

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Využití směsného pěstování pšenice s leguminózou  
v ekologickém zemědělství**

**Diplomová práce**

**Bc. et Bc. Lucie Burianová**

**Ekologické zemědělství**

**prof. Ing. Ivana Capouchová CSc.**

© 2021 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití směsného pěstování s leguminózou v ekologickém zemědělství" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Ivaně Capouchové CSc. za velkou trpělivost, shovívavost a čas, který mi věnovala během doby, kdy vznikala tato diplomová práce. Dále děkuji prof. Ing. Jiřímu Balíkovi a prof. Dr. Ing. Lubošovi Borůvkovi za to, že ve mně vzbudili zájem o půdu a výživu rostlin, a tím mi velmi pomohli v dalším profesním směřování. Chtěla bych také poděkovat svému manželovi a synům za veškerou podporu, kterou mi poskytli během let mého studia.



# Využití směsného pěstování pšenice s leguminózou v ekologickém zemědělství

## Souhrn

Cílem práce bylo vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, vedeného v roce 2019/2020 v ekologickém způsobu pěstování na Výzkumné stanici Katedry agroekologie a rostlinné produkce v Praze-Uhřetěvesi 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 row-by-row) a vybrat nejlepší varianty.

V pokusu byly použity dvě odrůdy pšenice ozimé (Butterfly z jakostní skupiny E a Lorien z jakostní skupiny B). Výsev byl proveden ve dvou sousedících blocích, kdy v prvním bloku byla vyseta směs pšenice a vybraných leguminóz do klasických úzkých řádků a v druhém bloku byl realizován výsev row-by-row, kdy byla nejprve vyseta pšenice do řádků 25 cm a ihned poté byly do prostoru meziřadí zasety vybrané leguminózy (po jedné odrůdě hrachu jarního, hrachu ozimého, bobu obecného a jetele nachového – inkarnátu). Každá varianta byla vyseta ve čtyřech opakováních. Ukončení vegetace leguminóz bylo provedeno u systému row-by-row jejich vyplečkováním Martínkovou ruční plečkou na počátku sloupkování pšenice (jarní leguminózy oproti předpokladu díky mírné zimě nevymrzly). U porostu pšenice vysetého spolu s leguminózami formou směsi byly dvakrát použity plecí brány.

Z výsledků vyplynulo, že výnos pšenice byl v převažující míře ovlivněn způsobem výsevu, následoval vliv odrůdy a statisticky průkazný byl i vliv leguminóz. Z hodnocení vlivu leguminóz na výnos pšenice ozimé vyplynulo, že v průměru nejvyššího výnosu dosáhla pšenice setá ve směsné kultuře s hrachem ozimým, hrachem jarním a bobem obecným; tyto varianty se statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy, a kromě varianty s bobem i od varianty s inkarnátem, přičemž rozdíl mezi nejlepšími a nejhoršími variantami činil cca 0,3 t/ha. Vliv leguminóz na výnos pšenice tedy nebyl příliš výrazný, ale byl statisticky průkazný. Dále z výsledků pokusu vyplynulo, že pšenice vysetá formou směsi s leguminózami dosáhla v průměru o cca 0,4 – 0,5 t/ha vyššího výnosu než pšenice vysetá systémem row-by-row. Odrůda Lorien dosáhla v průměru o cca 0,3 t/ha vyššího výnosu než odrůda Butterfly.

Směsné pěstování pšenice s leguminózami poměrně výrazně ovlivnilo obsah N-látek v sušině zrna pšenice, tento faktor měl větší vliv na obsah N-látek než způsob setí a odrůda pšenice. Nejvyššího průměrného obsahu N-látek v sušině zrna dosáhla pšenice ve variantách s bobem obecným a hrachem ozimým (11,40 a 11,37 %), kontrola bez leguminózy dosáhla v průměru obsahu N-látek v sušině zrna pšenice 11,16 %. Obdobný trend jsme zaznamenali v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna. Naproti tomu, u znaků vyznačujících se silnou

vazbou na odrůdu (Zelenyho test, číslo poklesu, ale i objemová hmotnost), byl vliv směsného pěstování s leguminózou slabší.

**Klíčová slova:** pšenice, leguminózy, ekologické zemědělství, produkce, kvalita

# Use of wheat cultivation in mixture with legumes in organic farming

## Summary

The goal of the work was to evaluate the mixed cultivation of winter sown wheat with selected legumes in a precise field small-plot experiment conducted in 2019/2020 in organic production system at the Research Station of the Department of Agroecology and Crop Production in Prague-Uhřetěves in terms of selected production and quality parameters of wheat; assess the differences in production parameters and quality of production depending on the variety of wheat and the method of sowing wheat and legumes (sowing in a mixture, sowing row-by-row) and select the best variants.

Two winter wheat varieties (Butterfly from quality group E and Lorien from quality group B) were used in the experiment. Sowing was carried out in two adjacent blocks, where in the first block a mixture of wheat and selected legumes was sown in classic narrow rows and in the second block sowing row-by-row was realized, when wheat was first sown in rows of 25 cm and immediately afterwards selected leguminoses (one variety of spring pea, winter pea, broad bean and crimson clover). Each variant was sown in four replicates. The leguminous vegetation was terminated in the row-by-row system by weeding them with Martinek's hand hoe at the beginning of the wheat stem elongation (spring legumes did not freeze due to the mild winter). The tined weeder was used twice for the wheat crop sown together with the legumes in the form of a mixture.

The results showed that the wheat yield was largely influenced by the method of sowing, followed by the influence of the variety and the influence of legumes was statistically significant. The evaluation of the influence of legumes on the yield of winter wheat showed that on average the highest yield was achieved by sown wheat in a mixed culture with winter peas, spring peas and common beans; these variants were statistically significantly different from the control without legumes and, in addition to the variant with beans, also from the variant with crimson clover, while the difference between the best and worst variants was about 0.3 t/ha. Thus, the effect of legumes on wheat yield was not very strong but was statistically significant. Furthermore, the results of the experiment showed that wheat sown in the form of a mixture with legumes achieved on average about 0.4 - 0.5 t/ha higher yield than wheat sown with the row-by-row system. The Lorien variety achieved on average about 0.3 t/ha higher yield than the Butterfly variety.

Mixed cultivation of wheat with legumes relatively significantly affected the content of N-compounds in the dry matter of wheat grain, this factor had a greater effect on the content of N-compounds than the method of sowing and the variety of wheat. The highest average content of N-compounds in the dry matter of grain was achieved by wheat in variants with common beans and winter peas (11.40 and 11.37%), the control without leguminose reached the average content of N-compounds in the dry matter of wheat grain 11.16%. We observed a similar trend

in the case of wet gluten content in grain dry matter. In contrast, in the case of traits characterized by a strong link to the variety (Zeleny test, decrease number, but also bulk density), the effect of mixed cultivation with legumes was weaker.

**Keywords:** wheat, legumes, organic farming, production, quality



## Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Úvod – stručný přehled současné situace v ekologickém zemědělství.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Definice, přínos smíšených kultur, jejich výhody a nevýhody .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Leguminózy ve smíšených kulturách, jejich výhody a nevýhody .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Výsev ve smíšených kulturách .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 Interakce mezi komponenty smíšené kultury .....</b>	<b>18</b>
3.5.1 Mezidruhové interakce.....	18
3.5.2 Kořenový systém a jeho prostorová distribuce .....	19
3.5.3 Transfer živin mezi více druhy rostlin .....	20
3.5.4 Role arbuskulárních mykorhizních hub při transportu živin mezi rostlinami .....	23
3.5.5 Mikroorganismy ve smíšených kulturách .....	24
<b>3.6 Smíšené kultury a obsah bílkovin v zrně .....</b>	<b>27</b>
3.6.1 Jakost ekologicky pěstované pšenice v České republice.....	27
3.6.2 Vliv leguminóz na obsah bílkovin v zrně .....	29
3.6.3 Kontrola zaplevelení ve smíšených kulturách v systémech ekologického zemědělství.....	32
<b>4 Metodika .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Půdně-klimatická charakteristika pokusné lokality .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Varianty pokusu a jeho struktura .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Použitá agrotechnika .....</b>	<b>37</b>
<b>4.5 Sledované vegetační charakteristiky a produkční parametry .....</b>	<b>38</b>
<b>4.6 Hodnocení kvalitativních parametrů zrna pšenice .....</b>	<b>38</b>
<b>4.7 Statistické hodnocení výsledků .....</b>	<b>39</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1 Průběžné hodnocení porostů během vegetace, vybrané produkční ukazatele a vegetační charakteristiky.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2 Hodnocení obsahu N v sušině nadzemní biomasy pšenice v průběhu vegetace.....</b>	<b>43</b>
<b>5.3 Statistické vyhodnocení hlavních produkčních a jakostních ukazatelů pšenice .....</b>	<b>48</b>
5.3.1 Míra ovlivnění hodnocených produkčních a jakostních ukazatelů pšenice sledovanými faktory a jejich interakcemi .....	48
5.3.2 Počet klasů na m <sup>2</sup> před sklizní.....	51
5.3.3 Hmotnost tisíce semen (HTS) .....	53
5.3.4 Výnos zrna pšenice .....	54
5.3.5 Objemová hmotnost .....	55
5.3.6 Obsah N-látek v sušině zrna pšenice.....	57
5.3.7 Obsah mokrého lepku v sušině zrna.....	58
5.3.8 Sedimentační index – Zelenyho test.....	59

5.3.9	Číslo poklesu.....	61
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Po dlouhých desetiletích, kdy byl v rámci rostlinné produkce kladen důraz především na její produkční funkce, se pozornost odborné i laické veřejnosti obrací i k jejím mimoprodukčním funkcím souvisejícím se zachováním a ochranou přírodních zdrojů. Tento nový přístup vyžaduje hledání nových agrotechnických postupů, ve kterých bude produkční i mimoprodukční funkce rostlinné zemědělské výroby vyvážená – nedílnou součástí tohoto nového přístupu je i pěstování meziplodin (Fujita et al. 1992; Brant et al. 2008).

Goss et al. (2017) uvádí v souvislosti s intenzifikací zemědělství, že mezi roky 1960 a 1990 se celosvětová produkce 20 nejdůležitějších zemědělských komodit zdvojnásobila, ale spotřeba průmyslových hnojiv vzrostla 4,8krát a pesticidů 31,1krát, přičemž celosvětové zásoby fosforu a draslíku klesají a produkce dusíkatých hnojiv je náročná na spotřebu vody. Aplikace průmyslových dusíkatých hnojiv je přitom jedním ze zásadních faktorů ovlivňujícím životní prostředí. Vyplavování dusíku, které může představovat až polovinu z celkového množství dusíku dodaného do půdy, je jednou z příčin eutrofizace vod. Dusičnany v pitné vodě představují také nebezpečí pro lidské zdraví – mohou být příčinou methemoglobinémie. Agrosystémy jsou v poslední době také výrazně ovlivněny účinky klimatické změny – extrémní ve formě střídání sucha a přivalových srážek mají výrazný negativní vliv na bilanci dusíku v půdě (Eugencios Silva et al. 2017).

S ohledem na výše zmíněná fakta je proto logické, že vzrůstá význam trvale udržitelných systémů hospodaření na orné půdě, mezi které patří i ekologické zemědělství. I když je rozloha orné půdy, která je obhospodařovaná v systému ekologického zemědělství v rámci České republiky, stále poměrně malá (v roce 2019 činila 88 628 ha; z toho 27,5 % v přechodném období), tak její rozloha stabilně roste. I plocha obilovin vzrostla meziročně o dalších 15 % (o 5 411 ha) a překonala výměru 40 tis. ha. Nejčastěji pěstovanými obilovinami zůstávají pšenice a oves, společně zabírají 53 % celkové plochy obilovin v EZ (ROČENKA 2019: Ekologické zemědělství v České republice. 2021).

Přestože se produkci ekologicky vypěstované pšenice daří na trhu dobře uplatňovat a 36 % z celkové produkce se vyváží do zahraničí (ROČENKA 2019: Ekologické zemědělství v České republice., 2021), potýkají se zemědělci s problémem, aby na trh dodali pšenici v odpovídající potravinářské kvalitě. Absence minerálních dusíkatých hnojiv v ekologickém zemědělství způsobuje, že ekologicky vypěstované pšenice mají nižší hladiny dusíkatých látek, což má zásadní vliv na výnos i tvorbu kvalitních lepkových bílkovin (Václavíková et al. 2012).

I v rostlinné výrobě v systémech ekologického zemědělství mají proto svoje místo meziplodiny a mezi nimi i smíšené kultury s leguminózami. Leguminózy jsou známé svojí schopností fixovat vzdušný dusík (Loreau & Hector 2001) a ve vhodně zvolené smíšené kultuře mohou přispět ke kladné bilanci dostupného dusíku v půdě (Kintl et al. 2015), který je poté využit hlavní plodinou.

Fixace vzdušného dusíku není zdaleka jediným přínosem smíšených kultur. Tyto kultury mají i nezanedbatelnou půdoochrannou funkci (Anil et al. 2002) a jejich pěstování vede

ke zlepšení struktury půdy (Brant et al. 2018), potlačují růst plevelů (Banik et al. 2006; Brant et al. 2008; Brant et al. 2018; Vrignon – Brenas et al. 2018) a jsou dobrým prostředkem k zamezení vyplavování dusíku z půdy (Brant et al. 2008).

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že přestože pěstování smíšených kultur má svoje kořeny v hluboké minulosti (Altieri 1999), může být tato technologie přínosná i pro současné moderní ekologické zemědělce.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami, testované v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu v ekologickém systému, 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 row-by-row) a vybrat varianty, které se osvědčily nejlépe.

### Hypotézy:

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

### **3 Literární rešerše**

#### **3.1 Úvod – stručný přehled současné situace v ekologickém zemědělství**

Podle údajů z Ročenky ekologického zemědělství za rok 2018 (Ministerstvo zemědělství 2019) hospodařilo k 31. 12. 2018 ekologicky 4 606 ekofarem (cca 9,5 % zemědělských podniků v ČR) na celkové výměře 538 223 ha, což představuje 12,8% podíl na celkové výměře zemědělské půdy ČR. Za posledních deset let vzrostla výměra 1,6krát z původních 341 tis. ha v roce 2008 a počet farem stoupl více než dvojnásobně (z 1 946 v roce 2008). Meziročně celková výměra plochy v ekologickém zemědělství vzrostla o 18 191 ha, tj. o 3,5 % a jedná se o nejvyšší nárůst od roku 2011. Během roku 2018 přibylo v ekologickém zemědělství téměř 9,5 tis. ha orné půdy (nárůst o 13,2 %) a 7,5 tis. ha trvalých travních porostů (nárůst o 1,8 %).

Za posledních 10 let vzrostla výměra orné půdy na současných téměř 81 tis. ha a dosahuje 15% podíl na celkové půdě v EZ, což je historicky nejvyšší hodnota. Hlavními plodinami na orné půdě jsou obiloviny s podílem 46 % a pícniny s podílem ve výši 41 %. Plocha obilovin vzrostla meziročně o více než 20 %, což představuje zatím největší nárůst od roku 2009. Nejčastěji pěstovanými obilovinami jsou stejně jako v předchozích letech pšenice a oves. Tyto dvě plodiny společně zaujímaly 53 % celkové plochy obilovin v EZ.

Výnos ekologicky pěstované pšenice činil v roce 2018 5,39 tun na hektar a z celkové produkce 19 021 tun se prodalo 78 % (z toho 74 % v biokvalitě). Zbytek byl využit jako krmivo.

#### **3.2 Definice, přínos smíšených kultur, jejich výhody a nevýhody**

Pěstování smíšených kultur je stará zemědělská metoda využívající možnosti pěstování dvou nebo více plodin (částečně) ve stejném čase na jednom místě bez nutnosti sít je nebo sklízet ve stejném časovém okamžiku (Willey 1979; Wandermeer et al. 1998; Malézieux et al. 2009; Bedoussac 2014). Je to jedna z tradičních metod, která spočívá v napodobování přirozených přírodních procesů (Altieri 1999). Tato metoda se využívá v mnoha zemích Latinské Ameriky, Asie a Afriky (Fageria 1992), kde je spojena především s produkcí obilovin (Anil et al. 2002). Willey (1979) uvádí, že tato metoda je příznačná pro primitivní (low-input) systémy hospodaření, zejména v tropech.

V rozvinutých zemích byly techniky pěstování smíšených kultur běžně využívány do masivnějšího nástupu umělých hnojiv (Cassman 1999). V souvislosti s intenzifikací v zemědělství v posledních 50 letech ustoupily techniky jako je pěstování smíšených kultur do pozadí (Crews & Peoples 2004). V posledních letech nicméně v souvislosti s početnými ekosystémovými službami, které nabízí současné pěstování obilovin a leguminóz (Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005), zaznamenáváme obnovení zájmu o smíšené kultury, a to zejména v oblasti ekologického zemědělství (Anil et al. 2002; Malézieux et al. 2008). Nemaleou roli v renesanci zájmu o smíšené kultury hraje také vzrůstající povědomí o škodách na životním prostředí, které vznikají v souvislosti s nadměrným využíváním minerálních hnojiv a pesticidů (Fujita et al. 1992; Stagnari et al. 2017).

Smíšená kultura může mít mnoho forem podle náročnosti jednotlivých plodin, počtu a typu rostlin (jednoleté nebo trvalé kultury) nebo podle toho, jestli má mix plodin vertikální nebo horizontální strukturu (Ehrmann & Ritz 2014). Smíšené kultury mohou být využity u vytrvalých kultur (stromy), jednoletých rostlin nebo se může jednat o smíšenou kulturu stromů a plodin (agrolesnictví) (Anil et al. 2002).

Některé formy jsou popsány v následující tabulce (Ehrmann & Ritz 2014):

**Tabulka 1: Přehled některých smíšených kultur (Ehrmann & Ritz, 2014)**

Typ systému	Počet druhů	Počet vrstev	Příklady / umístění
<b>Jednoleté plodiny</b>			
Kombinace (jednoho druhu)	1	1	Mix odrůd a populací (Evropa)
Podsevy <sup>1</sup> (životní cykly obou plodin se částečně překrývají (Andrews & Kassam, 2015))	2	1 nebo 2	Kukuřice /fazol (Afrika), podsev jetelu v kukuřici (Evropa)
Řádkové kultury <sup>2</sup> (jeden nebo více druhů v jedné řádce)	$\geq 2$	1 nebo 2	Obiloviny/pícninové leguminózy a trávy (Evropa)
Volný výsev smíšených kultur	$\geq 2$	1 nebo 2	Krátkodobé travní porosty (Evropa)
<b>Trvalé kultury</b>			
Trvalé travní kultury	$\geq 2$	1	Trvalé travní porosty (Severní Amerika, Evropa, Austrálie)

<sup>1</sup> V originále *Relay intercropping*

<sup>2</sup> V originále *Simultaneous intercropping*

<b>Agrolesnictví</b>			
Sekvenční agrolesnictví	2	2	Ananas/gumovníky (vlhké oblasti Asie)
Řádkové agrolesnictví			
Plodiny a pomocné stromy	2	2	Kukuřice/zelené hnojení/bobotvaré stromy (tropy)
Užitkové porosty pod užitkovými stromy	2	2	Obiloviny/ovocné stromy (Evropa)
Krycí porosty pod užitkovými stromy	2	2	Tráva/vinice, jetel/ovocné stromy (Evropa)
Užitkové stromy	$\geq 2$	1-3	Ovocné stromy/skořápkoviny/duby (Evropa)
Komplexní agrolesnický systém (stromy, keře, plodiny)	$\geq 2$	2-5	Domácí zahrady (tropy), permakultura

Brant et al. (2018) uvádějí následující druhy polních smíšených kultur (meziplodin a směsných plodin), které se liší z hlediska vzájemného růstu na stanovišti:

1. Hlavní a pomocná plodina<sup>3</sup> jsou založeny souběžně a obě jsou zdrojem produkce
2. Hlavní a pomocná plodina jsou založeny souběžně a vegetace pomocné plodiny je ukončena před sklizní hlavní plodiny (mechanicky, vymrznutím nebo chemicky)
3. Založení hlavní plodiny do živého nebo čerstvě umrtveného porostu pomocné plodiny, přičemž pomocná plodina postupně odumírá

<sup>3</sup> Brant et al. (2018) uvádějí, že „za pomocné plodiny lze považovat ty, které nějakým přímým a nepřímým účinkem pozitivně ovlivňují vývoj hlavní plodiny.“



#### 4. Založení pomocné plodiny v druhé polovině vegetace hlavní plodiny – využívá se vzájemného pozitivního působení obou plodin

Výběr vhodné varianty závisí na cíli, kterého chceme dosáhnout a na managementu porostu. V případě klasické smíšené kultury s leguminózou je doba růstu leguminózy jakožto krycí plodiny delší s cílem dosáhnout vysokého množství fixovaného dusíku a souvislého půdního pokryvu vedoucího k regulaci zaplevelení. V tomto případě mohou leguminózy konkurovat společně pěstované pšenici. V případě založení podsevu je možné až do začátku jara plevel odstraňovat mechanicky a leguminóza je přiseta k vzešlé pšenici bez toho, aby ovlivnila výnos a obsah bílkovin. Po sklizni obiloviny slouží leguminóza jako zelené hnojení a ochrana půdy (Vrignon – Brenas et al. 2018).

Hlavní výhodou smíšené kultury je efektivní využití zdrojů a vyšší výnos oproti plodinám pěstovaným v monokultuře (Rao & Wiley 1980; Wiley 1985; Wiley 1990; Hauggaard – Nielsen et al. 2005; Brant et al. 2008; Lithourgidis et al. 2011; Dong et al. 2018). Smíšená kultura by tedy měla být navržena tak, aby optimálně využívala sluneční energii, živiny z půdy, vodu z dešťových srážek a biologické zdroje (Altieri 1999; Midmore 2003). Díky snížené konkurenci v prostoru nebo v čase, rozdílné rychlosti růstu, různé listové ploše nebo délce kořenů mohou rostliny maximum těchto zdrojů transformovat do biomasy (Midmore 1993, Tsubo et al. 2001). To znamená, že vyššího výnosu u plodin ve smíšených kulturách dosahujeme pouze tehdy, pokud zvolené plodiny nesoutěží o stejnou ekologickou niku a pokud je u nich nízká mezidruhová kompetice (Yu et al. 2015).

Podstatou je proto vytvoření vhodného mixu plodin s rozdílným habitem a schopností příjmu živin, tak, aby se tyto plodiny doplňovaly (Lithourgidis et al. 2011). Na počet druhů rostlin, které je možné zkombinovat, má vliv geografická poloha, délka pěšební sezóny a schopnost rostlin přizpůsobit se danému prostředí (Ofori & Stern 1987). Andrews & Kassam (1976) mají za to, že výběr vhodného mixu ovlivňují především zdroje, které má farma k dispozici. Midmore (2003) se domnívá, že limitujícím faktorem při návrhu vhodného mixu je pouze invence farmáře nebo agronoma.

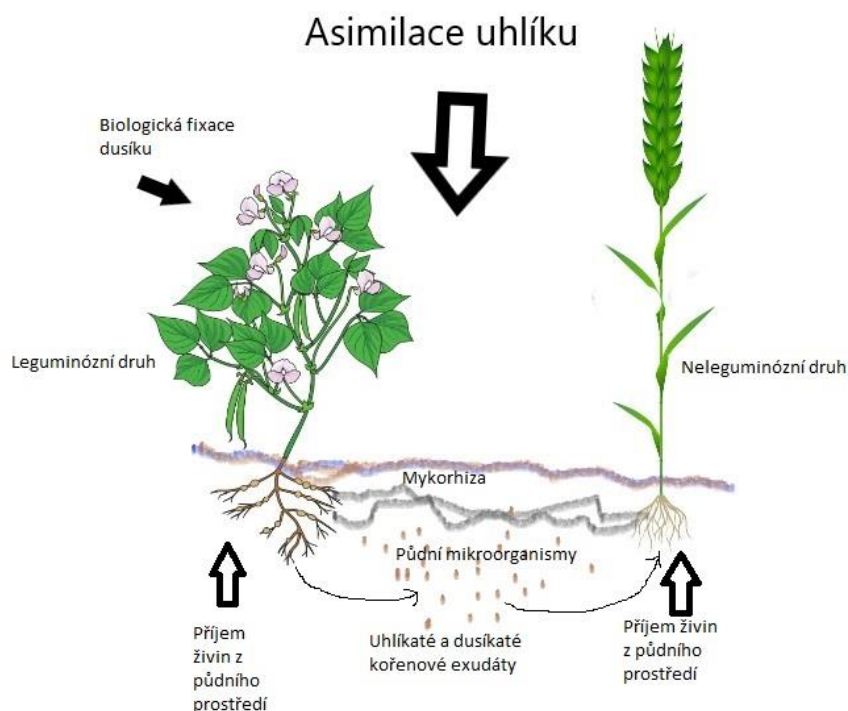
Použité rostliny mohou napomoci ke zlepšení nepříznivých životních podmínek a přístupnosti živin pro další druhy (Brant et al. 2018; Lambers et al. 2019). Časté je tedy využití leguminóz kvůli jejich schopnosti fixace dusíku z atmosféry (Loreau et Hector 2001; Lithourgidis et al. 2011) a jeho následného přenosu ke společně pěstovaným plodinám (Jensen 1996). Při pěstování smíšených kultur může také docházet k uvolňování fosforu z organických vazeb vlivem působení extracelulárních enzymů (Dakora 2003) nebo k rozpuštění anorganického fosforu obsaženého v půdě kvůli poklesu pH způsobeného leguminózami fixujícími vzdušný dusík (Yan et al. 1996).

Při pěstování smíšené kultury dosahujeme vyšší plochy zakryté půdy a menšího výparu a rostliny mohou být lépe chráněny proti poléhání. Plodiny, které se pěstují ve vhodném mixu, mohou být lépe chráněny proti škůdcům. Z hlediska výnosu je podstatné zvýšení množství dusíkatých látek v hlavní pěstované plodině. Mezi nevýhody tohoto systému patří větší pracnost při tvorbě mixů nebo při jejich výsevu, případně při sklizni (Lithourgidis et al. 2011).

Connolly et al. (2001) uvádějí, že více než 80 % z celkového počtu výzkumů týkajících se smíšených kultur proběhlo mezi lety 1990 až 1999 v Asii nebo v Africe. Dále uvádějí, že nejčastěji byly zkoumány tyto rostliny: Kukuřice (*Zea mays* L.), vigna čínská (*Vigna unguiculata* (L) Walp.), podzemnice olejná (*Arachis hypogaea* L.), pšenice (*Triticum aestivum* L.), dochan klasnatý (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), různé kultivary jetele (*Trifolium spp.*), fazol (*Phaseolus vulgaris* L.), kajan indický (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), bob koňský (*Vicia faba* L.), ječmen (*Hordeum vulgare* L.) a hrách setý (*Pisum sativum* L.).

### 3.3 Leguminózy ve smíšených kulturách, jejich výhody a nevýhody

Kintl et al. (2015) definují smíšenou kulturu jako pěstování dvou rostlin na jednom pozemku současně, kdy se nejčastěji jedná o rostliny z čeledí *Poaceae* a *Fabaceae*. Za komponenty smíšené kultury tedy Kintl et al. (2015) pokládají leguminózní a neleguminózní druh (na obrázku 1), které interagují mezi sebou navzájem a zároveň i s vnějším prostředím. Oba druhy rostlin asimilují uhlík a přijímají z půdy minerální formy dusíku ( $\text{NH}_4$  a  $\text{NO}_3^-$ ), ale pouze u leguminózního druhu dochází k biologické fixaci dusíku. Obě rostliny imobilizují živiny v rostlinné biomase a vylučují kořenové exudáty na podporu mikrobiálních společenstev, které se podílejí na nepřímém transportu živin, Přímý transport poté probíhá prostřednictvím mykorhizních houbových vláken.



