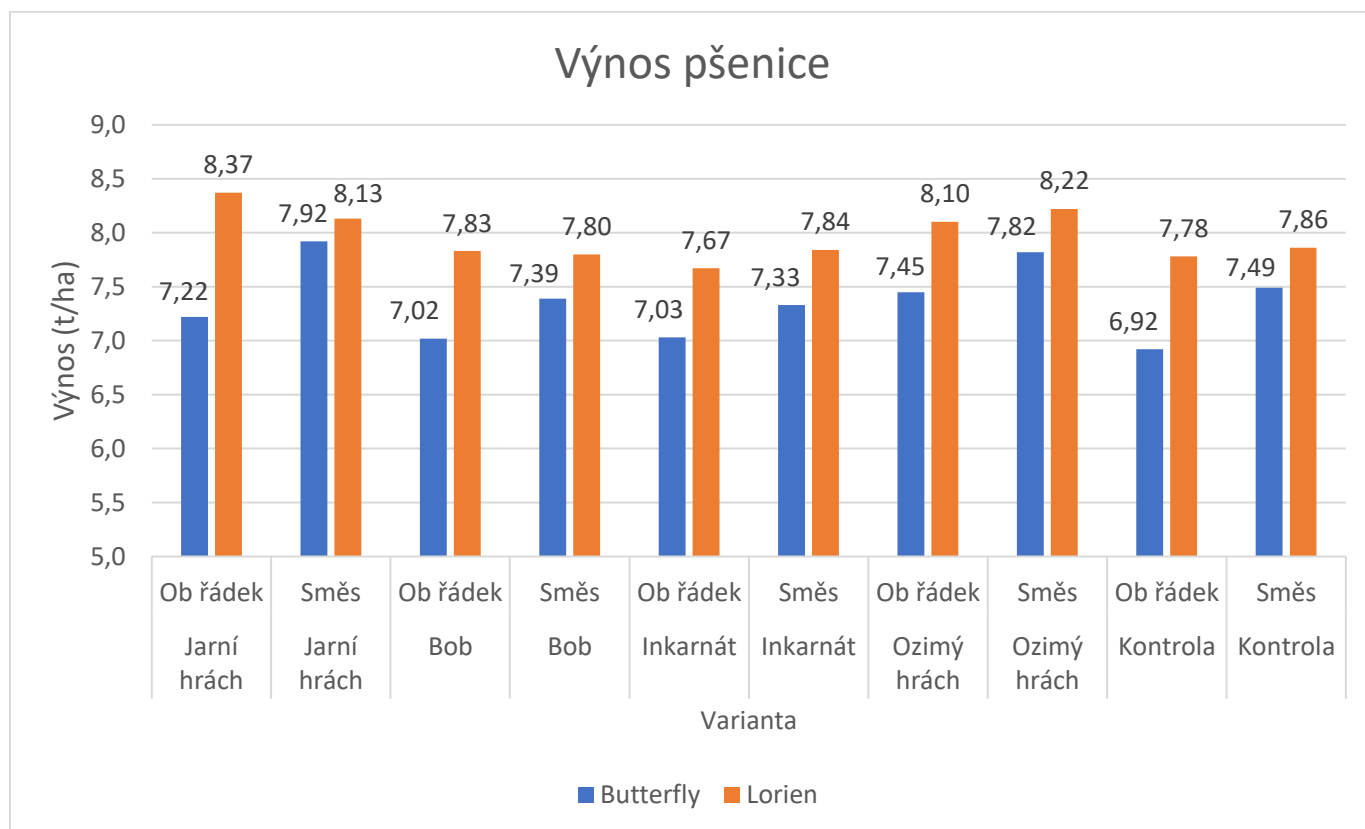
Při výsevu směsi osiva a leguminóz do klasických úzkých řádků dosáhla odrůda Butterfly nejnižšího výnosu 7,33 t/ha u varianty s inkarnátem, což bylo 97,9 % výnosu kontrolní varianty, která dosáhla výnosu 7,49 t/ha; následovala varianta s bobem, kde byl zjištěn průměrný výnos 7,39 t/ha, tedy 98,7 % kontroly. Nejvyšší výnos odrůdy Butterfly při založení porostu formou směsi osiva pšenice a leguminóz byl naproti tomu zjištěn u varianty s hrachem jarním – 7,92 t/ha (105,7 % kontroly); na druhém místě se umístila varianta s hrachem ozimým, která dosáhla podobného výnosu 7,82 t/ha (104,4 % kontroly).

U odrůdy Lorien byly celkově výnosy vyšší oproti odrůdě Butterfly. Kontrolní varianta bez leguminózy u odrůdy Lorien při výsevu ob řádek (výsevek do řádků 25 cm) dosáhla výnosu 7,78 t/ha, ale to nebyl nejnižší dosažený výnos při tomto způsobu založení porostu. Nejnižšího výnosu při výsevu ob řádek dosáhla odrůda Lorien ve variantě s inkarnátem - 7,67 t/ha (98,6 % kontroly bez leguminózy). Jen o málo vyšší výnos ve srovnání s kontrolou – 7,83 t/ha (100,6 % kontroly), byl zjištěn u varianty s bobem. Varianta s ozimým hrachem dosáhla výnosu 8,10 t/ha (104,1 % výnosu kontroly) a varianta s hrachem jarním dosáhla při založení porostu ob řádek nejvyššího výnosu, a to 8,37 t/ha (107,6 % kontroly); současně se jednalo o vůbec nejvyšší výnos, kterého odrůda Lorien dosáhla.

Při založení porostu výsevem směsi osiva pšenice a leguminóz do klasických řádků 12,5 cm), je vidět, že dvě varianty dosáhly nižšího výnosu než kontrola bez leguminózy, u které výnos činil 7,86 t/ha. Nejnižší výnos - 7,80 t/ha (99,2 % kontroly) byl u odrůdy Lorien ve variantě s bobem, těsně následovaná variantou s inkarnátem, která dosáhla výnosu 7,84 t/ha (99,2 % kontroly). Nejvyšší výnos byl v případě založení porostu výsevem směsi zaznamenán u varianty s hrachem ozimým - 8,22 t/ha (104,6 % kontroly) a u varianty s hrachem jarním - 8,13 t/ha (103,4 % kontroly).

Jak již bylo uvedeno, odrůda Lorien celkově ve výnosech překonala odrůdu Butterfly. Vyšší výnosy byly ve většině případů zaznamenány při výsevu směsi osiva a leguminóz do řádků 12,5 cm (oproti samostatnému výsevu pšenice a leguminóz ob řádek); u odrůdy Butterfly byla reakce na způsob založení porostu výraznější (ve prospěch výsevu směsi); u odrůdy Lorien zpravidla nebyly rozdíly ve výnosu v závislosti na způsobu založení porostu příliš výrazné.

Graf 3



#### 5.4 Objemová hmotnost

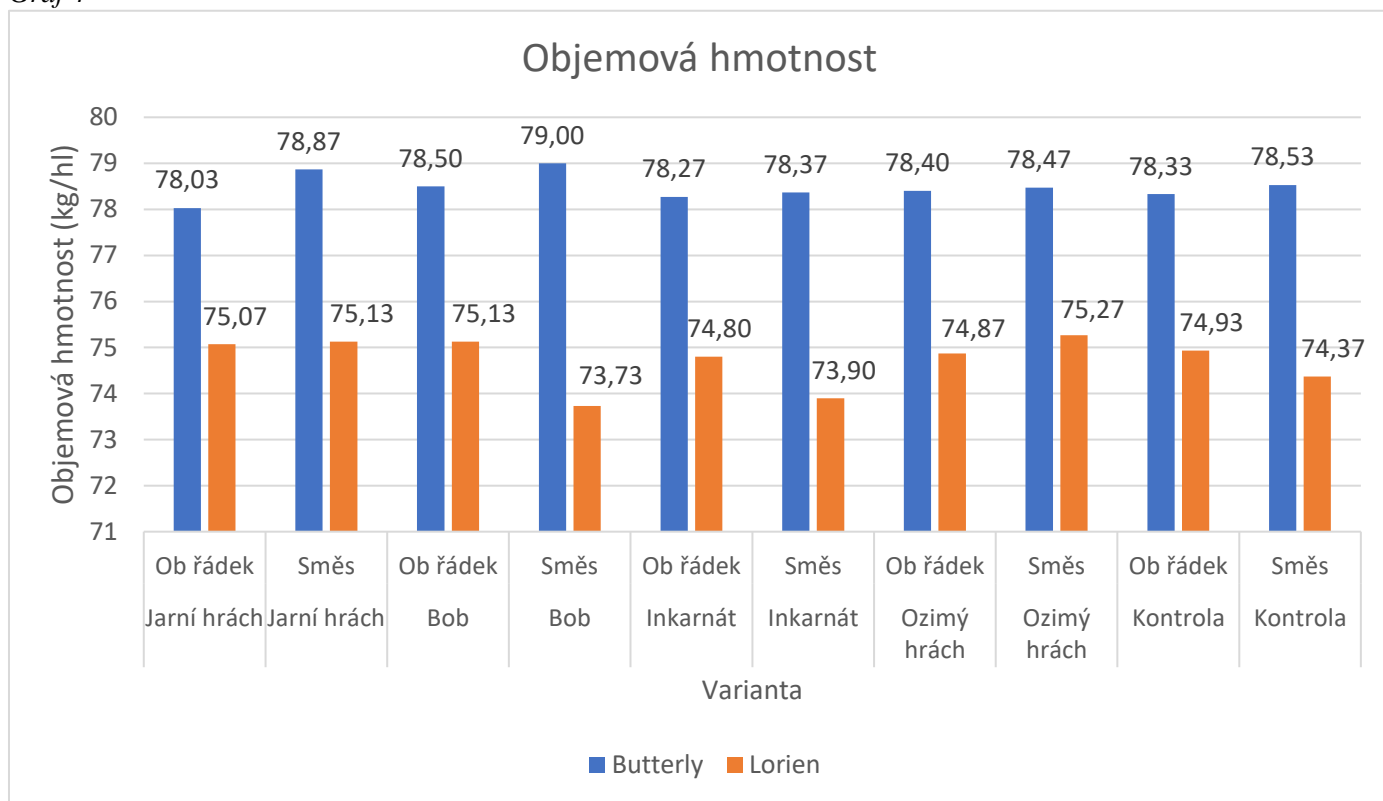
Hodnoty objemové hmotnosti zrna pšenice znázorňuje graf č. 4. Odrůda Butterfly v hodnotách objemové hmotnosti výrazně překonala odrůdy Lorien; u všech variant objemová hmotnost odrůdy Butterfly překonala 78 kg/hl, a všechny varianty by tak splnily min. požadavek na OH pšenice potravinářské 76 kg/hl. Odrůdy Lorien by naproti tomu tento požadavek nesplnila ani u jedné varianty.

