

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



Luskoviny jako pomocné plodiny v ozimé pšenici

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Ladislav Paclt

Obor studia: Rostlinná produkce

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

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D za jeho trpělivost a mnoho cenných rad při psaní diplomové práce.

Luskoviny jako pomocné plodiny v ozimé pšenici

Souhrn

Pšenice setá ozimá (*Triticum aestivum* L.) je nejpěstovanější obilninou v České republice. Osevní plochy se pohybují na úrovni cca 795 000 ha. V současné době v oblasti Evropy jednoznačně převládá tradiční způsob pěstování jednodruhových porostů s každoročním střídáním, kdy je pěstován a sklizen na jednom pozemku pouze jeden rostlinný druh za rok. Pěstování směsných porostů má přitom dlouhou tradici a v mnoha regionech po celém světě dodnes tvoří výnosy z ploch se směsnými porosty značné procento objemu produkce. S vývojem nových systémů a díky možnostem, které skýtá precizní zemědělství, je snaha začlenit pěstování směsí i do současné pěstivelské technologie. Účelem ovšem není sklídit všechny komponenty směsi, ale pozornost se zaměřuje na mimoprodukční využití rostlinných druhů jako pomocných plodin.

Cílem této diplomové práce bylo na základě přesných polních experimentů prokázat vliv luskovin jako pomocných plodin v ozimé pšenici. Pěstování luskovinoobilných směsí pro produkci krmiva, ať už se jedná o zrno nebo píci, je běžné. Luskovina s obilninou vzájemně pozitivně interaguje díky komplementaritě. Je to především díky schopnosti luskovin vázat dusík. V porostu tedy nedochází ke konkurenci o tuto živinu, která je stěžejní pro vývoj rostlin. Při mimoprodukčním využití luskoviny jako pomocné plodiny v obilnině jsou oba druhy vysety najednou, a to buď jako směs nebo odděleně ob řádek. Pomocná plodina nesetrvává v porostu až do sklizně, ale pouze do té doby, dokud je užitečná a nekonkuruje hlavní pěstované plodině. Podle předpokladů by měla luskovina fungovat pro obilninu jako zdroj dusíku a umožnit tím snížit potřebnou dávku dusíkatého minerálního hnojiva.

Přesné polní pokusy probíhaly v hospodářském roce 2016-2017 na lokalitě Budihostice (střední Čechy), přesné GPS koordináty GPS: 50°19'2.723"N, 14°15'7.999"E. Porosty byly založeny dne 26.9.2016 secím strojem Falcon firmy Farnet, který umožňuje výsev dvou plodin najednou. Plodiny byly vysety ob řádek, kdy rozteč mezi výsevními botkami byla 125 mm, přičemž mezi řádky téže plodiny činila 250 mm. V rámci experimentů byly ověřovány tři odrůdy ozimé pšenice (Julie, Penelope a Turandot). Pomocnými plodinami byly ozimá forma hrachu setého (odrůda Aviron, úponkový typ) a jarní forma, odrůda Protecta (listový typ). Dále byla ověřována ozimá forma hrachu rolního Arkta a forma jarní, odrůda Arvika. Cílem bylo založit porosty pšenice s hustotou 150-200 rostlin/m², výsevky

hrachu se pohybovaly od 40 do 140 kg/ha. Porosty pšenice s hrachem byly na jaře hnojeny jednorázovou dávkou 55 kg N/ha. Kontrolní variantu představoval porost pšenice ozimé odrůdy Genius, který byl konvenčně založen ve stejný den jako porosty pšenice s hrachem. Tento porost byl hnojen dávkou 200 kg N/ha.

Výnos zrna pšenice byl na pokusných plochách obdobný, ale i vyšší než na konvenční ploše, která poskytla výnos 7,380 t/ha. Zrno z pokusných ploch mělo navíc prokazatelně vyšší hodnoty objemové hmotnosti a HTZ. Jako důležitý faktor se ukázal počet rostlin hrachu, kdy vyšší výnosy vůči kontrole vykazovaly plochy s 64 případně více rostlinami hrachu na m². Jako vhodnější se jeví využití ozimého hrachu rolního, protože vykazuje vyšší hodnoty dynamiky růstu ve srovnání s ozimými formami hrachu setého.

Provedené experimenty prokázaly, že luskoviny jako pomocné plodiny v pšenici ozimé mají pozitivní vliv na výnos a že porosty pšenice pěstované v širších řádcích při nižším počtu rostlin na jednotku plochy vykazují shodné výnosy jako konvenčně pěstované porosty.

Klíčová slova: luskoviny, hrách, pšenice ozimá, živiny

Pulses as supportive plants in winter wheat stands

Summary

Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most commonly grown cereal in the Czech Republic. The sowing area is about 795,000 ha. Nowadays, the traditional way of growing monoculture stands with an annual rotation prevails in Europe, where only one plant species is grown and harvested per year. Cultivation of mixed stands has a long tradition, and in many regions around the world mixed-crop stands areas still account for a significant percentage of production bulk. With the development of new systems and the opportunities offered by precision farming, it is an effort to implement the cultivation of blends into contemporary cultivation technology. However, the purpose is not to harvest all components of the mixture, but the focus is on non-production use of plant species as supportive crops.

The aim of this thesis was to prove the influence of legumes as supportive crops in winter wheat, based on precise field experiments. Cultivation of leguminous mixtures for the production of feed for grain or forage is common. Grain legume interact positively with cereal thanks complementarity. The main reason is the ability of biological nitrogen fixation. So there is no competition in the growth of this nutrient that is crucial to plant development. In the use of the legume as a cereal supportive crop, both crops are sown at once, either as a mixture or separately. The supportive crop does not survive in the crop stand until the harvest, but only until it is useful and does not compete with the main crop. According to the assumptions, the legume should work as a source of nitrogen for the cereal and allow it to reduce the required amount of nitrogenous mineral fertilizer.

Exact field experiments took place in Budihostice (Central Bohemia), GPS coordinates: 50 ° 19'2.723 "N, 14 ° 15'7.999" E in the 2016-2017 agriculture year. The stands were established on 26.9.2016 by Farnet's Falcon seeding machine, which allows the sowing of two crops at once. The crops were planted in inter-row spacing 125 mm, with the inter-row spacing of the same crop 250 mm. Three varieties of winter wheat (Julie, Penelope and Turandot) were tested in the experiments. The supportive crop was the winter form of garden pea (Aviron variety), spring form, Protecta variety (leaf type). In addition, the winter form of the field pea Arkta and the spring form, the variety Arvika. The aim was to establish wheat stands with a density of 150-200 plants/m², pea slips ranging from 40 to 140 kg/ha. Peas of wheat with peas were fertilized in spring with a single dose of 55 kg N/ha. The control variant

consisted of a crop of winter wheat variety Genius, which was conventionally established on the same day. This stock was fertilized at a dose of 200 kg N/ha.

Grain yield of wheat was similar on the experimental areas, but also higher than on the conventional area (7.380 t/ha). In addition, the grain from the experimental surfaces had demonstrably higher specific weight and thousand grain weight values. An important factor was the number of pea plants. Higher crop yields achieve areas with 64 or more pea plants per m². The use of winter field pea is more suitable because it shows higher values of growth dynamics compared to winter forms of garden pea.

The experiments showed that the pulses as supportive crops in winter wheat have a positive effect on yield and that the crops of wheat grown in wider rows with a lower number of plants per unit area achieve the same yields as conventionally grown stands.

Keywords: pulses, pea crop, winter wheat, nutrients

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Společné pěstování plodin	11
3.1.1 Základní princip.....	11
3.1.2 Využití luskovin	15
3.1.3 Situace v současnosti, nové systémy	15
3.1.3.1 Jeteloviny v řepce.....	16
3.1.3.2 Pomocné plodiny v kukuřici	17
3.1.3.3 Luskoviny v obilninách	18
3.2 Luskoviny – Hrách setý	19
3.2.1 Základní charakteristika	19
3.2.2 Současná pěstitelská technologie hrachu setého.....	21
3.2.3 Význam luskovin	22
3.2.3.1 Zdroj organické hmoty	22
3.2.3.2 Vazba živin.....	24
3.2.3.3 Vliv na půdní strukturu.....	25
3.2.3.4 Vliv na půdní mikroorganismy.....	26
3.3 Obilniny – Pšenice ozimá	27
3.3.1 Základní charakteristika	27
3.3.2 Struktura porostu.....	28
3.3.3 Současná pěstitelská technologie	30
4 Materiál a metody	32
4.1 Charakteristika pokusného stanoviště	32
4.2 Metodika pokusu	33
4.3 Výsledky	36
5 Diskuse	44
6 Závěry a doporučení	47
7 Seznam literatury	48

1 Úvod

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy a provázejí lidskou společnost prakticky po celou dobu jejího historického vývoje. Vhodně zpracované obilniny jsou v celosvětovém měřítku nejvýznamnějším zdrojem energie formou sacharidů. Mezi nejvýznamnější obilniny v současnosti patří pšenice setá (*Triticum aestivum* L.). Pšenice je nejrozšířenější obilninou i v České republice. Vzhledem k její vysoké přizpůsobivosti a velkému množství odrůd s rozdílnými nároky se úspěšně pěstuje v nejúrodnějších oblastech státu (hlavně řepařská výrobní oblast), ale i méně příznivých podmínkách, kde však vyžaduje nejlepší půdy a dobré hnojení. V České republice převažuje pěstování ozimé pšenice, která poskytuje stabilní a vysoké výnosy kvalitního zrna dosahující 8 – 9 t/ha. Jedná se tedy o velmi intenzivně pěstovanou plodinu, která je hnojena vysokými dávkami především dusíkatých minerálních hnojiv. Osevní plochy v České republice jsou v současnosti na úrovni cca 795 tis. ha.

Konvenční porosty polních plodin, pšenice nevyjímaje, jsou v podmínkách České republiky v drtivé většině pěstovány jako jednodruhové. Směsné porosty jsou využívány především pro produkci kvalitního krmiva díky obohacení porostu obilniny o luskovinu, která je zdrojem cenných bílkovin. V současnosti se výzkum směsných porostů orientuje především do oblasti ekologického zemědělství, kde je díky vzájemné komplementaritě rostlin s úspěchem vyrovnávána absence použití minerálních hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Zkoumá se i využití směsných porostů pro potřeby bioplynových stanic. Během několika minulých let narostlo pěstování směsí díky novým dotačním titulům, které požadují dodržování zemědělských postupů příznivých pro klima a životní prostředí. V rámci nich bylo možno podmínky splnit mimo jiné zařazením meziplodin případně jejich směsí.

Během několika posledních let lze pozorovat trend neustále se zpříšňujících pravidel pro užívání hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, který je v některých zemích ještě markantnější než u nás, například ve Francii. V této souvislosti jsou vyvíjeny nové systémy, které by bylo možno začlenit do současné pěstitelské technologie za účelem snížení potřeby užívání pomocných látek v zemědělství. Pro tyto účely se jeví jako perspektivní využití luskovin (hrachu setého) jako pomocných plodin především v porostech pšenice ozimé. Hrách je vyset společně s pšenicí a setvárá v porostu pouze po dobu, dokud je užitečný, a poté je herbicidně odstraněn. Dusík navázaný rostlinami hrachu by po jejich umrtvení měl být přístupný pro pšenici, což by umožnilo snížit dávku minerálních hnojiv.

2 Cíle práce

Cílem práce je na základě přesných polních experimentů ověřit možnosti využití luskovin jako pomocných plodin v pěstebních systémech ozimé pšenice.

Dílčí cíle:

1. Stanovit vliv luskovin jako pomocných plodin na výnos ozimé pšenice pěstované v širších řádcích.
2. Ověřit možnosti pěstování ozimé pšenice v širších řádcích při sníženém počtu rostlin na jednotku plochy.

Hypotézy:

- H0 – Luskoviny jako pomocné plodiny v ozimé pšenici mají pozitivní vliv na výnos.
- H1 – Porosty ozimé pšenice pěstované v širších řádcích a při nižším počtu rostlin na jednotku plochy vykazují shodné výnosy jako konvenčně pěstované porosty.

3 Literární rešerše

3.1 Společné pěstování plodin

3.1.1 Základní princip

Termín osevní postup, nebo také pěstební systém, odkazuje na pěstované plodiny, jejich sled a uspořádání na konkrétním pozemku v čase. Zjednodušeně to znamená mnoho možností, které plodiny pěstovat a jak je řadit za sebou, případně jak organizovat porosty (Nafzinger, 2009).

Existují různé typy pěstebních systémů, které se vyvíjely jak z historického hlediska souvisejícího s rozvojem lidského poznání, tak z hlediska zeměpisného umístění oblasti pěstování. Mezi nejzákladnější patří rozdělení na monokulturní systém a systém se střídáním plodin. Monokulturní způsob znamená pěstování jedné plodiny na stejném pozemku neustále po sobě, například po kukuřici se seje opět kukuřice. Po stránce ekonomické se jedná o velmi efektivní způsob rostlinné produkce, nicméně z hlediska ekologického má řadu nevýhod. Dochází ke zhoršování půdní úrodnosti a snižování biodiverzity. Tlak chorob, škůdců a plevelů je neúměrně větší a je zde vyšší riziko vzniku rezistence vůči přípravkům na ochranu rostlin. Monokultury jsou mimo jiné typické pro plodiny pěstované na plantážích. Jedná se kupříkladu o bavlnu či palmu olejnou. Způsob se střídáním plodin, kdy je každý rok na pozemku zasetá jiná plodina, postrádá nebo alespoň eliminuje většinu nevýhod monokulturního pěstování a navíc lépe reaguje na situaci na trhu. Je ovšem ekonomicky náročnější (Vandermeer, 1992).