Obrázek 1 Komponenty ve smíšené kultuře (Kintl et al. 2015)

Právě kvůli schopnosti vázat vzdušný dusík patří leguminózy k široce využívaným plodinám (Loreau & Hector 2001). Po celém světě se pěstuje velké množství leguminóz (Fustec

et al. 2007), buď na zrno obsahující kvalitní bílkoviny (Fustec et al. 2009; Stagnari et al. 2017) nebo pro sklizeň celých nadzemních částí (Fustec et al. 2009).

V agrosystémech mají leguminózy přínos zejména jako:

1. Přerušovač osevního sledu a součást osevních postupů pro zvýšení obsahu dusíku v půdě (Chalk 1998).
2. Součást smíšené kultury spolu s druhy, které nefixují vzdušný dusík, což vede k efektivnějšímu využití zdrojů v čase a v místě (Loreau & Hector 2001; Hauggaard-Nielsen & Jensen 2005; Corre-Hellou et al. 2006). Pěstování smíšených kultur má větší efekt v low-input systémech (Jensen 2006; Corre – Hellou et al. 2007).

**Tabulka 2: Výhody smíšených kultur s leguminózami**

1. Půdoochranná funkce (Anil et al. 2002) a zlepšení struktury půdy (Brant et al. 2018)
2. Zvýšení mikrobiální aktivity (Lian et al. 2019)
3. Potlačení růstu plevelů (Banik et al. 2006; Brant et al. 2008, Brant et al. 2018; Vrignon – Brenas et al. 2018)
4. Redukce škůdců a chorob (Altieri 1999; Brant et al. 2008; Malézieux et al. 2009; Brant et al. 2018)
5. Efektivnější využití lokálních zdrojů – zvýšení dostupnosti živin (Hauggaard – Nielsen et al. 2005; Corre – Hellou et al. 2006; Brant et al. 2018)
6. Zamezení vyplavení živin a omezení znečišťování podzemních vod (Brant et al. 2008)
7. Omezení vodní a větrné eroze půdy (Brant et al. 2008)
8. Zvýšení využití slunečního záření (Brant et al. 2008)
9. Zdroj organické hmoty v půdě (Brant et al. 2008)
10. Stabilizace energetické bilance v zemědělství (Brant et al. 2008)

11. Zvýšení odolnosti hlavní plodiny proti poléhání (Anil et al. 1998; Brant et al. 2018)
12. Zlepšení stability výnosu, nižší závislost na jedné plodině (Lithourgidis et al. 2007, Hauggaard – Nielsen et al. 2009; Berner et al. 2015)
13. Zvýšení výnosu a koncentrace bílkovin v zrna v porovnání s monokulturou (Gooding et al. 2007; Niggli et al. 2009; Bedoussac et al. 2011)
14. Menší spotřeba pesticidů a hnojiv (Fujita et al. 1992; Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
15. Zdroj kvalitních bílkovin ve stravě a krmení (Stagnari et al. 2017) – zpestření krmivové základny (Brant et al. 2008)
16. Podpora ekosystémových služeb (IAASTD 2009) – podpora pestrosti v krajině a krajino tvorná funkce (Brant et al. 2008)
17. Ochrana místní flóry a fauny (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
18. Adaptace produkčního systému na klimatickou změnu (IAASDT 2009) – podpora produktivního výparu a ochlazování krajiny (Brant et al. 2008)

**Tabulka 3: Nevýhody smíšených kultur s leguminózami**

1. Riziko nadměrného odběru živin (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
2. Sklizeň jedné plodiny může poškodit druhou plodinu (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
3. Obtížná mechanizace (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
4. Možnost výskytu škodlivé fauny a flóry (Hauggaard – Nielsen et al. 2005; Lithourgidis et al. 2011)

5. Nemusí být v souladu s převládajícím sociálně-ekonomickým a politickým systémem (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
6. Komplexnější a méně prozkoumaný systém než monokultury (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)
7. V mnoha aktuálních ekonomických systémech mohou být smíšené kultury ztrátové (Hauggaard – Nielsen et al. 2005)

Úspěšné pěstování rostlin ve smíšených kulturách s leguminózami závisí především na efektivní fixaci dusíku a zejména na jeho úspěšném přenosu k obilnině (Stern 1993). Na výnos má především vliv druh plodiny, vlastnosti půdy a klimatické podmínky v daném roce (Kadziulienė 2011).

### 3.4 Výsev ve smíšených kulturách

Způsob výsevu může zásadně ovlivnit interakci mezi hlavní a doplňkovou plodinou a ovlivnit i využití přírodních zdrojů rostlinami. Má také zásadní vliv na výnos. Hustota výsevu je variabilní. Jeden druh může být nahrazen jiným, kdy je hustota stejná jako u monokultury nebo je pěstováno více druhů zároveň a pak je celková hustota výsevu dána součtem hustot výsevů jednotlivých druhů (Eskandari & Ghanbari 2010).

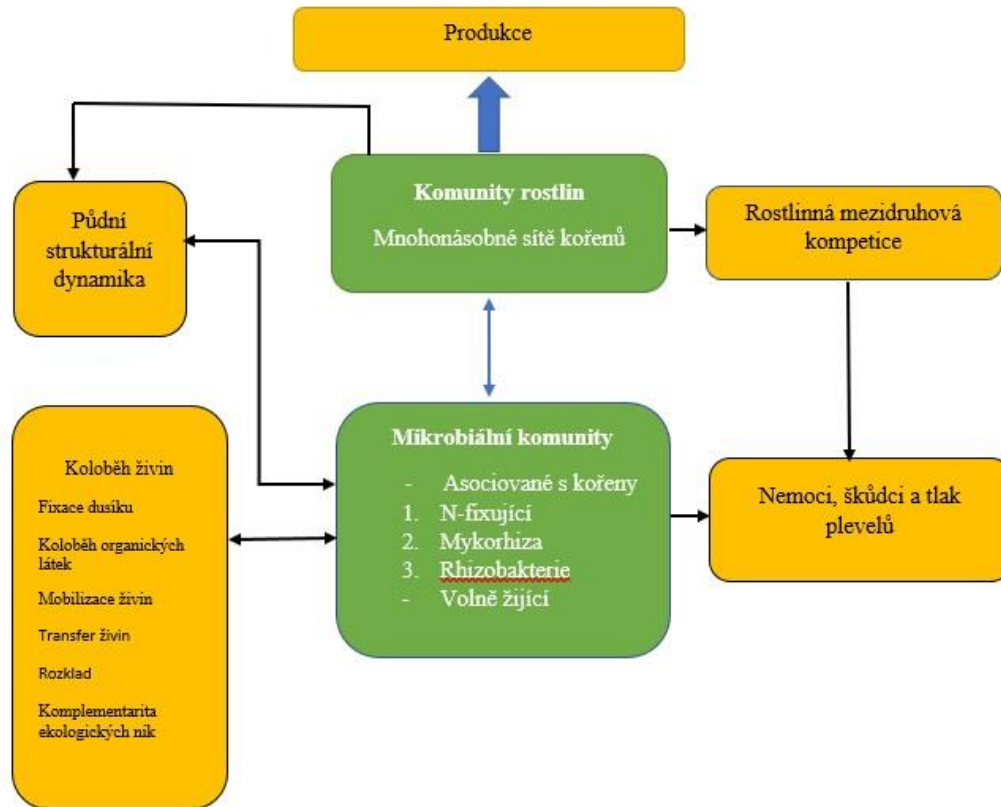
Podle Midmore (2003) musíme při návrhu vhodného rozmístění jednotlivých rostlin brát v úvahu rychlost růstu jednotlivých rostlin, náročnost na dobré světelné podmínky a délku kořenů. Případnou konkurenci mezi hlavní a doplňkovou plodinou je vhodné řešit rozdílným termínem výsevu – hlavní plodina by ovšem měla být vyseta jako první. Návrh vhodného designu ovlivňuje i druh hlavní plodiny. Pro nižší plodiny by měl být využit pravoúhlý design výsevu, který umožní lepší přístup světla k rostlině. Plodiny, které se sklízí pro své vegetativní části jsou méně náročné na horší světelné podmínky než plodiny sklízené pro zrno – může být tedy použit hustší výsev. Konkurenci mezi jednotlivými plodinami můžeme snížit pomocí externích vstupů, například umělou závlahou. Brant et al. (2018) uvádějí, že v případě pšenice má hustota výsevu negativní vliv na odnožování. Naopak nižší výsevek pozitivně ovlivňuje i hmotnost jedince způsobenou vyšším odběrem živin.

Lithourgis (2011) udává tyto způsoby výsevu smíšených kultur:

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

### 3.5 Interakce mezi komponenty smíšené kultury

Ehrmann & Ritz (2014) zobrazují komponenty a procesy ve smíšených kulturách následovně (procesy jsou zobrazeny žlutě, komponenty zeleně):



Obrázek 2 Interakce mezi komponenty a procesy ve smíšených kulturách. (Ehrmann & Ritz 2014)

Obrázek 2 podle Ehrmann & Ritz (2014) ukazuje, jak mohou kořeny rostlin ve smíšených kulturách přímo nebo nepřímo ovlivňovat své prostředí prostřednictvím procesů v rizosféře. Volba plodin pro smíšenou kulturu má přímý vliv na půdní mikroedadon i na rhizosférické procesy v půdě. Ty potom ovlivňují transfer živin, strukturu půdy a mají vliv na na zdraví a odolnost rostlin.

#### 3.5.1 Mezidruhové interakce

Podle Vandermeera (2012) mohou mezi rostlinami ve smíšených kulturách nastat dva druhy interakcí:

1. Facilitace, která je prospěšná pro růst rostlin (a mikroorganismů) – projevuje se přímo jako kompetitivní adaptace kořenové architektury, anebo nepřímo prostřednictvím přenosu dusíku mezi leguminózou a neleguminózní rostlinou; výživou prostřednictvím mykorrhizních vláken; půdními procesy, které vedou k mobilizaci živin (exudace

aminokyselin a extracelulárních enzymů, acidifikace a biofumigace) (Haugaard – Nielsen & Jensen, 2005).

## 2. Kompetice, která limituje růst nedominantního druhu nebo obou druhů

Ehrmann & Ritz (2014) uvádějí, že mezidruhov<sup>á</sup> facilitace se může projevit dvěma způsoby: Jako asymetrická, kdy jeden druh pozitivně ovlivňuje prostředí tak, že to vede k lepšímu růstu dalšího druhu a symetrická, kdy se oba druhy pozitivně ovlivňují navzájem. Zároveň také upozorňují, že podle Wang et al. (2007) se ve smíšených kulturách mohou kořeny dvou druhů ovlivňovat i negativně, pak dojde k inhibici růstu jednoho nebo obou druhů pěstovaných plodin. Kompetici tito autoři dělí na povrchovou (o sluneční světlo) a podpovrchovou o prostor, vodu a živiny, které rostliny potřebují k růstu.

Na to, jaký druh interakce bude nakonec dominovat, mají vliv lokální klimatické podmínky a zdroje, půdní typ a výběr plodin (Haugaard – Nielsen & Jensen 2005; Wang et al. 2007; Li et al. 2010).

### 3.5.2 Kořenový systém a jeho prostorová distribuce

Podle Ehrmann & Ritz (2014) se pouze několik studií věnuje prostorovému rozmístění kořenů ve smíšených kulturách, přestože má tento faktor, a zejména dynamika růstu kořenů, zásadní vliv na růst celých rostlin ve smíšených kulturách a je podstatný pro míru a rychlost odběru živin (Haugaard – Nielsen et al. 2001). Haugaard – Nielsen & Jensen (2005) se domnívají, že podpovrchové interakce a facilitace vedoucí k efektivnějšímu a komplementárnímu využívání zdrojů, jsou klíčem ke zvýšení výnosů ve smíšených kulturách. Martin & Snaydon (1982) a Haugaard – Nielsen & Jensen (2005) uvádějí, že pokud mají rostliny ve smíšené kultuře efektivně využít daný objem půdy, je důležité, aby měly komplementární kořenové systémy a využívaly rozdílné ekologické niky. Ehrmann & Ritz (2014) k tomu dodávají, že zajímavý potenciál spočívá i ve šlechtění plodin stejného druhu, ale s rozdílným kořenovým systémem, jejichž správné využití nejen ve smíšených kulturách by vedlo k dalšímu zefektivnění využívání podpovrchových zdrojů.

Kořeny dvou plodin pěstovaných ve smíšené kultuře si mohou velice brzy konkurovat (Haugaard – Nielsen et al. 2005). Kompetice mezi různými druhy může mít více forem a tyto druhy mohou projevovat různou míru agresivity (Ehrmann & Ritz 2014).

Bellostas et al. (2003) došli ve svém experimentu k závěru, že hmotnost sušiny nadzemních částí hrachu pěstovaného spolu s ječmenem byla již po dvou týdnech nižší o 15 až 20 % ve srovnání s monokulturou. Haugaard – Nielsen et al. (2001) ve svém pokusu prokázali, že ječmen dosahoval srovnatelnou růstovou fázi o 10 dní dříve před společně pěstovaným hrachem. Jensen (1996) tuto skutečnost vysvětluje tak, že vysoká počáteční konkurenceschopnost ječmenu pěstovaného ve smíšené kultuře vede k jeho pozdější dominanci a jeho mohutnější a delší kořenový systém umožňuje lepší využití zdrojů z většího objemu půdy a menší náchylnost ke stresu z nedostatku vody (Haugaard – Nielsen et al. 2005). Haugaard – Nielsen et al. (2005) se domnívají, že mohutný růst kořenů ječmenu ve smíšené kultuře může odpovídat hypotéze „zakázané oblasti“ (v originále „*avoid area*“), kterou zformuloval Willey

(1979). Podle této hypotézy kořeny hrachu vytvořily oblasti, ve kterých je větší nedostatek živin než v okolní půdě, a kořeny ječmenu byly tím pádem nuceny růst do větší hloubky. Hauggaard – Nielsen et al. (2005) ovšem zároveň podotýkají, že podobné prostorové oddělování kořenových soustav je u rostlin obvyklé, ať už se jedná o stejné nebo různé druhy, a upozorňují, že Natarjan et Willey (1980) ve své práci uvedli, že pozorovali vzájemně propletené kořeny čiroku (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) a kajanu indického (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.).

Růst, tvar a mohutnost kořenového systému určité rostliny mohou v jak pozitivním, tak negativním smyslu výrazně ovlivnit kořenové exudáty ostatních rostlin (Walker et al. 2003). Hodge (2004) uvádí, že schopnost pružné reakce kořenového systému na podmínky vnějšího prostředí může být velkou výhodou při pěstování rostlin ve smíšených kulturách. Rostliny se tedy mohou vyhnout kořenům ostatních rostlin, pokud není k dispozici dostatečné množství živin (Willey 1979; Schenk et al. 1999) nebo vyprodukovat velké množství kořenů a tím zvýšit svoji konkurenceschopnost (Izzaualde et al. 1992). Thorup – Kristensen (2001) prokázal důležitost délky kořenů a jejich prostorové distribuce pro absorpci půdního dusíku a Bartelheimer et al. (2008) ověřili, že existuje korelace mezi velikostí kořenového systému sousedících rostlin a jejich konkurenceschopností týkající se odběru dusíku.

Hauggaard – Nielsen et al. (2001) uvádějí, že pokud mají dvě plodiny pěstované ve smíšené různé typy kořenových soustav, mohou efektivněji využívat větší objem půdy. Podle Fujita et al. (1992) tuto vlastnost zmiňuje jako výhodu pro pěstování plodin v nepříznivých podmínkách – konkrétně v tropických a subtropických oblastech – kde účinnější odběr vody a živin ve smíšené kultuře může vést k vyšší produkci pěstovaných plodin. Hauggaard – Nielsen et al. (2003) k tomu ale podotýkají, že v mírném klimatu se kromě efektivního využití vody v letních měsících musíme zabývat i případným vyluhováním živin v deštivém podzimním a zimním období. Hauggaard – Nielsen et al. (2001) se svým polním experimentu v podmínkách mírného klimatu zabývali spotřebou vody při společném pěstování leguminóz na zrno a obilovin. Výsledkem experimentu bylo mimo jiné zjištění, že obě plodiny spotřebovaly přibližně stejné množství vody. To podporuje tvrzení Ofori et Sterna (1987), že kompetice o vodu v podmínkách mírného klimatu nemusí být podstatná pro určení efektivity smíšené kultury.

### 3.5.3 Transfer živin mezi více druhy rostlin

Rhizodepozice je hlavním zdrojem dusíku, uhlíku a dalších živin pro půdní mikroorganismy (Walker et al. 2003), má také zásadní vliv na hustotu a aktivitu mikroorganismů v rhizosféře, a na koloběh a dostupnost živin (Høgh-Jensen & Schjoering 2001). Slovo rhizodepozice použili poprvé Whipps et Lynch (1985) pro veškerý materiál odloučený z kořenů rostlin, včetně vodorozpustných exudátů, sekrece nerozpustných materiálů, lyzátů, odumřelých vlasových kořenů a plynů včetně CO<sub>2</sub> a etylénu.

Podle Ehrmann & Ritz (2014) interakce mezi fyzikálními, biologickými a chemickými procesy v rhizosféře zásadně ovlivňují oběh živin ve smíšených kulturách. Tento oběh se liší od oběhu živin v monokultuře. Tyto rozdíly plynou z



1. kompetitivních interakcí mezi rostlinami, které mohou vést ke komplementárním využívání zdrojů.
2. výživové facilitace – mobilizace a přenosu živin mezi rostlinami ve smíšené kultuře
3. rozdílů v přísunu organických látek

Ehrmann & Ritz (2014) dále zdůrazňují, že rhizosférické procesy a rhizodepozice jsou důležitými spojnicí mezi procesy v půdě a v rostlinách, jsou velmi významné pro přesun energie a živin i pro přeměnu organické hmoty, a tím pádem jsou významným faktorem pro produktivitu plodin. Naopak volba plodin pro smíšenou kulturu má pak vliv na průběh a kvalitu rhizosférických procesů (viz obrázek 2).

Během růstu je dusík ukládán v rhizosféře ve formě amoniaku, aminokyselin a jako součást mrtvých odloučených buněk kořene během neustále koloběhu výměny živin mezi kořenem a jeho postranními orgány, zejména kořenovými hlízkami (Walker et al. 2003).

Giller et al. (1991) zkoumali ve svém skleníkovém experimentu transfer dusíku mezi fazolem (*Phaseolus spp.*) a kukuřicí (*Zea mays* L.). Pro experimenty byla využita listová výživa s obsahem izotopu dusíku  $N^{15}$  a metoda izotopového ředění dusíku  $N^{15}$ . V pokusu byly použity genotypy fazolu s tvorbou kořenových hlízek umožňujícími fixaci vzdušeného dusíku a genotypy, které hlízkami netvořily a dusík nefixovaly.

V případě, že byla kukuřice pěstována spolu s fazolem, kterému byla dodávána listová výživa ve formě  $(^{15}NH_4)_2SO_4$ , byl v kukuřici posléze zjištěn obsah izotopu  $N^{15}$ , byl tedy prokázán přenos dusíku mezi fazolem a kukuřicí. Množství dusíku bylo ovšem malé a bylo vždy nižší než 5 % z celkového množství dusíku z celkového  $N_2$  v případě fazolu fixujícího dusík. Kukuřice, která byla pěstována spolu s  $N_2$  fixujícím fazolem měly nižší obsah dusíku v nadzemních částech rostliny ve srovnání s kukuřicí, která byla pěstována s fazolem nefixujícím dusík. Fazol bez fixace dusíku poskytl kukuřici množství dusíku, které bylo srovnatelné s množstvím dusíku, které obdržela kukuřice pěstovaná spolu s  $N_2$  fixujícím fazolem, přestože byl jeho celkový obsah dusíku nižší o více než 75 % ve srovnání s fazolem fixujícím dusík.

V experimentu s izotopovým ředěním bylo do substrátu na bázi kompostu a sacharózy, který měl zajistit stabilitu přidaného izotopu  $N^{15}$ , přidáno hnojivo s obsahem  $N^{15}$ . V případě, že rostliny rostly v ideálních podmínkách, nebyl metodou izotopového ředění zjištěn žádný transfer dusíku od fazolu ke kukuřici a nadzemní části kukuřice pěstované s  $N_2$  fixujícím fazolem opět vykazovaly nižší množství dusíku ve srovnání s rostlinami, které rostly s fazolem bez fixace.

V dalším experimentu byl růst kukuřice a fazolu omezen napadením hmyzem. V tomto případě metoda izotopového ředění prokázala přenos až 15 % dusíku z celkového množství dusíku v  $N_2$  fixujícím fazolu (tedy 9 až 15 mg N na nádobu). Rozdíl mezi obsahem přeneseného dusíku mezi kukuřicí pěstovanou s fixujícím a nefixujícím fazolem byl v tomto případě znatelný a činil 5 až 10 mg na nádobu ve prospěch kukuřice pěstované s  $N_2$  fixujícím fazolem. V experimentu byla využita i inokulace části substrátu arbuskulárně-mykorhizními houbami,

ale nebyl prokázán žádný rozdíl v přenosu dusíku mezi inokulovaným a neinokulovaným substrátem.

Možnost přenosu dusíku mezi dvěma rostlinami zkoumal i Jensen (1996), který sledoval působení smíšené kultury u hrachu setého (*Pisum sativum* L.) a jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.) ve srovnání s monokulturou ve čtyřletém polním experimentu s využitím metody izotopového ředění  $^{15}\text{N}$ .

Plodiny byly pěstovány s přidavkem nebo bez přidavku 5 g dusíku obohaceného izotopem  $^{15}\text{N}$  na  $\text{m}^2$ . Byl sledován vliv smíšené kultury na sušinu a obsah dusíku, kompetice o anorganický dusík mezi oběma plodinami, symbiotická fixace dusíku v hrachu a transfer dusíku z hrachu do ječmene. V průměru byly za čtyři roky výnosy podobné u hrachu v monokultuře, u hnojeného ječmene v monokultuře a u smíšené kultury bez přidavku hnojiva. Přihnojení dusíkem nemělo vliv na celkový výnos ze smíšené kultury, ale vedlo ke snížení podílu hrachu v celkovém výnosu. Ukazatel RYT (*Relative yield total*)<sup>4</sup> ukázal, že přírodní zdroje byly v případě smíšené kultury využity o 12 až 31 procent efektivněji než v případě monokultury. Hnojení dusíkem vedlo ke snížení hodnot RYT. Výnosy ze smíšené kultury byly méně stabilní než výnosy z monokultur jarního ječmene, ale byly stabilnější než výnosy hrachu z monokultury. Ječmen vykazoval ve smíšené kultuře silnou konkurenceschopnost týkající se tvorby kořenů a využívání dusíku z hnojiva, to vedlo k tomu, že ječmen dokázal ve smíšené kultuře získat nadproporční množství dusíku. Ve využívání anorganického uhlíku byl ječmen až třicetkrát úspěšnější než hrách. V době zralosti se celková výtěžnost dusíku mezi kulturami výrazně nelišila a činila průměrně 65 % z dodaného dusíku. V případě smíšené kultury 91 % z tohoto dusíku připadalo na jarní ječmen. Množství symbioticky fixovaného  $\text{N}_2$  bylo v případě smíšené kultury nižší, než se očekávalo od navrženého složení, i ve srovnání s monokulturou. Jensen (1996) se domnívá, že vysoká konkurenceschopnost ječmenu měla na symbiotickou fixaci negativní vliv například kvůli stínění. V době zralosti bylo v hrachové monokultuře fixováno průměrně 17,7 g N na  $\text{m}^2$ . Ve smíšené kultuře fixoval hrách pouze 5,1 g N na  $\text{m}^2$ . Z celkového množství dusíku byl vyšší podíl symbioticky fixovaného dusíku v hrachu ze smíšené kultury – 82 % než v hrachu z monokultury – 62 %. Podíl obohaceného  $^{15}\text{N}$  byl u ječmenu ze smíšené kultury nižší než u ječmenu z monokultury, ale nikoliv výrazně. V experimentu se nepodařilo prokázat přenos dusíku z hrachu na ječmen. Jensen (1996) se domnívá, že výhodou smíšené kultury hrachu a ječmene je komplementární využívání půdního anorganického a vzdušného dusíku oběma složkami této kultury, což vede k snížení kompetice obou plodin o půdní anorganický dusík (Martin et Snaydon 1982; Vandermeer 2012).

Kompetici o půdní dusík, interakce týkající se  $\text{N}_2$  fixace a růst ječmenu a hrachu ve smíšené kultuře zkoumali v tříletém půdním pokusu i Corre-Hellou et al. (2016). Intenzita kompetice o půdní dusík se lišila podle množství dodaného dusíku a hustoty rostlin. Potvrdili, že tato kompetice začíná již v rané fázi růstu rostlin a má velký vliv na následný růst i výnos. Hodnoty

---

<sup>4</sup> Ukazatel RYT je součet relativních výnosů druhů v dané smíšené kultuře. Relativní výnos je podíl výnosu plodiny ve smíšené kultuře ku výnosu, který plodina dosáhla v monokultuře. V případě mixu druhů 1 a 2 je RYT počítán následovně:  $\text{RYT} = Y_{1, \text{mix}} / Y_{1, \text{mono}} + Y_{2, \text{mix}} / Y_{2, \text{mono}}$ , kde  $Y_{1, \text{mono}}$  a  $Y_{2, \text{mono}}$  jsou výnosy plodin v monokultuře a  $Y_{1, \text{mix}}$  a  $Y_{2, \text{mix}}$  jsou výnosy plodin ve smíšené kultuře. Pokud je RYT větší než 1, vyplatí se plodiny pěstovat ve smíšené kultuře. (Mkamilo 1998)

RY<sup>5</sup> pro výnos zrna a akumulaci N rostly s intenzitou kompetice o půdní dusík, přičemž ječmen byl opět vysoce konkurenceschopný, tak jako v Jensenově experimentu (1996). Období silné kompetice korespondovalo s obdobím silného růstu listů obou plodin, a s tím vzrůstajícím příjmem dusíku. V případech obou plodin na začátku kvetení hrachu velikost listové plochy každé rostliny korelovala s obsahem dusíku v rostlině. Ječmen pěstovaný ve smíšené kultuře uspokojoval lépe svou potřebu dusíku a měl větší listovou plochu než v monokultuře. Ječmen, který měl k dispozici největší množství půdního dusíku, měl zároveň největší obsah dusíku v rostlině a byl nejvíc konkurenceschopný k hrachu ve smíšené kultuře. Čím více vzdušného dusíku fixoval hrách, tím ječmen vykazoval větší míru kompetice o půdní dusík. Hodnoty NNI<sup>6</sup> pro hrách byly blízké 1 na rozdíl od NNI pro ječmen. Fixace vzdušného dusíku začala až poté, co hrách a ječmen začaly přijímat půdní dusík a byla velmi nízká, zřejmě z důvodu vysoké konkurenceschopnosti ječmene. Kvůli času nutnému pro vytvoření a nastartování aktivity kořenových hlízek, nebylo možné z fixovaného N<sub>2</sub> kompletně uspokojit potřebu dusíku na začátku růstového cyklu. Corre – Hellou et al. (2016) došli k závěru, že množství fixovaného N<sub>2</sub> není jen odpovědí na množství dostupného dusíku v půdě, ale je z velké části determinováno růstovou schopností hrachu a je silně ovlivněno vysoce konkurenceschopným ječmenem.