U odrůdy Butterfly dosahovala objemová hmotnost velmi podobných hodnot, bez ohledu na to, jestli se jednalo o porost založený vysetím ob řádek s leguminózou, či zda šlo o výsev směsi osiva a leguminózy do klasických úzkých řádků. Pouze u varianty s bobem při výsevu směsi dosáhla OH pšenice Butterfly 79 kg/hl; u všech ostatních variant byla OH v rozmezí od 78,03 (varianta s hrachem jarním, setí ob řádek) po 78,87 kg/hl (varianta s hrachem jarním, výsev směsi osiva). U kontrolních variant byla OH na úrovni 78,33 kg/hl (výsev ob řádek) a 78,53 kg/hl (výsev do úzkých řádků 12,5 cm).

V případě druhé odrůdy pšenice ozimé Lorien se hodnoty objemové hmotnosti pohybovaly v rozmezí od 73,73 kg/hl (varianta s bobem, výsev směsi) po 75,27 kg/hl (varianta s hrachem ozimým, také výsev směsi). U kontrol byla OH na úrovni 74,93 kg/hl (výsev do řádků 25 cm) a 74,37 kg/hl (výsev do úzkých řádků 12,5 cm).

Rozdíl mezi objemovou hmotností odrůd Butterfly a Lorien činil nejčastěji okolo 3-6 kg/hl, ve prospěch odrůdy Butterfly, a jak již bylo zmíněno, minimální hodnoty OH pro pšenice potravinářskou (76 kg/hl) dosáhly všechny varianty; u odrůdy Lorien tohoto limitu nedosáhla žádná z hodnocených variant.

Graf 4



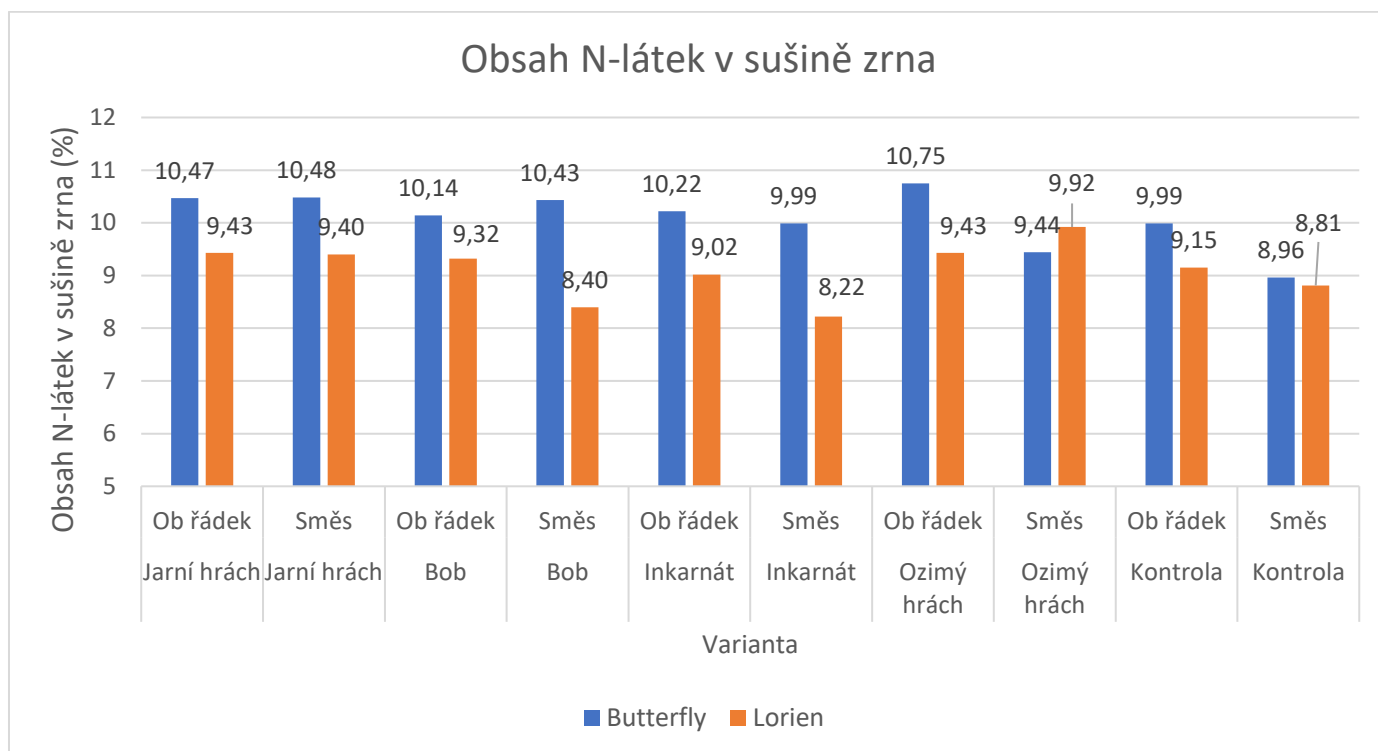
### 5.5 Obsah N-látek v sušině zrna

Vliv pěstování směsné kultury s leguminózou při různém způsobu založení porostu na obsah N-látek v sušině zrna odrůd pšenice Butterfly a Lorien znázorňuje graf č. 5. Odrůda Butterfly dosahovala celkově vyššího obsahu N-látek v sušině zrna ve srovnání s odrůdou Lorien, a to bez ohledu na směsné pěstování s leguminózou, i na způsob založení porostu.

Odrůda Butterfly dosáhla nejvyššího obsahu N-látek v sušině zrna (10,75 %) ve směsné kultuře s hrachem ozimým, při výsevu ob řádek; nejnižší obsah N-látek v sušině zrna (8,96 %) byl zjištěn u kontrolní varianty, při výsevu do klasických úzkých řádků 12,5 cm. Obsah N-látek v sušině zrna při obou způsobech založení porostu byl srovnatelný, případně při založení porostu ob řádek mírně vyšší. Minimální hodnoty obsahu N-látek v sušině zrna pro pšenici potravinářskou – pekárenskou 11,5 % nedosáhla žádná z hodnocených variant.

U odrůdy Lorien se hodnoty obsahu N-látek v sušině zrna pohybovaly v rozmezí od 8,22 % (varianta s inkarnátem, výsev směsi) po 9,92 % (varianta s ozimým hrachem, výsev směsi). U kontrolních variant činil obsah N-látek v sušině zrna 9,15 % (při výsevu do širších řádků) a 8,81 % (při výsevu do klasických úzkých řádků). Požadavek na obsah N-látek v sušině zrna by opět nesplnila žádná z hodnocených variant. Při způsobu založení porostu ob řádek byl zpravidla obsah N-látek v sušině zrna pšenice mírně vyšší oproti porostu založeném výsevem směsi osiva do klasických úzkých řádků.