Systém střídání plodin se dělí na další podkategorie především podle počtu druhů pěstovaných plodin. Ty je totiž možné střídat nejen každoročně, ale i v rámci jednotlivých let, a to jako jednodruhové porosty (více plodin v jednom roce) nebo jako směsi. V podmínkách středoevropského zemědělství má majoritní zastoupení systém, kdy je v jednom roce na pozemku pěstován jeden rostlinný druh. Samotný osevní postup je různě široký podle zaměření konkrétního pěstitele. (Kollas et al., 2015). Pěstování více plodin v jednom roce na jednom pozemku je možné buď odděleně (monokultura), nebo ve směsích (polykultura). Pro oddělené pěstování jsou vhodné druhy s kratší vegetační dobou. Kupříkladu na Floridě je praktikován sled: obilnina na senáž, kukuřice na siláž a nakonec krmný čirok na siláž. Ve středoevropských podmínkách je možno obdobné širší sledy pozorovat u zelinářských osevních postupů, kdy se na pozemku během roku běžně vystřídají dva až tři druhy zeleniny. Zvláštním případem je vícenásobná sklizeň. Plodina po první sklizni sama regeneruje a

poskytne ještě další úrodu v tom samém roce. Příkladem může být zrnový čirok, který po sklizni znovu obroste a umožní ještě jednu sklizeň (Gallaher, 2009).

Pěstování ve směsích může mít několik forem. První typ představuje model, kdy více rostlinných druhů roste zároveň na jednom pozemku pouze po část vegetace. Do stávající, dříve zaseté plodiny, se během její vegetace, před dozráním, přiseje další plodina. Tento způsob umožňuje pěstovat a sklídit dvě plodiny po sobě v oblastech s kratším vegetačním obdobím. Příkladem může být sója s pšenicí či volečka s bavlnou. Tento způsob organizace porostu skýtá teoretickou možnost využití jako podsevu a krycí plodiny. Pro úspěšné zvládnutí je nutná kvalitní pěstební technologie (Gleissmann, 1985). Druhou variantou je směs plodin, které jsou zasety ve stejnou dobu a rostou společně až do sklizně. Osivo je rovnoměrně promícháno, porost je tedy skutečnou směsí, navíc není organizován do řádků (Petrie and Bates, 2017). Třetí možností je struktura porostu, kdy je opět vytvořeno směsné osivo, ale je vyséváno do řádků. Porost má tedy klasickou řádkovou organizaci a plodiny jsou v jednotlivých řádcích namíchány. Typickým případem jsou luskovinoobilní směsi, využívané pro výživu přežvýkavců. Určitým mezistupněm jsou podsevové porosty, kdy je krycí plodina organizována do řádků, ale plodina podsevová je vysévána rovnoměrně po celé ploše (IIRR, 2005). Čtvrtou, poslední variantou organizace směsného porostu je pásová struktura (konturové obhospodařování). Jednotlivé druhy rostlin jsou pěstovány v pásích. V USA je tento systém hojně využíván pro pěstování sóji společně s kukuřicí, přičemž je důležitá volba šířky pásů. Vyšší a dříve setá kukuřice přijímá na rozhraní se sójou více světla a poskytuje vyšší výnosy. Naproti tomu sója na tomto rozhraní trpí, neboť je vystavena konkurenci o světlo, vodu a živiny se sousední kukuřicí. Při rostoucí šířce pásů dochází ke kompenzaci díky tomu, že kukuřice mimo jiné plní funkci větrolamu. Negativní vlivy kompetice se omezují pouze na hraniční řádky. Pokud není voda limitujícím faktorem, dosahuje se při tomto způsobu pěstování sóji s kukuřicí (šířka pásů větší než šest řádků) vyšší produkce a čistého výnosu než při pěstování odděleně. Negativní vlivy kompetice lze dále ještě redukovat přidáním další plodiny, například ovsa. Pásově pěstování nachází mimo jiné uplatnění v erozně ohrožených oblastech (West and Griffith, 1992).

Důležitým faktorem ovlivňujícím vzájemné fungování rostlin ve směsi je již zmíněná kompetice. Tohoto stavu je dosaženo, pokud dva organismy využívají přírodní zdroje (např. světlo, dusík, voda), jejichž rozsah není natolik velký, aby byly pokryty potřeby obou organismů. Studium kompetice umožňuje pochopit vztahy a konkurenční pochody mezi rostlinami (Casper and Jackson, 1997). Konkurence mezi jedinci stejného druhu – vnitrodruhová kompetice – může být poměrně intenzivní v případě, že potřeby jedinců jsou

velmi podobné. V rámci monokulturního zemědělství bylo vyvinuto značné úsilí pro zjištění, jak hustě lze pěstovat plodiny, aniž by se projevila kompetice s negativním vlivem na výnos. Kompetice mezi jedinci různých druhů, nazývaná mezidruhovou kompeticí, nabývá význam v případě, že úrovně zdrojů nestačí plnit potřeby obou jedinců. Menší míra kompetice je u druhů, které mají různé nároky na zdroje, případně jsou alespoň časově odlišeny, pokud jsou stejné. Opakem kompetice je komplementarita (Gliessmann et al., 1997). Morfologické a fyziologické vlastnosti jednotlivých druhů plodin polykultury skrze kompetiční a komplementární vztahy ovlivňují vlastnosti a produktivitu směsných kultur (Davis et al., 1986).

Společné pěstování v porovnání s pěstováním plodin odděleně přináší možnost zvýšení výnosu. Hlavní výhodou je nárůst produkce na jednotku plochy díky efektivnějšímu využití zdrojů. Nezbytná je ovšem vhodná volba rostlinných druhů. Směs je produktivnější, když se její jednotlivé komponenty výrazněji liší v délce a rozložení vývoje v rámci vegetačního období. To znamená, že jsou jejich nároky na zdroje časově rozlišeny a nekonkurují si tak. Pokud je směs složena z druhů se stejnou délkou vegetace, dosahuje se pouze efektivnějšího využití prostoru. Ovšem při kombinaci plodin, které se v rozložení vegetační doby liší, dochází k lepšímu využití prostoru spolu s lepším využitím doby vhodné pro pěstování. Pěstování v polykulturách tedy umožňuje intenzifikaci v čase a prostoru (Jalilian et al., 2017).

Jedním z hlavních důvodů pěstování polykultur je udržování a zlepšování půdní úrodnosti, což je možné díky vhodné kombinaci plodin ve směsi. Klasickým příkladem je plodina s hlubším kořenovým systémem, která zpřístupňuje prokořeněním profilu živiny z hlubších vrstev půdy pro mělkěji kořenící, společně pěstované plodiny (například luskoviny a obilniny). Kombinace druhů s různými kořenovými systémy zabezpečuje lepší prokořenění půdního profilu a umožňuje zpřístupnění živin i v imobilních formách. Celkové využití živin jednotlivými rostlinami směsi je často nižší. Ovšem celkové využití živin porostu směsi je efektivnější (Geno and Geno, 2001). Stejně tak příjem a využití slunečního záření je efektivnější u směsi než u monokultur. Je to z důvodu prodloužení doby pokryvu půdního povrchu, případně díky celkovému lepšímu zastínění půdy. Při vyšších hustotách porostů se u směsi zachycuje více slunečního záření, především v počátečních fázích vývoje. Díky nesynchronní kombinaci komponentů směsi (každý druh roste a dozrává v jinou dobu) lze během roku dosáhnout větší absolutní pokryvnosti listoví. To umožňuje zachycení více sluneční energie než u monokultur. Vytvořená struktura vzniklá zapojením porostu směsi napomáhá díky porostnímu mikroklimatu udržovat vyšší relativní vlhkost, tedy zabraňuje

vysychání a zachovává dobré podmínky pro růst a vývoj rostlin i v sušších obdobích. Porostní období, které je u polykultury delší, omezuje nežádoucí evaporaci půdní vlhkosti. Navíc díky své hustotě a prokořenění půdního profilu působí preventivně proti půdní erozi (Willey, 1990). Známa je u určitých kombinací plodin redukce chorob a škůdců v porostech. Je to především díky vyšší diverzitě druhů v porostu a příznivějším mikroklimatickým podmínkám. Nižší tlak chorob a škůdců je kupříkladu znám při společném pěstování rajčat a kukuřice. Některé druhy rostlin mají navíc schopnost alelopatie, tedy produkce látek omezujících růst jiných organismů. Redukce plevelů v polykulturách je značná. K tomuto jevu dochází dvěma způsoby. Zaprvé je to díky tomu, že směsné kultury jsou úspěšnější v osvojování živin a prostoru oproti monokulturám a tím lépe konkurují plevelům, případně je alelopaticky potlačují. Druhou možností je schopnost využití živin pro plevele nepřístupných a efektivnější hospodaření se živinami oproti monokulturám (Gleismann, 1985).

Pozitivní dopady společného pěstování na výnos lze charakterizovat několika metodami. Nejběžněji používanou je metoda LER (land equivalent ratio), která umožňuje porovnat biologickou výkonnost a výnos z jednotky plochy. Jednoduše slouží k měření pozitivních a negativních interakcí plodin a matematicky vyjadřuje efektivitu dané kombinace rostlin ve směsi. K výpočtu LER je zapotřebí znát výnosy plodin jak ze směsi, tak z monokultury. Výnos plodiny pěstované ve směsi se vydělí výnosem té samé pěstované samostatně. K výsledku se přičte stejný poměr výnosů všech dalších plodin, jež směs obsahuje. Pokud je hodnota LER vyšší než 1,0, je pěstování ve směsi výhodné. Při hodnotě menší než 1,0 je neefektivní. Pro příklad, pokud hodnota LER dosahuje čísla 3, je směs třikrát produktivnější, než jednotlivé monokultury dohromady (Gebru, 2015).

Pěstování polykultur sebou bezpochyby nese i řadu nevýhod. Ty zahrnují riziko snížení výnosu hlavní plodiny a redukce celkové produkce v obdobích sucha a vyšší pracovní vstupy. Z mnoha případů je známo, že hlavní plodina ve směsi nedosáhla tak vysokého výnosu jako při pěstování v monokultuře z důvodu mezidruhové konkurence o zdroje v rámci směsného porostu. Tato výnosová deprese se může v případě, že její výkupní cena je vyšší než u ostatních plodin polykultury, výrazněji promítnout do ekonomických výsledků pěstování. Další nevýhodou navyšující vstupy mohou být vyšší nároky na péči o porosty, především odplevelení. To musí být často prováděno ručně. Tento problém je méně významný v zemích, kde je ruční práce na farmách levná (např. Etiopie apod.). Ovšem v zemích s nedostatkem pracovních sil se jedná o překážku dále zvyšující náklady. Sklizeň těchto porostů může být komplikovaná a zároveň hrozí poškození ostatních plodin při sklizni jedné, právě zralé. V poslední řadě může vzniklá struktura porostu vytvořit mikroklima

s vyšší relativní vlhkostí, které je naopak příznivé pro rozvoj chorob, především houbových patogenů (Vandermeer, 1992).

3.1.2 Využití luskovin

Luskoviny a potažmo leguminózy jsou konkurenceschopnými plodinami a díky výhodám souvisejícím s jejich pěstováním mají své místo v moderních systémech, které cílí na zvýšení diverzity a redukci vstupů. Dobře fungují i v konzervačních systémech hospodaření, případně systémech pěstování polykultur, které jsou významné především v rozvojových zemích. Luskoviny jsou stěžejní v mnoha směsích systému společného pěstování plodin. Díky nižší konkurenci o dusík dochází ve směsích s luskovinami k jeho lepšímu využití. Ostatní druhy zastoupené v polykultuře získávají navíc dusík, který luskoviny vážou pomocí hlízkových bakterií a zanechávají ho v půdě. Luskoviny mohou přispět až 15 % dusíku obilninám pěstovaným společně ve směsi, čímž snižují spotřebu hnojiv. Pro větší úspěch použití luskovin v polykulturách je nutné identifikovat ty druhy, které jsou méně náchylné k inhibici biologické fixace dusíku způsobené minerálními hnojivy, resp. zvýšeným množstvím minerálního dusíku v půdě. Biologická fixace dusíku, nejtýpčtější faktor stimulující růst rostlin, může zlepšit kompetici plodin vůči plevelům v systémech ekologického a udržitelného zemědělství. Luskoviny samotné mají vzhledem k plevelům slabou konkurenční schopnost, ovšem vhodnou kombinací druhů ve směsi lze autoregulační schopnost vůči plevelům značně posílit. Díky procesům v půdě na sebe obilniny a luskoviny mohou působit pozitivně, kdy obilniny profitující z luskovinami navázaného dusíku zpřístupňují pro luskoviny železo a zinek (Stagnari et al., 2017).