Hauggaard – Nielsen et al. (2003) se domnívají, že výše zmíněná metoda izotopového ředění <sup>15</sup>N nedokáže v případě polních studií zachytit transfer velice malého množství dusíku, domnívají se, že je nutné hledat jinou metodu, která bude vhodná nejen pro laboratorní, ale i složitější polní podmínky. I laboratorní studie Giller et al. (1991) a Jensena (1996) zkoumající transfer dusíku prokázaly, ale v polních podmínkách se nepodařilo touto metodou transfer potvrdit.

Závěrem je, možné říci, že význam rhizodepozitního dusíku z leguminóz pro výživu rostlin ve smíšené kultuře závisí na procesu mineralizace a imobilizace dusíku v půdě, kompetici leguminóz a dalších rostlin o půdní dusík, kapacitě a času pro příjem dusíku, který mají k dispozici rostliny ve smíšené kultuře, a dalších zdrojích dusíku jako je například dodatečné hnojení (Hauggaard – Nielsen et Jensen 2005).

### 3.5.4 Role arbuskulárních mykorhizních hub při transportu živin mezi rostlinami

Mycelia arbuskulárních mykorhizních hub mohou propojovat kořeny rostlin pěstovaných ve smíšených kulturách (He et al. 2003). Vědci se neshodují na tom, jestli toto propojení umožňuje přímý transport živin mezi rostlinami (Graves et al. 1997; He et al. 2003) nebo jestli se tento transport děje nepřímou prostřednictvím substrátu (Trannin et al. 2000).

<sup>5</sup> RY – Relative Yield – poměr výnosu z plodiny ve smíšené kultuře ku výnosu z monokultury

<sup>6</sup> Nitrogen Nutrition Index (NNI) je poměr mezi aktuálně přijatým množstvím dusíku v rostlině N<sub>a</sub> a jeho kritickým množstvím N<sub>c</sub>.

$$NNI = \frac{N_a}{N_c} = \frac{\%N_a}{\%N_c}$$

Hodnoty NNI blízké jedné indikují, že rostlina má k dispozici neomezený přísun dusíku. Hodnoty nad 1 ukazují na výjimečnou spotřebu dusíku. Hodnoty pod 1 ukazují na deficit dusíku. (Lemaire et al. 2008)

Zatímco Martin et al. (1982) a Van Kessel et al. (1985) poukazují na možný přímý přenos dusíku mezi sójou (*Glycine max* (L.) Merrill.) a kukuřicí prostřednictvím arbuskulárních mykorhizních hub, Trannin et al. (2000) mají za to, že se tento přenos odehrává nepřímo prostřednictvím kolonizace rozkládajících se kořenů mykorhizními houbami (Johansen and Jensen 1996). He et al. (2003) zaznamenali také opačný transport dusíku od rostlin, které neváží vzdušný dusík k rostlinám, které dusík váží.

Jansa et al. (2019) ovšem uvádějí, že hypotézy o přímém přenosu dusíku z rostliny na rostlinu prostřednictvím arbuskulární mykorhizy, nebyly z velké části potvrzeny, protože je obtížné oddělit procesy jako je biotrofický<sup>7</sup> transfer dusíku přes kořenové exudáty a recyklace živin z odumřelých zbytků rostlin nebo hub. Jansa et al. (2019) upozorňují také na to, že arbuskulární mykorhizní houby prosperují dobře pouze v prostředí, kde je v půdě dostatek organického dusíku, v případě nedostatku dostupného dusíku byly zaznamenány případy kompetice o dusík mezi houbami a rostlinami. Jansa et al. (2014) mají za to, že zásadní význam mykorhizních hub spočívá především v tom, že spoluvytvářejí ekologickou niku pro různé druhy mikroedafonu a mohou tedy nepřímo ovlivňovat koloběh živin a půdní strukturální dynamiku, a tím pádem i produktivitu plodin.

Goss et al. (2017) uvádějí, že na mykorhizu, druhové složení mykorhizních hub a jejich růst má zásadní vliv způsob obdělávání půdy, kdy orba má vliv vysloveně negativní vliv, i volba plodin, kdy například pšenice představuje druh, který není mykorhizními houbami příliš kolonizován. Dále upozorňují na to, že mykorhiza a s ní spojené procesy nebyly zatím plně prozkoumány, a nemůžeme proto objektivně zhodnotit její plný přínos pro rostliny.

### 3.5.5 Mikroorganismy ve smíšených kulturách

Vliv smíšených kultur na vlastnosti půdy a aktivitu mikroorganismů není ještě plně prozkoumán (Lian et al. 2019).

Nejvýznamnějšími zástupci půdních mikroorganismů jsou bakterie, aktinomycety a mikromycety (Mendelova univerzita, 2021). Tyto mikroorganismy mají velký význam pro produkční i mimoprodukční funkce půdy (obrázek 2). Mezi jejich produkční funkce patří zpřístupňování živin rostlinám (zvyšování půdní úrodnosti), významnou funkcí mimoprodukční je vytváření organických pojiv pro zvyšování stability půdních agregátů, zamezují tím vzniku půdní eroze a úniku živin spojeným s případným znečištěním životního prostředí. Mezi další funkce mikroorganismů patří rozklad organické hmoty a syntéza nových organických látek a zadržování živin v půdě, kdy mikroorganismy ukládají do svých těl velké množství živin a ty jsou po jejich odumření uvolňovány a částečně zpřístupňovány rostlinám (Záhora et al. 2015). Mikroorganismy se vyskytují zejména v rhizosférní půdě – zde probíhají veškeré biochemické reakce spojené s jejich aktivitou (například fixace vzdušeného dusíku a jeho uvolňování pro rostlinu). Významná je i aktivita mikromycet – mykorhiza (Význam

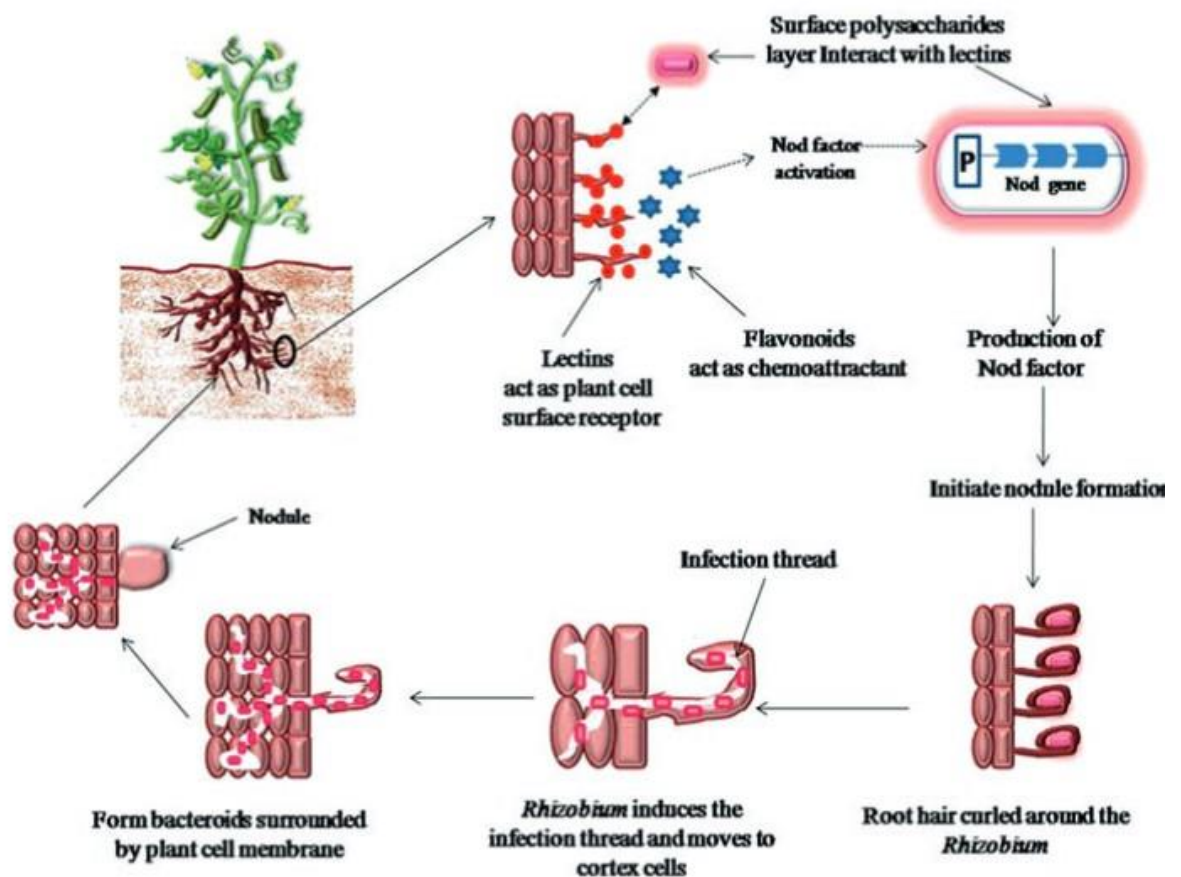
---

<sup>7</sup> zprostředkovaný arbuskulárními mykorhizními houbami

půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy: Neviditelný život v půdě – mikroorganismy 2021).

Významnou skupinou půdních mikroorganismů jsou bakterie fixující vzdušný dusík (Záhora et al. 2015). Mezi nejznámější patří rody *Rhizobium*, *Azotobacter* a *Enterobacter* (Mendelova univerzita 2021).

Za symbiotickou fixaci dusíku u leguminóz jsou zodpovědné bakterie rodu *Rhizobium*. Tyto bakterie mají velký význam také v oblasti podporu růstu rostlin a systémové ochrany rostlin proti chorobám – jsou to antagonisti širokého spektra půdních patogenů. Produkují široké spektrum sekundárních metabolitů jako kyanovodík, siderofor, antibiotika, rhizobitoxin, lytické enzymy, IAA. Tyto bakterie také napomáhají solubilizaci fosfátů. Rhizobiální bakterie kolonizují kořenové hlízky leguminóz, přeměňují vzdušný dusík na amoniak, který je potom využíván symbiotickou rostlinou (Singh et al. 2019).



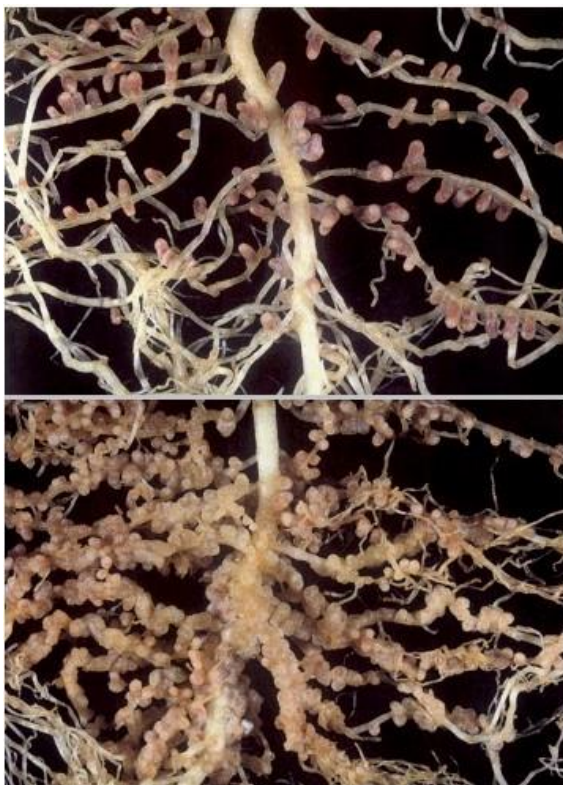
Obrázek 3 Proces nodulace – symbióza bakterií a leguminózy (Singh et al. 2015)

Proces tvorby kořenových hlízek (obrázek 3) je vysoce komplexní (Singh et al. 2019) a je dán specifickým vztahem mezi rostlinou a bakteriemi (Masarykova univerzita, 2021). Rostlina určuje způsob, jakým ji bakterie infikují i typ a počet kořenových hlízek (Masarykova univerzita 2021). Proces nodulace je zahájen poté, co je protein rhicadhesin, který se nachází

na povrchu všech leguminózních rostlin, navázán na NodD protein rhizobiální bakterie, a jsou aktivovány geny řídící nodulaci (Singh et al. 2015).

Na přítomnost kompatibilního druhu bakterie<sup>8</sup> reaguje rostlina zatočením kořenového vlásku, kterým se bakterie dostává do kořene, a tam indukuje tvorbu infekčního vlákna. To obsahuje množící se bakterie. Bakterie potom pronikají do rostlinných buněk – vznikají intracytoplazmatické bakterie obklopené membránou rostlinného původu. Po diferenciaci této membrány spolu s bakteriemi vznikají diferencované bakterie fixující dusík – bakteroidy. Bakteroidy se opět dělí a diferencují a vzniká kořenová hlízka – viz obrázek 4 (Masarykova univerzita 2021).

Möllerová (2006) uvádí, že leguminózy dodají až do počátku kvetení do kořenů a hlízek jednu až dvě třetiny vytvořených glycidů, a z toho se až 50 % vrací ve formě organických sloučenin s dusíkem do nadzemních částí rostliny. Dále uvádí, že kvetení vede ke snížení počtu hlízek a jejich hmotnosti, během tvorby plodů potom hlízky odumírají, stejně jako v případě nepříznivých podmínek. Podle Möllerové (2006) má na fixaci dusíku vliv také dostatek slunečního světla, protože při omezení fotosyntézy se fixace dusíku snižuje až ustává.



Obrázek 4 Kořenové hlízky u leguminóz (Břicháček&Novák 2010)

---

<sup>8</sup> Kompatibilní bakterie je určena přítomností specifických metabolitů – lipo-chito-oligosacharidů (Singh et al. 2015).

## 3.6 Smíšené kultury a obsah bílkovin v zru

Nedostatek dusíku a zvýšený tlak plevelů jsou hlavními faktory, které limitují výnos a kvalitu ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) v systémech ekologického zemědělství (Amossé et al. 2013a, b; Vrignon – Brenas et al. 2018). Přitom právě dostupnost dusíku ovlivňuje obsah zásobních bílkovin v endospermu obilovin, který určuje pekařskou jakost obilovin (Eiseltová 2017).

### 3.6.1 Jakost ekologicky pěstované pšenice v České republice

Podle Václavíkové et al. (2012) dosahuje ekologicky pěstovaná pšenice zhruba poloviční úrovně výnosů ve srovnání s pšenicí z konvenčního zemědělství, uspokojivá je její zpracovatelská a nutriční kvalita. Největší rozdíly uvádějí Václavíková et al. (2012) u obsahu bílkovin v zru a pekařské jakosti. V těchto ukazatelích je pšenice z ekologického zemědělství horší než konvenční. I když jsou podle Václavíkové et al. (2012) dány vlastnosti pšenice geneticky, může je zásadně ovlivnit agrotechnika a počasí. Například objemovou hmotnost a číslo poklesu výrazně ovlivňují povětrnostní podmínky v době sklizně (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně 2018). Dále Václavíková et al. (2012) uvádějí, že kvůli absenci minerální dusíkatých hnojiv mají ekologicky pěstované odrůdy pšenice nižší hladiny dusíkatých látek, což má zásadní vliv na tvorbu kvalitních lepkových bílkovin.<sup>9</sup> Ekologicky vypěstované pšenice obsahují podle Václavíkové et al. (2012) kvalitnější nutriční bílkoviny (albuminy a globuliny) než pšenice z konvenčního zemědělství, ale zároveň mají nižší zastoupení HMW gluteninů<sup>10</sup> v zru. Přesto podle Václavíkové et al. (2012) obecně pro oba druhy zemědělství platí, že pro budoucí pekárenské využití a pro výrobu výrobků z kynutých těst je nutné volit odrůdy s vyšším obsahem HMW gluteninů v zru.

Konvalina (2010) ve své metodice doporučuje, aby ekologičtí zemědělci volili pro dosažení vysoké pekařské jakosti moderní a výkonné odrůdy jakostní skupiny E – elitní.<sup>11</sup> Na druhou stranu Konvalina (2010) ovšem také zdůrazňuje, že elitní odrůdy poskytnou odpovídající výnos pouze ve vhodných půdně-klimatických podmínkách. Konvalina (2010) toto ilustruje na příkladu výsledků zkoušek rakouských odrůd, které proběhly v horších klimatických podmínkách v Českých Budějovicích a ve vynikajících podmínkách v Praze – Uhřetíněvsi (obrázky 5 a 6). Odrůdy pěstované v Praze – Uhřetíněvsi dosahovaly podstatně vyšších výnosů, a přitom většina potravinářských odrůd bez problémů splňovala podmínky pro obsah hrubého proteinu v sušině zrna (11,5 %) i minimální požadavek na hodnotu Zeleného testu pro potravinářské, pekárenské využití (30 ml).

---

<sup>9</sup> „Kvalitativním znakem lepku jsou jeho visko-elastické vlastnosti, které umožňují v procesu kynutí těsta zadržovat oxid uhličitý a tím ovlivňovat objem pečiva. Tyto unikátní vlastnosti lepku jsou geneticky determinovány přítomností určitých zásobních bílkovin pšeničného zrna. Kvalita lepku je určena především optimální kombinací zásobních bílkovin, a to jmenovitě tzv. gliadinů a gluteninů. Skladba bílkovin zrna je zvoleným způsobem pěstování významně ovlivněna.“ (Václavíková et al. 2012)

<sup>10</sup> HMW (High Molecular Weight) gluteniny dávají lepku sílu. Čím vyšší je hladina HMW gluteninů, tím je pečivo nadýchanější, má vyšší měrný objem (Václavíková et al. 2012).

<sup>11</sup> Například Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně (2018) předběžně doporučuje pro ekologickou produkci elitní odrůdy ozimé pšenice Annie a Bernstein. Obě odrůdy měly v roce 2019 za sebou tříleté zkoušení a obě se vyznačovaly mírně vyšším obsahem dusíkatých látek.

Tabulka 1: Základní statistické hodnocení výnosu a kvality ozimých odrůd pšenice (průměr dvou opakování, České Budějovice)

Variety	Výnosový parametr						Parametr pekařské kvality											
	Výnos zrna (t.ha <sup>-1</sup> )			Výnos hrubého proteinu (t.ha <sup>-1</sup> )			Obsah hrubého proteinu (%)		Obsah mokrého lepku (%)			Zeleného sedimentační hodnota (ml)			Obsah škrobu (%)			
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	
Ludwig	3.59	5.67	6.7	0.41	0.57	0.73	11.4	10.1	10.9	22.7	18.4	20.2	29	28	60	64.8	68.0	70.3
Eurofit	4.21	4.4	7.2	0.56	0.43	0.72	13.3	9.9	9.9	22.3	17.2	17.9	34	30	50	64.9	65.2	71.4
Erivan	3.67	4.12	6.6	0.41	0.39	0.68	11.3	9.4	10.4	20.7	15.5	18.2	39	29	56	64	66.3	70
Element	2.71	3.68	7.1	0.40	0.41	0.81	14.5	11.2	11.6	29.1	20.1	21.5	51	38	62	63.3	66.8	68.8
Clever	2.52	4.65	6.1	0.27	0.41	0.66	10.6	8.7	10.7	21.8	16.9	19.9	24	12	54	65.5	66.5	69.8
Capo	4.47	4.94	7.4	0.55	0.50	0.85	12.4	10.1	11.5	24.6	18	23.1	47	28	65	64.9	67.8	69.9
Econom	4.75	2.1	8.2	0.51	0.19	0.89	10.7	9.2	10.9	20.9	16.7	21.2	31	19	61	64.9	66.7	70.1
Epsilon	4.31	4.68	7.8	0.51	0.43	0.83	11.9	9.2	10.6	23.7	17.0	19.4	30	23	55	64.1	66.2	70.6
320/05	3.68	5.76	8.1	0.41	0.55	0.84	11.1	9.6	10.4	20.9	17.2	19.6	38	22	51	65.0	66.7	71
304/05	4.02	3.96	7.9	0.54	0.38	0.87	13.4	9.5	10.9	25.9	16.3	20.1	46	21	60	62.7	65.5	70
<b>průměr</b>	<b>3.79</b>	<b>4.40</b>	<b>7.31</b>	<b>0.46</b>	<b>0.43</b>	<b>0.79</b>	<b>12.1</b>	<b>9.7</b>	<b>10.8</b>	<b>23.3</b>	<b>17.3</b>	<b>20.1</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>57</b>	<b>64.4</b>	<b>66.6</b>	<b>70.2</b>
SD	0.73	1.05	0.70	0.09	0.11	0.08	1.04	0.69	0.51	2.67	1.27	1.54	8.88	7.17	4.95	0.87	0.87	0.71
VK (%)	19	24	10	20	25	10	9	7	5	12	7	8	24	29	9	1	1	1

Poznámky: SD = směrodatná odchylka; VK = variační koeficient

Obrázek 5 Výnos a kvalita ozimých odrůd pšenice – České Budějovice (Konvalina, 2010)

Tabulka 2: Základní statistické hodnocení výnosu a kvality ozimých odrůd pšenice (průměr tří opakování, Praha – Uhřetěves)

Odrůdy	Výnosový parametr						Parametr technologické kvality											
	Výnos zrna (t.ha <sup>-1</sup> )			Výnos hrubého proteinu (t.ha <sup>-1</sup> )			Obsah hrubého proteinu v sušině zrna (%)		Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)			Zeleného sedimentační hodnota (ml)			Číslo poklesu (s)			
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	
Ludwig	6.43	8.18	7.63	0.81	0.99	0.90	12.55	12.05	11.75	29.55	28.75	26.99	50	56	52	299	334	342
Akteur	6.95	7.45	7.75	0.86	0.89	1.00	12.42	12.01	12.92	28.72	27.01	28.16	46	57	48	321	414	452
Cubus	6.18	7.29	6.71	0.74	0.87	0.80	12.05	11.94	11.85	27.16	26.43	26.43	44	49	40	314	454	455
Darwin	6.07	6.88	6.65	0.73	0.82	0.81	11.98	11.85	12.11	27.25	26.62	27.17	40	47	42	325	349	382
Eurofit	6.22	7.01	6.60	0.75	0.84	0.78	11.99	11.92	11.88	27.54	26.77	26.62	42	49	41	299	387	327
Meritto	6.01	6.83	6.31	0.70	0.79	0.71	11.65	11.52	11.25	26.88	25.08	25.50	40	44	38	305	358	328
Globus	6.35	7.74	7.25	0.74	0.89	0.83	11.58	11.55	11.42	26.75	25.16	26.17	39	42	40	331	441	464
Hedvika	5.99	7.00	6.20	0.70	0.81	0.72	11.72	11.63	11.60	26.59	25.58	26.72	37	44	39	344	385	378
Buteo	5.74	6.45	6.22	0.67	0.75	0.71	11.69	11.64	11.40	26.12	25.68	23.01	32	38	34	342	396	433
Etela	6.95	8.30	7.27	0.79	0.93	0.81	11.34	11.23	11.19	25.43	24.32	24.28	27	34	28	256	298	285
Biscay	6.32	7.62	6.77	0.71	0.84	0.74	11.25	10.98	10.88	24.98	23.99	24.11	28	29	24	372	441	376
Florett	5.21	5.60	5.48	0.59	0.63	0.63	11.38	11.28	11.41	24.36	24.12	25.58	28	30	32	321	387	420
Simila	5.92	6.87	6.65	0.68	0.79	0.73	11.43	11.48	10.98	24.28	25.08	23.95	27	33	31	330	360	392
Dromos	6.22	6.82	6.62	0.70	0.74	0.72	11.24	10.92	10.82	23.98	23.87	23.95	28	37	31	312	405	365
<b>průměr</b>	<b>6.18</b>	<b>7.15</b>	<b>6.72</b>	<b>0.73</b>	<b>0.83</b>	<b>0.78</b>	<b>11.73</b>	<b>11.57</b>	<b>11.53</b>	<b>26.40</b>	<b>25.59</b>	<b>25.62</b>	<b>36.29</b>	<b>42.07</b>	<b>37.14</b>	<b>319.4</b>	<b>286.6</b>	<b>385.6</b>
SD	0.44	0.70	0.60	0.07	0.09	0.09	0.42	0.37	0.56	1.66	1.38	1.54	7.88	8.99	7.67	26.76	44.02	60.43
VK (%)	7.12	13.9	8.9	9.59	10.8	11.5	3.6	3.2	8.7	3.8	5.4	6.0	2.8	21.4	20.1	0.3	15.4	0.3

Poznámky: SD = směrodatná odchylka; VK = variační koeficient

Obrázek 6 Výnos a kvalita ozimých odrůd pšenice – Praha – Uhřetěves (Konvalina, 2010)

I Václavíková et al. (2012) doporučují v případě nedostatku vhodných odrůd certifikovaných pro ekologické zemědělství využití kvalitních konvenčních odrůd s tím, že i oni připouštějí, že dojde ke snížení výnosu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně (2018) uvádí, že mezi obsahem dusíkatých látek v sušině a obsah mokrého lepku a výnosem platí u pšenice nepřímá úměra, a dokládá to na svém zkoušení odrůd ozimé pšenice, kdy obsah dusíkatých látek i obsah lepku vždy souvisel s úrovní výživy.

Konvalina (2010) také připouští využití krajových odrůd, tak jako se tomu děje v Rakousku. Tyto odrůdy mohou v horších podmínkách poskytnout lepší kvalitu zrna a vyšší výnos než



moderní elitní odrůdy, ale zároveň doporučuje jejich využití spíše v permakultuře nebo v biodynamickém zemědělství.

V případě pěstování pšenice ve smíšených kulturách je podle Jensen et al. (2015) limitujícím faktorem to, že na trhu není dostatek odrůd, které by byly určené pro pěstování ve smíšených kulturách. Eskandari & Ghanbari (2010) k výběru vhodné odrůdy uvádějí, že dlouhé stéblo může poskytnout rostlině pšenice kompetitivní výhodu oproti podsevu, proto by obiloviny pěstované ve smíšených kulturách měly mít delší stéblo ve srovnání se stejnou odrůdou pěstovanou v monokultuře.

### 3.6.2 Vliv leguminóz na obsah bílkovin v zrně

Mnoho studií uskutečněných v podmínkách mírného klimatu poukazuje na to, že smíšená kultura leguminóz (jetelovin) jakožto krycích plodin může zvýšit výnos a obsah bílkovin v následné plodině (Hesterman et al. 1992; Vrignon – Brenas et al. 2018). Pokud jsou leguminózy pěstovány jako podsev v obilovinách mohou po sklizni obilovin na podzim bránit únikům dusíku z půdy (Vrignon – Brenas et al. 2018) a i poté, co jsou všechny plodiny ze smíšené kultury sklizeny, je možné na polích zaznamenat menší zaplevelení (Bergkvist et al. 2011). Naopak zaorání leguminóz může přispět k vyplavení zbylého dusíku zejména během vlhkého podzimního období. U obilninových systémů je proto vhodné vysít pšenici ve standardní hustotě, aby byl zajištěn přiměřený výnos a leguminózy přidat pouze jako podsev v nízké hustotě. Pak je zároveň sníženo riziko zvýšené kompetice (Vrignon – Brenas et al. 2018).

I v ekologické produkci je běžné jarní přihnojení, aby se zvýšil výnos a obsah bílkoviny v zrně (Vrignon – Brenas et al. 2018), u ozimé pšenice ideálně v období sloupkování jemně rozptýleným kompostovaným chlévským hnojem (Konvalina & Moudrý 2008).

Autoři některých studií ale poukazují na to, že pěstování ve smíšené kultuře bez ohledu na technologii nemělo vliv na výnos pšenice (Olesen et al. 2009; Amossé et al. 2013b) Mysliwiec et al. (2013)).