Graf 5



## 5.6 Obsah mokrého lepku v sušinė zrna

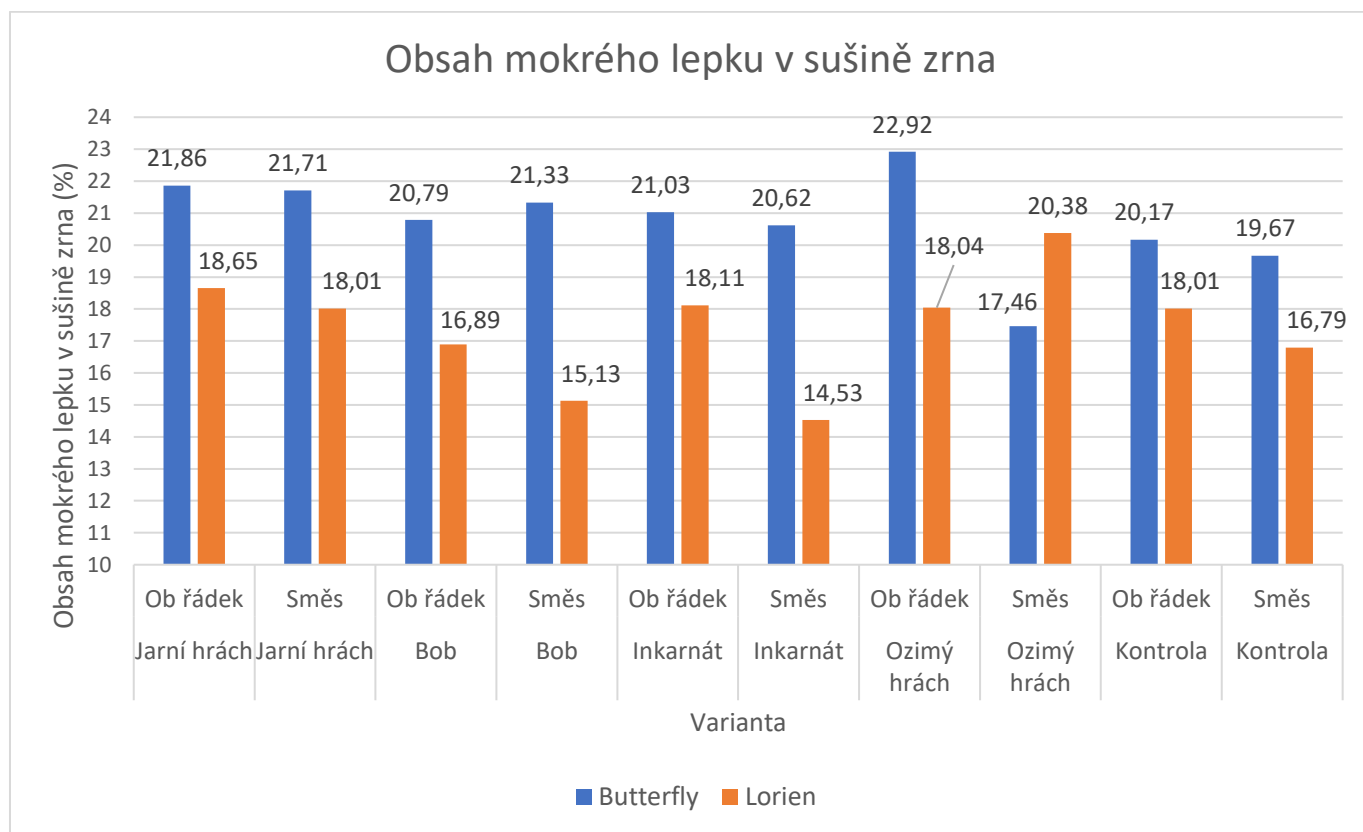
Výsledky hodnocení obsahu mokrého lepku v sušinė zrna jsou uvedeny v graf č. 6. Je zde opět patrné, že odrůda Butterfly dosáhla vyššího obsahu mokrého lepku v sušinė zrna ve srovnání s odrůdou Lorien, opět bez ohledu na směsné pěstování s leguminózou i na způsob založení porostu.

Obsah mokrého lepku v sušinė zrna odrůdy Butterfly se pohyboval v rozmezí od 17,46 % (varianta s hrachem ozimým při výsevu směsi) po 22,92 % (varianta s hrachem ozimým, výsev ob řádek). Kontrolní varianty dosáhly obsahu mokrého lepku v sušinė zrna na úrovni 20,17 % (výsev do širších řádků) a 19,67 % (výsev do klasických řádků 12,5 cm). Obdobně jako u obsahu N-látek v sušinė, hodnoty obsahu mokrého lepku v sušinė zrna byly při obou způsobech založení porostu vcelku srovnatelné, nebo při založení porostu ob řádek nepatrně vyšší.

U odrůdy Lorien se obsah mokrého lepku v sušinė zrna pohyboval v rozmezí od 14,53 % (varianta s inkarnátem, výsev směsi) po 20,38 % (varianta s ozimým hrachem, výsev směsi). Kontrolní varianty bez leguminózy dosáhly obsahu mokrého lepku v sušinė zrna na úrovni 18,01 % (výsev do širších řádků 25 cm) a 16,79 % (výsev do řádků 12,5 cm). Vliv způsobu založení porostu na obsah mokrého lepku v sušinė zrna byl opět nevýrazný; zpravidla mírně vyšší při založení porostu ob řádek (avšak v případě varianty s hrachem ozimým tomu bylo naopak).



Graf 6



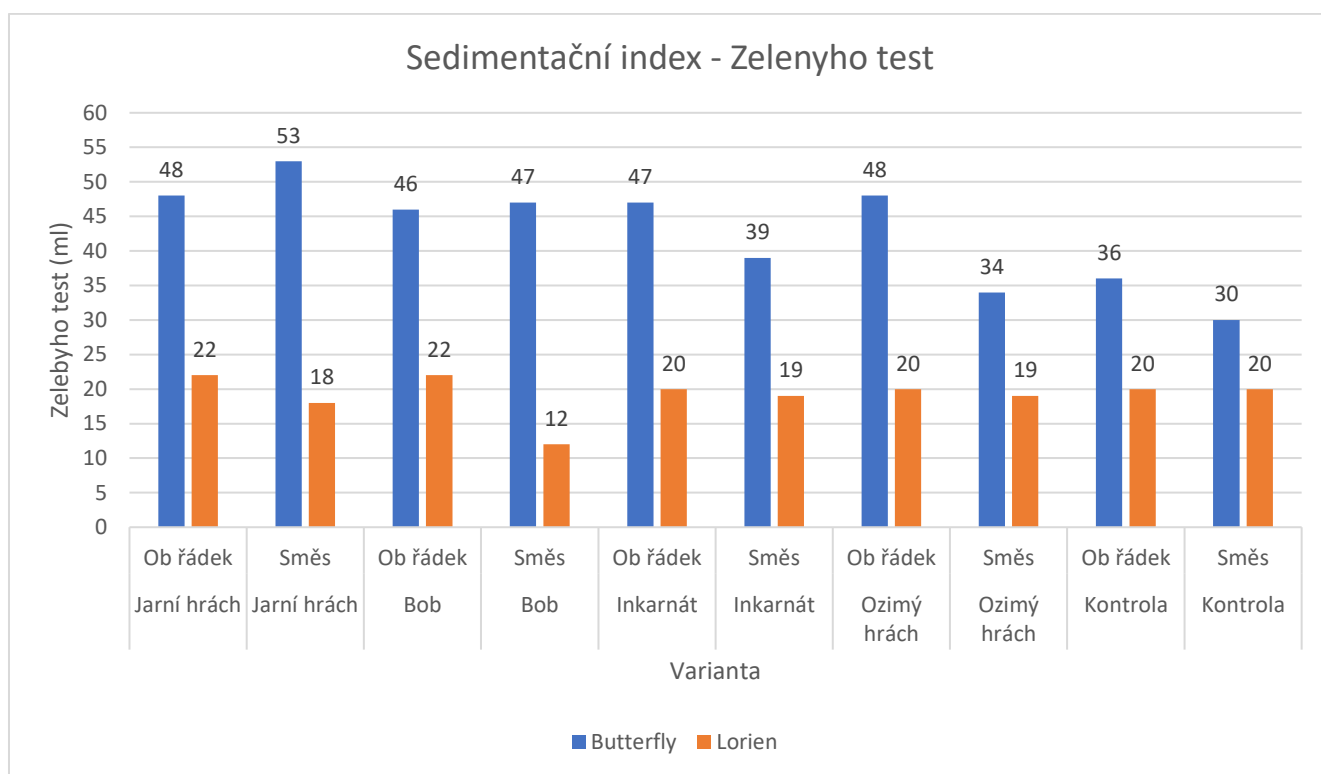
### 5.7 Sedimentační index – Zelenyho test

Vliv směsného pěstování s leguminózou, způsobu založení porostu a odrůdy pšenice na hodnoty Zelenyho testu znázorňuje graf č. 7. Z grafu jsou na první pohled patrné výrazné rozdíly mezi oběma odrůdami, kdy u odrůdy Butterfly se hodnoty Zelenyho testu pohybovaly mezi 30 – 53 ml, zatímco u odrůdy Lorien pouze mezi 12 – 22 ml. Minimální hodnotu Zelenyho testu pro pšenicí potravinářskou – pekářenskou (30 ml) by tak u odrůdy Butterfly splnily všechny hodnocené varianty, u odrůdy Lorien by tento limit nesplnila ani jedna z nich.