Správně založené a nezaplevelené porosty vykazují vysokou pokrývnost půdy, která přispívá k tzv. stínové zralosti půdy. Vysoká pokrývnost půdy je také jedním z faktorů eliminujících erozní procesy. Za významnou se rovněž považuje osvojovací schopnost luskovin, zejména z hlediska příjmu fosforu. Všechny tyto schopnosti se následně promítají do zlepšení půdních vlastností a vedou ke snížení dodatkových vstupů při pěstování následných plodin (Brant a kol., 2017a).

3.1.3 Situace v současnosti, nové systémy

Zvláštním typem směsi je pěstování tzv. podpůrných plodin. Tento systém, ač není nový, nachází v souvislosti s rozvojem moderních technologií, především precizního zemědělství, opětovné uplatnění v dnešních systémech hospodaření, kde je kladen důraz na

snížení zátěže životního prostředí přípravky na ochranu rostlin a minerálními hnojivy. Hlavní tržní plodina ve směsi profituje z kladných interakcí s jednou či více podpůrnými plodinami (potlačování plevelů, zisk živin). Všechny komponenty směsi jsou zasety najednou, takže vývoj probíhá společně. Oproti ostatním typům polykultur ovšem podpůrné plodiny nedokončují svůj přirozený vývoj, neboť je ukončen předčasně (mraz, herbicidy). Podpůrná plodina setrvává v porostu pouze po dobu, kdy je pro hlavní plodinu užitečná, z čehož vyplývá, že funkce podpůrné plodiny v porostu je mimoprodukční, nesklízí se. Je známo mnoho možností kombinací druhů (Harris et al., 2008).

3.1.3.1 Jeteloviny v řepce

Myšlenka pěstovat řepku společně s podsevem se zrodila ve Francii. Jednalo se částečně o z nouze ctnost, neboť jsou tamní zemědělci již roky konfrontováni s tvrdými předpisy upravujícími používání přípravků na ochranu rostlin. Insekticidy do řepky jsou zde již delší dobu zakázány. Pro dlouhotrvající problémy se škůdci a plevele začali francouzští zemědělci s úspěchem pěstovat řepku s leguminózami jako podpůrnými plodinami. Směs, která se vysévá v množství 50 kg společně s řepkou jako podsev, obsahuje mimo jiné sóju, slunečnici, masťák habešský, pohanku, fazol, čočku a vikev panonskou. Tento způsob má několik výhod: zlepšení rentability (zvýšení výnosu o 0,5 t/ha), omezení potřeby herbicidů proti dvouděložným plevelům, snížení dávek dusíkatého hnojení časně z jara a pozitivní vliv na půdu a její vlastnosti. I v Německu existují snahy pěstovat řepku s podsevem. Pouze složení směsi je jiné, přizpůsobené místním podmínkám: jetel alexandrijský, vikev setá a vikev červená. Vysévá se množství 18-20 kg směsi společně s osivem řepky. Výsledky jsou obdobné, dosud ovšem nejsou předloženy seriózní vědecké závěry. Zájem nicméně roste i v Německu. Je to především kvůli zákazu používání neonikotidních mořidel řepky, dotačním nařízením souvisejícím s greeningem, diskusím o skleníkových plynech a vlivu intenzivních pěstebních systémů na životní prostředí (Moritz, 2014).

Pokusy s podpůrnými plodinami v řepce probíhají i v Anglii. Jako nejideálnější byl vyhodnocen jetel alexandrijský, a to buď jako samotný nebo ve směsi s vikví. Důležité je vybrat vhodnou odrůdu jetele s malou mrazuvzdorností. Jetel zasety společně s řepkou přes zimu lehce vymrzne a opouští porost bez vícenákladů. Naproti tomu vikve jsou odolnější a vymrzají až po delší periodě silnějších mrazů (-8 až -10°C). Často je tedy nutné likvidaci provést aplikací herbicidů. Na druhou stranu jsou vikve výkonnější v biologické fixaci dusíku. Dokážou fixovat až 40 kg/N ha oproti jeteli, který fixuje 10-15 kg/N ha. Hlavní výhoda pro

půdu spočívá v kořenech jetele, a to především na půdách s redukováním zpracováním. Tenké, dlouhé kořeny pronikají hluboko do půdního profilu a rozrušují podorniční vrstvy. Hlavní kořen nemá žádné větve, nedochází tedy k postrannímu zhutnění půdy. Kořeny rychle rostou do hloubky a dostávají se až do vrstev mimo dosah pracovních nástrojů strojů pro zpracování půdy, čímž napomáhají k provzdušnění profilu a zlepšení retenčních vlastností. Kořenový systém jetele navíc pomáhá získávat živiny z jinak nedostupných forem (např. fosfor). Pěstování řepky s podsevem je náročnější na agrotechniku, přináší ovšem úspory. Jetel dobře snáší herbicidy používané v řepce až na účinnou látku *clomazone*, která by měla být vyloučena. Z praktických zkušeností vyplývá, že u řepky s podsevem je menší poškození slimáky. Důležité je dobře namíchat poměr směsi a kvalitně ji vyset. Pokud nepříjdu mrazy, je nutné jetel zlikvidovat herbicidně, neboť na jaře je v porostu již nežádoucí. Čím dříve odumře, tím dříve se zpřístupní v něm navázaný dusík. Ten získává nejen biologickou fixací, ale navíc funguje jako rezervoár nevyužitého dusíku po podzimním hnojení řepky (Pasture, 2016).

3.1.3.2 Pomocné plodiny v kukuřici

Pěstování kukuřice v polykultuře, tedy ve směsi s další plodinou, se tradičně praktikuje v mnoha regionech světa. Typické je pro tropické oblasti, kde se běžně pěstuje kukuřice spolu s fazolemi. V tomto pojetí se jedná o produkční využití obou druhů (Zhang et al., 2015). Toto soužití má pro kukuřici řadu výhod. Kvůli svému pomalejšímu počátečnímu vývoji kukuřice do zapojení porostu velmi citlivě reaguje na tlak plevelů. Směsný porost jim velmi dobře odolává. Vhodné je i soužití druhů z hlediska využití živin, zvláště pokud je další plodinou směsí luskovina. Dusík získaný biologickou fixací luskoviny je pro kukuřici benefitem, celkový výnos porostu se zvyšuje. Existuje možnost společné sklizně obou plodin na siláž pro krmné účely případně pro potřeby bioplynových stanic. Z výsledků pokusů je zřejmé, že dochází ke zvýšení krmné hodnoty siláže díky přidavku bílkovin z luskoviny (Stoltz et al., 2013).

Další možností je pěstování kukuřice s podsevem. Plodina společně rostoucí s kukuřicí funguje pouze jako podpůrná bez produkčního využití, přičemž výsev probíhá současně do mezířádků nebo ještě dříve, před samotným výsevem. Do podsevu se nejčastěji vybírají travní druhy či obilniny. Plodina rostoucí v mezířádku spolehlivě konkuruje plevelům. Tento systém souvisí s dnešními trendy směřujícími k omezování spotřeby pesticidů, zároveň je možným řešením pro ekologické zemědělství. Rozvíjející se plodina

spolu se svým kořenovým systémem před zapojením v meziřádcích porostu kukuřice omezuje vodní a větrnou erozi, fixuje živiny, které by jinak byly ztraceny, a zabraňuje nežádoucímu půdnímu výparu. Následným rozkladem rostlin podsevu dochází k tvorbě humusu, který zlepšuje půdní strukturu. Po sklizni podsevová plodina navíc zabraňuje vyplavování a tím ztrátám živin (Jung and Rauber, 2016). Z hlediska částečného zajištění dusíku a fosforu se zejména v Německu ověřují podsevy luskovin do kukuřice, které mají plnit případně i protierozní funkci. Dalším důvodem je využití synergického vlivu rostlin (Brant a kol., 2017a). V návaznosti na tyto systémy je zkoumáno využití fazolu jako pomocné plodiny v kukuřici (Paul, 2016). Druhou možností je výsev kukuřice do porostu luskoviny, který je založen na podzim a před výsevem kukuřice je mechanicky či chemicky umrtven. Výhodou je, že luskoviny mají oproti trávám malou schopnost regenerace. Vytvářející se kukuřice profituje z pokryvu luskovinným mulčem, který je navíc zdrojem dusíku (Brant a kol., 2017a).

3.1.3.3 Luskoviny v obilninách

Kombinace luskoviny a obilniny, tedy klasická luskovinoobilní směs, má dlouhou tradici pěstování. V této směsi se využívá komplementarity druhů, kdy luskovina fixuje dusík, což je pro obilninu výhodou. Naopak obilnina vytváří jinak snadno poléhavé luskovině vhodnou oporu, technologické vlastnosti porostu jsou tedy lepší. Značně je minimalizován tlak škůdců a chorob. Luskoviny jako čisté výsevy jsou díky malé konkurenční schopnosti často silně zaplevelovány. Porost luskovinoobilní směsi je hustší a navíc obilniny s úspěchem konkurují plevelům díky odnožování. Důležitý je správný poměr komponentů, neboť s narůstajícím zastoupením luskovin klesá celkový výnos (Ndakidemi, 2006).

Luskovinoobilní směsi mohou být využity několika způsoby. Při pěstování na zrno lze směs využít jako krmivo pro monogastry (drůbež, prasata). Je to díky obohacení o bílkoviny z luštěnin. Patrně nejčastější využití je sklizeň pro pícní účely a následná konzervace. Toto krmivo je zdrojem cenné vlákniny pro přežvýkavce. Nabízí se i neprodukční využití, kdy je porost zaorán jako zelené hnojení. Pěstování luskovinoobilních směsí má příznivý vliv na půdní úrodnost a fyto-sanitární účinky, a to hlavně proto, že tyto směsi fungují jako přerušovače obilních, případně jiných sledů. Luskovinoobilní směsi jsou zlepšujícími články osevního postupu díky jejich vysoké předplodinové hodnotě. Luskovina zanechává v půdě dusík využitelný i pro následné plodiny. Studie ukazují, že výnos ozimé pšenice zařazené po

luskovinoobilní směsi je o 5-27 % vyšší, než když je předplodinou jarní ječmen (Staniak et al., 2014).

V rámci nových pěstebních technologií dochází k diferenciaci pěstebních směrů. Mimo klasické systémy monokulturního pěstování se opět dostává do popředí pěstování směsných kultur. Směsi nachází své uplatnění jak v konvenčním zemědělství, například pro potřeby bioplynových stanic, tak v ekologickém zemědělství (Aufhammer, 1999).

V posledních letech se intenzivně ověřují pěstební systémy využívající luskoviny jako tzv. pomocné plodiny. Luskoviny zde fungují jako plodiny, které zejména po odumření či jejich umělém umrtvení slouží jako zdroj dusíku. Mezi tyto systémy patří již výše zmíněné přisevy vymrzajících luskovin do ozimých plodin (např. řepka). Využitelnost se však v určitých oblastech s vhodným průběhem zimy a při dané struktuře porostu hlavní plodiny nabízí i v ozimých obilninách. Po vymrznutí nebo po chemickém umrtvení na jaře slouží podzemní a nadzemní biomasa luskovin jako zdroj živin pro hlavní plodinu (Brant a kol., 2017a).

3.2 Luskoviny – Hrách setý

3.2.1 Základní charakteristika

Luskoviny jsou jednoleté druhy rostlin čeledi *Fabaceae* (syn. *Leguminosae*, *Papilionaceae*, *Viciaceae*) – bobovité, která je třetí největší čeleď mezi kvetoucími rostlinami a patří k ní 16 000-19 000 druhů, zařazených v cca 750 rodech. Můžeme se setkat i se staršími českými názvy této botanické čeledi jako luštinaté nebo luštěninaté, motýlokvěté a vikvovité. Pro trávníkářské účely se používá téměř šedesát domestikovaných druhů, ale pouze malá část z nich doznala většího rozšíření. Terminologie luskovin a jejich třídění jsou složité; existuje mnoho synonym (jak u botanických, tak anglických a samozřejmě i českých jmen), a tak často dochází k volbě nesprávných názvů. Vyluštěná zralá semena luskovin nazýváme luštěniny (Duke, 1981). Jako potraviny se konzumují též čerstvé nezralé plody (lusky) a semena některých druhů. Čerstvé plody a semena luskovin se označují jako lusková semena. V krmivářství se uplatňují bob koňský, lupina bílá (vlčí bob), peluška a několik druhů vikve (Sýkorová, 2008).

Světová výměra luskovin se v posledních letech pohybuje kolem 70 milionů hektarů, což při průměrném výnosu 0,85 t/ha představuje cca 60 milionů tun semene. Sója není do světových statistik zahrnována jako luskovina, nýbrž jako olejnina. Její celková sklizňová

plocha převyšuje plochu všech ostatních luskovin o více než 20 % a vzhledem k vyšším výnosům to v přepočtu znamená globální produkci více než trojnásobně vyšší sklizeň luskovin na zrno. V EU se plochy luskovin na semeno zvyšovaly do začátku 90. let, kdy se stabilizovaly na úrovni kolem 1,3 milionů ha ročně (Sýkorová, 2008).