Vrignon – Brenas et al. (2018) studovali dva druhy smíšených kultur, které měly vést ke zvýšení výnosu a obsahu bílkovin u ozimé pšenice. Zaměřili se i na kontrolu zaplevelení. Při pokusu vedeném v systému ekologického zemědělství byla využita smíšená kultura ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L. cv Renan) a jetele plazivého (*Trifolium repens* L. cv Aberdaï). Vrignon – Brenas et al. (2018) porovnávali ve třech polních pokusech klasickou smíšenou kulturu a podsev s kontrolou ve formě monokultury ozimé pšenice. Zároveň byly zkoumány dvě varianty hnojení (0 a 100 kg N aplikovaného na jaře) a jejich vliv na výnos a obsah bílkovin v zrně.

Obsah sušiny u jetelu byl výrazně vyšší v případě klasické smíšené kultury ve srovnání s podsevem (2,2 vs. 0,1 mg sušiny na hektar v době sklizně pšenice a 4,5 vs 3,1 mg sušiny na hektar v době likvidace jetele). Na výnos pšenice neměla zvolená strategie vliv. Obsah bílkovin v zrně pšenice byl nižší u smíšené kultury (9,1 % z obsahu sušiny) ve srovnání s pšenicí, která byla pěstována s podsevem jetele nebo v monokultuře (10 % z obsahu sušiny). Smíšená kultura

i podsev vykazovaly menší úroveň zaplevelení, než monokultura pšenice měřeno váhou sušiny na hektar. Ve srovnání s podsevem byla dosaženo vyšší úrovně akumulace dusíku u jetele pěstovaného v klasické smíšené kultuře než ve variantě podsevu (v době sklizně pšenice 52 vs. 2 kg N na hektar, v době likvidace porostu 123 vs. 83 kg na hektar).

Vrignon – Brenas et al. (2018) ve své studii zdůrazňují zejména pozitivní efekt kombinace klasické smíšené kultury s velkou zásobou dostupného dusíku pro dosažení dostatečné váhy sušiny v nadzemní mase leguminózy a s tím spojené vysoké akumulace dusíku (ke stejnému závěru došel i Sun et al. (2012)) a potlačení růstu plevelů, čímž se zároveň snižuje riziko poklesu výnosu ozimé pšenice a obsahu bílkovin v zrně. Vaněk et al. (2016) ovšem konstatují, že pro dostatečnou tvorbu hlízkových bakterií je především podstatná úprava pH půdy vápněním v dostatečném předstihu před výsevem – bobovité rostliny a jeteloviny totiž dobře prosperují v půdách, které jsou slabě kyselé až neutrální. Möllerová (2006) dále uvádí, že kromě vápníku je pro leguminózy podstatný i dostatek fosforu.

Kladný vliv leguminóz ve smíšených kulturách potvrdili ve svém experimentu i Gooding et al. (2007). Gooding et al. (2007) zkoumali vliv bobu obecného (*Vicia faba* L.) ve tříletých polních pokusech v Dánsku, Německu, Itálii a Velké Británii a hrachu ve tříletých polních pokusech ve Francii na obsah síry a dusíku v pšenici pěstovanou s těmito rostlinami ve smíšené kultuře. Pšenice ze smíšené kultury s bobem obecným měla vyšší koncentraci dusíku o 8 procent ve srovnání s monokulturou nezávisle na lokalitě nebo způsobu výsevu. Nejvyšší koncentrace dusíku byla u pšenice, která měla nejnižší výnos, ale zároveň nejvyšší váhu klasu. Pšenice pěstovaná ve smíšené kultuře s bobem obecným měla vyšší koncentraci hrubého proteinu (o 10 g/kg), ale výnos byl nižší o 25 až 30 procent než u pšenice z monokultury. Gooding et al. (2007) se proto domnívají, že ekonomicky výhodná je smíšená kultura pouze tehdy, pokud se na trhu podaří uplatnit obě pěstované plodiny.

Wanic et al. (2012) zkoumali ve svém experimentu s nádobami vliv způsobu a hustoty výsevu smíšené kultury jarní pšenice a jetele zvráceného (*Trifolium resupinatum* L.) na příjem a obsah dusíku v různých částech rostliny. Rostliny byly pěstovány v následujících variantách: směs, monokultura, hustý výsev a hustota výsevu snižená o 20 %. Odběr vzorků uskutečnili Wanic et al. (2012) v následujících růstových fázích:

1. 2–4 pravé listy (BBCH 12–14)
2. Odnožování (BBCH 21-23)
3. Prodlužování stébla (BBCH 31-33)
4. Metání (BBCH 54-56)
5. Zralost (BBCH 87-89)

Součástí experimentu bylo určení obsahu sušiny v různých částech rostliny a obsah dusíku v sušině. Byl proveden také výpočet celkového množství dusíku v obou druzích rostlin a obsah dusíku v zrně. Bylo zjištěno, že množství dusíku bylo vyšší v rostlinách, které byly pěstovány

jako monokultura bez ohledu na hustotu rostlin. Ve smíšené kultuře byl u obou rostlin zaznamenán vyšší obsah dusíku v kořenech než v nadzemních částech rostlin. Hustota výsevu neměla žádný vliv na příjem dusíku v různých částech rostlin jarní pšenice. Jetel v nádobách, kde byla užitá menší hustota výsevu, absorboval menší množství dusíku než v nádobách s vyšší hustotou. U rostlin jarní pšenice, které byly pěstovány ve směsi, byl zaznamenáno vyšší množství dusíku, který se přesunul z vegetativních částí do zrna v době mezi metáním a zralostí než u rostlin z monokultury. Ve smíšených kulturách byla jarní pšenice konkurenceschopnější než jetel.

Sun et al. (2012) se ve svém polním pokusu s ozimou pšenicí (*Triticum aestivum* L. “Xiaoyan81”) a jetelem plazivým (*Trifolium repens* L. “Rivendel”) kromě transportu dusíku zabývali také tím, jaký vliv má posekání jetele, a tedy snížení míry kompetice s pšenicí ve smíšené kultuře, na fixaci dusíku. Pro výzkum dynamiky dusíku ve smíšené kultuře byly využity izotopy  $^{15}\text{N}$ . Jetel byl posekán v době, kdy měřil asi 15 cm a pšenice byla v rané fázi odnožování. Podle Sun et al. (2012) se množství dusíku, které se přeneslo z jetele na pšenici pohybovalo okolo 34,4 a 57,7 kg na hektar. Nejvyšší koncentrace dusíku byla v zrna pšenice, která byla pěstována jako monokultura. Posekání jetele vedlo ke zvýšení obsahu dusíku v půdě a ke snížení koncentrace dusíku v listech a stéblech pšenice. Sun et al. (2012) se domnívají, že posekání jetele vedlo k umrtvení části kořenů, které vyústilo ve větší množství kořenových exudátů a rozkládající se kořenové hmoty, a tím došlo ke zvýšení koncentrace organického dusíku. Pokud byl posekaný jetel ponechán jako mulč mezi řádky pšenice, poklesla koncentrace dusíku v listech a stéblech pšenice, ale zvýšila se koncentrace dusíku v zrna oproti kultuře, kde byl posekaný jetel odstraněn. Posekání jetele naopak nevedlo ke zvýšení množství přeneseného dusíku, což je podle Sun et al. (2012) v rozporu se závěry, ke kterým došli Thorsted et al. (2006).

Thorsted et al. (2006) ve svém dvouletém polním pokusu zkoumali vliv posekání a mulčování jetele mezi řádky pšenice. Jetel byl posekán kartáčovou plečkou ve třech rozdílných termínech. Pšenice, která rostla v kultuře s neposekaným plevelem, měla nižší výnos zrna než pšenice pěstovaná v monokultuře. Použití kartáčové plečky vedlo ke zvýšení odběru dusíku u pšenice a ke zvýšení výnosu zrna. Smíšené kultury, kde byla dvakrát až třikrát využita kartáčová plečka, měly vyšší výnos zrna než monokultura. Nejvyšší růst v příjmu dusíku (21–25 kg na hektar) byl zaznamenán, pokud byla kartáčová plečka užitá v době, kdy se u pšenice objevil první praporcový list. Největší zvýšení objemu sušiny bylo dosaženo v případě, že byla plečka užitá v době sloupkování. Nejvyššího výnosu zrna bylo dosaženo v případě, že byla plečka užitá poprvé v době sloupkování a podruhé v době prvního praporcového listu. Thorsted et al. (2006) se domnívají, že první plečkování vedlo ke zvýšení LAI<sup>12</sup> u pšenice a druhé plečkování pomohlo zachovat listovou plochu během tvorby zrna a zároveň vedlo k redukci biomasy jetele a snížené kompetici o vodu. V zrna ze smíšené kultury zaznamenali Thorsted et al. (2006) zvýšení koncentrace dusíku o 0,11 až 0,39 procentního bodu, mají tedy za to, že pěstování

---

<sup>12</sup> LAI – Index listové plochy lze definovat jako listovou plochu vyskytující se nad určitou jednotkou povrchu půdy, tedy  $\text{LAI} = \text{listová plocha} / \text{půdorysná plocha, m}^2/\text{m}^2$  (Pokorný, 2015)

pšenice ve smíšené kultuře s leguminózami v systému ekologického zemědělství může vést ke zlepšení její potravinářské kvality.

Sun et al. (2012) se domnívají, že při jejich pokusu nemělo posekání jetele vliv na rovnováhu dusíku – posekání sice ovlivnilo míru fotosyntézy a biologické fixace dusíku, ale to bylo kompenzováno dusíkem uvolněným z kořenových exudátů, vlasových kořenů a odumřelé kořenové hmoty. Na redukci růstu jetele měla vliv i nadzemní kompetice o světlo a tím byla redukována i míra biologické fixace vzdušného dusíku až do doby, kdy byla pšenice sklizena.

### **3.6.3 Kontrola zaplevelení ve smíšených kulturách v systémech ekologického zemědělství**

Dalším faktorem, který podle Vrignon – Brenas et al. (2018) významně ovlivňuje technologickou jakost ekologicky pěstované pšenice i její výnos, je zaplevelení. Brant et al. (2008) uvádí, že agrotechnický účinek podsevových plodin ve smyslu regulace zaplevelení je již dostatečně znám, ale že je opomíjen jejich ekologický přínos, kdy pravidelné využití podsevů vede v konvenčním zemědělství k podstatnému snížení nebo vymizení aplikace herbicidů. Brant et al. (2008) uvádí, že podle Dierauera (1994) jsou podsevy především doménou ekologického zemědělství, kde jejich funkce spočívá v tom, že zamezí rozvoji plevelů do doby, než dosáhne hlavní plodina dostatečné konkurenceschopnosti, nebo pokud v porostu již nelze provádět mechanickou kultivaci. Podle Branta (2008) je bohužel v dominantním konvenčním zemědělství tento nezanedbatelný ekologický přínos podsevů zatím opomíjen, přitom pravidelné využití podsevů by vedlo k podstatnému snížení nebo vymizení aplikace herbicidů.

Samotná regulace intenzity zaplevelení ve smíšených kulturách je vysoce ovlivněna procesem kompetice (Vrignon – Brenas et al. 2018). Tento proces může mít dvojí efekt:

1. Inhibiční efekt, který zamezí klíčení semen plevelů ve vyschlé půdě díky mulči tvořené rostlinami ve smíšené kultuře (Teasdale et Mohler 2000; Amossé et al. 2013).
2. Bariérový efekt – kompetice o světlo a výživu (Berkvist et al. 2010)

Eskandari & Ghanbari (2010) a Lithourgidis et al. (2011) ovšem poukazují na to, že pěstování rostlin ve smíšených kulturách může vést zejména vzhledem k omezeným možnostem využití mechanizace k vyššímu zaplevelení bez ohledu na meziřádkovou vzdálenost ve srovnání s monokulturami (obrázek 7).



Obrázek 7 Zaplevelené pole, na kterém je ve smíšené kultuře pěstován *Papaver rhoeas* a *Sinapis arvensis* (Lithourgidis et al. 2011)

Vrignon – Brenas et al. (2018) mají za to, že pro kontrolu zaplevelení je podstatný čas, kdy byly jednotlivé druhy zasety a poukazují na to, že pro kontrolu zaplevelení je vhodnější klasická smíšená kultura vysetá najednou než podsev, kdy rostliny využití k podsevu nemají dostatek zdrojů a času pro vytvoření dostatečného množství nadzemní hmoty, které by bylo schopné konkurovat plevelům (Amossé et al. 2013). Nejvyšší úroveň zaplevelení potom Vrignon – Brenas et al. (2018) pozorovali při svých polních pokusech u pšenice, která byla pěstována jako monokultura.

Brant et al. (2008) poukazuje na to, že podstatnou roli hraje konkurenceschopnost podsevové plodiny vůči plevelům. Brant et al. (2008) ve své publikaci dále uvádí, že podle Ammon & Scherrer (1996) vykazuje mezi podsevovými leguminózami dobrou konkurenceschopnost vůči plevelům jetel podzemní (*Trifolium subterraneum* L.) a jetel plazivý (*Trifolium repens* L.) ve směsi s lipnicí obecnou (*Poa trivialis* L.). Podle Freyer (2003) je to potom jetel alexandrijský (*Trifolium alexandrinum* L.) a jetel zvrácený (*Trifolium resupinatum* L.).

Vlivem podsevu na výskyt plevelů se zabýval ve svém experimentu Hartl (1989). Zjišťoval v šesti různých kombinacích, jaký vliv má podsev tolíce dětelové (*Medicago lupulina* L.) a jetele zvráceného (*Trifolium resupinatum* L.) na výnos ozimé pšenice a na objem sušiny jedné specifické skupiny sedmi druhů plevelů. Hartl (1989) zjistil, že podsevy neměly významný vliv na zvýšení výnosu pšenice ve srovnání s monokulturou. Výnos slámy byl významně vyšší v případě podsevu tolíce dětelové a nižší v případě podsevu jetele zvráceného. Podsev tolíce vedl ke snížení objemu sušiny plevelů o 55 % a jetele o 70 %. V tom samém roce zkoumal Hartl (1989) vliv stejných podsevů i v polním pokusu. V případě polního pokusu měly oba podsevy významný vliv na redukci výnosu zrna, redukci výnosu slámy (zejména v případě

jetelu zvráceného). Podsevy neměly žádný vliv na objem sušiny raných plevelů, ale snížily o 50 % objem sušiny plevelů pozdních. Hartl (1989) má tedy za to, že výběr vhodného druhu jetele k podsevu může v ekologickém zemědělství přispět k redukci výskytu pozdních druhů plevelů.

Někteří autoři poukazují také na to, že výskyt plevelů je na poli redukován i poté, co je smíšená kultura kompletně sklizena (Bergkvist et al. 2011; Amossé et al. 2013).

Kintl et al. (2021) zdůrazňují, že zásadní úlohu mají v regulaci zaplevelení vhodná agronomická a agrotechnická opatření. Uvádí, že na zaplevelení má vliv zejména zařazení smíšené kultury v osevním postupu – jaká smíšené kultuře předcházela předplodina, jaká byla míra jejího zaplevelení a jak byly v jejím porostu regulovány plevele. Kintl et al. (2021) dále uvádějí, že základním nástrojem, který mají ekologičtí zemědělci k dispozici v boji proti plevelům, jsou agrotechnická opatření – podmínka (v odůvodněných případech několikanásobná), orba a předset'ová příprava půdy, vždy s vhodným časovým odstupem. V průběhu vegetace potom Kintl et al. (2021) doporučují využití robotické plečky, pokud to umožňuje způsob výsevu a meziřádková vzdálenost.

## 4 Metodika

Těžištěm práce byl přesný polní maloparcelkový pokus se dvěma odrůdami ozimé pšenice a vybranými druhy leguminóz, vedený v ekologickém způsobu pěstování na Výzkumné stanici Katedry agroekologie a rostlinné produkce ČZU v Praze-Uhřetěvesi. Vlastní experimentální činnost zahrnovala:

- hodnocení stavu porostů během vegetace;
- hodnocení obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice v průběhu vegetace;
- hodnocení základních produkčních ukazatelů a výnosu pšenice;
- po sklizni stanovení základních jakostních ukazatelů zrna pšenice

Výzkumná stanice Praha-Uhřetěves disponuje pokusnými pozemky certifikovanými pro vedení pokusů podle pravidel stanovených zákonem č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství, vyhláškou č. 16/2006 a podle zásad IFOAM, bez průmyslových hnojiv a pesticidů. V práci jsou zahrnuty výsledky z roku 2019/2020.

### 4.1 Půdně-klimatická charakteristika pokusné lokality

Výzkumná stanice Katedry agroekologie a rostlinné produkce ČZU v Praze-Uhřetěvesi leží v nadmořské výšce 295 m n.m., průměrná roční teplota dosahuje 8,5 °C a nejvyšších průměrných teplot je dosahováno v červenci. Suma ročních srážek činí 575 mm s nejvyšším dlouhodobým průměrem v červnu a červenci. Přehled povětrnostních podmínek za období září 2019–srpen 2020 je uveden v tabulce 4.

**Tabulka 4: Měsíční údaje průběhu teplot a srážek za září 2019–srpen 2020 v Praze-Uhřetěvesi**

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Úhrn	Dlouhodobý úhrn	Rozdíl
09/2019	14,25	14,0	0,25	40,4	49,0	-8,6
10/2019	11,45	8,6	2,85	39,8	41,0	-1,2
11/2019	6,11	3,2	2,91	37,7	34,0	3,7
12/2019	3,01	-0,5	3,51	13,8	34,0	-20,2
01/2020	1,75	-2,1	3,85	12,8	28,0	-15,2
02/2020	5,51	-0,8	6,31	59,2	27,0	32,2
03/2020	4,33	3,4	0,93	63,0	31,0	32,0
04/2020	9,93	8,2	1,73	12,8	46,0	-33,2
05/2020	12,31	13,4	-1,9	68,0	65,0	3,0

06/2020	17,50	16,3	1,20	79,4	74,0	5,4
07/2020	19,68	18,2	1,48	37,8	70,0	-32,2
08/2020	18,56	18,0	0,56	46,2	69,0	-22,8

Lokalita je zařazena do řepařské výrobní oblasti. Půdním typem je hnědozem s poměrně dobrou vododržností; dle klasifikace stupně Kopeckého patří tyto půdy do skupiny jílovitých hlín. Výsledky hodnocení obsahu N<sub>min</sub> v půdě na pokusném stanovišti uvádí tabulka 5.

**Tabulka 5: Obsah N<sub>min</sub> v půdě (0–30 cm), odběr 26.2. 2020**

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	80,31	0,94	3,98	4,92	3,67	15,52	19,19
Průměr parcel bez leguminózy	4,0	80,92	0,26	3,25	3,52	1,05	13,02	14,07

## 4.2 Varianty pokusu a jeho struktura

Pokus byl založen formou dvou sousedících bloků. V prvním bloku byl proveden výsev směsi pšenice a vybraných leguminóz (smícháno před výsevem) do klasických úzkých řádků 12,5 cm; hloubka setí byla uzpůsobena pšenici (4 cm). Ve druhém bloku byl realizován výsev row-by-row (ob řádek). Nejprve byla vyseta pšenice do řádků 25 cm a ihned poté byly do prostoru meziřadí zasety leguminózy (hrách jarní i ozimý na hloubku výsevu 5 cm, bob obecný 6 cm, inkarnát 2 cm). Pro založení pokusu byl použit běžný maloparcelkový secí stroj. Každá varianta pokusu byla vyseta ve čtyřech opakováních, velikost jedné pokusné parcely 12 m<sup>2</sup>. Přehled variant pokusu uvádí tabulka 6.

Počítalo se s vymrznutím jarních leguminóz (hrachu jarního a bobu obecného) během zimního období 2019/2020. Díky mírné zimě však jarní leguminózy nevymrzly. Ukončení vegetace ozimých i jarních leguminóz u systému výsevu row-by-row bylo realizováno vypečkováním leguminóz Martínkovou ruční plečkou 14.4. 2020 (pšenice cca BBCH 30). V případě systému výsevu směsi bylo realizováno 2x vláčení plečmi branami (14.4. a 30.4. 2020); přítomné leguminózy zpravidla nebyly vyvláčeny, ale byly poškozeny a olámany. Pro eliminaci největších plevelů (které se v porostu udržely) bylo u obou systémů výsevu provedeno v průběhu vegetace 3x ruční odstranění těchto plevelů.



**Tabulka 6: Varianty pokusu**

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

**Charakteristika použitých odrůd pšenice:**

**Butterfly:** poloraná odrůda s elitní pekařskou jakostí (E) a výbornou mrazuvzdorností. Odrůda středního vzrůstu, tolerantní i k pozdnímu výsevu, dobrý zdravotní stav, odolná vůči rzi plevové. Vysoký obsah N-látek, vysoký Zeleného test. Udržovatel: Selgen, a.s.

**Lorien:** odrůda jakostní skupiny B. Vysoký výnos v K a ŘVO. Osinatá pšenice s dobrou odolností vůči poléhání. Vhodná i pro pozdní setí. Má vysoké číslo poklesu, střední objemovou hmotnost a vysoký obsah N-látek. Udržovatel: Selgen, a.s.

**4.3 Použitá agrotechnika**

Předplodina: ječmen jarní (pozn.: ozimá pšenice je na VS Praha-Uhřetěves tradičně zařazována po leguminóze – jeteli lučním či pelušce; v tomto případě byla záměrně zvolena „zhoršující předplodina“, aby byla větší šance, že se projeví vliv leguminóz při smíšeném pěstování)

Orba: 11.9. 2019

Příprava půdy: 13.9. 2019 vibrační brány, 7.10. 2019 kompaktor

Setí: 7.10. 2019

Vláčení proti plevelům: 14.4. a 30.4. 2020 (varianty směsi)

Vyplečkování leguminóz Martínkovou ruční plečkou (varianty row-by-row): 14.4. 2020  
Opakované ruční odstraňování přeživších největších plevelů (3 x v průběhu vegetace)  
Sklizeň: 4.8. 2020

#### **4.4. Odběry nadzemní biomasy pšenice pro stanovení obsahu N v sušině nadzemní biomasy**

V průběhu vegetace (2.4. 2020–1. 7. 2020) byla v cca čtrnáctidenních intervalech odebírána z pokusných parcel nadzemní biomasa náhodně vybraných rostlin pšenice – v počátečních fázích (odnožování pšenice) cca 30 rostlin, v posledních fázích odběrů (počátek tvorby zrna) cca 15 rostlin. Odebraná nadzemní biomasa byla vysušena do konstantní hmotnosti a použita pro stanovení obsahu dusíku (v sušině nadzemní biomasy) – použita byla metoda dle Kjeldahla, stanovení probíhalo v laboratoři FAPPZ.

#### **4.5 Sledované vegetační charakteristiky a produkční parametry**

Během vegetace byl hodnocen počet rostlin pšenice i sledovaných leguminóz na m<sup>2</sup> po vzejití a po přezimování, u pšenice výskyt rzi plevové (v BBCH 37), výskyt komplexu listových skvrnitostí (v BBCH 71), výskyt kohoutka modrého i černého (v BBCH 75) - s využitím bonitační stupnice 9–1 bodů, kde 9 bodů znamená porost zcela zdravý, 1 bod porost totálně napadený. Dále úroveň zaplevelení před prvním vláčením (13.4. 2020) – bodová stupnice 9–1 bodů. Dále pak počet klasů pšenice na m<sup>2</sup> před sklizní, výška porostu pšenice před sklizní a po sklizni výnos pšenice. Polehnutí porostu před sklizní nebylo zaznamenáno. Po sklizni byly odebrány vzorky zrna pšenice pro stanovení HTS a pro jakostní hodnocení.

#### **4.6 Hodnocení kvalitativních parametrů zrna pšenice**

Vlastní posklizňové jakostní analýzy zrna pšenice (objemová hmotnost, obsah N-látek v sušině zrna, obsah mokrého lepku v sušině zrna, sedimentační index – Zelenyho test a číslo poklesu) byly realizovány v laboratořích KARP na ČZU v Praze.

- vlhkost šrotu (%) ČSN 56 0512-7
- objemová hmotnost (kg/hl) ČSN ISO 7971.
- obsah N-látek (%) ČSN ISO 1871 – dle Kjeldahla, použit Kjeltec
- obsah mokrého lepku (%) ČSN ISO 5531 – ke stanovení byl použit 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 Falling Number 1400

## 4.7 Statistické hodnocení výsledků

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

## 5 Výsledky

### 5.1 Průběžné hodnocení porostů během vegetace, vybrané produkční ukazatele a vegetační charakteristiky

Stručný přehled průběžného hodnocení porostů během vegetace je uveden v tabulkách 1 a 2. Vzhledem k epidemii koronaviru byla po většinu jarního období roku 2020 uzavřena budova výzkumné stanice v Praze-Uhřetěvesi; průběžné hodnocení porostů během vegetace tedy zahrnovalo především sledování a hodnocení, realizovatelné přímo na pokusném pozemku.

Pro ozimou pšenici byl použit u všech variant jednotný výsevek 4 MKS/ha, výsevek hrachu jarního i ozimého činil 0,5 MKS/ha, výsevek bobu obecného 0,3 MKS/ha a výsevek jetele nachového (inkarnátu) 3,0 MKS/ha. Průběh zimy 2019/2020 byl velmi mírný a úbytek rostlin pšenice i leguminóz během zimního období byl jen malý. Oproti předpokladu dobře přezimovaly i obě jarní leguminózy (bob a jarní hrách), které byly vysety na podzim spolu s pšenicí. V březnu a na přelomu března a dubna se dostavily dvě vlny pozdních mrazů a teploty na VS Praha-Uhřetěves v noci klesaly až k -10 °C. Tyto pozdní mrazíky poněkud poškodily, ale nezničily jarní hrách a bob, nicméně vedly k určitému „zaseknutí“ jak u pšenice, tak u leguminóz, které ještě cca 2 týdny po odeznění mrazíků prakticky nepokračovaly v růstu. Kvůli tomuto zpoždění v růstu byly leguminózy u systému výsevu row-by-row vyplečkovány Martínkovou ruční plečkou až 14. 4. 2020, kdy se obě odrůdy ozimé pšenice ocitly na přelomu odnožování a sloupkování (odrůda Lorien byla od začátku vegetace celkově slabší a za Butterfly poněkud opožděnější, ale do uvedeného termínu se obě odrůdy takřka vyrovnaly). Zbývající rostliny leguminóz, které plečka nezasáhla, byly vytrhány ručně a rovněž ponechány na místě. U systému výsevu směsí bylo provedeno 14. 4. 2020 a 30. 4. 2020 vláčení porostů plecími branami – ty přítomné leguminózy sice nevyvláčely, ale poškodily (olámání, potrhání listů). Během intenzivního růstu v průběhu sloupkování pšenice silně přítomné leguminózy potlačovala. Na konci června inkarnát z porostů prakticky vymizel; rostliny hrachů, pokud neodumřely, se krčily při zemi a byly velmi slabé. Pouze na okrajích parcel, kde bylo více světla, se některé rostliny hrachů a inkarnátu udržely až do sklizně. To stejné platilo i pro bob; tam se navíc některé silné rostliny v porostu udržely i ve vnitřních částech parcel.

Před prvním vláčením (13.4. 2020) byla hodnocena intenzita zaplevelení porostu. Ta dosahovala u hodnocených variant, bez ohledu na přítomnost leguminóz, obdobné úrovně zpravidla 7 bodů. Vyplečkováním u systému row-by-row a opakovaným vláčením plecími branami u systému směsi se sice zčásti dařilo zaplevelení eliminovat, ale i přesto se mnohé plevelné rostliny v porostu udržely. V průběhu sloupkování a metání byly největší plevelné rostliny z porostů ručně vytrhávány a odstraňovány z pokusných parcel. Co se týče druhového spektra plevelů, k nejhojněji se vyskytujícím plevelům patřily: hořčice rolní, kokoška pastuší tobolka, mák vlčí, zemědělský lékařský, sporadicky též pcháč oset a svízel přítula.