U odrůdy Butterfly činila nejvyšší hodnota Zelenyho testu 53 ml (u varianty s hrachem jarním, při založení porostu formou směsi). Nejnižší hodnota – 30 ml byla zjištěna u kontroly bez leguminózy, při výsevu do klasických úzkých řádků. Vliv způsobu založení porostu na hodnoty Zelenyho testu byl nejednoznačný – v některých případech (např. varianta s hrachem jarním) byl Zelenyho test vyšší u porostu založeného formou směsi osiva, v případě inkarnátu, hrachu ozimého i kontroly tomu bylo naopak a v případě bobu byl Zelenyho test při obou způsobech založení porostu srovnatelný.

Odrůda Lorien dosáhla nejvyšší hodnoty Zelenyho testu (22 ml) ve variantách s hrachem jarním a bobem, v obou případech při výsevu ob řádek. Celkově však byly hodnoty Zelenyho testu této odrůdy velmi vyrovnané (včetně kontrolních variant) a pohybovaly se zpravidla mezi 18 a 20 ml; výjimku činila varianta s bobem, kdy při výsevu směsi dosáhl Zelenyho test pouze 12 ml. Stejně jako v případě odrůdy Butterfly byl vliv způsobu založení porostu na hodnoty Zelenyho testu nevýrazný; u obou způsobů založení porostu byly jeho hodnoty zpravidla vyrovnané.

Graf 7



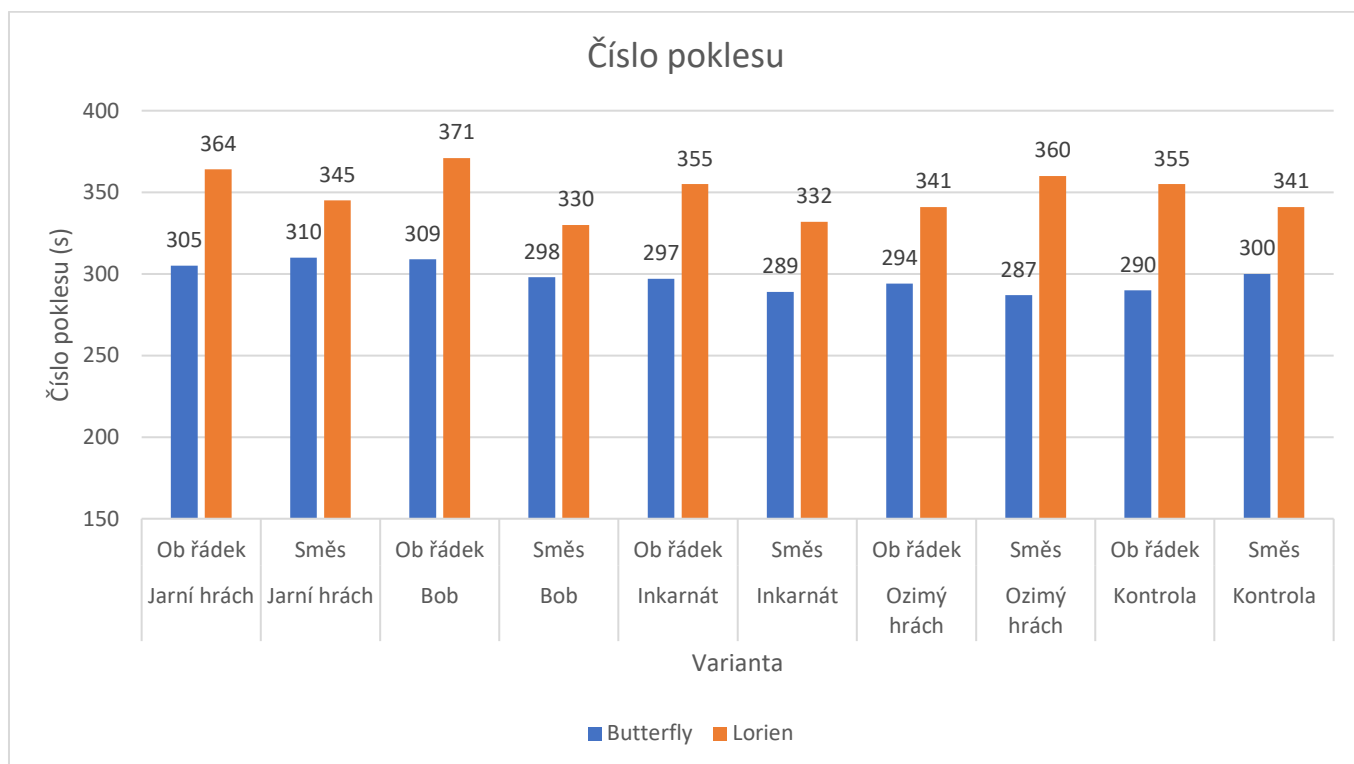
## 5.8 Číslo poklesu

Posledním hodnoceným jakostním ukazatelem bylo číslo poklesu. Výsledky jeho hodnocení jsou uvedeny v grafu č. 8. Vyššího čísla poklesu dosahovala odrůda Lorien, kde se jeho hodnoty pohybovaly mezi 330 – 371 s, zatímco u odrůdy Butterfly to bylo mezi 287 – 310 s. Celkově však číslo poklesu obou odrůd dosahovalo vysokých hodnot a limit pro pšenici potravinářskou (220 s) by splnily obě odrůdy ve všech variantách.

Odrůda Butterfly dosáhla nejvyššího čísla poklesu (310 s) u varianty s hrachem jarním, při výsevu směsi a nejnižší číslo poklesu 287 s bylo zaznamenáno u varianty s hrachem ozimým, opět při výsevu směsi. Vliv směšného pěstování s leguminózami a stejně tak vliv způsobu založení porostu byl nejednoznačný a nebyly zde patrné výraznější výkyvy.

U odrůdy Lorien byla zaznamenána nejvyšší hodnota čísla poklesu (371) u varianty s bobem, při výsevu ob řádek a nejnižší (330 s) opět u varianty s bobem, při založení porostu výsevem směsi. Hodnoty čísla poklesu u kontrolních variant bez leguminózy byly na obdobné úrovni, jako v případě směšných porostů s leguminózou. V případě založení porostu ob řádek byly zpravidla hodnoty čísla poklesu mírně vyšší oproti výsevu směsi.

Graf 8



## 6 Diskuse

Kintl et al. (2015) uvádí, že leguminózy ve směsné kultuře s pšenicí přispívají ke kladné bilanci dusíku v půdě, který může být využit hlavní plodinou, tedy pšenicí; je ale nutné zajistit vhodné složení směsi a poměr jednotlivých jejích komponent. To, jak uvádějí Lithourgidis et al. (2011) či Dong et al. (2018) může přispět k navýšení výnosů pšenice, ve srovnání s monokulturním pěstováním. Také Pelzer et al. (2012), kteří zkoumali směsné pěstování pšenice a hrachu ozimého, zjistili, že tímto způsobem pěstování lze docílit srovnatelného nebo i vyššího výnosu pšenice než při jejím pěstování v monokultuře. Na druhé straně, Amossé et al. (2013) či Olesen et al. (2009) uvádějí, že výnos pšenice nemusí být vlivem směsného pěstování ovlivněn; stejně tak uvádějí Vrignon-Brenas et al. (2018), že nezaznamenali výraznější rozdíly ve výnosu pšenice, ať již byla pěstována s leguminózami či bez nich.