Pěstování luskovin v ČR má dlouhodobou tradici, v posledních letech se ale jejich plochy převážně snižovaly. V České republice došlo v posledních dvaceti letech k výraznému poklesu osevních ploch zrnových luskovin, který dosáhl více než 50 %. V ČR je v současné době pěstováno jen několik druhů luskovin. Jedná se zejména o hrách setý a v menším množství i o sóju a lupinu. Ostatní druhy jsou v současnosti už jen na velmi malých plochách. Výnosová rentabilita spolu s agrotechnickými požadavky jsou hlavní limitující faktory ovlivňující větší zastoupení luskovin v osevních sledech. Novým a zásadním prvkem v rámci přímých plateb je také tzv. „ozelenění“ (greening), implementované jako platba pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí. Součástí ozelenění je i povinnost vyhradit určitou výměru jako tzv. plochu využívanou v ekologickém zájmu (EFA), za kterou lze považovat mj. i plochu s plodinami, které vážou dusík nebo meziplodiny, jejichž významnými představiteli jsou právě luskoviny. Dle ČSÚ produkce luštěnin v roce 2014 sklizená z plochy 20 170 ha dosáhla 53 797 tun, což je o 15 521 t (41 %) více než produkce luštěnin roku předchozího. U hrachu dosáhla produkce 42 748 tun semene z plochy 14 449 ha při průměrném výnosu 2,96 t/ha (Potměšilová, 2015).

Semena hrachu setého (*Pisum sativum* L.) jsou využívána již od neolitu jako dobrý zdroj bílkovin. Materiály u tohoto druhu dokazují minimálně 42 kombinací poddruhů a variet. Botanický druh *Pisum sativum* L. se dále dělí do dvou subspecií a to podle využití, *Pisum sativum* subsp. *sativum* (hrách setý-polní), který je využíván na semeno, a *Pisum sativum* subsp. *arvense* syn. *P. arvense* (hrách rolní-peluška), který je využíván jako celá rostlina formou píce ke krmení hospodářských zvířat, neboť zralá semena jsou hořká. Subspecie *Pisum sativum* subsp. *sativum* zahrnuje 3 variety (*sativum*, *medullare*, *saccharatum*). První varieta, klasický hrách setý polní, který má hladká semena, se využívá jako potravina, pochutina nebo krmivo (jak semena, tak celé rostliny). Průmyslově se využívá k produkci škrobu. Druhou varietou je hrách dřevňový, jehož nezralá semena jsou zeleninou pro konzervaci. Poslední varieta je hrách cukrový, jehož nezralé lusky se konzumují jako plodová zelenina (Hebblethwaite et al., 1985). Hrách je pěstován převážně jako zrnina. Semena s vysokým obsahem bílkovin (asi 2x více než u obilovin) dále vynikají skladbou aminokyselin, obsahem vitaminů a minerálních látek. Přesto je využití pro lidskou výživu relativně nízké, asi 10%. Převážně je využíván jako krmivo, ale i v této oblasti je nedoceněn

přes mnohé vynikající vlastnosti. Jako krmivo nalézá uplatnění i ve formě zelené hmoty, jako siláž v čisté kultuře, častěji a lépe ve směskách s obilninami (Houba a kol., 2009).

3.2.2 Současná pěstitelská technologie hrachu setého

Současné odrůdy hrachu jsou poměrně plastické a dobře se přizpůsobují půdním a klimatickým podmínkám. Pro dosažení optimálních výnosů jsou však ideální neslévavé, středně těžké půdy s dobrou strukturou a násobeností živin (Houba a kol., 2009). U hrachu setého polního dále rozlišujeme odrůdy listové a úponkové (semi-leafless). Úponkové odrůdy jsou vyšlechtěny později. Důvodem byl zásadní problém luskovin, což je poléhání. Důsledným šlechtěním byla u úponkových hrachů část listové plochy přeměněna v úponky. Úponky sousedních rostlin do sebe v porostu zaklesnou a vzniká tak celistvá hmota, která je proti polehnutí odolnější. V současnosti, kdy se do oblasti zájmu dostává i mimoprodukční využití luskovin, jsou poznatky morfologii rostlin hrachu cennými informacemi, neboť mezi úponkovými a listovými odrůdami existují rozdíly jak např. v dynamice tvorby biomasy, tak v poměru mezi lodyhami a listy, tedy pokryvnosti. Pro oba typy odrůd však shodně platí, že při sníženém výsevu v rámci autoregulační schopnosti rostliny více větví (Brant a kol., 2017b). Vhodné je zařazení do třetí trati po plodině hnojené organickým hnojivem. Organické hnojení přímo k hrachu je nevhodné, neboť způsobuje bujný růst zelené hmoty, který má za následek vyšší riziko poléhání. Hnojení minerálními hnojivy se zaměřuje na zajištění dostatku P a K v půdě a udržení optimální hodnoty pH. Hnojení dusíkem se provádí jen na méně úrodných půdách dávkou do 40 kg N na hektar (Vaněk et al., 2012). Pěstování hrachu po sobě je vhodné nejdříve po čtyřletém odstupu, jinak hrozí výnosová deprese. Důležitá je volba odrůdy vzhledem k agrotechnice. Významný je rozdíl u listových a úponkových forem. U listových forem, více náchylných k poléhání, musí být pro úspěšnou sklizeň dobře urovnaný povrch půdy po setí. U úponkových odrůd, které později zastiňujících povrch, je třeba mj. více dbát na ochranu proti plevelům. Tyto odrůdy také více trpí přísuškem na slévavých půdách (Hebblethwaite et al., 1985).

Zpracování půdy se provádí na podzim buď konvenčně s použitím orby, nebo s využitím bezorebných technologií, případně hlubšího kypření půdy. Na jaře je vhodná včasná příprava půdy a brzký výsev. Pro úspěšnou sklizeň je důležité dobré urovnaní pozemku. Semena hrachu se vysévají do hloubky 50-70 mm. Důležitá je neutužená a dobře prokypřená půda. Hrách je náchylný na nedostatek půdního vzduchu. Ten je důležitý i pro činnost hlízkových bakterií. Meziřádková vzdálenost se nejčastěji volí stejná jako u obilnin, tedy 125 mm (Houba a kol., 2009). Důležitým prvkem je výsev a polní vzcházivost osiva,

neboť hrách jakožto luskovina má omezené možnosti autoregulace. Výnos lze charakterizovat jako počet sklizených semen/m² a hmotnost semene. Počet semen/m² je složen ze dvou komponentů, počtu plodných lodyh/m² a počtu semen na lodyze. Nutno podotknout, že zde spočívá možnost určité autoregulace hrachu. Když je počet plodných lodyh příliš vysoký, počet semen na lodyze je nízký. Naopak pokud je lodyh/m² málo, například z důvodu nízké vzházivosti, je na jednotlivých lodyhách více semen. Počet plodných lodyh/m² je výsledkem počtu rostlin/m² a počtem plodných větví na rostlinu. Ideální počet rostlin je 75-85 jedinců/m², podle půdně-klimatických poměrů stanoviště. Podle konkrétní hmotnosti semen se tedy výsevek pohybuje mezi 250 až 300 kg/ha (Manier-Jolain et al., 2010).

Porosty hrachu špatně konkurují plevelům. Je to z důvodu nižší hustoty rostlin a pomalého počátečního vývoje. Kořeny se na počátku růstu rostliny vyvíjí pomalu a stejně tak listová plocha, k zapojení porostu tedy dochází později. K regulaci zaplevelení napomáhá orba a předseťová příprava a v neposlední řadě také celkový osevní postup, resp. jeho šíře. Po založení porostu je stěžejním prvkem herbicidní ochrany preemergentní aplikace, jejíž reziduální účinek působí přes období klíčení, v ideálním případě až do zapojení porostu. Postemergentní aplikace fungují jako opravné zásahy (Palm et al., 1968).

Z chemických postřiků jsou nejčastěji používány insekticidy proti různým škůdcům, neboť jich řada může hrách vážně poškozovat. V období před květem a během něho je nutná ochrana proti mšicím a třásněnkám, ve fázi odkvétání a počátku tvorby malých lusků proti zrnokazům. Nejvážnějším škůdcem v době tvorby lusků je drobný noční motýlek obaleč hrachový. Ochrana proti houbovým chorobám se až na výjimky v praxi provádí méně často pro relativně nižší účinnost a zvyšování nákladů. Výjimkou jsou ročníky, kdy podle prognózy dojde k silnému infekčnímu tlaku (Kazda a kol., 2010).

3.2.3 Význam luskovin

3.2.3.1 Zdroj organické hmoty

V rámci růstu rostliny se orgány nevyvíjí synchronně, to znamená, že ani biomasa nenarůstá synchronně. Tento proces má několik fází. Během vegetativního období, tj. od klíčení do začátku klíčení do začátku kvetení, mají tři vegetativní kompartmenty čistý přírůstek biomasy. Jsou to listy, lodyhy a kořeny. Lodyhy a listy rostou stejnoměrně, přičemž 60-75 % nadzemní biomasy v této fázi je v listech. V tomto období dochází k tvorbě struktur hospodařících s CO₂ a slunečním zářením. Na konci této periody, tedy na počátku kvetení, je

akumulováno pouze 25 % konečné celkové biomasy. Nicméně již vytvořená asimilační plocha listů je schopna zachytit 80 % minimálního dopadajícího záření, čímž je v následující fázi umožněn maximální růst. Růst kořenů probíhá během celého vegetativního období. Z celkového objemu biomasy na počátku kvetení zaujímá ovšem pouze 5-10 % (Viosin et al., 2002). Od počátku kvetení do počátku nalévání semen pokračuje akumulace biomasy v lodyhách a listech, zatímco růst lusků je pomalý. Během tohoto období v podstatě rostou pouze stěny lusků. Buněčně dělení v semenech probíhá, ovšem bez rezervní akumulace. Vegetativní části rostliny tedy představují během první reprodukční fáze (od počátku kvetení do počátku nalévání semen) významné prostory pro ukládání asimilátů do sinků (Ney et al., 1993). Od počátku nalévání semen se velmi zpomaluje růst listů a lodyh s větvemi, až se nakonec úplně zastavuje. V tomto období se začínají asimiláty ukládat do nalévajících se semen, která jsou prioritní. Z důvodu konkurence mezi sinky se vlivem nalévání semen přestávají tvořit nové fytoomy. Růst stěn lusků je ukončen před akumulací asimilátů v semenech (Wang and Hedley, 1993). Od nalévání semen do zralosti jsou semena jediným místem pro akumulaci biomasy. Růst ostatních sinků je zastaven. Během celého období nalévání semen množství biomasy v listech a stěnách lusků klesá. Tento pokles může být způsoben ztrátou biomasy z listů (opad listů, senescence), nebo ztrátou CO₂ respirací, když je vyšší než hrubá fotosyntéza, a nebo remobilizací uhlíku do semen (Manier-Jolain et al., 2010).

Biomasa luskovin je bohatá na živiny (především dusík) zlepšující půdní úrodnost a lze ji využít několika způsoby. Luskoviny je možno pěstovat klasicky na semeno. Jelikož se nejvíce rostlinného dusíku akumuluje právě ve zralém semeni, většina ho odchází z pozemku se sklizní plodiny. Nicméně, během růstu luskovin se z kořenů do půdy uvolňuje značné množství dusíku. Navíc posklizňové zbytky luskovin obsahují vyšší množství dusíku než např. obilná sláma, o čemž svědčí užší poměr C:N. Znamená to, že se tedy rychleji rozkládají a uvolňují dusík do půdy. Druhou možností je pěstování luskovin na zelené hnojení. V tomto případě dochází k maximálnímu využití všech živin obsažených v rostlinném těle. Čerstvá zelená hmota zapravená do půdy navíc aktivuje činnosti mikroorganismů, čímž se výrazně zvyšuje prospěšná mikrobiální aktivita půdy. Pokud je luskovina pěstována v mezuporostním období, významně napomáhá k redukci eroze a přispívá ke stínové zralosti půdy. Luskoviny lze využít i jako mulč. Ten slouží jako zdroj živin, omezuje půdní výpar a potlačuje růst plevelů (Mapfumo et al., 2001).

3.2.3.2 Vazba živin

Výživa hrachu a potažmo luskovin dusíkem se odvíjí od jejich schopnosti biologické fixace vzdušného dusíku a obsahu minerálního dusíku v půdě. Fixace dusíku probíhá díky symbióze kořenové soustavy s hlízkovými bakteriemi schopnými vázat vzdušný dusík. Hlízky na kořenech hrachu vznikají z buněk přilehlých ke kořenovému pericyklu. V buňkách existují mechanismy pro výměnu signálů a rozpoznávání symbiotických partnerů. Bakterie (*Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae*), které žijí saprofytycky v půdě, jsou k rhizosféře luskovin lákány za pomoci exudátů rozličných molekul, jako jsou například flavonoidy. Bakterie na špičce kořenových vlásků indukuje jejich deformaci a vytváří infekční vlákno, které prorůstá dovnitř do kořene. Současně buňky kořenové kůry začínají diferenciaci, která vede ke vzniku hlízkového primordia (Brewin, 1991). Infekce vedoucí k tvorbě hlízek jsou omezeny do úzkého pásu mezi zónu elongace kořenů a nejmenší vznikající kořenové vlásky. Tato zóna je k infekci citlivá pouze dočasně, což se odvíjí od teploty kořenů a tím i prohrátí půdy (Health and Hebblethwaite, 1985).