V tabulce 7 je podrobněji zhodnocen počet rostlin na m<sup>2</sup> a výskyt škodlivých činitelů u odrůdy Butterfly. Nejvyšší počet rostlin na m<sup>2</sup> po vzejití byl zaznamenán u pšenice vyšetě

systemem row-by-row s hrachem ozimým a u pšenice vyseté s inkarnátem ve směsi. Nejnížší počet rostlin po vzejití byl zjištěn u pšenice vyseté systemem row-by-row s inkarnátem a u pšenice vyseté ve směsi s hrachem ozimým. Rozdíly však byly jen minimální – v této době se ještě nemohla projevit případná mezirostlinná či mezidruhá konkurence. Po přezimování byl zaznamenán nejvyšší počet rostlin na m<sup>2</sup> u pšenice vyseté systemem row-by-row s hrachem ozimým a nejnižší u pšenice vyseté ve směsi s inkarnátem – i zde však byly rozdíly mezi variantami velmi malé a díky mírné zimě byl úbytek rostlin nízký.

V případě leguminóz byla vzcházivost na podzim u systému výsevu row-by-row vzhledem k výsevkům poměrně vysoká. V případě výsevu směsi byl zaznamenán oproti systému výsevu row-by-row nižší počet rostlin bobu a inkarnátu na m<sup>2</sup> – bylo to nepochybně ovlivněno skutečností, že v případě výsevu směsi byla hloubka setí volena s ohledem na pšenici, tedy 4 cm, což pro bob obecný byla menší hloubka a pro inkarnát větší, než by pro ně bylo optimální. Nicméně i za této situace dokázaly bob i inkarnát vzcházet, pravděpodobně i díky příznivým teplotním a vlhkostním podmínkám v průběhu klíčení a vzcházení. Stejně jako u pšenice byl díky mírné zimě úbytek rostlin leguminóz během přezimování poměrně nízký; ve srovnání s hrachem ozimým byl nepatrně vyšší u hrachu jarního.

Výskyt chorob a škůdců byl hodnocen pomocí bodové stupnice 1–9 bodů, kdy 1 bod znamená porost totálně napadený a 9 porost zcela zdravý. V BBCH 71 (prvá zrna dosáhla konečné velikosti, obsah vodnatý) byl hodnocena úroveň výskytu komplexu listových skvrnitostí (zahrnuje Feosferiovou skvrnitost pšenice, Septoriovou skvrnitost pšenice a Pyrenoforovou skvrnitost pšenice); byla zpravidla na úrovni 7 bodů. Samostatně byl hodnocen výskyt žluté rzivosti pšenice (rzi plevové) v BBCH 37 (objevení se praporcového listu) - na úrovni 8 bodů. Výskyt hnědé rzivosti pšenice (rzi pšeničné) prakticky nebyl zaznamenán. Hodnocen byl i výskyt kohoutka (modrého a černého), v BBCH 75 (střední mléčná zralost) - na úrovni 6–7 bodů. Výskyt dalších škodlivých činitelů byl nevýznamný.

Varianty pšenice vyseté systemem row-by-row dosáhly mírně větší výšky porostu před sklizní (o cca 2–3 cm) oproti variantám vysetým formou směsi. Polehnutí porostu nebylo zaznamenáno.

**Tabulka 7: Počet rostlin pšenice a leguminóz na m<sup>2</sup>, hodnocení výskytu chorob a škůdců, výška porostu (odruža pšenice Butterfly)**

Varianty	Způsob setí	Počet rostlin pšenice na m <sup>2</sup>		Počet rostlin leguminóz na m <sup>2</sup>		Výskyt list. skvrnitostí (1-9 bodů)	Výskyt rzi plevové (1-9 bodů)	Výskyt kohoutka (1-9 bodů)	Výška porostu před sklizní (cm)
		po vzejití	po přezimování	po vzejití	po přezimování				
Butterfly + hrách jarní	Row-by-row	318	312	38	32	7	8	7	115
Butterfly + bob	Row-by-row	320	311	25	22	7	8	7	115

Butterfly + inkarnát	Row-by-row	317	308	231	222	7	8	6	115
Butterfly + hrách ozimý	Row-by-row	322	314	42	39	7	8	7	116
Butterfly kontrola	Row-by-row	320	310	-	-	6	8	7	117
Butterfly + hrách jarní	Směs	321	312	36	30	7	8	7	113
Butterfly + bob	Směs	319	313	18	17	6	8	7	112
Butterfly + inkarnát	Směs	322	306	210	207	7	8	7	114
Butterfly + hrách ozimý	Směs	317	311	40	37	7	8	7	114
Butterfly (kontrola)	Směs	319	310	-	-	7	8	6	114

V tabulce 8 je podrobněji zhodnocen počet rostlin na m<sup>2</sup> a výskyt škodlivých činitelů u odrůdy Lorien. Nejvyšší počet rostlin na m<sup>2</sup> po vzejití byl u pšenice vyseté ve směsi s hrachem ozimým. Nejnižší počet rostlin na m<sup>2</sup> po vzejití byl zaznamenán u pšenice vyseté systémem row-by-row s hrachem jarním. Obdobně jako v případě odrůdy Butterfly byly rozdíly mezi variantami velmi malé. Po přezimování byl zaznamenán nejvyšší počet rostlin na m<sup>2</sup> u pšenice vyseté ve směsi s hrachem ozimým a nejnižší u pšenice vyseté systémem row-by-row s bobem obecným; i v případě této odrůdy byl úbytek rostlin během přezimování díky mírné zimě poměrně malý. U leguminóz byla situace obdobná jako v případě variant s odrůdou pšenice Butterfly. Výskyt listových skvrnitostí byl i u odrůdy Lorien na úrovni 6 -7 bodů, výskyt rzi plevové se pohyboval na úrovni 7 - 8 bodů. Výskyt kohoutka byl u všech variant na úrovni 7 bodů. Ve srovnání s odrůdou Butterfly dosáhla odrůda Lorien mírně nižší výšky porostu (o cca 2 cm); i zde byly varianty vyseté systémem row-by-row o 1 – 2 cm vyšší oproti variantám vysetým systémem směsi. Polehnutí porostu opět nebylo zaznamenáno.

**Tabulka 8: Počet rostlin pšenice a leguminóz na m<sup>2</sup>, hodnocení výskytu chorob a škůdců, výška porostu (odrůda pšenice Lorien)**

Varianty	Způsob setí	Počet rostlin pšenice na m <sup>2</sup>		Počet rostlin leguminóz na m <sup>2</sup>		Výskyt list. skvrnitostí (1-9 bodů)	Výskyt rzi plevové (1-9 bodů)	Výskyt kohoutka (1-9 bodů)	Výška porostu před sklizní (cm)
		po vzejití	po přezimování	po vzejití	po přezimování				
Lorien + hrách jarní	Row-by-row	315	312	39	33	6	7	7	115
Lorien + bob	Row-by-row	316	309	24	20	6	8	7	113
Lorien + inkarnát	Row-by-row	320	313	237	226	7	7	7	114
Lorien + hrách ozimý	Row-by-row	319	314	40	37	7	7	7	113

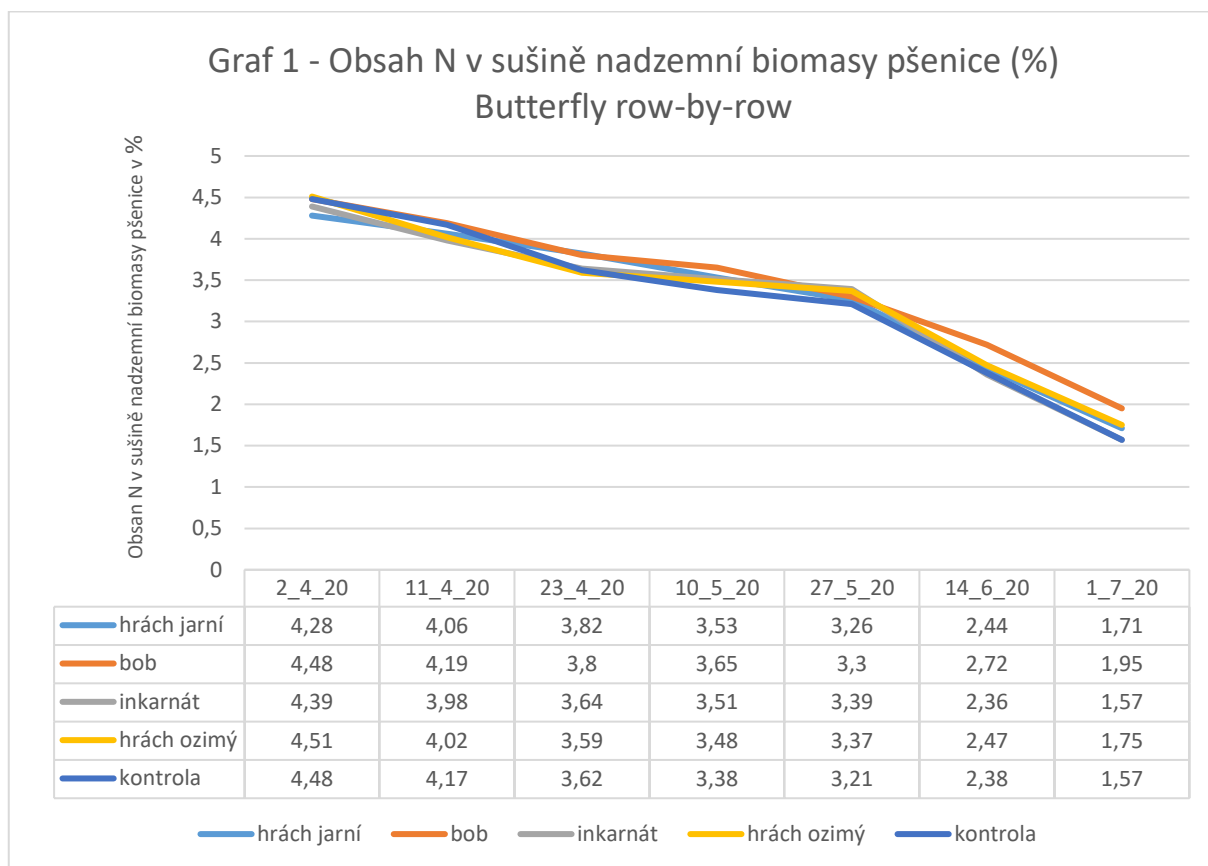
Lorien kontrola	Row-by-row	320	311	-	-	7	8	7	114
Lorien + hrách jarní	Směs	316	315	35	30	7	8	7	112
Lorien + bob	Směs	320	313	18	17	6	8	7	113
Lorien + inkarnát	Směs	318	316	215	211	6	7	7	111
Lorien + hrách ozimý	Směs	321	317	39	36	6	7	7	111
Lorien kontrola	Směs	320	312	-	-	7	7	7	113

## 5.2 Hodnocení obsahu N v sušině nadzemní biomasy pšenice v průběhu vegetace

V grafu 1 je zobrazen časový průběh procentuálního obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Butterfly vyšetřené systémem row-by-row s jednotlivými druhy leguminóz a v sušině nadzemní biomasy kontrolní varianty pšenice vyšetřené bez leguminózy. Z grafu je patrné, že nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy měly všechny varianty při prvním odběru dne 2. 4. 2020. V grafu je také dobře vidět zřetelný propad v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice mezi 27. 5. 2020 a 14. 6. 2020. Zjištěné hodnoty obsahu dusíku jsou si většinou hodně blízké a průběh křivek podobný. Nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve výši 4,51 % byl zaznamenán při prvním odběru u varianty s hrachem ozimým, nejnižší obsah měla varianta s hrachem jarním, ostatní varianty měly stejný, případně nižší obsah dusíku než kontrola. Při druhém odběru dne 11. 4. 2020 byl nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve výši 4,19 % zaznamenán u varianty s bobem obecným a nejnižší u varianty s inkarnátem. Ostatní varianty měly nižší obsah dusíku než kontrola. Při třetím odběru dne 23. 4. 2021 jsme zjistili nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve variantě s hrachem jarním – 3,82 %. Nejnižší obsah dusíku byl stanoven u varianty s hrachem ozimým, ostatní varianty měly obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy vyšší než kontrola. Při dalším odběru dne 10. 5. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u varianty s bobem obecným (3,65 %), nejnižší u kontroly. Při odběru 27. 5. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku - 3,39 % u varianty s inkarnátem a nejnižší opět u kontroly. Při dalším odběru dne 14. 6. 2020 byl zjištěn nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u varianty s bobem obecným a nejnižší u varianty s inkarnátem. Při posledním odběru dne 1. 7. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve výši 1,95 % opět u varianty s bobem obecným a nejnižší u varianty s inkarnátem a u kontroly.

Celkově lze konstatovat, že v průběhu hodnoceného období byly rozdíly v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice mezi jednotlivými variantami s leguminózami i kontrolou bez leguminózy velmi malé; jednalo se spíše o kolísání v rozsahu několika desetin procenta. U všech hodnocených variant vykázala sledovaná křivka shodný průběh – při prvních pěti odběrech od prvního odběru dne 2.4. 2020 do odběru 27.5. 2020 byl poklesu obsahu dusíku

v sušině nadzemní biomasy pšenice pozvolný. Mezi odběry 27.5. a 14.6. 2020 (toto období by odpovídalo konci metání a květu) byl zaznamenán výraznější pokles obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice a tento pokles pokračoval až do posledního odběru 1.7. 2020.

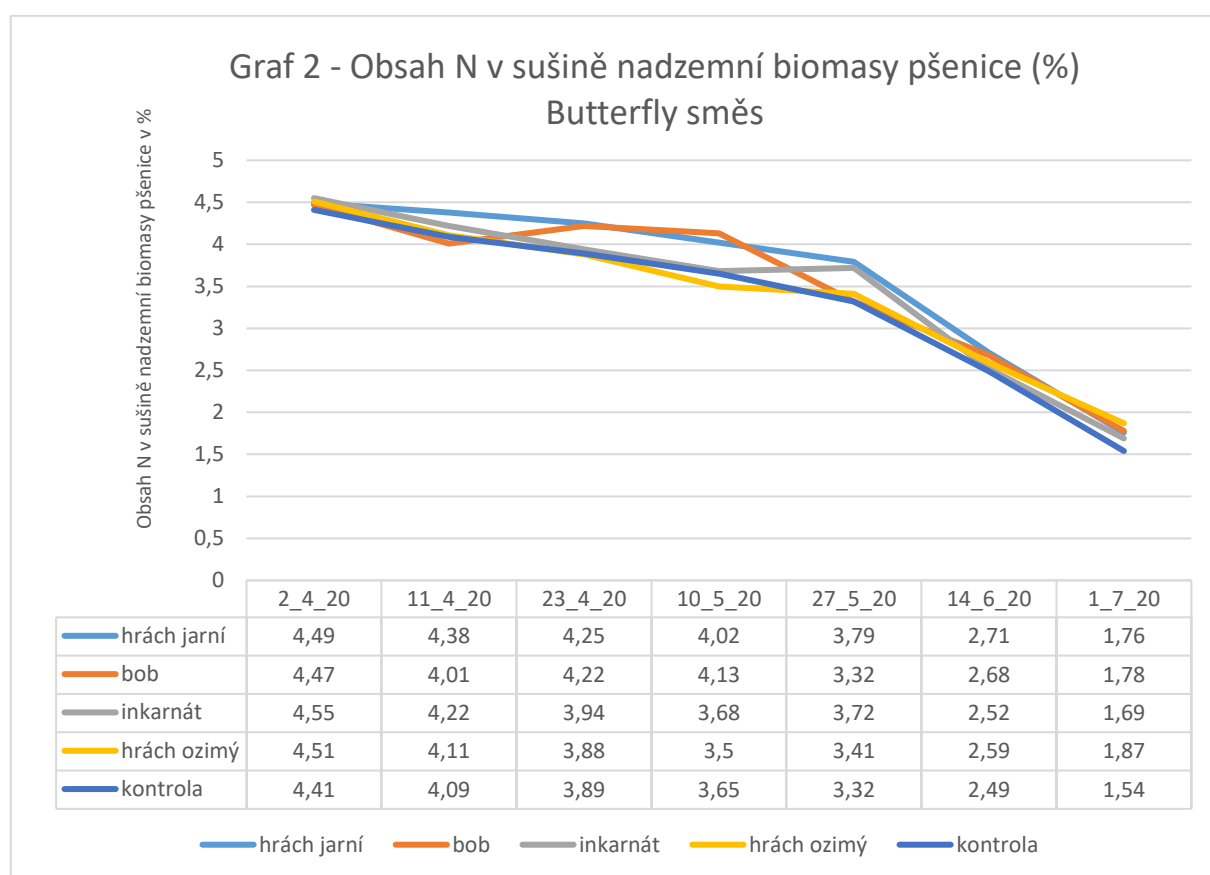


V grafu 2 je znázorněn časový průběh procentuálního obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Butterfly vyšetě ve směsi s jednotlivými druhy leguminózy a v sušině nadzemní biomasy kontrolní varianty vyšetě bez leguminózy. Z grafu je opět patrné, že nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy měly všechny varianty při prvním odběru dne 2. 4. 2020 a je také opět vidět výraznější pokles v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice mezi 27. 5. 2020 a 14. 6. 2020. Průběh křivek se od sebe tentokrát v některých případech liší. Nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice - 4,55 % byl zaznamenán při prvním odběru u varianty s inkarnátem, nejnižší obsah měla kontrola. Při druhém odběru dne 11. 4. 2020 byl nejvyšší obsah dusíku ve výši 4,38 % zaznamenán u varianty s hrachem jarním a nejnižší u varianty s bobem obecným. Ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice než kontrola. Při třetím odběru dne 23. 4. 2021 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve výši 4,25 % opět u varianty s hrachem jarním. Nejnižší obsah dusíku byl zjištěn u varianty s hrachem ozimým. Další varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy než kontrola. Při dalším odběru dne 10. 5. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku u varianty s bobem, nejnižší u varianty s hrachem ozimým, ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy než kontrola. Dne 27. 5. 2020 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku ve výši 3,79 % u varianty s hrachem jarním a nejnižší u kontroly a varianty s bobem obecným. Při dalším odběru dne 14.



6. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u varianty s hrachem jarním (2,71 %) a nejnižší u kontroly. Při posledním odběru dne 1. 7. 2020 byl stanoven nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice - 1,87 % u varianty s hrachem ozimým a nejnižší u kontroly. Ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice než kontrola.

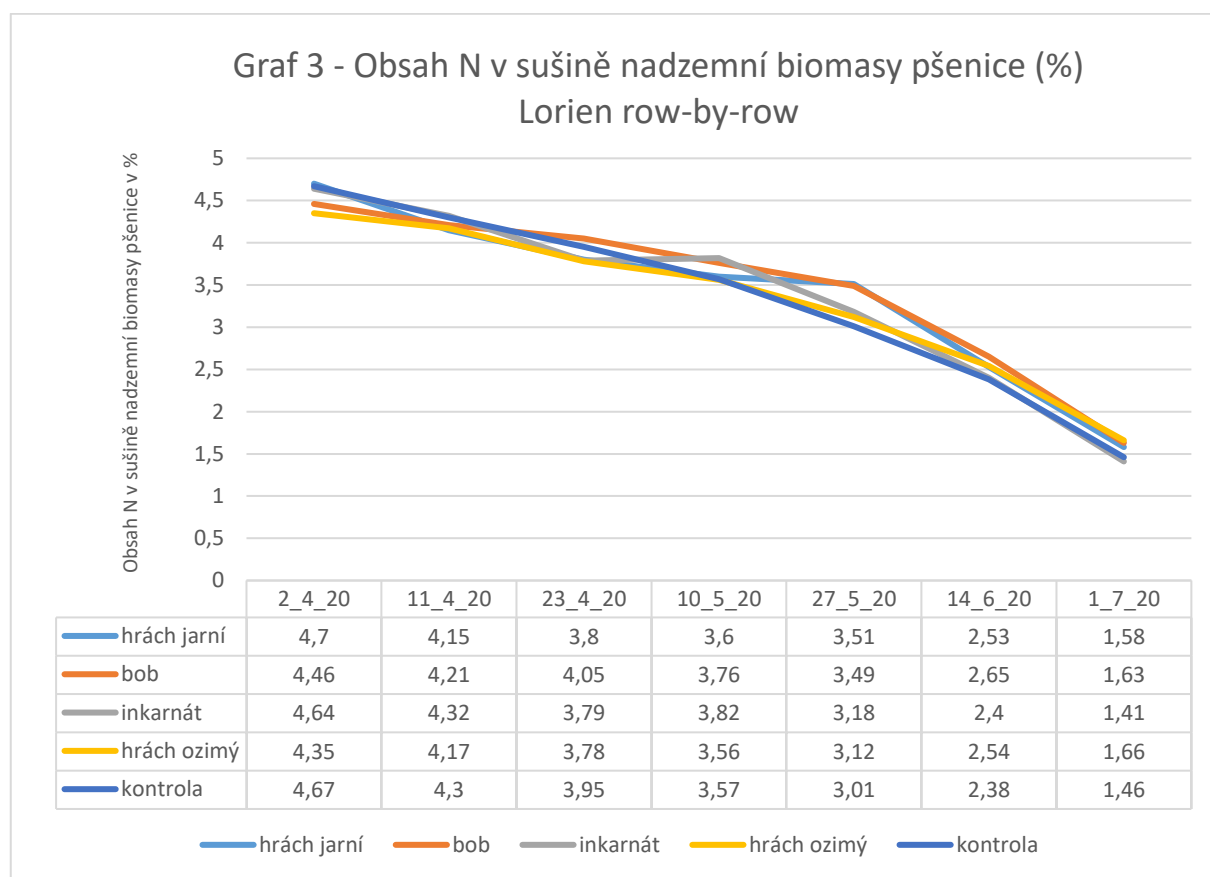
Celkově lze uvést, že průběh křivky obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice Butterfly vyšeté systémem směsi byl v zásadě obdobný, jako u variant vyšetých systémem row-by-row, jen o něco více rozkolísaný (cca do odběru 27.5. 2020); opět je zde patrný zejména výraznější pokles obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice po odběru 27.5. 2020.



V grafu 3 je znázorněn časový průběh procentuálního obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Lorien vyšeté v systému row-by-row s jednotlivými druhy leguminóz a v kontrolní variantě bez leguminózy. Z grafu je opět patrné, že nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice měly všechny varianty při prvním odběru dne 2. 4. 2020; dále je patrné, že zjištěné hodnoty obsahu dusíku jsou si velmi blízké a pokles obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice poměrně vyrovnaný. Nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice - 4,7 % byl zaznamenán při prvním odběru u varianty s hrachem jarním, nejnižší u varianty s hrachem ozimým. Ostatní varianty měly nižší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice než kontrola. Při druhém odběru dne 11. 4. 2020 byl nejvyšší obsah dusíku ve výši 4,32 % zaznamenán u varianty s inkarnátem a nejnižší u varianty s hrachem jarním. Ostatní varianty měly nižší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy než kontrola. Při

třetím odběru dne 23. 4. 2021 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku ve výši 4,05 % u varianty s bobem obecným. Nejnižší obsah dusíku v sušina nadzemní biomasy byl stanoven u varianty s hrachem ozimým. Při dalším odběru dne 10. 5. 2020 byl zjištěn nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy u varianty s inkarnátem – ve výši 3,82 %, nejnižší u varianty s hrachem ozimým, ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy než kontrola. Dne 27. 5. 2020 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku ve výši 3,51 % u varianty s hrachem jarním a nejnižší u kontroly. Při dalším odběru dne 14. 6. 2020 byl naměřen nejvyšší obsah dusíku u varianty s bobem a nejnižší u kontroly. Při posledním odběru dne 1. 7. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy ve výši 1,66 % u varianty s hrachem ozimým a nejnižší u varianty s inkarnátem.

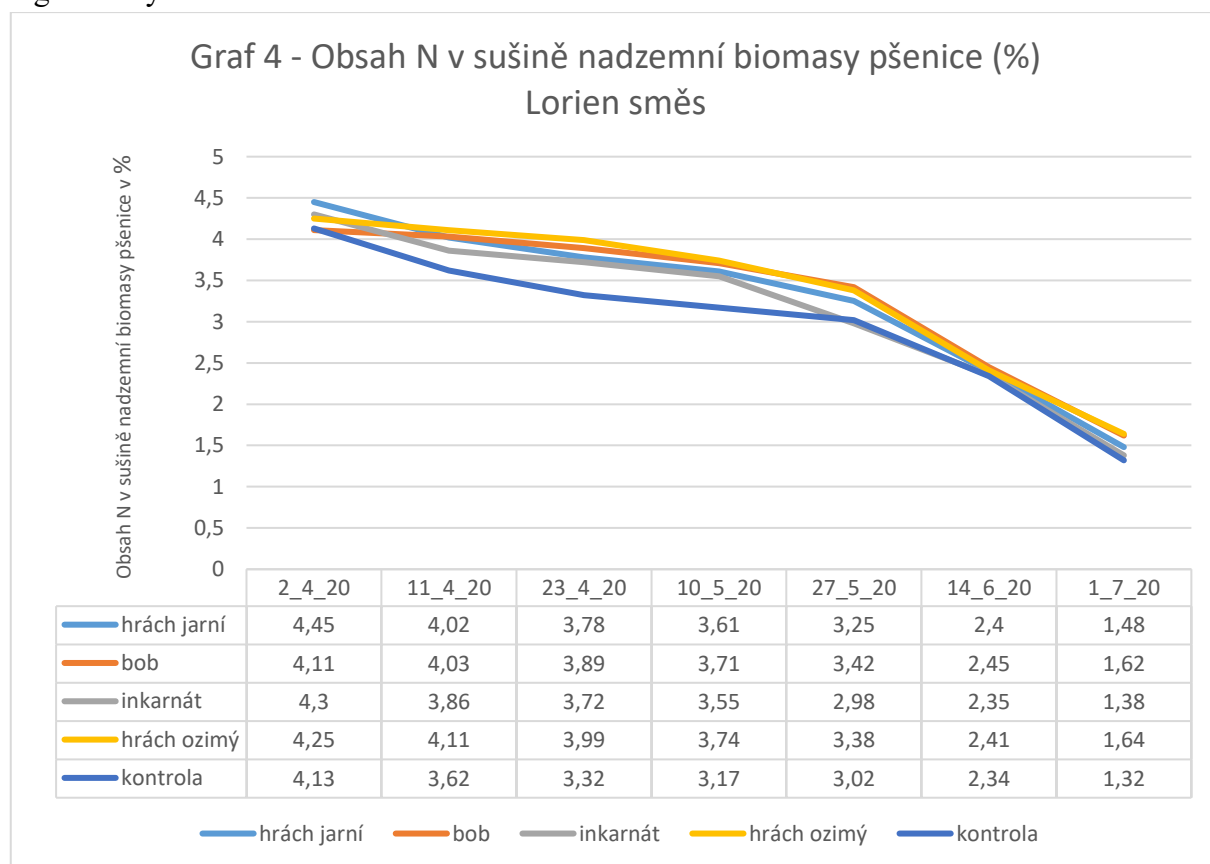
Z průběhu křivky znázorňující obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice je opět patrný o něco výraznější pokles křivky po odběru 27.5.2020. až do posledního odběru 1.7. 2020. Podobně jako u odrůdy Butterfly je patrné určité kolísání či výkyvy v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy v závislosti na variantě, ale v zásadě byl u hodnocených variant obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy poměrně vyrovnaný.