Z výsledků našeho pokusu je evidentní především vliv odrůdy pšenice na výnos zrna, kdy odrůda s chlebovou, doplňkovou jakostí překonala o 0,6 t/ha elitní odrůdu pšenice s průměrným výnosem 7,36 t/ha. Z výsledků je nicméně vidět i určitý pozitivní vliv směsného pěstování s leguminózami na výnos pšenice. U elitní odrůdy pšenice byla při založení smíšené kultury výsevem směsi osiva a leguminóz nejvýnosnější varianta hrachem ozimým, kde došlo k navýšení výnosu o cca 4 % oproti kontrole bez leguminózy a u varianty hrachem jarním, kde tato odrůda pšenice dosáhla navýšení výnosu o necelých 6 % ve srovnání s kontrolou. U varianty s inkarnátem však byl u elitní odrůdy pšenice zjištěn výnos o cca 2 % nižší oproti kontrole bez leguminózy. V případě výsevu ob řádek dosáhla elitní odrůda pšenice navýšení výnosu o necelých 8 % ve srovnání s kontrolou ve variantě s ozimým hrachem a pozitivní, i když nepatrný vliv směsného pěstování se projevil i u ostatních variant s leguminózami. U druhé odrůdy pšenice s doplňkovou, chlebovou jakostí se pozitivní vliv smíšené kultury projevil při výsevu ob řádek především u variant s ozimým a jarním hrachem, které dosáhly oproti kontrole navýšení výnosu o cca 4 – 8 %. U výsevu směsi to bylo opět u variant s ozimým a jarním hrachem – navýšení výnosu o cca 3 – 4 % oproti kontrole. Celkově lze říci, že rozdíly mezi hodnocenými variantami nebyly příliš výrazné; v několika případech se dokonce varianta s leguminózou výnosově nevyrovnala variantě kontrolní.

Příčin nižšího efektu smíšené kultury s leguminózami na výnos pšenice může být více; jednou z nich mohla být skutečnost, že jarní leguminózy, které byly vyseté na podzim spolu s pšenicí nevymrzly a herbicidní umrtvení všech leguminóz bylo provedeno až na přelomu odnožování a sloupkování pšenice, takže již nejspíše nestačily výnos výrazněji ovlivnit. V případě bobu se mohlo jednat o nedostatečný počet rostlin na jednotku plochy, u inkarnátu o to, že přestože vzešel, byl prakticky okamžitě pšenicí potlačen. Nicméně, zejména v případě obou forem hrachu určitý pozitivní efekt zaznamenán byl, a právě hrach byl onou pomocnou plodinou, jejíž přínos ve smíšené kultuře s pšenicí uvádějí např. Dvořák et al. (2022), Brant et al. (2019), Sedláček et al. (2021) či Gregorová (2022).

Dvořák et al. (2022) a Gregorová (2022) ve své práci současně porovnávali vliv směsného pěstování pšenice s leguminózami v konvenčním a ekologickém způsobu hospodaření a zjistili, že v případě ekologického systému se pozitivní vliv směsného pěstování s leguminózami projevil na výnosech pšenice více než v konvenčním systému. V jejich pokusech dosáhla pšenice z nejvýnosnějších variant s hrachem jarním a ozimým při výsevu směsi osiva navýšení výnosu o cca 17 % ve srovnání s kontrolou bez leguminózy.

V konvenčním systému pěstování tyto autoři zaznamenali nejvyšší výnosu pšenice o necelých 11 % ve srovnání s kontrolou. Obdobného výsledku v ekologickém systému dosáhli Dvořák et al. (2022) a Gregorová (2022) i při výsevu pšenice a leguminóz ob řádek; i zde dosáhla nejvýnosnější varianta s leguminózou o cca 17 % vyššího výnosu než kontrola bez leguminózy. Naproti tomu, v konvenčním systému zaznamenali, podobně jako tomu bylo v našem pokusu, že v některých případech dokonce dosáhla kontrola mírně vyššího výnosu než varianta s leguminózou.

Mnozí autoři považují způsob založení porostu smíšené kultury pšenice s leguminózou střídavým výsevem (ob řádek) za pokročilejší a perspektivnější (Brant et al. 2018; Brant et al. 2019), je k tomu ovšem zapotřebí speciální secí stroj, který umožňuje oddělený výsev jednotlivých komponent směsi (v našem pokusu byl výsev proveden běžným maloparcelním secím strojem Wintersteiger, kdy byla nejprve vyseta pšenice (na 25 cm) a ihned poté do meziřadí doseta leguminóza. Podle Vrignon-Brenas et al. (2018) se při střídavém výsevu jednotlivých komponent směsi (pšenice a leguminózy) snižuje pravděpodobnost, že se pomocná plodina (tedy leguminóza) dostane do těsné blízkosti plodiny hlavní (pšenice) a bude jí konkurovat. Shodný názor zastávají i Vandermeer (2012) či Ehrmann & Ritz (2014). Nicméně výsledky, které uvádějí Dvořák et al. (2022), Gregorová (2022) a další ukázaly, že střídavý výsev pšenice a leguminóz ob řádek může vést i k nižším výnosům, nejspíše díky vyšší mezirostlinné a mezistélné konkurenci, kterou lze očekávat u pšenice vyseté do širších řádků.

Brant et al. (2019) doporučují pro pěstování smíšených kultur využití ozimé pšenice spolu s jarními leguminózami, které v podzimní části vegetace vytvoří určité množství biomasy, během zimy přirozeně vymrznou a po mineralizaci jsou uvolněné živiny přístupné pšenici. Vzhledem k mírným zimám v posledních letech je ale třeba i přesto počítat s mechanickým či chemickým ukončením vegetace pomocné plodiny, což v konvenčním systému nepředstavuje problém. V našem pokusu byly použity jak ozimé (hrách ozimý, inkarnát), tak i jarní (hrách jarní, bob) druhy leguminóz, přičemž všechny byly vysety na podzim spolu s pšenicí. Ozimý hrách v podzimní části vegetace rostl pomaleji, neboť se nepochybně připravoval na přezimování, a i po přestálé zimě byl jeho růst pomalejší. Jarní hrách v podzimní části vegetace rostl intenzivnější, vytvářel úponky, rostliny neměly typický, k zemi přisedlý vzrůst jako hrách ozimý a v případě tvrdší zimy by nepochybně vymrzly. Co se týče jarních leguminóz, hůře přezimoval pouze bob, který byl více než hrách poškozen zejména pozdními mrazíky. Přestože jejich vlna v předjaří roku 2022 nebyla příliš výrazná, došlo k oslabení rostlin bobu a jejich postupnému odumírání. Dle plánu pak bylo na přelomu odnožování a sloupkování pšenice použito herbicidní ošetření přípravkem Zypar pro umrtvení leguminóz.

Dvořák et al. (2022) ve svých pokusech se smíšenými kulturami pšenice a leguminóz dále zmiňují výrazný vliv ročníku, který se podepsal nejen na výsledném výnosu, ale i na struktuře jednotlivých výnosotvorných prvků. Výsledky našeho pokusu byly pouze jednoleté, takže vliv ročníku nebylo možné hodnotit. Projevily se však poměrně výrazné rozdíly mezi oběma sledovanými odrůdami pšenice. V případě počtu klasů na  $m^2$  před sklizní byla zaznamenána rozdílná reakce obou hodnocených odrůd pšenice na způsob založení porostu. Elitní odrůda pšenice dosahovala vyššího počtu klasů na  $m^2$  při výsevu porostu formou směsi osiva (o cca 30 – 40 klasů/ $m^2$ ) oproti porostu založenému výsevem ob řádek. Tento efekt byl zaznamenán i v předchozích pracích (Sedláček 2021; Burianová 2021), podle kterých byl při

založení směsného porostu výsevem směsi osiva pšenice a leguminóz počet klasů na m<sup>2</sup> až o cca 50 klasů vyšší ve srovnání s porostem vysévaným ob řádek. U druhé hodnocené odrůdy pšenice s chlebovou, doplňkovou jakostí se vliv způsobu založení porostu na počet klasů na m<sup>2</sup> projevil výrazně méně; počty klasů na m<sup>2</sup> byly při obou způsobech založení porostu poměrně vyrovnané, případně u porostů založených formou směsi osiva o cca 10 klasů na m<sup>2</sup> vyšší oproti výsevu ob řádek. Z našich výsledků je dále patrný určitý vliv pěstování s leguminózami na počet klasů na m<sup>2</sup>; ten se nejvíce projevil u elitní odrůdy pšenice, u variant s hrachem jarním a ozimým při výsevu směsi – tyto varianty dosáhly o cca 50 klasů na m<sup>2</sup> více oproti kontrole bez leguminózy. V případě výsevu ob řádek a u odrůdy pšenice s chlebovou, doplňkovou jakostí při obou způsobech založení porostu se vliv směsného pěstování s leguminózou příliš výrazně neprojevil. Pozitivní, avšak nepříliš výrazný vliv směsného pěstování pšenice s hrachem na počet klasů na m<sup>2</sup> uvádí i Burianová (2021), Sedláček (2021), Gregorová (2022) a Dvořák et al. (2022).

Hmotnost obílek, vyjádřená formou hmotnosti tisíce semen (HTS) je považována za ukazatel, který je poměrně výrazně ovlivněn odrůdou (Egli 1998), ale také ročníkem a způsobem, resp. intenzitou pěstování (Zimolka et al. 2005; Dvořák et al. 2022). V našem pokusu jsme u hodnot HTS zjistili především výrazný vliv odrůdy na tento ukazatel, kdy HTS elitní odrůdy pšenice dosáhla v průměru 48,19 g, zatímco v případě odrůdy s chlebovou, doplňkovou jakostí to bylo v průměru 53,61 g. Vliv způsobu založení porostu, ale ani vliv směsného pěstování s leguminózou se na hodnotách HTS výrazněji neprojevil.