Při vyšší dostupnosti minerálního dusíku v půdě se celkový podíl dusíku získaného biologickou fixací dusíku na výživě rostliny snižuje. Fixace dusíku tedy nahrazuje nedostatek minerálního dusíku. Při příznivých klimatických podmínkách je hrách pomocí biologické fixace pokryt celkovou potřebu dusíku. Ovšem například u sóji, pokud není při seti aplikováno žádné dusíkaté hnojivo, může být dusík limitujícím faktorem (Vincent, 1988). Pokud je v půdě dostupnost dusíku vyšší než 60 kg/ha, dochází k inhibici biologické fixace dusíku a příjem minerálního dusíku kořeny z půdy je jediným zdrojem pro rostlinu. V polních podmínkách, kde je zpravidla vysoký obsah dusičnanů v půdě, může minerální dusík na počátku výrazně přispět k jeho celkovému příjmu. Později, kdy se obsah minerálního dusíku z důvodu vyčerpání snižuje, nastupuje díky již rozvinutým hlízkám biologická fixace (Liu et al., 2011).

Z hlediska průběhu hospodaření s dusíkem lze v rámci vývoje rostliny pozorovat určité fáze. Z počátku malá klíčící rostlinka spotřebovává zásoby ze semene a následně minerální dusík z půdy. Pokud ho je nedostatek, nastává fáze dočasného nedostatku dusíku. Příčinou je přechod z heterotrofie na autotrofii. Dochází ke konkurenci o uhlík mezi hlízkami, kořeny a klíčky. Důležité je tedy kvalitní osivo, které zajistí dobrý počáteční vývoj. Proto má malá „startovací“ dávka hnojiva při seti pozitivní vliv například pro sóju, která je na přísun živin náročnější. U hrachu dostatek dusíku mírně stimuluje vegetativní růst na počátku vývoje, ale nemá žádný vliv na výnos zrna a obsah dusíku v semeni. Jakmile začnou na

kořenech růst hlízky, je rostlině zpřístupněn fixovaný dusík. Objem fixace roste s rostoucím objemem hlízkových bakterií. Horní hranice se udržuje na základě metabolických procesů v rostlině a množství dusíku v půdě. Hrách má schopnost akumulovat dusík i v pozdějších fázích růstového vývoje. U většiny luskovin fixace dusíku prudce klesá po odkvětu, kdy se začínají nalévat semena a nastává konkurence o asimiláty mezi nalévajícími se semeny a zbytkem rostliny, přičemž semena mají prioritu. Příčinou je i stáří hlízek, které ovlivňuje efektivitu činnosti hlízek (Sprent, 2009).

3.2.3.3 Vliv na půdní strukturu

Kořenový systém hrachu a potažmo luskovin se skládá z hlavního kořene a postranních kořenů prvního a druhého řádu, které z hlavního kořene vyrůstají. Vývoj kořenového systému lze rozdělit do několika fází. V časných fázích vegetativního vývoje dochází k rychlému růstu hlavního kořene hlouběji do profilu doprovázeného rozvojem postranních kořenů v horní vrstvě půdy do 10 cm. Maximální elongace hlavního kořene nastává během klíčení semene, přičemž se zpomaluje s klesajícími zásobami v semeni. To ukazuje, že má hlavní kořen vyšší prioritu pro asimiláty uhlíku než postranní kořeny v době poklesu jejich přístupnosti při přechodu z heterotrofie na autotrofii (Tricot et al., 1997). Druhá fáze, kdy dochází k bujnému nárůstu kořenové biomasy, nastává během kvetení a tvorby lusků. Je to především zásluhou rozvoje postranních kořenů druhého řádu, tedy kořenového vlášení a celkovému hlubšímu prokořeňování půdního profilu. U hrachu je maximální hloubky prokořeňování dosaženo v době květu, přičemž dosahuje 50-80 cm podle genotypu a pudně-klimatických podmínek. Zpomalování růstu, akumulace a vznik posledních postranních kořínků nastává v období nalévání semen (Hamblin and Hamblin, 1985).

Kořenový systém luskovin je méně rozsáhlý než u obilnin. Po celou dobu vývoje rostliny se většina kořenů (až 90 %) nachází v horní vrstvě půdy. Při fyziologické zralosti je při stejné biomase délka kořenů luskovin oproti obilninám pouze poloviční. Zdá se, že luskoviny volí oportunističtější strategii, neboť nejdříve vytvářejí slabší kořenový systém, který má ovšem později, podle podmínek prostředí (především dostupnosti vody), schopnost růst a mohutnět. Naopak obilniny vytváří plně rozvětvený kořenový systém od prvopočátku bez ohledu na podmínky prostředí. Pro rostliny hrachu je struktura půdy jedním z hlavních faktorů ovlivňujících rozvoj kořenového systému. Dynamika rozvoje a distribuce kořenů v půdním profilu je silně pozměněna, když je půda utužená. Naopak režim výživy, tedy hnojení má jen nepatrný vliv. Dusičnany lokálně stimulují proliferaci kořenů, zejména

v ornici (horních 20 cm), což vede ke zvýšení výměnné plochy kořenů. Ovšem nemají žádný účinek na rozložení kořenů v profilu, kořenový systém zůstává stejně mělký (Manier-Jolain et al., 2010).

Jednoleté luskoviny (hrách, bob, fazol) mají obecně menší a krátkodobější vliv na půdní strukturu a obecně půdní úrodnost než víceleté krmné luskoviny (vojtěška, jetel). Množství dusíku fixovaného rostlinami spolu s jejich vlivem na fyzikální vlastnosti půdy je omezen jejich ne tak mohutným a mělčím kořenovým systémem. K tomu se navíc přidává krátké období růstu (Mapfumo et al., 2001).

3.2.3.4 Vliv na půdní mikroorganismy

Faktory jako produkce zdravých potravin a soběstačnost ekosystémů jsou do značné míry závislé na kvalitě půdy. A proto je udržování kvality a úrodnosti půdy řešením nejen produktivity jak agroekosystémů, tak přirozených ekosystémů, ale i prevencí eroze a kulturních a environmentálních stresů (Azcón and Barea, 2010). Půdní mikroorganismy hrají důležitou roli v procesech půdního ekosystému jako je koloběh živin, rozklad organické hmoty a bioremediace. Změny v půdních mikrobiálních společenstvech, které jsou výsledkem řízení ekosystému, mají významný dopad na jeho dynamiku. Ukázalo se, že různé rostlinné druhy ovlivňují složení a množství půdních mikroorganismů v závislosti na množství a kvalitě rostlinných exudátů (Chen et al., 2008). Luskoviny tuto vlastnost využívají pro uskutečnění symbiózy s hlízkovými bakteriemi.

Rhizosféra je zóna těsně obklopující kořeny rostlin, v níž dochází ke komplexu interakcí mezi rostlinami, půdními organismy a půdou. V rhizosféře se akumuluje několikanásobně více mikroorganismů než v okolní půdě, což je způsobeno exudáty vylučovanými rostlinami. Přínosné organismy osidlující kořeny stimulují růst rostlin. Dále chrání půdu před degradací a zachovávají příznivé ekologické podmínky. Určité mikroby mají schopnost potlačit aktivity různých půdních patogenů (Janušauskaitė et al., 2012).

Biomasa luskovin se oproti většině ostatních plodin vyznačuje úzkým poměrem C:N, a to po celou dobu vegetace. Obecně se poměr u nadzemní a podzemní biomasy kulturních luskovin dle stáří a druhu pohybuje v rozmezí 11 až 30:1. Zpravidla je tedy nižší nebo se blíží hodnotě ideálního poměru C:N pro rozklad biomasy, který činí asi 24:1. Tento poměr zajišťuje požadované pokrytí energetické i růstové potřeby mikroorganismů. Širší poměr C a N zvyšuje riziko vzniku dusíkové deprese, ale je spojen i s pomalejším rozkladem organické hmoty. Luskoviny lze tedy považovat za urychlovače rozkladných procesů (plané druhy mají poměr C a N ještě užší), protože nízkým poměrem mezi C a N u rozkládající se biomasy

v půdě. Pěstování luskovino-obilních směsek nevychází pouze ze zajištění mechanické opory proti poléhání luskoviny, ze zvýšené konkurenceschopnosti porostů vůči plevelům či určitého pozitivního ovlivnění rostlin, ale je výhodné i z důvodu rychlého a efektivního rozkladu posklizňových zbytků. Kombinace rostlinných zbytků luskovin s úzkým poměrem a obilnin se širším přispívá ke snížení celkového poměru C a N v půdě (Brant a kol., 2017a).

3.3 Obilniny – Pšenice ozimá

3.3.1 Základní charakteristika

Do rodu pšenice *Triticum* L., který náleží do čeledi *Poaceae*, patří několik druhů. Klas těchto rostlin je složený z vícečetných klásků, umístěných na jednotlivých člancích klasového větene. Mohou být 1 – 2, ale až 7květé, z nichž zpravidla 1 – 4 jsou plodné. Základní chromozómové číslo $n = 7$ a podle počtu chromozomů rod *Triticum* zahrnuje tři skupiny: diploidní ($2n = 14$) – pšenice jednozrnka; tetraploidní ($2n = 28$) – pšenice dvouzrnka, pšenice naduřelá, pšenice polská a pšenice tvrdá; hexaploidní ($2n = 42$) – pšenice špalda a pšenice setá (Zimolka a kol., 2005).

Za pravlast pšenice je považováno území Přední a Malé Asie. Začátky pěstování pšenice úzce souvisí se vznikem zemědělství v 10. – 8. tisíciletí před n. l. Archeologické nálezy z tohoto období dokazují pěstování pšenice jednozrnky (*Tritium monococcum* L.) a pšenice dvouzrnky (*Triticum dicoccum* Schrank.). V šestém tisíciletí před n. l. se začala pěstovat pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) a pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) (Špaldon et al., 1982).

Nejvíce pěstovaným druhem je u nás i ve světě pšenice setá. Má nelámavý klas, osinatý nebo bezosinný, různě hustý. Plevy i pluchy jsou vejčité nebo podlouhle vejčité, se zřetelným kýlem. Obilky jsou nahé, buclatější, na řezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, na protilehlé straně ochmýřené (Zimolka a kol., 2005).

Pšenice setá patří mezi nejnáročnější obilniny. Je hlavní plodinou teplejších a sušších oblastí a je náročná na půdu a živiny. Nejlépe se jí daří na těžších, dostatečně hlubokých, hlinitojílovitých, jílovitých a hlinitých půdách s neutrální až slabě zásaditou reakcí (pH 6,0 – 7,5). Půda pro pšenici má být úrodná a strukturní. Má obsahovat dostatek živin – dusíku, fosforu a draslíku, dostatek humusu a vápníku. Za nejvhodnější půdy jsou považovány černozemě a degradované černozemě. Mají dobré fyzikální vlastnosti a jsou schopné hromadit a udržovat vodu (Konvalina a Moudrý, 2008).