V grafu 4 je zobrazen časový průběh procentuálního obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice odrůdy Lorien vyseté ve směsi s jednotlivými druhy leguminóz a v kontrolní variantě bez leguminózy. Z grafu je opět patrné, že nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice měly všechny varianty při prvním odběru dne 2. 4. 2020 a je stejně jako u

předchozích grafů opět vidět výraznější pokles v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice od 27. 5. 2020, kdy sestupný trend pokračuje až do posledního odběru. Nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy ve výši 4,45 % byl zaznamenán při prvním odběru u varianty s hrachem jarním, nejnižší u varianty s bobem obecným. Ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy než kontrola. Při druhém odběru dne 11. 4. 2020 byl nejvyšší obsah dusíku ve výši 4,11 % zaznamenán u varianty s hrachem ozimým a nejnižší u kontroly. Při třetím odběru dne 23. 4. 2021 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy ve výši 3,99 % u varianty s hrachem ozimým, nejnižší opět u kontroly. Při dalším odběru dne 10. 5. 2020 byl zjištěn nejvyšší obsah dusíku opět u varianty s hrachem ozimým – byl ve výši 3,74 % a nejnižší obsah dusíku měla znovu kontrola. Dne 27. 5. 2020 jsme zaznamenali nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice ve výši 3,42 % u varianty s bobem obecným a nejnižší u varianty s inkarnátem. Ostatní varianty měly vyšší obsah dusíku než kontrola. Při dalším odběru dne 14. 6. 2020 byl zjištěn nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy - 2,45 % u varianty s bobem a nejnižší u varianty s inkarnátem a u kontroly. Při posledním odběru dne 1. 7. 2020 byl zaznamenán nejvyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy ve výši 1,64 % u varianty s hrachem ozimým a nejnižší u kontroly.

Stejně jako u předchozích případů bylo i nyní zaznamenáno určité kolísání a výkyvy v obsahu dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice v závislosti na variantě; zde však byl o něco zřetelnější nižší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u kontrolní varianty bez leguminózy.



## 5.3 Statistické vyhodnocení hlavních produkčních a jakostních ukazatelů pšenice

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

Míru ovlivnění jednotlivých hodnocených produkčních a jakostních ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi vyjadřují hodnoty testovacího kritéria  $F$  (ANOVA).

Z výsledků kompletního třífaktorového modelu, které jsou uvedeny v tabulce 9 je zřejmé, že počet klasů na  $m^2$  před sklizní byl ovlivněn převážně způsobem setí (výsev směsí a výsev row-by-row); následoval vliv odrůdy a vliv leguminózy – ten byl sice rovněž statisticky průkazný, ale znatelně nižší. Statisticky průkazně, i když v menší míře, se uplatnily i interakce leguminóza x způsob setí a způsob setí x odrůda. Vliv interakce leguminóza x odrůda na počet klasů na  $m^2$  byl statisticky neprůkazný.

Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 10 a 11), které poskytují podrobnější pohled na míru ovlivnění počtu klasů na  $m^2$  sledovanými faktory u jednotlivých hodnocených odrůd pšenice vyplývá, že u obou odrůd byl počet klasů na  $m^2$  před sklizní opět ovlivněn výrazně převažujícím způsobem systémem výsevu. Vliv leguminózy byl výrazně slabší a v případě odrůdy Lorien dokonce statisticky neprůkazný. Statisticky neprůkazný byl u obou hodnocených odrůd i vliv interakce leguminóza x způsob setí.

**Tabulka 9: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria  $F$ , kompletní třífaktorový model s interakcemi)**

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na $m^2$ před sklizní	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	5,80**	6,04**	98,61***	23,94***
Způsob setí (S)	336,93***	118,69***	425,29***	12,73**
Odrůda (O)	52,60***	1243,54***	113,40***	8385,73***
(L) x (S)	2,14**	6,22*	6,32*	9,32***
(L) x (O)	0,42	18,96**	3,95	18,11***
(S) x (O)	1,22*	22,11**	20,14***	13,62***
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zelenýho test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	18,25***	28,28***	15,73***	3,07*
Způsob setí (S)	17,92***	30,22***	30,59***	5,67*
Odrůda (O)	5,65*	4,22	2009,51***	881,99***
(L) x (S)	11,19***	8,63**	6,20*	1,12*
(L) x (O)	3,45	7,65**	12,64**	2,35
(S) x (O)	2,65	4,11*	9,12**	4,12

P < 0,05\*; P < 0,01\*\*, P < 0,001\*\*\*

Z výsledků kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) dále vyplývá, že HTS byla ovlivněna výrazně převažujícím způsobem odrůdou; vliv způsobu setí na HTS byl rovněž statisticky průkazný, ale znatelně slabší. Statisticky průkazně ovlivnila HTS i leguminóza, zde však byl vliv na HTS výrazně nižší oproti předchozím dvěma faktorům. Statisticky průkazně se uplatnily i všechny sledované interakce.

Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 10 a 11) vyplývá, že u obou odrůd byla HTS ovlivněna v převažující míře způsobem setí; statisticky průkazně se však uplatnil i vliv leguminózy a interakce leguminóza x způsob setí.

Výnos zrna pšenice byl podle kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) v převažující míře ovlivněn způsobem setí; následoval vliv odrůdy a statisticky průkazně, i když v menší míře, se uplatnil i vliv leguminózy. Statisticky průkazně se uplatnila i interakce způsob setí x odrůda; méně, avšak stále statisticky průkazně interakce leguminóza x způsob setí. Vliv interakce leguminóza x odrůda na výnos zrna pšenice byl statisticky neprůkazný.

Z výsledků dvoufaktorových modelů, charakterizujících vliv způsobu výsevu a leguminóz na výnos zrna u jednotlivých odrůd pšenice (tabulky 10 a 11) je patrné, že u obou odrůd opět převážil vliv způsobu setí na výnos zrna, nicméně statisticky průkazný byl i vliv leguminóz. Vliv interakce leguminóza x způsob setí byl naproti tomu u obou odrůd pšenice statisticky neprůkazný.

**Tabulka 10: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F, dvoufaktorový model s interakcí, odrůda Butterfly)**

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na m <sup>2</sup> před sklizní	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	7,29**	40,35***	111,35***	47,45***
Způsob setí (S)	385,86***	398,98***	613,85***	6,63*
(L) x (S)	2,43	42,02***	3,52	16,04***
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zeleného test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	41,34***	350,50***	30,67***	2,17
Způsob setí (S)	47,61***	321,00***	9,00**	0,13
(L) x (S)	5,84	48,28***	2,33	1,30

P <0,05\*; P <0,01\*\*, P <0,001\*\*\*

**Tabulka 11: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F, dvoufaktorový model s interakcí, odrůda Lorien)**

Faktor / Ukazatel	Počet klasů na m <sup>2</sup> před sklizní	HTS	Výnos zrna pšenice	Objemová hmotnost
Leguminóza (L)	2,71	18,01***	127,90***	35,81***
Způsob setí (S)	108,70***	311,20***	216,40***	34,87***

(L) x (S)	0,71	13,49***	1,65	6,10
Faktor / Ukazatel	Obsah N-látek v sušině zrna	Obsah mokrého lepku v sušině zrna	Zelenyho test	Číslo poklesu
Leguminóza (L)	32,42***	910,46***	13,57***	9,24**
Způsob setí (S)	47,13***	1075,24***	56,07***	28,32***
(L) x (S)	9,87***	289,56***	0,90	10,11***

P <0,05\*; P <0,01\*\*, P <0,001\*\*\*

Dalším sledovaným faktorem byla objemová hmotnost. Z výsledků kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) vyplývá, že tento znak byl ovlivněn výrazně převažujícím způsobem odrůdou, následoval vliv leguminózy a statisticky průkazně se uplatnil i vliv způsobu setí. Statisticky průkazný byl i vliv všech tří interakcí – leguminóza x odrůda, způsob setí x odrůda i leguminóza x způsob setí.

Z výsledků dvoufaktorových modelů (tabulky 10 a 11) je patrné, že u odrůdy Butterfly výrazně převážil vliv leguminózy na objemovou hmotnost, následoval vliv interakce leguminóza x způsob setí a statisticky průkazně, i když znatelně méně, se uplatnil i vliv způsobu setí samostatně. U odrůdy Lorien byl opět zaznamenán jako nejvýznamnější vliv leguminózy na objemovou hmotnost, avšak vliv způsobu setí byl rovněž významný a téměř shodný jako vliv leguminózy. Naproti tomu, vliv interakce leguminóza x způsob setí byl v tomto případě statisticky neprůkazný.

Následujícím sledovaným jakostním parametrem byl obsah N-látek v sušině zrna pšenice. Kompletní třífaktorový model (tabulka 9) ukázal mírně převažující, statisticky průkazný vliv leguminózy na tento jakostní znak; následoval vliv způsobu setí, který byl téměř stejně významný a statisticky průkazně ovlivnila obsah N-látek v sušině zrna i odrůda, avšak již znatelně méně. Statisticky průkazně se uplatnila ještě interakce leguminóza x způsob setí; vliv dalších dvou interakcí byl statisticky neprůkazný.

Z výsledků dvoufaktorových modelů pro jednotlivé odrůdy (tabulky 10 a 11) vyplynulo, že vliv leguminózy a způsobu setí na obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl u obou odrůd obdobný a statisticky průkazný. Interakce leguminóza x způsob setí ovlivnila obsah N-látek v sušině zrna odrůdy Lorien statisticky průkazně, u odrůdy Butterfly byl vliv této interakce na obsah N-látek v sušině zrna statisticky neprůkazný.

V případě dalšího sledovaného jakostního znaku – obsahu mokrého lepku v sušině zrna výsledky kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) ukázaly, že vliv leguminózy a způsobu setí na tento znak byl opět statisticky průkazný a velmi podobný; v tomto případě nepatrně převážil vliv způsobu setí. Vliv odrůdy na obsah mokrého lepku v sušině zrna byl statisticky neprůkazný. Všechny tři sledované interakce se uplatnily statisticky průkazně.

Z výsledků dvoufaktorových modelů pro jednotlivé odrůdy (tabulky 10 a 11) je zřejmé, že v případě odrůdy Butterfly mírně převážil vliv leguminózy na obsah mokrého lepku v sušině zrna, u odrůdy Lorien se naproti tomu více uplatnil vliv způsobu setí. Vliv interakce leguminóza x způsob setí na obsah mokrého lepku v sušině zrna byl u obou odrůd statisticky průkazný.

Předposledním hodnoceným jakostním znakem byl sedimentační index – Zelenyho test. Z výsledků kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) vyplývá, že Zelenyho test byl ovlivněn výrazně převažujícím způsobem odrůdou; následoval vliv způsobu setí a vliv leguminózy – tyto faktory sice ovlivnily Zelenyho test rovněž statisticky průkazně, ale výrazně méně. Statisticky průkazně se uplatnily i všechny tři sledované interakce.

Z výsledků dvoufaktorových modelů pro jednotlivé odrůdy (tabulky 10 a 11) je zjevné, že v případě odrůdy Butterfly byl vliv leguminózy na Zelenyho test výraznější, než vliv způsobu setí; v případě odrůdy Lorien tomu bylo naopak – zde převážil vliv způsobu setí na tento jakostní ukazatel. Vliv interakce leguminóza x způsob setí byl u obou odrůd statisticky neprůkazný.

Posledním hodnoceným jakostním znakem bylo číslo poklesu. Z výsledků kompletního třífaktorového modelu (tabulka 9) je patrné, že číslo poklesu bylo ovlivněno výrazně převažujícím způsobem odrůdou; vliv leguminózy a způsobu pěstování byl srovnatelný, a přestože ještě statisticky průkazný, oproti vlivu odrůdy výrazně slabší.

Z výsledků dvoufaktorových modelů pro jednotlivé odrůdy (tabulky 10 a 11) je zřejmé, že v případě odrůdy Butterfly číslo poklesu nebylo ovlivněno statisticky průkazně ani leguminózou, ani způsobem setí, ani sledovanou interakcí. Naproti tomu, v případě odrůdy Lorien byl zaznamenán statisticky průkazný, mírně převažující vliv způsobu setí; statisticky průkazně se však uplatnil i vliv leguminózy a interakce leguminóza x způsob setí.

Následující část práce je věnována podrobnému vyhodnocení průkaznosti rozdílů mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých sledovaných produkčních a kvalitativních ukazatelů pšenice prostřednictvím testu dle Tukeye.

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

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v počtu klasů na m<sup>2</sup> před sklizní mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 12.

Nejvyšší průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> byl zaznamenán u varianty s hrachem ozimým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala od ostatních variant s výjimkou varianty s hrachem jarním. Nejnižší počet klasů na m<sup>2</sup> byl zjištěn u varianty s inkarnátem – rozdíl mezi touto variantou a ostatními variantami s výjimkou hrachu ozimého však byl statisticky neprůkazný.

Z výsledků je dále patrný výrazný vliv způsobu setí na počet klasů na m<sup>2</sup> – při výsevu směsi bylo v průměru dosaženo vyššího počtu klasů na m<sup>2</sup> oproti výsevu systémem row-by-row; oba způsoby setí se v počtu klasů na m<sup>2</sup> od sebe statisticky průkazně lišily.

Statisticky průkazně byl ovlivněn počet klasů na m<sup>2</sup> i odrůdou; zde však byl rozdíl mezi průměry odrůd méně výrazný.

**Tabulka 12: Průkaznost rozdílů v počtu klasů pšenice na m<sup>2</sup> mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>
Hrách ozimý	456,25a
Hrách jarní	448,00ab
Bob obecný	442,33b
Inkarnát	436,83b
Kontrola	444,08b
HSD <sub>0,05</sub>	11,98
<b>Způsob setí</b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>
Row-by-row	420,87b
Směs	470,13a
HSD <sub>0,05</sub>	5,38
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>
Butterfly	455,23a
Lorien	435,77b
HSD <sub>0,05</sub>	5,38

Podrobnější pohled na „chování“ jednotlivých odrůd přináší tabulka 13. Z výsledků je patrné, že nejvyššího průměrného počtu klasů na m<sup>2</sup> dosáhly obě odrůdy opět u varianty s hrachem ozimým. V případě odrůdy Butterfly byl zaznamenán nejnižší počet klasů na m<sup>2</sup> u varianty s inkarnátem; tato varianta se statisticky průkazně nelišila od kontrolní varianty bez leguminózy. Odrůda Lorien dosáhla nejnižšího počtu klasů na m<sup>2</sup> u varianty s bobem; rozdíly mezi jednotlivými variantami s leguminózami i kontrolou však byly statisticky neprůkazné.

Z výsledků je dále opět u obou odrůd zřejmý výrazný vliv způsobu setí na počet klasů na m<sup>2</sup>; v případě odrůdy Butterfly byl tento rozdíl výraznější v porovnání s odrůdou Lorien.

**Tabulka 13: Průkaznost rozdílů v počtu klasů na m<sup>2</sup> mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>
Hrách ozimý	465,00a	447,50a
Hrách jarní	458,50ab	437,50a
Bob obecný	458,00b	426,67a
Inkarnát	444,17c	429,50a
Kontrola	450,51bc	437,67a
HSD <sub>0,05</sub>	12,61	20,97
<b>Způsob setí</b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>	<b>Počet klasů na m<sup>2</sup></b>
Row-by-row	429,07b	412,67b
Směs	481,40a	458,87a
HSD <sub>0,05</sub>	5,56	9,24



### 5.3.3 Hmotnost tisíce semen (HTS)

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v HTS mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 14. Nejvyšší průměrná HTS byla zaznamenána u varianty s hrachem ozimým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala od ostatních variant s výjimkou kontroly. Nejnižší HTS byla zjištěna u varianty s hrachem jarním – rozdíl mezi touto variantou a ostatními variantami s výjimkou hrachu ozimého však byl statisticky neprůkazný. Z výsledků je dále patrný vliv způsobu setí na HTS – při výsevu row-by-row bylo v průměru dosaženo vyšší HTS oproti výsevu směsi; oba způsoby setí se v hodnotě HTS od sebe statisticky průkazně lišily. Statisticky průkazně byla ovlivněna HTS i odrůdou; rozdíl zde byl o něco výraznější než u způsobu setí.

**Tabulka 14: Průkaznost rozdílů v hmotnosti tisíce semen (HTS) pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>HTS (g)</b>
Hrách ozimý	51,49a
Hrách jarní	51,06b
Bob obecný	51,07b
Inkarnát	51,08b
Kontrola	51,22ab
HSD <sub>0,05</sub>	0,30
<b>Způsob setí</b>	<b>HTS (g)</b>
Row-by-row	51,54a
Směs	50,82b
HSD <sub>0,05</sub>	0,13
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>HTS (g)</b>
Butterfly	50,02b
Lorien	52,35a
HSD <sub>0,05</sub>	0,13

Tabulka 15 podrobněji znázorňuje výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyšší HTS dosáhly obě odrůdy opět u varianty s hrachem ozimým. U odrůdy Butterfly se tato hodnota statisticky průkazně lišila od ostatních variant, u odrůdy Lorien se varianta s hrachem ozimým statisticky průkazně lišila od všech variant kromě kontroly. V případě odrůdy Butterfly byla zaznamenána nejnižší HTS u varianty s bobem; tato varianta se statisticky průkazně lišila od všech dalších variant včetně kontroly, kromě varianty s inkarnátem. Odrůda Lorien dosáhla nejnižší HTS u varianty s hrachem jarním, statisticky průkazný byl i rozdíl této varianty a dalších variant s leguminózami i s kontrolou. Z výsledků je dále opět u obou odrůd zřejmý statisticky průkazný vliv způsobu setí na HTS.

**Tabulka 15: Průkaznost rozdílů v hmotnosti tisíce semen (HTS) mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD0,05)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>HTS (g)</b>	<b>HTS (g)</b>
Hrách ozimý	50,34a	52,63a
Hrách jarní	50,09b	52,02c
Bob obecný	49,78d	52,35b
Inkarnát	49,89cd	52,28b
Kontrola	49,98bc	52,46ab
HSD <sub>0,05</sub>	0,14	0,22
<b>Způsob setí</b>	<b>HTS (g)</b>	<b>HTS (g)</b>
Row-by-row	50,32a	52,77a
Směs	49,71b	51,93b
HSD <sub>0,05</sub>	0,06	0,10

### 5.3.4 Výnos zrna pšenice

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů ve výnosu zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 16.

Nejvyšší průměrný výnos zrna byl zaznamenán u varianty s hrachem ozimým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala od ostatních variant s výjimkou varianty s hrachem jarním. Nejnižší výnos zrna byl zjištěn u varianty s inkarnátem – rozdíl mezi touto variantou a ostatními variantami s výjimkou kontroly byl statisticky průkazný. Z výsledků je také patrný vliv způsobu setí na výnos zrna – při výsevu směsi bylo v průměru dosaženo vyššího výnosu oproti výsevu row-by-row; oba způsoby setí se v této hodnotě od sebe statisticky průkazně lišily. Statisticky průkazně byl ovlivněn výnos zrna i odrůdou; Lorien dosáhla v průměru vyššího výnosu než Butterfly.

**Tabulka 16: Průkaznost rozdílů ve výnosu zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD0,05)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Výnos pšenice (t/ha)</b>
Hrách ozimý	8,25a
Hrách jarní	8,12ab
Bob obecný	8,09b
Inkarnát	7,92c
Kontrola	7,98bc
HSD <sub>0,05</sub>	0,15
<b>Způsob setí</b>	<b>Výnos pšenice (t/ha)</b>
Row-by-row	7,88b
Směs	8,27a
HSD <sub>0,05</sub>	0,07
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>Výnos pšenice (t/ha)</b>

Butterfly	7,94b
Lorien	8,21a
HSD <sub>0,05</sub>	0,07

V tabulce 17 jsou podrobněji zpracované výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyššího výnosu zrna dosáhly obě odrůdy u varianty s hrachem ozimým. U odrůdy Butterfly se tato varianta statisticky průkazně lišila pouze od varianty s inkarnátem a kontroly, u odrůdy Lorien se varianta s hrachem ozimým statisticky průkazně lišila od všech variant kromě varianty s hrachem jarním. V případě odrůdy Butterfly byl zaznamenán nejnižší výnos zrna u varianty s inkarnátem; tato varianta se statisticky průkazně lišila od všech dalších variant kromě kontroly. Odrůda Lorien dosáhla nejnižšího výnosu zrna také u varianty s inkarnátem, statisticky průkazný byl i rozdíl této varianty a dalších variant s leguminózami kromě varianty s bobem obecným a kontrolou. Z výsledků je dále opět u obou odrůd patrný poměrně výrazný, statisticky průkazný vliv způsobu setí na výnos zrna; o něco výraznější byl tento vliv u odrůdy Butterfly než u odrůdy Lorien.

**Tabulka 17: Průkaznost rozdílů ve výnosu zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>
Hrách ozimý	8,09a	8,41a
Hrách jarní	7,95ab	8,29ab
Bob obecný	8,02a	8,17bc
Inkarnát	7,78c	8,06c
Kontrola	7,86bc	8,11bc
HSD <sub>0,05</sub>	0,15	0,22
<b>Způsob setí</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>
Row-by-row	7,71b	8,05b
Směs	8,18a	8,36a
HSD <sub>0,05</sub>	0,07	0,10

### 5.3.5 Objemová hmotnost

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v objemové hmotnosti zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 18.

Nejvyšší průměrná objemová hmotnost zrna byla zaznamenána u varianty s bobem obecným; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala od ostatních variant s výjimkou varianty s hrachem jarním. Nejnižší objemová hmotnost zrna byla zjištěna u kontroly bez leguminózy – rozdíl mezi kontrolou a všemi variantami s leguminózami byl statisticky průkazný.

Z výsledků také vyplývá vliv způsobu setí na objemovou hmotnost zrna – při výsevu row-by-row bylo v průměru dosaženo vyšší objemové hmotnosti oproti výsevu směsi; oba způsoby setí se v tomto znaku od sebe statisticky průkazně lišily.

Statisticky průkazně byla ovlivněna objemová hmotnost zrna i odrůdou; vyšší objemová hmotnost zrna byla zaznamenána u odrůdy Butterfly.

**Tabulka 18: Průkaznost rozdílů v objemové hmotnosti zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD0,05)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>OH (kg/hl)</b>
Hrách ozimý	80,53c
Hrách jarní	80,78ab
Bob obecný	80,92a
Inkarnát	80,58bc
Kontrola	80,23d
HSD <sub>0,05</sub>	0,21
<b>Způsob setí</b>	<b>OH (kg/hl)</b>
Row-by-row	80,69a
Směs	80,52b
HSD <sub>0,05</sub>	0,10
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>OH (kg/hl)</b>
Butterfly	81,80a
Lorien	79,41b
HSD <sub>0,05</sub>	0,10

V tabulce 19 jsou podrobněji zpracované výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyšší objemové hmotnosti zrna dosáhly obě odrůdy u varianty s bobem obecným. U odrůdy Butterfly i u odrůdy Lorien se tato varianta průkazně lišila od všech variant kromě varianty s hrachem jarním. V případě odrůdy Butterfly byla zaznamenána nejnižší objemová hmotnost zrna u kontroly; tento výsledek se statisticky průkazně lišil od všech dalších variant. I u odrůdy Lorien byla nejnižší objemová hmotnost zrna u kontroly, statisticky průkazný byl rozdíl mezi kontrolou a variantami s leguminózami kromě varianty s hrachem ozimým.

Z výsledků je dále opět u obou odrůd patrný statisticky průkazný vliv způsobu setí na objemovou hmotnost zrna – vyšší objemová hmotnost byla v průměru zjištěna při výsevu systémem row-by-row.

**Tabulka 19: Průkaznost rozdílů v objemové hmotnosti zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD0,05)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>OH (kg/hl)</b>	<b>OH (kg/hl)</b>
Hrách ozimý	82,88b	78,18c
Hrách jarní	82,95ab	78,60ab
Bob obecný	83,09a	78,74a
Inkarnát	82,70c	78,47b
Kontrola	82,40d	78,05c
HSD <sub>0,05</sub>	0,16	0,20

Způsob setí	OH (kg/hl)	OH (kg/hl)
Row-by-row	82,85a	78,53a
Směs	82,76b	78,28b
HSD <sub>0,05</sub>	0,07	0,09

### 5.3.6 Obsah N-látek v sušině zrna pšenice

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 20.

Nejvyšší průměrný obsah N-látek v sušině zrna byl zaznamenán u varianty s bobem obecným; tato varianta se však v tomto znaku statisticky průkazně neodlišovala od variant s hrachem jarním a ozimým. Nejnižší obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl zjištěn u kontroly bez leguminózy – kontrola se statisticky průkazně odlišovala pouze od variant s bobem obecným a hrachem ozimým.

Z výsledků je také patrný vliv způsobu setí na obsah N-látek v sušině zrna – při výsevu row-by-row bylo v průměru dosaženo vyššího průměrného obsahu N-látek oproti výsevu směsi; oba způsoby setí se v tomto znaku od sebe statisticky průkazně lišily. Statisticky průkazně byl ovlivněn obsah N-látek v sušině zrna i odrůdou; vyšší obsah N-látek byl zaznamenán u odrůdy Butterfly.

**Tabulka 20: Průkaznost rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

Varianty s leguminózou	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Hrách ozimý	11,37a
Hrách jarní	11,27ab
Bob obecný	11,40a
Inkarnát	11,19b
Kontrola	11,16b
HSD <sub>0,05</sub>	0,17
Způsob setí	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Row-by-row	11,40a
Směs	11,15b
HSD <sub>0,05</sub>	0,07
Odrůda pšenice	Obsah N-látek v sušině zrna (%)
Butterfly	11,32a
Lorien	11,23b
HSD <sub>0,05</sub>	0,07

V tabulce 21 jsou podrobněji zpracované výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků vyplývá, že nejvyššího obsahu N-látek v sušině zrna dosáhla odrůda Butterfly u varianty s bobem obecným a statisticky průkazně se v tomto znaku lišila od ostatních variant. Odrůda Lorien měla nejvyšší obsah N-látek ve variantě s hrachem ozimým a opět se statisticky

průkazně lišila od ostatních variant. V případě odrůdy Butterfly byl zaznamenán nejnižší obsah N-látek v sušině zrna u kontroly; tento výsledek se statisticky průkazně lišil pouze od varianty s bobem obecným. U odrůdy Lorien byl nejnižší obsah N-látek v sušině zrna u varianty s inkarnátem, statisticky průkazně se tato hodnota lišila pouze od varianty s hrachem ozimým.

Z výsledků je dále opět u obou odrůd patrný statisticky průkazný vliv způsobu setí na obsah N-látek v sušině zrna, tato hodnota byla u obou odrůd vyšší v případě výsevu row-by-row; výraznější byl tento vliv u odrůdy Lorien než u odrůdy Butterfly.

**Tabulka 21: Průkaznost rozdílů v obsahu N-látek v sušině zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Obsah N-látek (%)</b>	<b>Obsah N-látek (%)</b>
Hrách ozimý	11,33b	11,42a
Hrách jarní	11,29b	11,26b
Bob obecný	11,53a	11,26b
Inkarnát	11,29b	11,09b
Kontrola	11,17b	11,15b
HSD <sub>0,05</sub>	0,16	0,13
<b>Způsob setí</b>	<b>Obsah N-látek (%)</b>	<b>Obsah N-látek (%)</b>
Row-by-row	11,44a	11,36a
Směs	11,20b	11,10b
HSD <sub>0,05</sub>	0,06	0,07

### 5.3.7 Obsah mokrého lepku v sušině zrna

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna mezi průměry odrůd, podle způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 22.