Podle výsledků některých studií (Knudsen et al. 2004; Ghaley et al. 2005) může být v důsledku směsného pěstování pšenice s leguminózou pozitivně ovlivněna i jakost produkce; jak však naznačily naše výsledky, a také např. výsledky, které uvádějí Dvořák et al. (2022), Gregorová (2022), Sedláček (2021) či Burianová (2021), u některých jakostních ukazatelů může být dopad směsného pěstování s leguminózou znatelný, u jiných naopak nevýrazný či téměř žádný.

To ukázaly především naše výsledky hodnocení objemové hmotnosti, kdy odrůda pšenice z jakostní skupiny E (elitní) dosáhla v průměru všech variant objemové hmotnosti na úrovni 78,48 kg/hl a výrazně tak překonala objemovou hmotnost odrůdy z jakostní skupiny B (chlebová, doplňková) – v průměru 74,72 kg/hl; vliv směsného pěstování s leguminózou byl minimální. Na základě ČSN 46 1100-2 musí zrno pšenice dosahovat minimální objemové hmotnosti na úrovni 76 kg/hl, aby mohlo být použito pro potravinářské účely. Tento limit by v případě elitní odrůdy pšenice splnily všechny varianty, v případě odrůdy pšenice z jakostní skupiny B žádná z hodnocených variant. Také u čísla poklesu, což je jakostní ukazatel, u kterého uvádí řada autorů (Peltonen-Sainio & Peltonen 1993; Trethowan 1995 či Horčíčka et al. 2000) vysoké ovlivnění odrůdou, jsme prakticky nezjistili vliv pěstování s leguminózou ani vliv způsobu výsevu porostu na jeho hodnoty. V našem pokusu dosahovalo velmi vysokých hodnot a všechny varianty u obou odrůd pšenice by překonaly minimální hodnotu čísla poklesu pro pšenici potravinářskou (dle ČSN 46 1100-2 činí 220 s). Celkově vyšší číslo poklesu bylo zaznamenáno u odrůdy pšenice s chlebovou, doplňkovou jakostí.

V případě ostatních sledovaných jakostních ukazatelů zrna pšenice se však určitý vliv směsného pěstování s leguminózami projevil. Dle ČSN 46 1100-2 je potřeba, aby obsah N-látek v sušině zrna pšenice potravinářské - pekárenské dosáhl minimálně 11,5 %. Tento limit v našem pokusu nepřekročila ani jedna z hodnocených variant u obou odrůd. Nicméně, výrazně

se zde opět projevil vliv odrůdy, kdy obsah N-látek v sušině zrna elitní pekařské odrůdy činil v průměru 10,09 % a převýšil tak obsah N-látek v sušině zrna odrůdy s chlebovou, doplňkovou jakostí (v průměru 9,11 %). To jsou hodnoty, kterých na výzkumné stanici Praha-Uhřetěves zpravidla dosahují odrůdy pěstované v ekologickém systému; v konvenčním systému jsou zde obvykle dosahovány hodnoty obsahu N-látek výrazně vyšší a nebývá problém s dosažením potravinářské jakosti (alespoň u elitních a kvalitních odrůd). Takto nízký obsah N-látek v sušině zrna v našem pokusu je obtížně vysvětlitelný; je možné, že porosty pšenice soustředily maximální energii především do tvorby výnosu (i přes obilní předplodinu a sníženou dávku dusíku byly výnosy poměrně vysoké). Mohl se také projevit netypický průběh povětrnostních podmínek (sucho vystřídané intenzivními srážkami ve druhé polovině června, kdy spadlo 181 mm srážek, což bylo o 107 mm více, než je na VS Praha-Uhřetěves dlouhodobý průměr pro měsíc červen). Pokus byl navíc založen na spodním pokusném dílci, který leží v mírné proláklíně a obtížně vysychá i za běžných podmínek; v daném období došlo k jeho dlouhodobému přemokření, a i to se mohlo na syntéze bílkovin negativně podepsat.

Jak již bylo zmíněno, zaznamenali jsme i určitý vliv smíšeného pěstování s leguminózami na obsah N-látek v sušině zrna, který se nejvíce projevil u odrůdy s chlebovou jakostí ve variantě s hrachem ozimým při výsevu ve směsi, kdy dosahoval hodnot 9,92 % (kontrolní varianta 8,81 %), u odrůdy elitní to bylo při výsevu směsi u varianty s hrachem jarním - 10,48 % (kontrolní varianta 8,96 %); při výsevu ob řádek u elitní odrůdy ve variantě s hrachem ozimým 10,75 % (kontrola 9,99 %). Vliv způsobu založení porostu na obsah N-látek v sušině zrna byl v našem pokusu nevýrazný; mírně vyšší hodnoty obsahu N-látek byly zpravidla zaznamenány při výsevu ob řádek. Příznivý efekt smíšené kultury s leguminózou na obsah N-látek v sušině zrna pšenice zmiňují např. Dordas & Lithourgidis (2011), podle kterých došlo k navýšení koncentrace dusíku v zrnu pšenice pěstované ve směsi s bobem, nebo Kamalongo & Cannon (2020); také tito autoři zmiňují pozitivní vliv směsného pěstování pšenice s bobem oproti čistému výsevu pšenice. Rovněž Dvořák et al. (2022), Burianová (2021) či Sedláček (2021) zjistili ve svých pokusech vyšší obsah N-látek v sušině zrna u pšenice pěstované ve smíšené kultuře s leguminózou, ale dodávají, že rozdíly oproti kontrole bez leguminózy nebyly vždy statisticky průkazné. Obdobná situace byla zjištěna v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna – i zde byl pozorován největší vliv odrůdy na hodnoty tohoto jakostního ukazatele. Z našich výsledků dále vyplynul, i když nevýrazný, vliv směsného pěstování s leguminózou na obsah mokrého lepku; mírně vyšší hodnoty obsahu mokrého lepku v sušině zrna byly zjištěny u variant s hrachem jarním a ozimým a zpravidla při způsobu založení porostu výsevem ob řádek.

Zelenyho test (sedimentační index) charakterizuje viskoelastické vlastnosti pšeničných bílkovin a vhodnost pšenice k výrobě kynutých těst. Jedná se o jakostní ukazatel, který je silně ovlivněný odrůdou (Lukow & McVetty 1991; Peterson et al. 1992). Na základě ČSN 46 1100-2 má hodnota Zelenyho testu pro pšenici potravinářskou-pekárenskou dosahovat min. 30 ml. U elitní odrůdy se v našem pokusu hodnoty Zelenyho testu pohybovaly mezi 30-53 ml, což je poměrně široké rozmezí. Varianta s jarním hrachem při výsevu směsi osiva dosáhla hodnoty 53 ml, což činí oproti kontrolní variantě bez leguminózy rozdíl 23 ml. Vliv způsobu založení porostu nebyl jednoznačný, avšak u variant založených výsevem ob řádek byly zpravidla hodnoty Zelenyho testu mírně vyšší. Odrůda pšenice s chlebovou, doplňkovou jakostí dosahovala nižších hodnot Zelenyho testu (v rozmezí 12 – 22 ml); ani jedna z variant by tedy

nesplnila požadavek pro pšenici potravinářskou-pekárenskou. Vliv směsného pěstování s leguminózou se v tomto případě výrazněji neprojevil ani u jedné z variant. Naše výsledky tedy naznačily, že kromě vlivu odrůdy (zejména v případě elitní pekařské odrůdy) byly hodnoty Zeleného testu ovlivněny i v důsledku směsného pěstování s leguminózou, což je ve shodě s údaji, které publikovali Gooding et al. (2007) či Dvořák et al. (2022).

Celkově můžeme uvést, že naše výsledky ukázaly určitý pozitivní efekt pěstování pšenice seté ozimé ve smíšené kultuře s vybranými druhy leguminóz ve vztahu k výnosu a k většině sledovaných jakostních ukazatelů. Nejlépe se osvědčily varianty, kde byl použit hrách jarní a hrách ozimý. Nicméně, výsledky nebyly vždy jednoznačné a někdy (v případě výnosu) dokonce dosáhly pšenice z kontrolních variant bez leguminózy mírně lepších výsledků než pšenice z kontrolní varianty bez leguminózy.