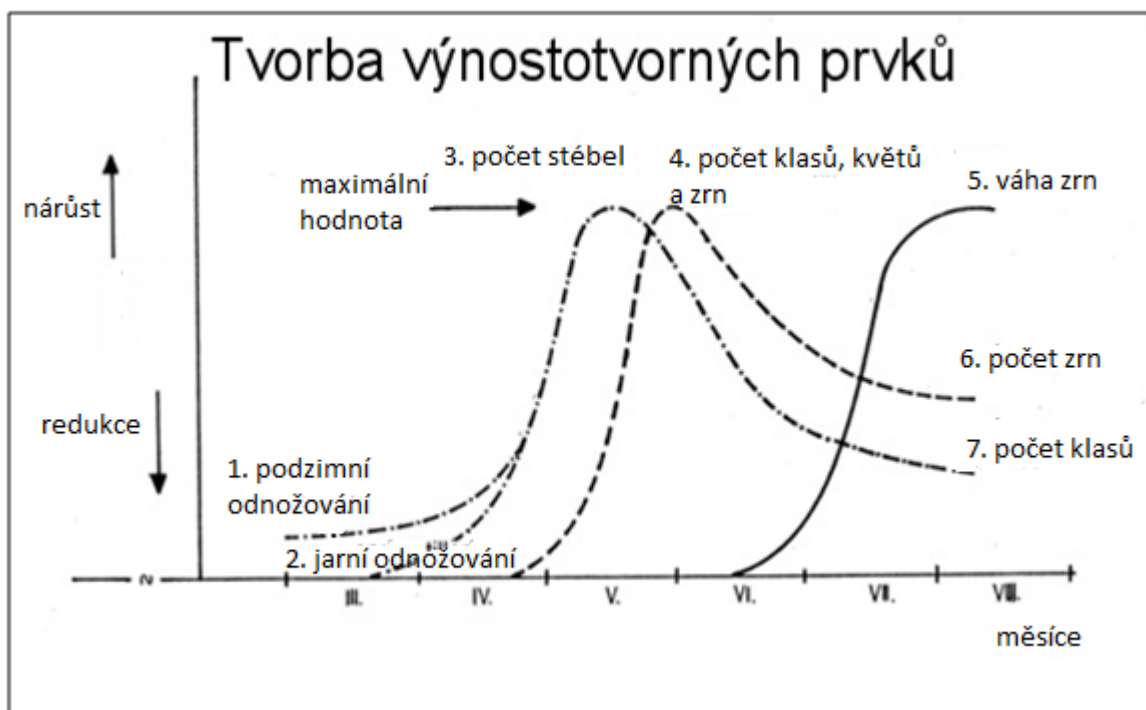
Příjem živin a jejich konečný odběr úrodou ozimé pšenice značně závisí na půdních a povětrnostních podmínkách, intenzitě růstu, dosaženém výnosu a pěstované odrůdě. Při výnosu okolo 6 t zrna a přibližně stejném výnosu slámy se z půdy odčerpá přibližně 144 kg N, 30 kg P, 108 kg K, 24 kg Ca a 12 kg Mg. Hlavní příjem živin je v období intenzivního růstu, tedy po sloupkování, a většinou vrcholí v době kvetení. Na úrodných stanovištích je přímý vliv hnojení na produkci pšenice nižší a projevuje se více na půdách s nižší úrodností, v méně příznivých a po méně vhodné předplodině. Hnojení se tedy projevuje jak přímým vlivem na výnos a kvalitu zrna, tak nepřímo v obnově přímé úrodnosti a v úhradě odčerpaných živin (Vaněk et al., 2013).

3.3.2 Struktura porostu

Obilniny mají vysokou autoregulační schopnost. Přesto je určitá hranice počtu rostlin/m², pod kterou by neměl počet rostlin/m² klesnout s ohledem na rentabilitu produkce. V podmínkách ČR se většinou porosty pšenice zakládají z 350 – 450 rostlin/m², přičemž optimální produkční hustota je v závislosti na odrůdě 550 – 650 klasů/m². Z uvedených údajů vyplývá, že na rostlinu připadá 1,2 – 1,8 produktivní odnože. Pokud je založený porost řidší, tvoří rostliny větší počet produktivních odnoží a tím je vyrovnávána do určité míry hustota porostu a jeho výnos. Až když je porost řídký natolik, že na jeho vyrovnání autoregulační schopnost rostlin nepostačuje, klesá výrazněji výnos. Řada pokusů stanovila, že hranice, kdy již dochází k významnému poklesu výnosu, je pod 180 rostlin/m². Avšak ještě při počtu 100 – 120 rostlin/m² lze dosáhnout úrovně 75 – 80 % původního výnosového potenciálu, což je hospodářsky únosná hranice pro zachování porostu. Toto neplatí pro hybridní odrůdy, kde již samotný porost je zakládán s menším počtem rostlin a počítá se zde se zvýšenou odnožovací schopností. Je tedy patrné, že pokud dojde přes zimní období například vlivem mrazů k redukci rostlin a je nutné učinit rozhodnutí, jestli ponechat stávající porost či ho přeset, mělo by pro jeho ponechání dostačovat 30 – 35 % rostlin s dobrou až střední životaschopností. U více odnožujících a dobře regenerujících odrůd je možné hranici snížit i mírně pod 100 rostlin/m². Naopak u odrůd méně odnožujících s pomalejší regenerací by neměl počet klesnout pod 120 rostlin/m² (Čapek, 2012).

Křen a kol. (2011) uvádějí, že pro efektivní utváření struktury porostu by na počátku fáze sloupkování (BBCH 31) měl být takový počet silných odnoží, který mírně převyšuje (o 10 – 20 %) požadovanou hustotu klasů (Obr. 1). Zároveň je žádoucí viditelná diference odnoží. Odnože “střední” velikosti, u nichž je obtížně stanovitelný jejich budoucí stav, mají

význam především pro řidší porosty (pod 300 rostlin/m²). Naopak jejich větší zastoupení u porostů s hustotou nad 400 rostlin/m² může vést k přehuštění a následnému poléhání porostu, což znesnadňuje jeho vedení.



Obr. 1: Tvorba a redukce výnosotvorných prvků během vývoje odnožujících obilnin; osa y: nárůst, redukce; osa x: časový průběh v měsících; křivky: 1. – podzimní odnožování; 2. – jarní odnožování; 3. – počet stébel; 4. – počet klasů, květů, zrn; 5. – hmotnost zrn; 6. – počet zrn, 7. – počet klasů; (Křen et al., 2013).

Maximální hodnoty LAI (index pokryvnosti listoví) v porostech obilnin v období maximálního rozvoje listové plochy se pohybují v rozmezí 8 – 10. Optimální hodnoty jsou o polovinu nižší, např. v období metání v porostu obilnin má být LAI 4 – 6. Pokud porost dosáhne hranice 4 – 5, je listy absorbováno více než 80 % záření (Kostrej et al., 1998).

Na vývoj LAI mají vliv pěstitelské, klimatické a biologické faktory (zvláštnosti odrůd, charakter odnožování, výška). Kupříkladu při zpoždění setí o měsíc (setí 5. 10. a následně 4. 11.) zpomaluje opožděný porost oproti optimálně vysetému porostu v jarním období růst a maximálních hodnot LAI dosahuje o 50 dní později. Tato rozdílná dynamika formování LAI se samozřejmě odráží i ve výnosu. V příznivých teplotních a vláhových podmínkách dosahuje porost již začátkem května maximální hodnoty LAI. Při zhoršených podmínkách dochází k dosažení maximální hodnoty koncem května až začátkem června. Integrální listová plocha

(LAD), která vyjadřuje celkovou velikost, rychlost utváření a délku trvání aktivní činnosti asimilačního aparátu v době tvorby generativních orgánů (od metání do sklizně), má význam především ve vztahu k celkové biologické produkci. U ozimé pšenice dosahuje hodnot $2 - 2,50 \cdot 10^2$ na m^2 za den (Petr a kol., 1980).

Těsnost vztahu mezi hodnotami LAI, LAD (integrální listová plocha) a výnosem je ovlivněna i dalšími produkčními hodnotami, jako je čistý výkon fotosyntézy (NAR), rychlost přírůstku sušiny na plochu (CGR) a zejména hodnotami sklizňového indexu, tj. koeficientu využití vytvořených asimilátů na produkci hospodářsky cenného orgánu – zrna. Všechny tyto komponenty jsou podstatně ovlivněny hodnotami LAI. Silné zvýšení LAI způsobuje snížení NAR, a tím i CGR a zhoršení hodnot sklizňového indexu. Formování LAI a jeho optimální hodnoty je tedy nutno posuzovat s ohledem na ostatní charakteristiky, týkající se listové plochy a fotosyntézy (Petr a kol., 1980).

3.3.3 Současná pěstitelská technologie

Současná situace v nabídce a ve vybavení secí technikou představuje v zásadě tři možné způsoby výsevu: setí do řádků (řádkové), setí do pásků (páskové) a setí na široko (plošné). Páskové a plošné setí je používáno spíše minoritně. U páskového setí dochází v důsledku koncentrace osiva do pásků ke zvětšení výživné plochy, na což rostliny reagují rychlým vzcházením, vysokým počtem vzejitých rostlin a intenzivním odnožováním. Při plošném výsevu je osivo rovnoměrně rozmístěno. Rostliny vytváří mohutný kořenový systém a dobře odnožují, v důsledku čehož dochází k dobrému využití živin a hospodaření s vodou. V současnosti nejrozšířenější je řádkové setí. Je tomu tak hlavně z důvodu jednoduchosti technického řešení secích strojů. Osivo je ukládáno do úzkých řádků s nejčastější roztečí 125 mm. Při větší meziřádkové vzdálenosti vzniká volný prostor pro uplatnění plevelů. Nepříznivým průvodním jevem tohoto způsobu výsevu je tzv. řádkování (největší koncentrace rostlin v řádku), které bývá patrné až do sklizně. Svědčí o nedokonalém využití plochy (Zimolka a kol., 2005).

Optimální termín setí ozimé pšenice je od 10. září do 15. října (eventuálně konce října) podle výrobní oblasti. Předčasné i pozdní setí je nežádoucí a snižuje výnos. Při předčasném setí je vyšší riziko stonkových chorob a přerůstání porostu. Pozdní setí snižuje výnos o 10 – 40 % především kvůli horšímu klíčení v nepříznivějších podmínkách. Hloubka setí je jedním z neúčinnějších prostředků na zabezpečení rovnoměrného klíčení, vzcházení a celkové prosperity porostu během vegetace. Optimální hloubka je v podmínkách České

republiky 30 – 50 mm. Na těžších a vlhčích půdách se seje mělčeji, na lehčích půdách a v suchých podmínkách hlouběji. Hloubka setí přímo souvisí s odolností rostlin vůči vyzimování. V případě nepříznivé zimy mělce zaseté rostliny mají založené odnožovací kolénko těsně pod povrchem anebo na povrchu půdy. V tomto případě odumírání jedinců a snížení výnosu může dosáhnout 40 – 60 % (Špaldon et al., 1982).

Výše výsevku pšenice se upravuje podle termínu výsevu a uvádí se v miliónech klíčivých zrn na jednotku plochy (MKZ). Pohybuje se od 2,5 MKZ/ha (začátek září) po 5,5 – 6 MKZ/ha (konec října), což odpovídá váhovému rozmezí zhruba 120 – 250 kg/ha. Při pozdních výsevech je klíčivost nižší a navíc je nutno počítat s nižším počtem přezimujících rostlin, které jsou z důvodu zkráceného podzimního vývoje méně mrazuvzdorné. Přihlížet se musí také k odnožovacím schopnostem jednotlivých odrůd. U více odnožujících odrůd se výsevek drží při spodní hranici. V horších pěstitelských podmínkách jsou uplatňovány výsevky při horní hranici (Petr a Húska, 1997).

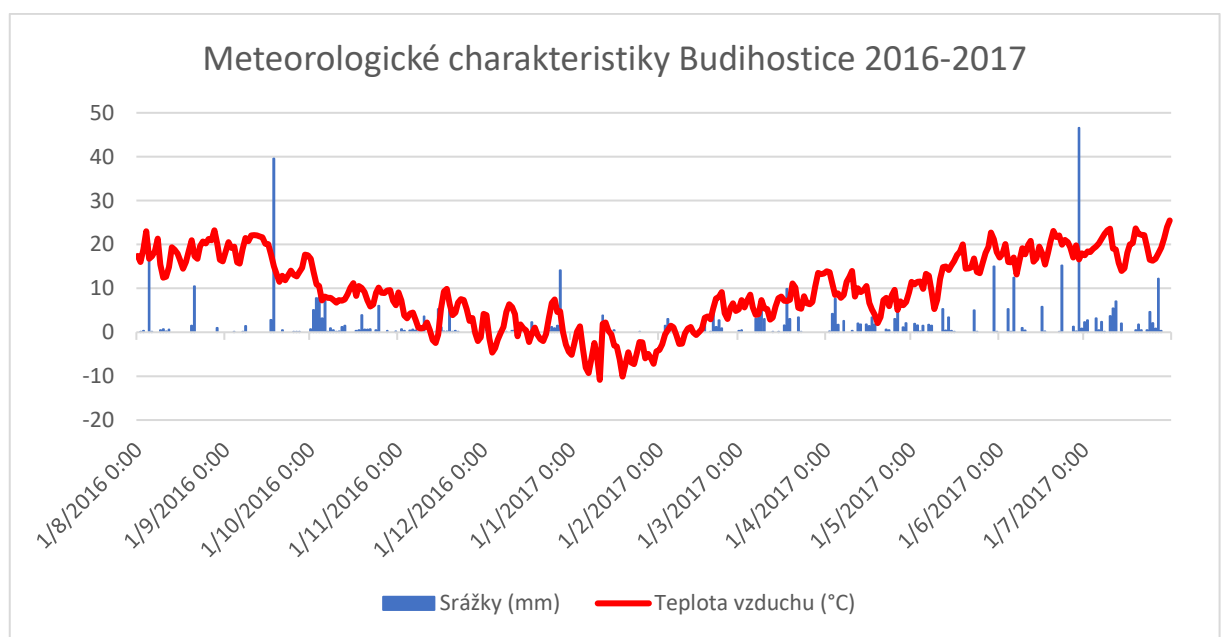
Nutno podotknout, že v současnosti se výsevky určují přepočtem MKZ pomocí HTZ (hmotnost tisíce zrn) na váhu výsevku na hektar. Secí stroje pro výsev obilnin se tedy regulují podle váhy a ne podle přesného počtu jedinců na hektar. Nelze tedy hovořit o přesném setí.