Nejvyšší průměrný obsah mokrého lepku byl zaznamenán u varianty s hrachem ozimým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala od variant s hrachem jarním, inkarnátem a kontrolou. Nejnižší hodnota obsahu mokrého lepku byla zjištěna u kontroly – hodnota kontroly se statisticky průkazně lišila od všech variant s leguminózami kromě varianty s inkarnátem.

Z výsledků je dále patrný statisticky průkazný vliv způsobu setí na obsah mokrého lepku v sušině zrna – při výsevu systémem row-by-row bylo v průměru dosaženo vyššího obsahu mokrého lepku oproti výsevu směsi. Statisticky průkazný vliv odrůdy nebyl v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna prokázán.

**Tabulka 22: Průkaznost rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)</b>
Hrách ozimý	26,48ab
Hrách jarní	26,11b

Bob obecný	27,32a
Inkarnát	24,73c
Kontrola	24,16c
HSD <sub>0,05</sub>	0,87
<b>Způsob setí</b>	<b>Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)</b>
Row-by-row	27,47a
Směs	24,04b
HSD <sub>0,05</sub>	0,39
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>Obsah mokrého lepku v sušině zrna (%)</b>
Butterfly	25,87a
Lorien	25,65a
HSD <sub>0,05</sub>	0,39

V tabulce 23 jsou podrobněji zpracované výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyšší hodnoty obsahu mokrého lepku dosáhly obě odrůdy u varianty s bobem obecným a v obou případech se tato hodnota statisticky průkazně lišila od hodnot u ostatních variant. V případě odrůdy Butterfly byl zaznamenán nejnižší obsah mokrého lepku u kontroly; tento výsledek se statisticky průkazně lišil od všech dalších variant a stejně tomu bylo u odrůdy Lorien.

Z výsledků je dále opět u obou odrůd patrný výrazný, statisticky průkazný vliv způsobu setí na obsah mokrého lepku v sušině zrna, kdy vyšších hodnot bylo v obou případech dosaženo v systému row-by-row.

**Tabulka 23: Průkaznost rozdílů v obsahu mokrého lepku v sušině zrna mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Obsah lepku (%)</b>	<b>Obsah lepku (%)</b>
Hrách ozimý	26,57b	26,37b
Hrách jarní	26,29c	25,92c
Bob obecný	27,40a	27,24a
Inkarnát	24,86d	24,60d
Kontrola	24,22e	24,10e
HSD <sub>0,05</sub>	0,23	0,18
<b>Způsob setí</b>	<b>Obsah lepku (%)</b>	<b>Obsah lepku (%)</b>
Row-by-row	27,58a	27,36a
Směs	24,15b	23,92b
HSD <sub>0,05</sub>	0,10	0,08

### 5.3.8 Sedimentační index – Zelenyho test

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v hodnotách sedimentačního indexu – Zelenyho testu mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 24.

Nejvyšší průměrná hodnota sedimentačního indexu byla zaznamenána u varianty s hrachem ozimým; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala pouze od varianty s inkarnátem a od kontroly. Nejnižší hodnota sedimentačního indexu byla zjištěna u kontroly bez leguminózy – kontrola se statisticky průkazně odlišovala od všech variant kromě varianty s inkarnátem.

Z výsledků také vyplývá vliv způsobu setí na hodnotu sedimentačního indexu – při výsevu systémem row-by-row bylo v průměru dosaženo vyšší hodnoty Zeleného testu oproti výsevu směsi; oba způsoby setí se v tomto znaku od sebe statisticky průkazně lišily.

Statisticky průkazně, ale oproti způsobu setí podstatně výrazněji, byla ovlivněna hodnota sedimentačního indexu i odrůdou; vyšší hodnota byla zjištěna u odrůdy Butterfly.

**Tabulka 24: Průkaznost rozdílů v hodnotách Zeleného testu pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD0,05)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Zelenýho test (ml)</b>
Hrách ozimý	36,67a
Hrách jarní	36,58a
Bob obecný	37,33a
Inkarnát	35,42b
Kontrola	34,83b
HSD <sub>0,05</sub>	1,02
<b>Způsob setí</b>	<b>Zelenýho test (ml)</b>
Row-by-row	36,80a
Směs	35,53b
HSD <sub>0,05</sub>	0,46
<b>Odrůda pšenice</b>	<b>Zelenýho test (ml)</b>
Butterfly	41,30a
Lorien	31,03b
HSD <sub>0,05</sub>	0,46

Podrobnější pohled na hodnoty sedimentačního indexu – Zeleného testu u jednotlivých odrůd přináší tabulka 25. Z výsledků je patrné, že nejvyšší hodnoty sedimentačního indexu dosáhla odrůda Butterfly u varianty s hrachem ozimým a statisticky průkazně se tím lišila od všech ostatních variant kromě varianty s hrachem ozimým. Nejnižší hodnota sedimentačního indexu byla u odrůdy Butterfly zaznamenána u kontroly a statisticky průkazně se lišila od všech dalších variant. U odrůdy Lorien byla nejvyšší hodnota sedimentačního indexu zaznamenána u varianty s bobem obecným a statisticky průkazně se odlišovala od všech ostatních variant kromě varianty s hrachem jarním. V případě této odrůdy byla zaznamenána nejnižší hodnota sedimentačního indexu u varianty s inkarnátem a u kontroly; tyto varianty se statisticky průkazně lišily od všech dalších variant kromě varianty s hrachem ozimým.

Z výsledků je dále opět u obou odrůd zřejmý statisticky průkazný vliv způsobu setí na hodnotu sedimentačního indexu; v případě odrůdy Lorien byl tento rozdíl výraznější v porovnání s odrůdou Butterfly.



**Tabulka 25: Průkaznost rozdílů v hodnotách Zeleného testu mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD0,05)**

	<b>Butterfly</b>	<b>Lorien</b>
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Zeleného test (ml)</b>	<b>Zeleného test (ml)</b>
Hrách ozimý	42,67a	30,67bc
Hrách jarní	41,67b	31,50ab
Bob obecný	42,00ab	32,67a
Inkarnát	40,67c	30,17c
Kontrola	39,50d	30,17c
HSD <sub>0,05</sub>	0,95	1,22
<b>Způsob setí</b>	<b>Zeleného test (ml)</b>	<b>Zeleného test (ml)</b>
Row-by-row	41,60a	32,00a
Směs	41,00b	30,07b
HSD <sub>0,05</sub>	0,42	0,54

### 5.3.9 Číslo poklesu

Výsledky hodnocení průkaznosti rozdílů v čísle poklesu mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami uvádí tabulka 26.

Nejvyšší hodnota čísla poklesu byla v průměru zaznamenána u varianty s hrachem jarním; tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně odlišovala pouze od kontroly bez leguminózy. Nejnižší hodnota čísla poklesu byla v průměru zjištěna u kontroly; kontrola se staticky průkazně lišila pouze od varianty s hrachem jarním.

Z výsledků je dále patrný statisticky průkazný vliv způsobu setí na hodnotu čísla poklesu – při výsevu systémem ve směsi bylo v průměru dosaženo vyšší hodnoty čísla poklesu oproti výsevu systémem row-by-row.

Statisticky průkazný a poměrně výrazný byl i vliv odrůdy na hodnotu čísla poklesu, kdy vyšší číslo poklesu bylo v průměru zaznamenáno u odrůdy Butterfly.

**Tabulka 26: Průkaznost rozdílů v čísle poklesu zrna pšenice mezi průměry odrůd, způsobů setí a variant s leguminózami (Tukey, HSD0,05)**

<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>
Hrách ozimý	370,17ab
Hrách jarní	372,17a
Bob obecný	369,17ab
Inkarnát	369,25ab
Kontrola	362,42b
HSD <sub>0,05</sub>	8,38
<b>Způsob setí</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>
Row-by-row	366,40b
Směs	370,87a
HSD <sub>0,05</sub>	3,76

Odrůda pšenice	Číslo poklesu (s)
Butterfly	396,50a
Lorien	340,77b
HSD <sub>0,05</sub>	3,76

V tabulce 27 jsou podrobněji zpracované výsledky u obou odrůd. Z těchto výsledků je patrné, že nejvyšší průměrné hodnoty čísla poklesu dosáhla odrůda Butterfly u varianty s inkarnátem, ale tento výsledek se statisticky průkazně nelišil od dalších variant. Nejnížší hodnota čísla poklesu byla zaznamenána u kontroly bez leguminózy, ale ani tento výsledek se statisticky průkazně nelišil od variant s leguminózami. V případě odrůdy Lorien bylo zaznamenáno nejvyšší číslo poklesu u varianty s hrachem jarním; tento výsledek se ale statisticky průkazně lišil pouze od varianty s inkarnátem a od kontroly.

Z výsledků dále vyplývá, že u odrůdy Butterfly neměl způsob setí statisticky průkazný vliv na hodnotu čísla poklesu. U odrůdy Lorien se vliv způsobu setí projevil, hodnoty se od sebe statisticky průkazně lišily, vyšší číslo poklesu bylo v průměru zaznamenáno u výsevu ve směsi.

**Tabulka 27: Průkaznost rozdílů v čísle poklesu mezi průměry způsobů setí a variant s leguminózami u jednotlivých odrůd pšenice (Tukey, HSD<sub>0,05</sub>)**

	Butterfly	Lorien
<b>Varianty s leguminózou</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>
Hrách ozimý	398,00a	342,33ab
Hrách jarní	396,67a	347,67a
Bob obecný	394,50a	343,83ab
Inkarnát	400,17a	338,33bc
Kontrola	393,17a	331,67c
HSD <sub>0,05</sub>	7,97	8,48
<b>Způsob setí</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>	<b>Číslo poklesu (s)</b>
Row-by-row	396,80a	336,00b
Směs	396,20a	345,53a
HSD <sub>0,05</sub>	3,51	3,74

## 6 Diskuse

Porosty pšenice s pomocnou plodinou je možné zakládat různými způsoby. V našem pokusu jsme použili jednak systém výsevu ozimé pšenice a vybraných druhů leguminóz ob řádek (row-by-row) a jednak výsev směsi osiva pšenice a testovaných leguminóz (smícháno před výsevem). Brant et al. (2019) doporučují technologii výsevu pšenice a leguminózy ob řádek, kdy pšenice je pěstována v širších řádcích v kombinaci se sníženým výsevkem 70 – 120 kg/ha a do meziřádků je vysévána leguminóza. Pro tento způsob založení porostu je ovšem ideální použití speciálního secího stroje se dvěma zásobníky, což umožní kromě cíleného rozmístění pomocné plodiny i samostatné nastavení optimální hloubky výsevu pro ni. Při využití výsevu směsi semen různé velikosti a hmotnosti (pšenice, různé druhy leguminóz) může být problémem jednak skutečnost, že se osivo pomocné plodiny dostane do těsné blízkosti osiva plodiny hlavní a tím může docházet k nežádoucí konkurenci již v raných fázích vývoje a dále i to, že při tomto způsobu výsevu nelze zajistit optimální hloubku setí pro semena různé velikosti. Tento problém se ostatně projevil i v našem pokusu, kde při výsevu směsi byla hloubka setí přizpůsobena pšenici (4 cm); pro velkosemenné luskoviny (zejména bob obecný) byla příliš malá a pro inkarnát příliš velká. To se projevilo v nižším počtu rostlin především bobu a inkarnátu po vzejití oproti výsevu row-by-row, kde byla při výsevu velikost semen pomocné plodiny zohledněna. Nicméně i při výsevu směsi dokázaly i bob a inkarnát vzcházet, nejspíše díky příznivým vláhovým podmínkám během klíčení a vzcházení.

Brant et al. (2019) dále uvádějí, že jako pomocné plodiny v ozimé pšenice jsou preferovány spíše ozimé formy, které se na rozdíl od jarních forem vyznačují pomalejší dynamikou růstu a tvorbou nadzemní a podzemní biomasy ještě v jarním období. Na rozdíl od vymrzajících jarních forem je však zapotřebí na jaře ukončit jejich vegetaci chemicky či mechanicky. Je otázkou, zda by konkrétně pro ekologické zemědělství nebyly vhodnější jarní leguminózy vyseté na podzim s pšenicí, neboť v případě jejich vymrznutí by nebylo nutné ukončovat mechanicky jejich vegetaci. V našem pokusu díky mírné zimy ovšem jarní hrách a bob nevymrzly a jejich vegetace musela být spolu s ozimými leguminózami ukončena vyplečkováním – v našem případě Martínkovou ruční plečkou cca na počátku sloupkování pšenice. V případě výsevu směsi bylo použito opakované vláčení porostu plecemi branami, které rostliny leguminóz poškodilo a olámalo, ale zpravidla zcela nevyvláčelo. Řada autorů (Haugaard-Nielsen & Jensen 2005, Vandermeer 2012, Ehrmann & Ritz 2014, Brant et al. 2018) se věnuje otázkám spojeným se vzájemnými vztahy hlavní a pomocné plodiny v porostu a se vzájemnou konkurenceschopností leguminóz a pšenice. V našem pokusu (výsev směsi) se ukázala vysoká konkurenceschopnost pšenice vůči všem použitým druhům leguminóz. Během intenzivního růstu v průběhu sloupkování pšenice silně přítomné leguminózy potlačovala. Na konci června inkarnát z porostů prakticky vymizel; rostliny hrachů, pokud neodumřely, se krčily při zemi a byly velmi slabé. Pouze na okrajích parcel, kde bylo více světla, se některé rostliny hrachů a inkarnátu udržely až do sklizně. To stejné platilo i pro bob; tam se navíc některé silné rostliny v porostu udržely i ve vnitřních částech parcel.

Hlavní součástí experimentální části práce bylo zhodnocení vlivu testovaných leguminóz, způsobů výsevu a odrůdy pšenice na vybrané produkční parametry pšenice a následně i na kvalitu sklizeného zrna.

Z výsledků vyplynulo, že počet klasů na  $m^2$  před sklizní byl ovlivněn výrazně převažujícím způsobem systémem výsevu, následoval vliv odrůdy pšenice a vliv leguminózy byl rovněž statisticky průkazný, ale znatelně slabší. Při stejném výsevku pšenice 4 MKS/ha byl zaznamenán větší počet klasů na  $m^2$  před sklizní u pšenice seté ve směsi; v průměru převýšil počet klasů na  $m^2$  u výsevu row-by-row o cca 50 klasů. Je zjevné, že rostliny pšenice seté ve směsi, tradičně do řádků 12,5 cm, měly po potlačení leguminóz pro sebe více prostoru a docházelo u nich k menší mezirostlinné a mezistébelné konkurenci, jak uvádí i Haugaard-Nielsen & Jensen (2005), Vandermeer (2012), Ehrmann & Ritz (2014) či Brant et al. (2018). Odrůda Butterfly dosáhla v průměru vyššího počtu klasů na  $m^2$  než odrůda Lorien. Co se týče vlivu leguminózy, v průměru nejvyššího počtu klasů na  $m^2$  dosáhly varianty s hrachem ozimým a hrachem jarním a statisticky průkazně se lišily od variant ostatních, včetně kontroly bez leguminózy. Je však třeba uvést, že reálně nebyly největší rozdíly mezi variantami velké a pohybovaly se okolo 20 klasů na  $m^2$ . Celkově je třeba uvést, že u všech hodnocených variant byl počet klasů na  $m^2$  před sklizní poměrně vysoký. Konvalina & Moudrý (2008) uvádí, že v ekologickém způsobu pěstování považuje za optimální hustota porostu ozimé pšenice (při výsevu do klasických úzkých řádků 12,5 cm) v rozmezí 400–450 klasů na  $m^2$ . Podle tohoto kritéria všechny naše varianty obstály a spíše se blížily horní doporučené hranici.

Hmotnost tisíce semen (HTS) je významným produkčním, ale i jakostním ukazatelem pšenice. Podle Petra (1988) je HTS je ovlivněna jednak odrůdou, jednak podmínkami prostředí. Petr & Škeřík (1999) ve shodě s Piorrem & Köpkem (1985) uvádějí, že pro dosažení vysokých hodnot HTS nelze doporučit v ekologickém systému pěstování drobnozrnných odrůd pšenice a Egli (1998) dodává, že hmotnost obilek je parametrem, který se vyznačuje poměrně vysokou dědivostí, a proto je HTS značně ovlivněna výběrem odrůdy. I z našich výsledků vyplynul výrazně převažující, statisticky průkazný vliv odrůdy na HTS, přičemž HTS odrůdy Lorien dosáhla v průměru vyšší hodnoty než HTS odrůdy Butterfly. Nicméně, vysokých hodnot HTS dosáhly obě odrůdy pšenice – u odrůdy Lorien se HTS pohybovala mezi 51–51 g, u odrůdy Butterfly mezi 49–50 g. O něco vyšší HTS byla v průměru zaznamenána u výsevu systémem row-by-row; zde se pravděpodobně projevil určitý kompenzační efekt ve vztahu k nižšímu počtu klasů při tomto způsobu setí. Vliv leguminózy na HTS byl sice statisticky rovněž průkazný, ale nepříliš výrazný; výrazněji se od ostatních variant lišila pouze varianta s hrachem ozimým, u které byla v průměru zaznamenána HTS nejvyšší (51,49 g).

V případě výnosu pšenice z našich výsledků vyplynulo, že tento parametr byl ovlivněn v převažující míře způsobem setí, následoval vliv odrůdy pšenice a statisticky průkazný byl i vliv leguminózy. Rozdíl ve výnosu mezi oběma způsoby setí činil cca 0,4-0,5 t/ha, ve prospěch výsevu směsi. Je zjevné, že při výsevu row-by-row se opět projevila, stejně jako v případě počtu klasů na  $m^2$ , vyšší mezirostlinná a mezistébelná konkurence mezi rostlinami pšenice a vyšší úbytek rostlin, jak uvádí i Haugaard-Nielsen & Jensen (2005), Vandermeer (2012), Ehrmann & Ritz (2014) a další. Brant et al. (2019) uvádí, že předností výsevu row-by-row je úspora osiva

pšenice a doporučuje pro tyto účely výsevek na úrovni 70–120 kg/ha. Bicanová (1996) pak uvádí, že při setí pšenice do širších řádků je vhodné snížit její výsevek oproti běžnému výsevku o cca 1 – 1,5 MKS/ha. Výsev pšenice do širokých řádků není novou záležitostí. Už cca před 20 let byl některými zahraničními výzkumy doporučován speciálně pro pěstování pšenice v ekologickém zemědělství (tehdy ovšem ještě bez pomocné plodiny). Hlavním důvodem byla skutečnost, že při tomto způsobu setí pšenice dochází k podpoře syntézy bílkovin a navýšení obsahu N-látek v sušině zrna, což je při pěstování potravinářské pšenice v ekologickém zemědělství zásadní. V našich podmínkách se touto problematikou podrobně zabývala Bicanová (1996), která při pěstování pšenice v širších řádcích zaznamenala pomalejší odumírání fotosynteticky aktivní asimilační plochy pšenice i díky lepšímu oslunění a lepšímu světelnému požitku rostlin a prodloužení doby tvorby obilky o cca 5-6 dní. Nárůst obsahu N-látek v sušině zrna ekologické pšenice při tomto způsobu pěstování byl průkazný a poměrně výrazný – o cca 0,3-0,5 % i více. V provozních podmínkách však docházelo při tomto způsobu výsevu k poměrně výraznému poklesu výnosu, a to byl nejspíše hlavní důvod, proč se v praxi v ekologickém zemědělství tento způsob neujal. Nicméně, souběžné pěstování pšenice s pomocnou plodinou by mohlo pomoci a výnos pšenice podpořit.

Jak již bylo uvedeno, vliv leguminózy na výnos pšenice byl statisticky průkazný, ale slabší. V průměru nejvyšší výnos byl zaznamenán u variant s hrachem ozimým, hrachem jarním a bobem obecným, které se statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy, a kromě varianty s bobem i od varianty s inkarnátem. Reálně rozdíl ve výnosu mezi nejlepšími a nejhorsími varianty činil cca 0,3 t/ha. Brant et al. (2019) uvádějí, že zjistili statisticky průkazné a poměrně významné rozdíly ve výnosech pšenice pěstované s pomocnou plodinou (hrachem setým a peluškou). Naproti tomu, někteří další autoři, např. Olesen et al. (2009), Amossé et al. (2013b), Mysliwiec et al. (2013) a Vrignon-Brenas et al. (2018) uvádějí, že se jim vyššího výnosu ve smíšené kultuře nepodařilo dosáhnout; podle nich může výnos v polních podmínkách ovlivňovat celá řada faktorů. Důvodů toho, že se v našem pokusu nepodařilo docílit výraznějších rozdílů ve výnosech pšenice mezi variantami s leguminózami a kontrolou bez leguminózy, může být rovněž celá řada. Mohlo to být ovlivněno např. nevymrznutím jarních leguminóz a jejich pomalejším rozkladem, takže již nestihly výrazněji výnos pšenice ovlivnit. Dalším důvodem by mohl být nižší počet rostlin leguminóz na jednotku plochy, než by bylo žádoucí. Konečně, na VS Praha-Uhřetěves, která leží v úrodné řepářské oblasti středních Čech a pokusné plochy v ekologickém režimu jsou zde již od roku 1994, jsou běžné poměrně vysoké výnosy ozimé pšenice i bez pomocných plodin. Je možné, že se jejich efekt výrazněji uplatní v horších podmínkách a při dlouhodobém užívání tohoto systému. Statisticky průkazně byl výnos pšenice v našem pokusu ovlivněn i odrůdou – v průměru vyššího výnosu dosáhla odrůda Lorien z jakostní skupiny B, která v průměru překonala odrůdu Butterfly z jakostní skupiny E o cca 0,3 t/ha.

Prvním sledovaným jakostním ukazatelem pšenice byla objemová hmotnost zrna. Dle ČSN 46 1100-2 musí zrno pšenice dosahovat minimální objemové hmotnosti na úrovni 76 kg/hl, aby mohlo být použito pro potravinářské účely. Z našich výsledků je patrné, že objemová hmotnost byla ovlivněna výrazně převažujícím způsobem odrůdou pšenice – zde byl rozdíl mezi odrůdami Butterfly a Lorien poměrně výrazný; Butterfly překonala odrůdu Lorien

v průměru o cca 2,4 kg/hl a dosáhla OH na úrovni 81,80 kg/hl (Lorien v průměru 79,41 kg/hl). Statisticky průkazně se uplatnil i vliv leguminózy – nejvyšší OH byla v průměru zjištěna u varianty s bobem obecným, nejnižší u kontroly, a i vliv způsobu setí – při systému výsevu row-by-row byla průměrná OH mírně vyšší oproti systému výsevu směsi.

Obsah N-látek v sušině zrna patří k nejvýznamnějším jakostním ukazatelům zrna pšenice a zásadním způsobem ovlivňuje možnosti jejího využití (Curtis 2002). Z našich výsledků vyplynulo, že v případě tohoto jakostního znaku se vliv leguminózy uplatnil statisticky průkazně a poměrně výrazně, nejvíce ze všech sledovaných faktorů. Prakticky na stejné úrovni, jen o málo slabší, byl vliv způsobu setí a statisticky průkazně se uplatnil i vliv odrůdy. Významně se v tomto případě uplatnila i interakce leguminóza x způsob setí. Skutečnost, že obsah N-látek v sušině zrna byl ovlivněn leguminózou poměrně významně mohla souviset s tím, že využití dusíku z nadzemní i podzemní biomasy leguminóz bylo pravděpodobně více soustředěno právě do pozdních fází vegetace pšenice a ovlivnilo tak obsah N-látek v sušině zrna více než výnos. I z našich grafů, znázorňujících obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice je patrné, že po určitém kolísání variant v průběhu prvních odběrů, byl při posledních odběrech zpravidla zaznamenáván mírně vyšší obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy pšenice u variant s hrachem a bobem oproti kontrole a případně i variantě s inkarnátem. Současně, ono rozkolísání křivek znázorňujících obsah dusíku v sušině nadzemní biomasy bylo mírně vyšší u variant výsevu směsi, což by mohlo opět souviset s kompetičními interakcemi pšenice a leguminózami, jak zmiňují Haugaard-Nielsen & Jensen (2005), Vandermeer (2012) či Ehrmann & Ritz (2014). Zatímco odrůda Butterfly dosáhla v průměru nejvyššího obsahu N-látek v sušině zrna u varianty s bobem obecným, což bylo v souladu se závěry, které učinili Gooding et al. (2007), u odrůdy Lorien byl zaznamenán nejvyšší obsah N-látek u varianty s hrachem ozimým.

Jak již bylo uvedeno, z našich výsledků dále vyplynul statisticky průkazný vliv způsobu výsevu na obsah N-látek v sušině zrna pšenice – vyššího obsahu N-látek dosáhly v průměru varianty pěstované v systému row-by-row. Zde se mohl více pozitivně projevit efekt leguminózy, resp. jejího cíleného rozmístění, ale i efekt, který zmiňuje ve své práci Bicanová (1996) a na základě kterého dosahovala ekologická pšenice pěstovaná v širších řádcích vyššího obsahu N-látek v sušině zrna oproti pšenici pěstované v běžných úzkých řádcích i bez pomocné plodiny, díky lepšímu světelnému požitku, pomalejšímu odumírání fotosynteticky aktivní asimilační plochy v období po kvetení či prodloužení doby tvorby obilky – všechny tyto okolnosti mohly dle Bicanové (1996) syntézu N-látek podpořit.

Statisticky průkazně byl obsah N-látek v sušině zrna ovlivněn i odrůdou – vyšší obsah N-látek byl v průměru zaznamenán u odrůdy Butterfly z jakostní skupiny E. Avšak průměrný obsah N-látek v sušině zrna odrůdy Lorien z jakostní skupiny B byl jen o málo nižší. Dle ČSN 46 1100-2 musí pšenice potravinářská-pekárenská dosáhnout min. obsahu N-látek v sušině zrna 11,5 %. Tento limit by v průměru splnila pouze odrůda Butterfly ve variantě s bobem obecným a blížila by se mu odrůda Lorien ve variantě s hrachem ozimým. Jak uvádí Petr et al. (1998) a Prugar et al. (2008), pšenice z ekologického způsobu pěstování má zpravidla se splněním požadovaného limitu problémy a ukázalo se to i v našem pokusu.

S obsahem N-látek v sušině zrna úzce souvisí další sledovaný kvalitativní ukazatel – obsah mokrého lepku (Hosnedl 2008). Zde se projevil srovnatelný a statisticky průkazný vliv leguminózy a způsobu setí na tento jakostní znak a opět se zde poměrně významně uplatnila i interakce leguminóza x způsob setí. Vliv odrůdy byl v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna statisticky neprůkazný. Stejně jako v případě obsahu N-látek v sušině zrna byl nejvyšší průměrný obsah mokrého lepku v sušině zrna zaznamenán u varianty s bobem a u varianty s hrachem ozimým – tyto dvě varianty se průkazně lišily od ostatních variant včetně kontroly.