Tato bakalářská práce a její pojetí vycházelo ze zadání víceletého grantového projektu vedoucí bakalářské práce a zahrnovalo výsledky ze sklizně roku 2022. Výsledky, které jsou prezentovány v závěrečných pracích, navázaných na řešení daného projektu v předchozích letech, naznačují (v porovnání s našimi výsledky ze sklizně roku 2022) poměrně výrazný vliv ročníku na sledované produkční a jakostní ukazatele pšenice; vliv ročníku v některých případech převyšoval efekt pěstování pšenice ve smíšené kultuře s leguminózami. S výrazným vlivem ročníku (průběh povětrnostních podmínek, výskyt škodlivých činitelů, dostupnost živin atp.) je vždy třeba počítat. O to složitější je tvorba takové smíšené kultury a poměru jejích jednotlivých komponent, aby obstála v současných velmi proměnlivých podmínkách prostředí.



## 7 Závěr

Na základě výsledků polního pokusu, zaměřeného na hodnocení vlivu směsného pěstování pšenice seté a vybraných leguminóz na základní jakostní a produkční ukazatele pšenice seté můžeme uvést, že:

- Odrůda pšenice s elitní pekařskou jakostí vykazala při způsobu založení porostu výsevem ob řádek navýšení výnosu o necelých 8 % oproti kontrole bez leguminózy, a to ve variantě s hrachem ozimým. Při výsevu ve směsi osiva byl u této odrůdy výnos navýšen o necelých 6 % ve srovnání s kontrolou. Druhá hodnocená odrůda pšenice s chlebovou, doplňkovou jakostí vykazala celkově vyšší výnosy než odrůda elitní. Nejvýraznější navýšení výnosu při výsevu ob řádek (opět o cca 8 % oproti kontrole) bylo zjištěno u varianty s hrachem jarním. Při výsevu ve směsi osiva bylo nejvyšší navýšení výnosu oproti kontrole (o cca 5 %) zjištěno ve variantě s hrachem ozimým.
- Je tedy možné konstatovat určitý pozitivní efekt směsného pěstování s leguminózami – zejména hrachem jarním i ozimým na výnos pšenice; některé varianty (s inkarnátem a bobem) však dosáhly i mírně nižšího výnosu oproti kontrole bez leguminózy.
- Přestože největší navýšení výnosu bylo zjištěno u variant založených výsevem porostu ob řádek, celkově mírně vyšších výnosů zpravidla dosahovaly varianty založené výsevem směsi osiva pšenice a leguminóz.
- Kvalita sklizené pšenice byla ovlivněna především odrůdou pšenice; u všech hodnocených jakostních ukazatelů (objemová hmotnost, obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, Zeleného test), s výjimkou čísla poklesu, překonala elitní odrůda pšenice (jakostní skupina E) odrůdu s doplňkovou, chlebovou jakostí (jakostní skupina B).
- Vliv směsného pěstování s leguminózami na jakost pšenice nebyl příliš výrazný, avšak přesto byl zaznamenán určitý pozitivní trend mírného navýšení hodnot obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna a Zeleného testu u variant, kde byla pšenice pěstována s leguminózami, oproti kontrole bez leguminózy. Číslo poklesu, ale ani objemová hmotnost zrna směsným pěstováním s leguminózou ovlivněny nebyly.
- Vliv způsobu založení porostu na hodnoty sledovaných jakostních ukazatelů byl nevýrazný, mírně vyšších hodnot zpravidla dosahovala pšenice z variant založených výsevem ob řádek.

## 8 Seznam literatury

- Abbas T, Nadeem M.A, Tanveer A, Ali H.H, Farooq N. 2018. Role of allelopathic crop mulches and reduced doses of tank-mixed herbicides in managing herbicide-resistant *Phalaris minor* in wheat. Elsevier **110**: 245-250.
- Amossé C, Jeuffroy M.H, David Ch. 2013. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. Elsevier **145**: 78-87.
- Andersen MK, Hauggard-Nielsen H, Ambus P, Jansen ES. 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. Plant and Soil **226**:273-287.
- Anglade J, Billen G, Garnier J. 2015. Relationships for estimating N<sub>2</sub> fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. Ecosphere **6**(3): 1-24.
- Aslam F, Khaliq A, Matloob A, Tanveer A, Hussain S, Ahmad Z. 2016. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. SpringerLink **27**: 1-24.
- Aziz M, Mahmood A, Asif M, Ali A. 2015. Wheat-based intercropping: A review. The Journal of Animal & Plant Sciences **25**(4): 896-907.
- Balík J, Černý J, Kulhánek M. Bilance dusíku v zemědělství. Praha, 2012. Certifikovaná Metodika. Česká zemědělská univerzita.
- Bedoussac L, Journet E, Hauggaard-Nielsen H, Naudin Ch, Core-Hellou G, Jensen E, Prieur L. 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming.: A review. SpringerLink **35**: 911-935.
- Bergkvist G. 2003. Effect of white clover and nitrogen availability on the grain yield of winter wheat in a three-season intercropping system. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science **53**:97-109.
- Brant V. 2019. Využití pomocných plodin v pěstebních technologiích. Česká technologická platforma pro zemědělství.
- Brant V. 2017. Technologické postupy zakládání porostů vícedruhových směsí meziplodin. Agromanual.cz.
- Brant V, Kroulík M, Zábranský P, Škeříková M, Kunte J, Lukáš J. 2017. Vliv pěstební technologie na růstové parametry rostlin hrachu (*Pisum sativum* L.). Úroda **65** (12): 113-120.
- Brant V a Balík J. 2008. Meziplodiny. V Českých Budějovicích: Kurent.
- Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmöger J, Tyšer L, Zábranský P. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-03-0.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018. Agromanual. Kurent s.r.o. České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/hrach-pomocna-plodina-v-ozime-psenic> (accessed March 2023)

- Booker RW, Bennet AE, Cong WF et al. 2014. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist Foundation. 2014, **206**(1), 107-117. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1111/nph.13132>
- Burianová L. 2021. Využití smíšeného pěstování pšenice s leguminózou v ekologickém zemědělství [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Capouchová I, Dvořák P. 2022. Agromanual.cz [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze: [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestovani-pšenice-sete-ve-smesne-kulture-s-leguminozou>
- Carof M, De Tourdonnet S, Saulas P, Le Floch D, Estrade J. 2007. Undersowing wheat with different living mulches in a no-till system. I. Yield analysis. SpringerLink **27**: 347-356.
- Connolly J, Wayne P, Murray R. 1990. Time course of plant-plant interactions in experimental mixtures of annuals: density, frequency, and nutrient effects. SpringerLink **82**: 513-526.
- Curtis BC, Rajaram S, Gomez MaPherson H. 2002. Bread wheat: Improvement and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. P. 554.
- ČSN 46 1100-2. Pšenice potravinářská.
- Davis, J.H.C, Woolley J.N. 1993 Genotypic requirement for intercropping. ScienceDirect 34(3-4): 407-430.
- Dierauer, H, Clerc M, Böhler D, Klaiss M, Hegglin D. Úspěšné pěstování luskovin ve směsce s obilovinou. [Olomouc]: Bioinstitut, 2018. Praktická příručka (Bioinstitut).
- Dong N, Tang MM, Zhang WP, Bao XG, Wang Y, Christie P, Li L. 2018. Temporal differentiation of crop growth as one of the drivers of intercropping yield advantage. Scientific Reports **8**:3110.
- Dordas CA, Lithourgidis AS. 2011. Growth, yield and nitrogen performance of faba bean intercrops with oat and triticale at varying seeding ratios. Grass and Forage Science **66**:569-577.
- Dvořák P, Capouchová I, Král M, Konvalina P, Janovská D, Satranský M. 2022. Grain yield and quality of wheat in wheat-legumes intercropping under organic and conventional growing systems. Plant, Soil and Environment **68**(12):553-559.
- Egli DB. 1998. Seed biology and yield of grain crops. CABI, Wallingford.
- Feng L, Raza M.A, Chen Y, et al. 2019. Narrow-wide row planting pattern improves the light environment and seed yields of intercrop species in relay intercropping system. Plos One **14**(2).
- 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.A. 1986. Introduction: distribution, and importance of multiple cropping. CABI 1-19.

Freyer B. 2016. Ökologischer Landbau Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen. Stuttgart.

Fujita K, Ofosu-Budu K.G, Ogata S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant and Soil* **141**: 155–175.

Gaudio N, Violle C, Gendre X, et al. 2021. Interspecific interactions regulate plant reproductive allometry in cereal–legume intercropping systems. *Journal of applied ecology* **58**(11): 2579-2589.

Geburu H, Soddo W. 2015. A Review on the Comparative Advantages of Intercropping to Mono-Cropping System. *Journal of biology* **5**(9).

Ghaley BB, Hauggard-Nielsen H, Høgh-Jensen H, Jensen ES. 2005. Intercropping of wheat and pea as influenced by nitrogen fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **73**:201-212.

Gill S, Abid M, Azam F. 2009. Mixed cropping effects on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany* **41**(3): 1029-1036.

Gooding MJ, Kasyanova E, Ruske R, Hauggard-Nielsen H, Jensen ES, Dahlmann C, von Fragstein P, Dibet A, Corre-Hellou G, Crozat Y, Pristeri A, Romeo M, Monti M, Launay M. 2007. Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *Journal of Agricultural Science* **145**:469-479.