Stroje pro výsev obilnin pracují s dvěma základními typy výsevních mechanismů. Jedná se o výsevní mechanismy individuální, které dávku osivo do jednoho nebo dvou semenovodů – řádků (válečkové, lžičkové, motýlkové) a výsevní mechanismy centrální, které dávku osivo do všech semenovodů secího stroje (pneumatické přetlakové, odstředivé). Tyto stroje jsou pro přesné setí nevhodné, neboť semena jsou jednoduše určitým způsobem hromadně vyhrnována. O přesnosti ukládání jednotlivých semen jako u přesně setých plodin vůbec nemůže být řeč (Kumhála et al., 2007).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Pomocí polních experimentů byl v hospodářském roce 2016 - 2017 ověřován vliv ozimých a jarních forem hrachu setého a rolního využitých jako pomocných plodin na výnosy ozimé pšenice. Přesné polní pokusy byly založeny na podzim 2016 na lokalitě Budihostice (střední Čechy), GPS koordináty 50°19'2.723"N, 14°15'7.999"E. Z hlediska půdní klasifikace se na pokusných pozemcích jednalo o kambizem. Dle hodnocení vláhové bilance je lokalita řazena mezi oblasti, kde průměrná hodnota roční sumy potenciální evapotranspirace převyšuje průměrnou sumu ročních srážek (Tolasz a kol., 2007), lokalita leží v 233 m. n. m. Základní meteorologické charakteristiky - teplota vzduchu (°C) a denní sumy srážek (mm) - pro danou lokalitu byly převzaty z meteorologické stanice Budihostice (letišťe Sazená), která patří do sítě meteorologických stanic Fakulty agroekologie a biometeorologie ČZU v Praze (http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Budihostice._o_Leti%C5%A1t%C4%9B.Sazen%C3%A1_p_.CZUFAPPZ.html). Údaje zobrazuje graf 1.



Graf 1: Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu (°C) a denní sumy srážek (mm) na lokalitě Budihostice od 1. 8. 2016 do 31. 7. 2017.

4.2 Metodika pokusu

V rámci experimentů byly ověřovány tři odrůdy ozimé pšenice (Julie, Penelope a Turandot). Pomocnou plodinou byla ozimá forma hrachu setého (odrůda Aviron, úponkový typ) a jarní forma, odrůda Protecta (listový typ). Dále byla ověřována ozimá forma hrachu rolního Arkta a forma jarní, odrůda Arvika. Tabulka 1 dokumentuje jednotlivé pokusné varianty a počty rostlin na pokusných plochách. Velikost pokusné plochy činila 6 x 50 m. Jednotlivá opakování byla tvořena pseudoreplikacemi v rámci jedné varianty.

varian ta	pšenice ozimá		hrách setý* a hrách rolní (peluška)**			
	odrůda	počet rostlin na m ² , 21.3.2017	ozimá forma (výsev v kg/ha)	jarní forma (výsev v kg/ha)	kusy/m ² , 4.11.2017	kusy/m ² , 21.3.2017
1	Julie	186,0	Aviron* (40)		35,2	38,0
2	Julie	168,0	Aviron* (80)		26,4	43,0
3	Julie	130,0	Aviron* (80)		34,4	45,0
4	Julie	160,0	Aviron* (80)	Protecta** (40)	28,8	35,0
5	Julie	174,0	bez výsevu hrachu			
6	Julie	194,0	Arkta** (80)		68,8	65,0
7	Julie	86,0	Arkta** (70)		65,6	65,0
8	Julie	208,0	Arkta** (110)		96,8	94,0
9	Julie	192,0	Arkta** (40)	Arvika** (40)	48,0	39,0
10	Penelope	190,0	Arkta** (80)		68,8	47,0
11	Penelope	372,0	Arkta** (70)		45,6	60,0
12	Turandot	206,0	Arkta** (80)		64,0	53,0
13	Turandot	268,0	Arkta** (70)		48,0	58,0
14	Turandot	200,0	Arkta** (140)		109,6	83,0

Tab. 1: Popis pokusných variant založených 26.9.2016 a počty rostlin ozimé pšenice na jednotku plochy po přezimování (21.3.2017) a počty rostlin hrachu na jednotku plochy před nástupem zimy a po přezimování (4.11.2016 a 21.3.2017) na lokalitě Budihostice.

Výsev hrachu spolu s pšenicí proběhl 26.9.2016. K založení porostů byl využit secí stroj Falcon od firmy Farnet (Obr. 2), jež disponuje dvěma zásobníky na osivo, a je tedy schopen jedním přejezdem vysévat dvě různé plodiny ob řádek. Rozteč mezi diskovými výsevními botkami je 125 mm, přičemž tatáž plodina je vysévána na meziřádkovou vzdálenost 250 mm. Předplodinou byla ozimá řepka, základním zpracováním orba a následná předset'ová příprava.



Obr. 2: Založení porostů ozimé pšenice se současným výsevem hrachu ob meziřádek 26.9.2016 secím strojem Falcon pro výsev dvou druhů plodin ob botku (foto Brant).

Ze způsobu výsevu vyplývá odlišná struktura porostu pšenice oproti konvenčně zakládaným porostům, neboť meziřádková vzdálenost je dvojnásobná. Z tohoto důvodu byly na většině pokusných ploch ověřovány nižší výsevky pšenice, aby byla omezena konkurence rostlin v řádku. Cílem pokusů bylo založit porosty, jejichž počet rostlin na jednotku plochy nepřesáhne hodnotu 200 rostlin/m² (Tab. 1), mimo variant 11 a 13. Zároveň ovšem počty rostlin neklesaly pod hodnotu 150 ks/m² z důvodu předpokládaného nižšího hnojení minerálním dusíkem, které sebou nese riziko redukce odnoží v pozdějších fázích vegetace. Výsevky hrachu se pohybovaly v rozmezí 40 až 140 kg/ha. V rámci dvou variant byl výsevek hrachů postaven na výsevu směsi osiva jarní a ozimé formy hrachu setého (varianta 4, 40 kg/ha Aviron + 40 kg/ha Protecta) a u varianty 9 byla použita směs odrůd hrachu rolního Arkta + Arvika (40 + 40 kg/ha). Důvodem ověřování jarních forem hrachu byla jejich rychlejší růstová dynamika po zasetí ve srovnání s ozimými formami (Tab. 1). Na podzim porosty nebyly přihnojeny minerálním dusíkem. Přihnojení proběhlo na jaře (20.2.2017) jednorázovou dávkou 55 kg N/ha (LAV 27,5), čímž bylo zároveň hnojení minerálními hnojivy ukončeno. Regulace přezimujících rostlin hrachu byla provedena při postemergentní aplikaci herbicidu 12.4.2017 (Starane Forte 0,33 l/ha + Biplay SX 40 g/ha). Chemická ochrana spolu s listovými hnojivy je znázorněna v tabulce 2.

Hnojení a chemická ochrana pšenice	
5.-6.4.	Lignohumát (0,4 l/ha); Amiphos (20 l/ha)
12.4.	Biplay (40 g/ha); Starane Forte (0,330 l/ha); Stabilan (1 l/ha)
4.5.	Boogie (1 l/ha); Fixator (0,3 l/ha)
12.6.	Nanofyt Si (0,4 l/ha); Prosaro (0,75 l/ha)
12.7.	Clinic (3 l/ha)

Tab. 2: Hnojení a chemická ochrana pšenice

První hodnocení porostů bylo provedeno na podzim (4.11.2016), kdy byla sledována průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy ozimé pšenice a hrachů a zároveň byl stanoven počet rostlin na jednotku plochy. Průměrná suchá nadzemní hmotnost rostliny byla stanovena na základě odběru rostlin pšenice ozimé a hrachů z jednoho metru řádku v počtu pěti opakování na variantu (pseudoreplikace). Rostliny hrachu i pšenice byly odebrány s podzemní biomasou, ta byla následně oddělena v místě kořenového krčku a nadzemní biomasa každé odebrané rostliny byla usušena do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Na základě odběrů byl zároveň stanoven počet rostlin na jeden délkový metr řádku a následně vypočten průměrný počet rostlin na jednotku plochy. Pseudoreplikace byly rozmístěny úhlopříčně na pokusné variantě.

Následné hodnocení porostů proběhlo na jaře (21.3.2017). Předmětem sledování byl počet rostlin pšenice a hrachů na jednotku plochy, hmotnost suché nadzemní biomasy pšenice na jednotku plochy, hmotnost suché nadzemní a podzemní biomasy hrachů a celková produkce suché hmotnosti hrachů. Průměrná suchá nadzemní hmotnost rostliny byla stanovena na základě odběru rostlin pšenice ozimé a hrachu z jednoho metru řádku v počtu pěti opakování na variantu. Rostliny hrachu i pšenice byly odebrány v půdním bloku s podzemní biomasou. Po odběru následovalo vyplavení kořenových systémů jednotlivých rostlin. Následně byla oddělena v místě kořenového krčku nadzemní a podzemní biomasa. Nadzemní a podzemní biomasa každé odebrané rostliny (pšenice ozimá a hrachy) byla usušena do konstantní hmotnosti při teplotě 105 °C. Na základě odběrů byl zároveň stanoven počet rostlin na jeden délkový metr řádku a následně vypočten průměrný počet rostlin na jednotku plochy. Pseudoreplikace byly rozmístěny úhlopříčně na pokusné variantě.

Třetí a poslední hodnocení proběhlo v době sklizně porostu (20.7.2017), kdy byly hodnoceny parametry výnosových prvků, tedy počet klasů na m² (kusy), objemová hmotnost (g/l), HTZ (g) a výnos zrna (t/ha, 100 % čistota a 100 % sušina). Počet klasů byl stanoven na ploše o velikosti 0,25 m² v počtu šesti opakování na pokusné variantě, pseudoreplikace byly rozmístěny úhlopříčně. Při sklizni byla každá varianta rozdělena do úseků dlouhých 12 m. Na

těchto úsecích proběhla sklizeň maloparcelkovou sklízecí mlátičkou. Z každého posečeného transektu byl stanoven výnos zrna. Ze sklizeného vzorku byly odebrány průměrné vzorky pro stanovení vlhkosti zrna, čistoty a stanovení objemové hmotnosti.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu Statgraphics®Plus, verze 4.1. Použity byly metody analýzy jednoduchého třídění (ANOVA) a lineární regrese.

4.3 Výsledky

V tabulce 1 jsou uvedeny počty skutečně vzešlých rostlin pšenice a hrachu na jednotlivých pokusných variantách na podzim a na jaře. Z těchto údajů lze odvodit charakteristiku struktury porostu jednotlivých variant.

varian ta	pšenice ozimá		hrách setý* a hrách rolní (peluška)**			
	odrůda	počet rostlin na m ² , 21.3.2017	ozimá forma (výsev v kg/ha)	jarní forma (výsev v kg/ha)	kusy/m ² , 4.11.2017	kusy/m ² , 21.3.2017
1	Julie	186,0	Aviron* (40)		35,2	38,0
2	Julie	168,0	Aviron* (80)		26,4	43,0
3	Julie	130,0	Aviron* (80)		34,4	45,0
4	Julie	160,0	Aviron* (80)	Protecta** (40)	28,8	35,0
5	Julie	174,0	bez výsevu hrachu			
6	Julie	194,0	Arkta** (80)		68,8	65,0
7	Julie	86,0	Arkta** (70)		65,6	65,0
8	Julie	208,0	Arkta** (110)		96,8	94,0
9	Julie	192,0	Arkta** (40)	Arvika** (40)	48,0	39,0
10	Penelope	190,0	Arkta** (80)		68,8	47,0
11	Penelope	372,0	Arkta** (70)		45,6	60,0
12	Turandot	206,0	Arkta** (80)		64,0	53,0
13	Turandot	268,0	Arkta** (70)		48,0	58,0
14	Turandot	200,0	Arkta** (140)		109,6	83,0

Tab. 1: Popis pokusných variant založených 26.9.2016 a počty rostlin ozimé pšenice na jednotku plochy po přezimování (21.3.2017) a počty rostlin hrachu na jednotku plochy před nástupem zimy a po přezimování (4.11.2016 a 21.3.2017) na lokalitě Budihostice.

Na podzim (4.11.2016) byla dále hodnocena průměrná suchá hmotnost rostlin pšenice ozimé a hrachu. Tyto údaje jsou spolu s průměrnou suchou produkcí nadzemní biomasy

hrachů uvedeny v tabulce 3. Mezi hmotnostmi rostlin pšenice nebyly prokázány statisticky průkazné rozdíly, obdobná situace byla i u rostlin hrachu. Celková produkce suché nadzemní biomasy hrachů (t/ha) na podzim pozitivně korelovala s počtem rostlin hrachu na jednotku plochy. Vyšší produkce hrachu byla stanovena na plochách osetých hrachem rolním (Arkta) ve srovnání s plochami osetými hrachem setým (Aviron). Na obrázku 3 je možno vidět vývoj hrachů v porostech pšenice.

variant a	pšenice ozimá	hrách setý a rolní	průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny pšenice (g)	průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny hrachu (g)	průměrná suchá produkce nadzemní biomasy hrachů (t/ha)
1	Julie	Aviron	0,061	0,076	0,027
2	Julie	Aviron	0,054	0,090	0,024
3	Julie	Aviron	0,047	0,110	0,038
4	Julie	Aviron+Protecta	0,052	0,073	0,021
5	Julie		0,051		
6	Julie	Arkta	0,054	0,067	0,046
7	Julie	Arkta	0,052	0,089	0,058
8	Julie	Arkta	0,058	0,080	0,078
9	Julie	Arkta+Arvika*	0,065	0,074	0,036
10	Penelope	Arkta	0,058	0,119	0,082
11	Penelope	Arkta	0,056	0,086	0,039
12	Turandot	Arkta	0,063	0,069	0,044
13	Turandot	Arkta	0,062	0,076	0,037
14	Turandot	Arkta**	0,071	0,135	0,148

Tab. 3: Průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny ozimé pšenice a luskovin (g) a celková produkce suché nadzemní biomasy hrachu (t/ha) při podzimním hodnocení porostů 4.11.2016 na lokalitě Budihostice.