Předposledním hodnoceným jakostním ukazatelem byl sedimentační index – Zelenyho test. Jak uvádí Prugar et al. (2008), jeho hodnota vypovídá o množství a technologické kvalitě lepku a tím i vhodnosti pšenice k pekárenským účelům. V našem pokusu byl Zelenyho test ovlivněn výrazně převažujícím způsobem odrůdou. Vliv způsobu setí a vliv leguminózy byly sice ještě statisticky rovněž průkazné, ale výrazně slabší. Také podle Hosnedla (2008) je hodnota Zelenyho testu ovlivněna zejména odrůdou – jedná se o znak s vysokou dědivostí, uplatňují se však i podmínky prostředí; např. Krejčířová et al. (2006) uvádějí, že v případě ekologického způsobu pěstování bývají hodnoty Zelenyho testu nižší oproti pěstování konvenčnímu. U tohoto jakostního znaku se více než u ostatních jakostních ukazatelů projevilo zařazení odrůdy pšenice do příslušné skupiny jakosti – odrůda Butterfly z jakostní skupiny E dosáhla v průměru hodnoty Zelenyho testu na úrovni 41,30 ml, zatímco odrůda Lorien z jakostní skupiny B 31,03 ml. Statisticky průkazně se uplatnil i vliv způsobu setí; v průměru byl zjištěn mírně vyšší Zelenyho test při systému výsevu row-by-row. Co se týče vlivu leguminózy, nejvyšší hodnota Zelenyho testu byla v průměru zaznamenána u varianty s bobem obecným, následovaly varianty s oběma hrachy; mezi těmito variantami nebyl statisticky průkazný rozdíl, průkazně se však lišily od varianty s inkarnátem a od kontroly. Minimální hodnotu Zelenyho testu pro pšenici potravinářskou-pekárenskou (dle ČSN 46 1100-2) 30 ml by v průměru splnily všechny hodnocené varianty.

Posledním jakostním ukazatelem bylo číslo poklesu. U tohoto jakostního ukazatele byl zaznamenán výrazně převažující vliv odrůdy; leguminóza i způsob setí se uplatnily sice ještě statisticky průkazně, ale výrazně méně. U čísla poklesu je uváděn jednak výrazný vliv odrůdy, ale současně i výrazný vliv ročníku, resp. průběhu povětrnostních podmínek, především v období tvorby zrna a dozrávání (Prugar et al. 2008, Krejčířová et al. 2006). Vliv ročníku posoudit nemůžeme, ale výrazný vliv odrůdy se potvrdil – v průměru znatelně vyššího čísla poklesu dosáhla odrůda Butterfly. Celkově však číslo poklesu dosahovalo velmi vysokých hodnot, výrazně přesahujících 300 s a značně tak přesáhlo min. požadavek na číslo poklesu pšenice potravinářské – 220 s. Jak již bylo uvedeno, statisticky průkazně se projevil i vliv leguminózy – nejvyšší číslo poklesu bylo v průměru zaznamenáno u obou hrachů; rozdíly mezi jednotlivými variantami však byly jen malé.

Z výsledků našeho výzkumu celkově vyplynulo, že pěstování pšenice ozimé ve smíšené kultuře s leguminózou může být cestou ke zvýšení kvality pšenice pěstované v systému ekologického zemědělství, zejména z hlediska zvýšení množství dostupného dusíku v půdě, tak jak to uvádí Loreau & Hector (2001), Lithourgis et al. (2011), Brant et al. (2018),

Lambers et al. (2019) a další autoři. Potvrdily se i závěry Konvaliny (2010) a Václavíkové et al. (2012), že pro dosažení dobré pekařské jakosti je vhodné i v ekologickém zemědělství využívat (zejména v lepších půdně-klimatických podmínkách) odrůdy pšenice z elitní skupiny jakosti, nicméně i u odrůdy Lorien z jakostní skupiny B se podařilo dosáhnout u variant s leguminózami uspokojivých hodnot kvalitativních ukazatelů – tyto hodnoty se zpravidla statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy.

Způsob výsevu row-by-row se zdá být z řady důvodů výhodnější než výsev směsi (cílené rozmístění rostlin leguminóz, úspora osiva pšenice, snazší předčasné ukončení vegetace leguminóz plečkováním v případě ekologického zemědělství, zpravidla vyšší hodnoty jakostních ukazatelů pšenice atp.). Jak uvádí Vrignon–Brenas et al. (2018) a Brant et al. (2018), tento způsob výsevu je zároveň vhodnější i pro regulaci plevelů. Na druhé straně, při výsevu row-by-row lze očekávat nižší výnosy pšenice než při běžném výsevu do klasických úzkých řádků, nicméně volbou vhodných komponent, jejich zastoupením ve směsné kultuře a jejich rozmístěním lze výnos pšenice a jeho tvorbu nepochybně podpořit a navýšit i při pěstování v širších řádcích.

Náš polní pokus se uskutečnil v nadprůměrných agroekologických podmínkách, které bohužel řada ekologických zemědělců nemá k dispozici a kde ozimá pšenice zpravidla dosahuje velmi dobrých výsledků i bez pomocné plodiny. Lze se domnívat, že v horších agroekologických podmínkách, na chudších půdách, a také při dlouhodobějším využívání směsné kultury by byl její přínos výraznější (Giller et al. 1991) a vysoce efektivní.



## 7 Závěr

Na základě výsledků přesného polního pokusu, jehož cílem bylo vyhodnotit směsné pěstování pšenice seté ozimé s vybranými leguminózami v ekologickém způsobu pěstování z hlediska vybraných produkčních a jakostních parametrů pšenice lze konstatovat, že:

- Výnos pšenice byl v převažující míře ovlivněn způsobem setí (výsev row-by-row, výsev směsí), následoval vliv odrůdy a statisticky průkazně se uplatnil i vliv leguminózy
- Z hodnocení vlivu leguminóz na výnos pšenice ozimé vyplynulo, že v průměru nejvyššího výnosu dosáhla pšenice setá ve směsné kultuře s hrachem ozimým, hrachem jarním a bobem obecným; tyto varianty se statisticky průkazně lišily od kontroly bez leguminózy, a kromě varianty s bobem i od varianty s inkarnátem.
- Rozdíl ve výnosu mezi nejlepšími a nejhoršími varianty s leguminózami činil cca 0,3 t/ha.
- Pšenice vysetá formou směsí s leguminózami dosáhla v průměru o cca 0,4 – 0,5 t/ha vyššího výnosu než pšenice vysetá systémem row-by-row.
- Odrůda pšenice Lorien z jakostní skupiny B dosáhla v průměru o cca 0,3 t/ha vyššího výnosu než odrůda pšenice Butterfly z jakostní skupiny E.

Předpoklad, že pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s leguminózou povede k navýšení výnosu pšenice byl potvrzen; přestože vliv leguminóz na výnos pšenice nebyl velký, byl statisticky průkazný.

- Vliv leguminóz na obsah N-látek v sušině zrna pšenice byl poměrně výrazný; leguminóza ovlivnila obsah N-látek výrazněji než způsob setí a odrůda pšenice.
- V „nejlepších“ variantách s bobem obecným a hrachem ozimým dosáhla pšenice průměrného obsahu N-látek v sušině zrna na úrovni 11,40 a 11,37 %, kontrola bez leguminózy v průměru 11,16 %.
- Statisticky průkazně se uplatnil i způsob výsevu (výsev row-by-row v průměru 11,40 % N-látek, výsev směsí 11,15 %) a odrůda pšenice.
- Obdobné trendy jsme zaznamenali v případě obsahu mokrého lepku v sušině zrna.
- V případě sedimentačního indexu – Zelenyho testu byl zaznamenán výrazně převažující vliv odrůdy na tento jakostní znak; obdobná situace byla zjištěna v případě čísla poklesu a objemové hmotnosti zrna pšenice.

Předpoklad zlepšení hodnot jakostních ukazatelů při pěstování pšenice ozimé ve směsné kultuře s leguminózou byl potvrzen, a to především v případě obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna pšenice. Naproti tomu, u znaků vyznačujících se silnou vazbou na odrůdu (Zelenyho test, číslo poklesu, ale i objemová hmotnost), byl vliv směsného pěstování s leguminózou slabší.

## 8 Literatura

- Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**:19-31.
- Ammon HU, Scherrer C. 1996. Streifenfrässaar von Mais in Leguminosen und Grasbestände und gezielte Regulation der Bodenbedeckung mit Glyphosat und Glufosinat. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **103**:275-280.
- Amossé C, Jeuffroy M-H, David C. 2013. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. *Field Crops Research* **145**:78-87.
- Amossé C, Jeuffroy M-H, Celette F, David C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *European Journal of Agronomy* **49**:158-167.
- Andrews DJ, Kassam AH. 1976. *The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison.
- Anil, Park J., Phipps R., Miller. 2002. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science* **53**:301-317.
- Banik P, Midya A, Sarkar BK, Ghose SS. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* **24**:325-332
- Bartelheimer M, Steinlein T, Beyschlag W. 2008. <sup>15</sup>N-nitrate-labelling demonstrates a size symmetric competitive effect on belowground resource uptake. *Plant Ecology* **199**:243-253.
- Bedoussac L, Journet É-P, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Prieur L, Jensen ES, Justes E. 2014. *Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Bedoussac L, Justes E. 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat–winter pea intercrops. *Field Crops Research* **124**:25-36.
- Bellostas N, Hauggaard-Nielsen H, Andersen MK, Jensen ES. 2003. Early Interference Dynamics in Intercrops of Pea, Barley and Oilseed Rape. *Biological Agriculture & Horticulture* **21**:337-348
- Bergkvist G, Adler A, Hansson M, Weih M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research* **50**:447-455.
- Bergkvist G, Stenberg M, Wetterlind J, Båth B, Elfstrand S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* **120**:292-298.
- Berner A et al. 2015. *Základy půdní úrodnosti: utváření vztahu k půdě*. II. vydání. Bioinstitut, Olomouc.
- Bicanová E. 1996. *Vztah struktury porostu ozimé pšenice v ekologickém zemědělství k produkčním ukazatelům porostu a ke kvalitě zrna*. Disertační práce. Praha.
- Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmoger J, Tyšer L, Záborský P. 2019. *Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin*. Agrární komora České republiky, Praha.

- Brant V, Záborský P, Škeříková M, Kroulík M, Hofbauer M, Nýč M, Kunte J. 2018. Hrách – pomocná plodina v ozimé pšenici. Kurent. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/hrach-pomocna-plodina-v-ozime-psenici> (accessed December 17, 2020)
- Brant V, Balík J, Fuksa P, Hakl J, Holec J, Kasal P, Neckář K, Pivec J, Prokinová E. 2008. Meziplodiny. Kurent, České Budějovice
- Brisson N et al. 2003. An overview of the crop model stics. *European Journal of Agronomy* **18**:309-332
- Břicháček P, Novák K. 2010. Podzemní koalice. in Ústav experimentální botaniky AV ČR, v.v.i.: *Poznááme svět rostlin. Ústav experimentální botaniky AV ČR, Praha.* Available at <http://www.ueb.cas.cz/cs/content/podzemni-koalice> (accessed January 10, 2021).
- Connolly J, Goma HC, Rahim K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **87**:191-207.
- Corre-Hellou G, Brisson N, Launay M, Fustec J, Crozat Y. 2007. Effect of root depth penetration on soil nitrogen competitive interactions and dry matter production in pea–barley intercrops given different soil nitrogen supplies. *Field Crops Research* **103**:76-85.
- Corre-Hellou G, Fustec J, Crozat Y. 2006. Interspecific Competition for Soil N and its Interaction with N<sub>2</sub> Fixation, Leaf Expansion and Crop Growth in Pea–Barley Intercrops. *Plant and Soil* **282**:195-208.
- Crews TE, Peoples MB. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **102**:279-297.
- Curatti L, Ludden PW, Rubio LM. 2006. NifB-dependent in vitro synthesis of the iron-molybdenum cofactor of nitrogenase. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **103**:5297-5301.
- ČSN 46 1100-2. Pšenice potravinářská
- Dakora FD. 2003. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. *New Phytologist* **158**:39-49.
- David C, Jeuffroy MH, Laurent F, Mangin M, Meynard JM. 2005. The assessment of Azodyn-Org model for managing nitrogen fertilization of organic winter wheat. *European Journal of Agronomy* **23**:225-242.
- Deutsch B, Kahle P, Voss M. 2006. Assessing the source of nitrate pollution in water using stable N and O isotopes. *Agronomy for Sustainable Development* **26**:263-267.
- Dierauer H-U, Stöppler-Zimmer H. 1994. Unkrautregulierung ohne Chemie. Ulmer, Stuttgart.
- Dong N, Tang M-M, Zhang W-P, Bao X-G, Wang Y, Christie P, Li L. 2018. Temporal Differentiation of Crop Growth as One of the Drivers of Intercropping Yield Advantage. *Scientific Reports* **8**.
- Egli DB. 1998. Seed biology and yield of grain crops. CABI, Wallingford.
- Ehrmann J, Ritz K. 2014. Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems. *Plant and Soil* **376**:1-29.
- Eiseltová M. 2017. Pěstování pšenice s luskovinami ve smíšené kultuře vede ke zvýšení koncentrace dusíku a síry v zrna pšenice. in Česká technologická platforma pro zemědělství. Česká technologická platforma pro zemědělství, Praha. Available at

<https://www.ctpz.cz/vyzkum/pestovani-psenice-s-luskovinami-ve-smisene-kulture-vede-ke-zvyseni-koncentrace-dusiku-a-siry-v-zrnu-psenice-84> (accessed January 06, 2021).

- Eskandari H, Ghanbari A. 2010. Effect of different Planting Pattern of Wheat (*Triticum aestivum*) and Bean (*Vicia faba*) on Grain Yield, Dry Matter Production and Weed Biomass. *Notulae Scientia Biologicae* **2**:111-115
- Eugercios Silva AR, Álvarez Cobelas M, Montero González E. 2017. Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas* **26**:37-44.
- Freyer B. 2003. *Fruchtfolgen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Fujita K, Ofosu-Budu KG, Ogata S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant and Soil* **141**:155-175.
- Fustec J, Lesuffleur F, Mahieu S, Cliquet J-B. 2010. Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **30**:57-66.
- Garg N, Geetanjali. 2007. Symbiotic nitrogen fixation in legume nodules: process and signaling. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **27**:59-68.
- Giller KE, Ormesher J, Awah FM. 1991. Nitrogen transfer from Phaseolus bean to intercropped maize measured using <sup>15</sup>N-enrichment and <sup>15</sup>N-isotope dilution methods. *Soil Biology and Biochemistry* **23**:339-346.
- Gooding M J et al. 2007. Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *The Journal of Agricultural Science* **145**:469-479.
- Gordon AJ, Lea PJ, Rosenberg C, Trinchant J-C. 2001. *Plant Nitrogen*. Springer. Berlin, Heidelberg.
- Goss MJ, Carvalho M, Brito I. 2017. Functional diversity of mycorrhiza and sustainable agriculture: management to overcome biotic and abiotic stresses. Elsevier/Academic Press, London, United Kingdom.
- Hartl W. 1989. Influence of undersown clovers on weeds and on the yield of winter wheat in organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **27**:389-396.
- Haugaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen ES. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **65**:289-300.
- Haugaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen ES. 2001. Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops – a field study employing <sup>32</sup>P technique. *Plant and Soil* **236**:63-74.
- Haugaard-Nielsen H et al. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* **113**:64-71.
- Haugaard-Nielsen H, Jensen ES. 2005. Facilitative Root Interactions in Intercrops. *Plant and Soil* **274**:237-250.
- Hesterman OB, Griffin TS, Williams PT, Harris GH, Christenson DR. 1992. Forage Legume-Small Grain Intercrops: Nitrogen Production and Response of Subsequent Corn. *Journal of Production Agriculture* **5**:340-348.
- He X-H, Critchley C, Bledsoe C. 2003. Nitrogen Transfer Within and Between Plants Through Common Mycorrhizal Networks (CMNs). *Critical Reviews in Plant Sciences* **22**:531-567.

- Hodge A. 2004. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytologist* **162**:9-24.
- Høgh-Jensen H, Schjoerring JK. 2001. Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry* **33**:439-448.
- Hosnedl V. 2008. Pšenice – od genomu po rohlík: aktuální poznatky doktorandů získané ve výzkumných laboratořích a na pokusných pozemcích. Kurent, České Budějovice.
- Chalk PM. 1998. Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* **49**:303-316.
- IAASTD. 2009. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD): synthesis report with executive summary: a synthesis of the global and sub-global IAASTD reports. Island Press, Washington.
- Izaurrealde RC, McGill WB, Juma NG. 1992. Nitrogen fixation efficiency, interspecies N transfer, and root growth in barley-field pea intercrop on a Black Chernozemic soil. *Biology and Fertility of Soils* **13**:11-16
- Jalonen R, Nygren P, Sierra J. 2009. Transfer of nitrogen from a tropical legume tree to an associated fodder grass via root exudation and common mycelial networks. *Plant, Cell & Environment* **32**:1366-1376.
- Jansa J, Erb A, Oberholzer H-R, Šmilauer P, Egli S. 2014. Soil and geography are more important determinants of indigenous arbuscular mycorrhizal communities than management practices in Swiss agricultural soils. *Molecular Ecology* **23**:2118-2135.
- Jansa J, Forczek ST, Rozmoš M, Püschel D, Bukovská P, Hřselová H. 2019. Arbuscular mycorrhiza and soil organic nitrogen: network of players and interactions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* **6**.
- Jensen ES. 1996. Grain yield, symbiotic N<sub>2</sub> fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* **182**:25-38.
- Jensen ES, Bedoussac L, Carlsson G, Journet E-P, Justes E, Hauggaard-Nielsen H. 2015. Enhancing Yields in Organic Crop Production by Eco-Functional Intensification. *Sustainable Agriculture Research* **4**.
- Jensen ES. 1996. Barley uptake of N deposited in the rhizosphere of associated field pea. *Soil Biology and Biochemistry* **28**:159-168.
- Johansen A, Jensen ES. 1996. Transfer of N and P from intact or decomposing roots of pea to barley interconnected by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Soil Biology and Biochemistry* **28**:73-81.
- Kadziulienė Z, Sarūnaitė L, Deveikytė I. 2011. Effect of pea and spring cereals intercropping on grain yield and crude protein content. *Ratarstvo i povrtarstvo* **48**:183-188.
- Kintl A, Elbl J, Záhora J, Kynický J, Brtnický M, Mikajlo I. 2015. Evaluation of grain yield in mixed legume-cereal cropping systems. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research* **2015**:96-98.
- Kintl A, Ondrisková V, Huňady I, Elbl J. 2021. Jak na smíšenou kulturu? *Zemědělec* **2021**:23.
- Konvalina P. 2010. Volba druhu a odrůdy pšenice v ekologickém zemědělství: certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

- Konvalina P, Moudrý J. 2008. Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství: (uplatněná metodika). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, České Budějovice.
- Krejčířová L, Capouchová I, Petr J. 2007. Skladba bílkovin a kvalita ozimé pšenice z ekologického a konvenčního způsobu pěstování: sborník z konference; Praha Suchdol, 6.-7.2.2007. 76-78in Ekologické zemědělství 2007. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Lambers H, Chapin III FS, Pons TL. 2019. Plant Physiological Ecology. Springer International Publishing, Cham.
- Lemaire G, Jeuffroy M-H, Gastal F. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. European Journal of Agronomy **28**:614-624.
- Lian T, Mu Y, Jin J, Ma Q, Cheng Y, Cai Z, Nian H. 2019. Impact of intercropping on the coupling between soil microbial community structure, activity, and nutrient-use efficiencies. PeerJ **7**.
- Lithourgidis A, Dordas C, Damala C, Vlachostergios D. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal of Crop Science **5(4)**:396-410.
- Lithourgidis AS, Dhima KV, Vasilakoglou IB, Dordas CA, Yiakoulaki MD. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development **27**:95-99.
- 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.
- Loreau M, Hector A. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. Nature **412**:72-76.
- Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, Tourdonnet S, Valantin-Morison M. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. Agronomy for Sustainable Development **29**:43-62.
- Martin MPLD, Snaydon RW. 1982. Root and Shoot Interactions Between Barley and Field Beans When Intercropped. The Journal of Applied Ecology **19**:263-272.
- Martin MPLD, Snaydon RW, Drennan DSH. 1982. Lithium as a non-radioactive tracer for roots of intercropped species. Plant and Soil **64**:203-208.
- Masarykova univerzita. 2021. Symbiotická fixace dusíku u rostlin. Masarykova univerzita, Brno. Available at [https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/Bi7240/um/2015\\_Symbioticka\\_fixace\\_dusiku\\_Text.pdf?lang=en](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/Bi7240/um/2015_Symbioticka_fixace_dusiku_Text.pdf?lang=en) (accessed January 09, 2021).
- Mendelova univerzita. 2021. Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy: Neviditelný život v půdě – mikroorganismy. Mendelova univerzita, Brno. Available at [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3971&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3971&typ=html) (accessed January 09, 2021).
- Midmore DJ. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field Crops Research **34**:357-380.
- Mkamilo GS. 1998. Analysis of yield advantage in intercropping. Wageningen.
- Möllerová J. 2006. Symbiotická fixace dusíku: Bakterie Rhizobium s. l. a Frankia. Živa **2006**:9-12.

- Natarajan M, Willey RW. 1980. Sorghum-pigeonpea intercropping and the effects of plant population density. *The Journal of Agricultural Science* **95**:51-58.
- Naudin C, Corre-Hellou G. 2011. Producing organic wheat with high grain protein content: the significance of intercropping and the need for diagnostic tools. International Centre for Research in Organic Food Systems (ICROFS), Denmark.
- Ofori F, Stern WR. 1987. Cereal–Legume Intercropping Systems. *Advances in Agronomy* **41**:41-90.
- Olesen JE, Askegaard M, Rasmussen IA. 2009. Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming. *European Journal of Agronomy* **30**:119-128.
- Patra DD, Sachdev MS, Subbiah BV. 1986. 15N studies on the transfer of legume-fixed nitrogen to associated cereals in intercropping systems. *Biology and Fertility of Soils* **2**:165-171.
- Petr J. 1998. Tvorba biologického a hospodářského výnosu obilnin. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Petr J, Škeřík J. 1999. Výnosová odezva odrůd ozimé pšenice na nízké vstupy. *Rostlinná výroba* **5**:14-16.
- Piorr P, Köpke U. 1985. Strategien zur Optimierung des Getreidebaus im Organischen Landbau: Zielsetz. in Prof.Org. Landb.Semininar. Landwirt. Vers.-Betr. Wies.Univ, Bonn.
- Pokorný R. 2015. Stanovení indexu listové plochy v nesmíšených porostech lesních dřevin: Certifikovaná metodika. Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i, Brno.
- Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.
- Ramirez-Garcia J, Martens HJ, Quemada M, Thorup-Kristensen K. 2015. Intercropping effect on root growth and nitrogen uptake at different nitrogen levels. *Journal of Plant Ecology* **8**:380-389.
- Rao MR, Willey RW. 1980. Evaluation of Yield Stability in Intercropping: Studies on Sorghum/Pigeonpea. *Experimental Agriculture* **16**:105-116.
- ROČENKA 2019: Ekologické zemědělství v České republice. 2021. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Schenk HJ, Callaway RM, Mahall BE. 1999. Spatial Root Segregation: Are Plants Territorial? *Advances in Ecological Research* **28**:145-180.
- Singh P, Rajput RS, Ram RM, Singh HB. 2019. Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms. Springer. Singapore.
- Stagnari F, Maggio A, Galieni A, Pisante M. 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* **4**.
- Stern WR. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field Crops Research* **34**:335-356.
- Sudhakar P, Reddy PV, Latha P. 2016. Phenotyping Crop Plants for Physiological and Biochemical Traits. Elsevier, Tirupati.
- Teasdale JR, Mohler CL. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science* **48**:385-392.

- Thorsted MD, Olesen JE, Weiner J. 2006. Mechanical control of clover improves nitrogen supply and growth of wheat in winter wheat/white clover intercropping. *European Journal of Agronomy* **24**:149-155.
- Thorup-Kristensen K. 2001. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant and Soil* **230**:185-195.
- Tosti G, Thorup-Kristensen K. 2010. Using coloured roots to study root interaction and competition in intercropped legumes and non-legumes. *Journal of Plant Ecology* **3**:191-199.
- Tsubo M, Walker S, Mukhala E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/intercropping systems with different row orientations. *Field Crops Research* **71**:17-29.
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně. Seznam doporučených odrůd pro ekologické zemědělství 2019: Pšenice ozimá. 2018. Národní odrůdový úřad, Brno. s
- Václavíková M, Konvalina P, Hajšlová J. 2012. Kvalita pšenice v ekologickém zemědělství. *Zemědělec* **2012**:33.
- Vance CP. 2001. Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition. *Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources*. *Plant Physiology* **127**:390-397.
- Vandermeer JH. 2012. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press, Praha.
- van Kessel C, Singleton PW, Hoben HJ. 1985. Enhanced N-Transfer from a Soybean to Maize by Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) Fungi. *Plant Physiology* **79**:562-563.
- Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G, David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research* **224**:160-169.
- Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G, David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research* **224**:160-169.
- Walker TS, Bais HP, Grotewold E, Vivanco JM. 2003. Root Exudation and Rhizosphere Biology. *Plant Physiology* **132**:44-51.
- Wang D, Marschner P, Solaiman Z, Rengel Z. 2007. Belowground interactions between intercropped wheat and Brassicas in acidic and alkaline soils. *Soil Biology and Biochemistry* **39**:961-971.
- Wanic M, Wanic M, Orzech K, Myśliwiec M, Michalska M. 2012. Nitrogen content and uptake by spring wheat and undersown Persian clover depending on plant density. *Journal of Elementology* **21**:231-246.
- Whipps JM, Lynch JM. 1985. Energy losses by the plant in rhizodeposition. *Annual Proceedings* **26**:59-71.
- Willey RV. 1979. Intercropping—its importance and research needs. *Field Crop Abstracts*:73-85.
- Willey RW. 1985. Evaluation and Presentation of Intercropping Advantages. *Experimental Agriculture* **21**:119-133.



- Willey RW. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management* **17**:215-231.
- Yan F, Schubert S, Mengel K. 1996. Soil pH changes during legume growth and application of plant material. *Biology and Fertility of Soils* **23**:236-242.
- Yu Y, Stomph T-J, Makowski D, van der Werf W. 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. *Field Crops Research* **184**:133-144.
- Záhora J, Urbánková O, Elbl J, Hynšt J, Stroblová M, Tůma I, Kintl A, Plošek L, Záhora J. 2015. *Půda, místo pro život*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Zhenzhong S, Zhu O, Fadong L, Lanfang W. 2012. Impact of Cutting a Clover Crop on the Nitrogen Supplied to Winter Wheat in an Intercropping System. *Journal of Resources and Ecology* **3**:73-79.



## 9 Samostatné přílohy

Obsahem přílohy jsou fotografie z polních pokusů ze sezóny 2019/2020.



*Příloha 1 Bob obecný ve směsi v pšenici (odrůda Butterfly) – v případě výsevu směsi s pšenici do úzkých řádků je patrné nerovnoměrné vzejití bobu*



*Příloha 2 Porost pšenice vysetý systémem row-by-row na konci sloupkování  
(leguminózy vyseté v prostoru meziřadí se podařilo z větší části vyplečkovat Martínkovou  
ruční plečkou na počátku sloupkování pšenice)*



*Příloha 3 Pšenice Lorien – smíšená kultura s jetelem inkarnátem v průběhu metání*



*Příloha 4 Jetel inkarnát v pšenici – výsev směsi*



*Příloha 5 Ozimý hrách v porostu s pšenicí (výsev směsi) v době květu hrachu  
(některé rostliny hrachu se udržely, i přes poškození vláčením a potlačení pšenicí, především na okrajích parcel)*



*Příloha 6 Smíšená kultura pšenice s bobem obecným (výsev směsi) – některé silnější rostliny bobu se v porostu udržely i přes poškození vláčením, opět především na okrajích, ale místy i uvnitř parcel*





*Příloha 7 Ozimý hrách ve výsevu směsi se udržel zejména na okrajích parcel, kde nebyl  
Zastíněn a potlačen pšenicí*