Graham P.H, Vance C.P. 2003. Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Oxford academic* [online] **2023**(3):872-877, [cit.2023-02-14]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/plphys/article/131/3/872/611105>

Gregorová P. 2022. Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou [Bakalářská práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Guiducci M, Tosti G, Falcinelli B, Benincasa P. 2018. Sustainable management of nitrogen nutrition in winter wheat through temporary intercropping with legumes. *Agronomy for Sustainable Development* **38**(31).

Hakl J. 2022. Význam leguminóz pro zemědělskou soustavu. Česká technologická platforma pro zemědělství [online]. [cit.2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.ctpez.cz/aktuality/publikace/vyznam-leguminoz-pro-zemedelskou-soustavu/>

Hallmann et al. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS One* **12**(10)

Hofman G, Van Cleemput O. 2004. Soil and Plant Nitrogen. 1. Paříž: International Fertilizer Industry Association.

Horčíčka P, Šonský Z, Hanišová A, Amler P. 2000. Číslo pádu jako odrůdová vlastnost pšenice. *Zemědělský týdeník* 21.9.2000, s. 8.

Hüber C, Zettl F, Hartung J. 2022. The impact of maize-bean intercropping on insect biodiversity. *Elsesvier* **61**: 1-9.

Chapagain T, Riseman A. 2014. Intercropping Wheat and Beans: Effects on Agronomic Performance and Land Productivity. *Crop Science* **54**(9): 2285-2293.

- Cheng F, Cheng Z. 2015. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Frontiers* **6**(17): 2-16.
- Jabran K, Mahajan G, Sardana V, Chauhan B.S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *ScienceDirect* **72**: 57-65.
- Jandová K, Dostál P, Cajthaml T, Kameník Z. 2015. Intraspecific variability in allelopathy of *Heracleum mantegazzianum* is linked to the metabolic profile of root exudates. *Oxford academic* **115**(5): 821-831.
- Kamalongo DMA, Cannon ND. 2020. Advantages of bi-cropping field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) on cereal forage yield and quality. *Biological Agriculture and Horticulture* **36**:213-229.
- Kintl A, Elbl J, Záhora J, kynický J, Brtnický M, Mikajlo I. 2015. Evaluation of grain yield in mixed legume-cereal cropping systems. *Journal of Interdisciplinary Research* **5.1**:96-98.
- Kiwi A, Kimani D, Harawa R, Jama B, Sileshi GW. 2019. Sustainable Intensification with Cereal-Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. *MDPI* **11**(10).
- Knudsen MT, Hauggard-Nielsen H, Jornsgard B, Jensen ES. 2004. Comparison of interspecific competition and N use in pea-barley, faba bean-barley and lupin-barley intercrops grown at two temperate locations. *Journal of Agricultural Science* **142**:617-627.
- Jeuffroy M.H, Ney B. 1997. Crop physiology and productivity. Elsevier (53): 3-16.
- Lithourgidis A.S, Dordas C.A, Damalas C.A, Vlachostergios D.N. 2011. Annual Intercrops: An Alternative Pathway for Sustainable Agriculture. *Australian Journal of Crop Science* **5**(4): 396-410.
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA, Damalas CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy* **34**:287-294.
- Liu Y, Wu L, Baddeley J.A, Watson Ch.A. 2011. Sustainable Agriculture Volume 2. 1. Springer Dordrecht.
- Lněnička J, Kotecký V. 2022. Proč dnes příroda tak rychle přichází o svou rozmanitost?. Fakta o klimatu.
- Lopes T, Hatt S, Xu Q, Chen J, Liu Y, Francis F. 2016. Wheat (*Triticum aestivum* L.)-based intercropping systems for biological pest control. *Pest Management Science* **2016**(72): 2193-2202.
- Lukow OM, McVetty PBE. 1991. Effect of cultivar and environment on quality characteristics of spring wheat. *Cereal Chemistry* **68**:597-601.
- Mabhaudhi T, Modi A.T. 2013. Intercropping Taro and Bambara Groundnut. *SpringerLink* **13**: 275-290.
- Madsen I.J, Parks J.M, Friesen M.L, Clark R.E. 2022. Increasing Biodiversity and Land-Use Efficiency Through Pea (*Pisum aestivum*) - Canola (*Brassica napus*) Intercropping (Peola). *Frontiers* **2**.

- Maitra S, Jnana P, Pilli B.M, Prasanna K.D. 2019. Potential of Intercropping System in Sustaining Crop Productivity. *International Journal of Agriculture: Environment and Biotechnology* **12**(1): 39-45.
- Mala M, Mollah M.M.I, Baishnab M. 2020. Importance of intercropping for biodiversity conservation. *Journal of science technology a environment informatics* **10**(2): 709-716.
- Matějček T. 2013. Základní informace k tématu Biodiverzita a její ohrožení. Metodický portál RVP.
- Murray J.D, Liu Ch.W, Chen Y, Miller A.J. 2016. Nitrogen sensing in legumes. *Oxford academic* **68**(8): 1919-1926.
- Möller K, Stinner W, Leithold G. 2008. Growth, composition, biological N<sub>2</sub> fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on field nitrogen balances and nitrate leaching risk. *SpringerLink* **82**:233-249.
- Monti M, Pellicano A, Pristeri A, Badagliacca G, Preiti G, Gelsomino A. 2019. Cereal/grain legume intercropping in rotation with durum wheat in crop/livestock production systems for Mediterranean farming system. *Elsevier* **240**: 23-33.
- Mousavi S.R, Eskandari H. 2011. A General Overview on Intercropping and Its Advantages in Sustainable Agriculture. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* **1**(11): 482-486.
- Ngapo T.M, Bilodeau P, Arcand Y, et al. 2021. Historical Indigenous Food Preparation Using Produce of the Three Sisters Intercropping System. *MDPI* **10**(3).
- Peoples M et al. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* **48**: 1–17.
- Peltonen-Sainio P, Peltonen J. 1993. Stability of quality traits in spring cereals cultivated under the growing conditions of southern Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B, Soil and Plant Science* **43**(1):45-52.
- Pelzer E, et al. 2012. Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*. **40**:39-53.
- Peterson CJ, Graybosch RA, Baenziger PS, Grombacher AW. 1992. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Sciences* **32**:98-103.
- Procházková L. 2010. Tvorba výnosu ozimé pšenice v závislosti na šířce řádků v podmínkách ekologického zemědělství [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Punyalu A, Jamjod S, A Rerkasem B. 2018. Intercropping Maize With Legumes for Sustainable Highland Maize Production. *BioOne* **38**(1): 35-44.
- Rahman M. M., Joaty J.Y, Islam M.M. 2021. Intercropping for insect pest management in sustainable agriculture: A review. *J-stage* **43**: 11-22.
- Sedláček V. 2021. Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

- Segura A, Grass V.I, Breustedt G, Rohlf M, Tschardt T. 2022. Strip intercropping of wheat and oilseed rape enhances biodiversity and biological pest control in a conventionally managed farm scenario. *Journal of Applied Ecology* **59**(6): 1513-1523.
- Šarūnaitė L, Deveikytė I, Kadžiulienė Ž. 2010. Intercropping spring wheat with grain legume for increased production in an organic crop rotation. *Journal of Žemdirbystė Agriculture* **97**(3): 51-58.
- Thayamini H, Brintha I. 2010. Review on Maize Based Intercropping. *Journal of Agronomy* **9**(3): 135-145.
- Thorsted MD, Olesen JE, Weiner J. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. *Field Crop Research*, **95**:280-290.
- Trethowan RM. 1995. Evaluation and selection of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for preharvest sprouting tolerance. *Australian Journal of Agricultural Research* **46**(3):463-474.
- Vandermeer JH. 2012. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge
- 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 Ch. 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.
- Wanic M, Mysliwiec M, Orzech K, Michalska M. 2016. Nitrogen content and uptake by spring wheat and undersown Persian clover depending on plant density. *Journal of Elementology*, **21**:231-246.
- Wendling M, Büchi L, Amossé C, Walter A, Charles R. 2017. Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures. *ScienceDirect* **241**(1): 88-99.
- 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.
- Yang F, Liao D, Fan Y, et al. 2017. Effect of narrow-row planting patterns on crop competitive and economic advantage in maize–soybean relay strip intercropping system. *Taylor & Francis Online* **20**(1): 1-11.
- Yang H, Zhang W, Li L. 2021. Intercropping: Feed more people and build more sustainable agroecosystems. *Frontier Journals* **8**(3): 378-386.
- Zvěřinová G. 2015. *Sekundární metabolity lišejníků a jejich funkce*. Praha. Univerzita Karlova.
- Vlašín M. 2014. Co je důležitější v krajině: estetika nebo biodiverzita? *Envigogika* **9**(2). Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.14712/18023061.450>