Obr. 3: Stav porostů 11.11.2016, odrůda pšenice ozimé Julie s hrachem setým Aviron (vlevo) a tatáž odrůda s hrachem rolním Arkta (vpravo) (foto Brant).

Jarní hodnocení porostů, které proběhlo 21.3.2017, bylo zaměřeno na počet rostlin pšenice a hrachů na jednotku plochy (Tab. 1) a produkci biomasy obou druhů (Tab. 4). Celková produkce suché biomasy hrachů se na začátku vegetace pohybovala v rozmezí 57 až 221 kg na ha. Na variantách s odrůdou Julie (varianty 1-9) byly provedeny podrobné analýzy hodnotící rozdíly mezi průměrnou suchou hmotností rostliny pšenice ozimé a počtem odnoží na rostlině. Rozdíly mezi průměrnou suchou hmotností nadzemní biomasy rostliny a počtem odnoží na rostlině byly statisticky průkazné. Nejnižší průměrná suchá hmotnost rostliny a nejnižší počet odnoží na rostlině byly prokázány na variantě 5, kde nebyl proveden výsev hrachu do porostu pšenice (Tab. 5). Obrázek 3 dokumentuje stav porostů na jaře.

varianta	odrůda	hmotnost nadzemní biomasy hrachu (t/ha)	hmotnost podzemní biomasy hrachu (t/ha)	hmotnost celkové biomasy hrachu (t/ha)
1	Julie	0,057	0,014	0,072
2	Julie	0,064	0,016	0,081
3	Julie	0,056	0,014	0,070
4	Julie	0,045	0,011	0,057
5	Julie			
6	Julie	0,069	0,028	0,096
7	Julie	0,075	0,030	0,105
8	Julie	0,157	0,064	0,221
9	Julie	0,057	0,023	0,080
10	Penelope	0,065	0,026	0,091
11	Penelope	0,104	0,042	0,146
12	Turandot	0,068	0,028	0,095
13	Turandot	0,094	0,038	0,132
14	Turandot	0,089	0,036	0,125

Tab. 4: Průměrná hmotnost suché nadzemní a podzemní biomasy a celková produkce suché hmotnosti hrachů 21.3.2017 na hodnocených variantách na lokalitě Budihostice.

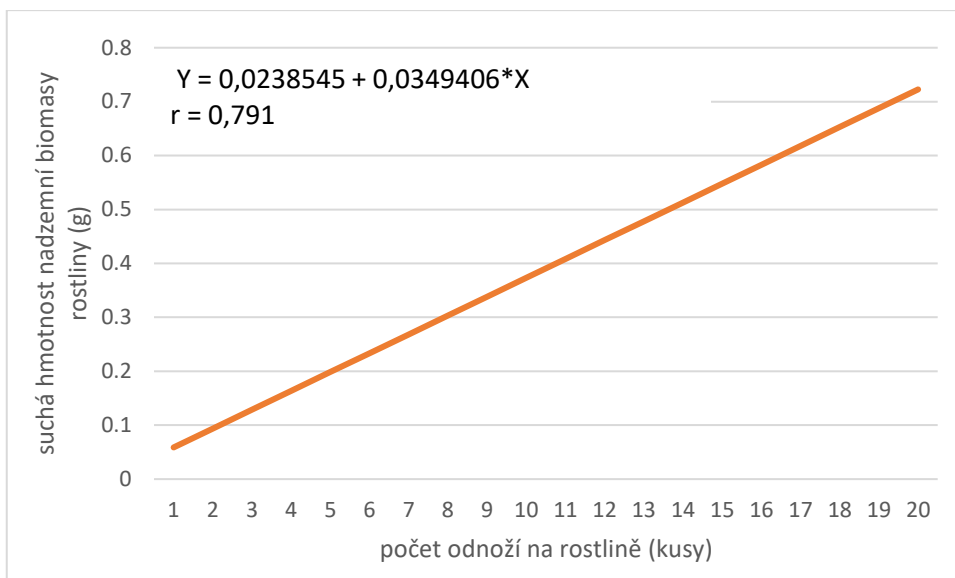
variant a	odrůda	nadzemní suchá hmotnost rostliny (g)		počet odnoží na rostlině (kusy)	
1	Julie	0,287	bc	7,5	bc
2	Julie	0,271	abc	7,4	bc
3	Julie	0,200	a	5,2	a
4	Julie	0,202	ab	5,5	ab
5	Julie	0,197	a	4,9	a
6	Julie	0,218	ab	5,4	a
7	Julie	0,331	c	8,3	c
8	Julie	0,202	ab	5,8	ab
9	Julie	0,317	c	7,8	c

Tab. 5: Průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny pšenice (g) a průměrný počet odnoží na rostlině (kusy) na variantách osetých odrůdou Julie, 21.3.2017. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (P-value 0,05, ANOVA).

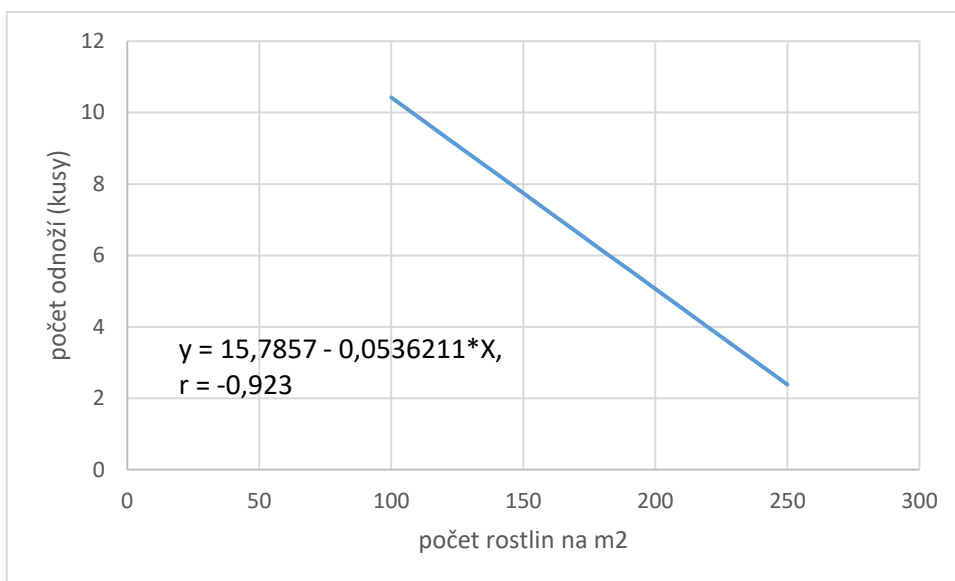


Obr. 4: Stav porostů 21.3.2017, vlevo rostliny hrachu setého Aviron, uprostřed rostliny hrachu rolního Arkta, vpravo porost pšenice ozimé Julie s hrachem rolním Arkta (foto Brant).

Mezi suchou hmotností rostliny pšenice ozimé a počtem odnoží byla potvrzena pozitivní korelace. Graf 2 dokládá závislost mezi průměrnou suchou hmotností rostliny a počtem odnoží u odrůdy Julie vycházející z hodnocení provedeného 21.3.2017, kdy bylo hodnoceno 350 rostlin. Mezní hodnoty počtu odnoží jsou ohraničeny minimálním a maximálním počtem stanoveným na sledovaných rostlinách. Dalším faktorem, který má vliv na odnožování rostliny, je počet jedinců na jednotku plochy. Zde však platí negativní korelace (Graf 3). Tato závislost byla taktéž hodnocena na plochách s odrůdou Julie (Graf 3). Výsledky potvrzují pozitivní vliv snížení výsevu na odnožování rostlin, s čímž je spjat nárůst hmotnosti rostliny, který je podmíněn vyšším odběrem živin jedincem.



Graf 2: Závislost mezi průměrnou suchou hmotností rostliny a počtem odnoží u odrůdy Julie stanovená 21.3.2017, hodnoceno bylo 350 rostlin.



Graf 3: Závislost mezi průměrným počtem rostlin na jednotku plochy (kusy/m²) a počtem odnoží u odrůdy Julie stanovený 21.3.2017.

V tabulce 5 jsou vedeny parametry výnosových prvků stanovených v termínu sklizně porostů 20.7.2017. Stav porostů ozimé pšenice před sklizní dokumentuje obrázek 5. Hodnoty počtu klasů/m² u sledovaných porostů byly odlišné v závislosti na odrůdě (Tab. 6), obdobně jako hodnoty objemové hmotnosti. Výnos zrna vykazoval nejtěsnější pozitivní korelaci

s HTZ. Výnosy zrna u pšenice ozimé se na hodnocených plochách pohybovaly v rozmezí 6,9 až 8,3 t/ha (Tab. 6).

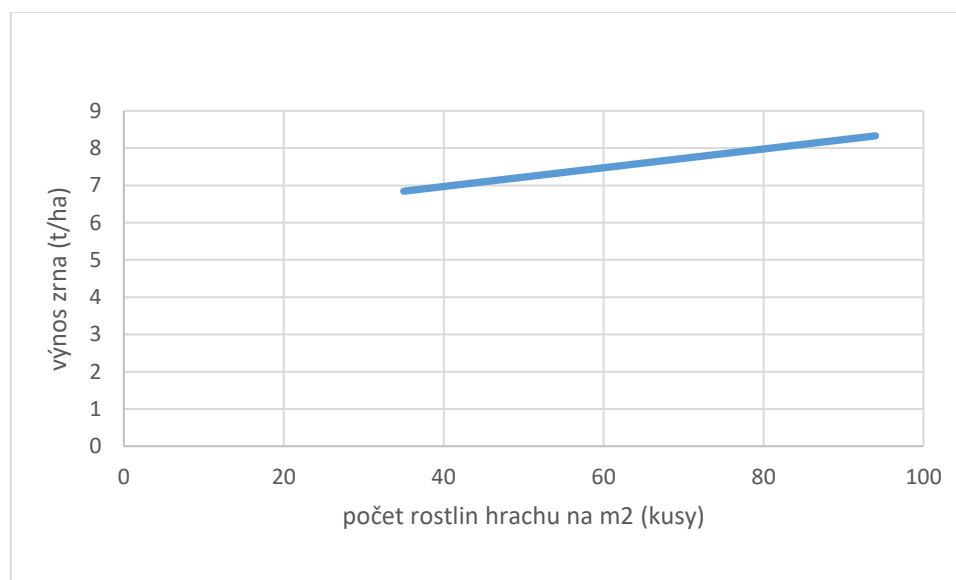
Využití hrachu jako pomocné plodiny a jeho vliv na výnos zrna byly ověřovány opět na plochách osetých odrůdou Julie. Kontrolní variantu představoval porost pšenice bez výsevu hrachu. Nižší výnosy byly ve srovnání s kontrolou stanoveny na plochách s ozimým hrachem setým (Aviron). Plochy s vysetou Arktou (čisté výsevy) vykazovaly výnos vyšší (Tab. 6). Graf 4 dokumentuje pozitivní korelaci mezi výnosem zrna a počtem rostlin hrachu na jaře na jednotku plochy. Vyšší počty rostlin hrachů byly stanoveny právě na plochách s Arktou. Na základě stanovení regresní funkce vykazovaly vůči kontrole vyšší výnos porosty, kde počet rostlin hrachu byl roven či vyšší než 64 kusů na m². Další roli zde mohla hrát i růstová dynamika rostlin, která je vyšší u Arkty než u Avironu. Pozitivní korelace byla stanovena i mezi výnosem zrna u odrůdy Julie a produkcí nadzemní, podzemní a celkové biomasy hrachů před herbicidním umrtvením na jaře (Tab. 7). Nejtěsnější korelace byla stanovena mezi produkcí podzemní biomasy hrachů a výnosem pšenice. Vliv kořenového systému však nelze spojovat jen se samotnou produkcí biomasy a následným uvolněním živin z biomasy, která je uložena v půdě, ale také s působením kořenů na půdní vlastnosti a s funkcí rostlinných společenstev.



Obr. 5: Stav porostů ozimé pšenice vysetých do řádků 250 mm na začátku 20.7.2017, které byly založeny s ozimou formou hrachu rolního, jako pomocnou plodinou, zleva Julie, Penelope a Turandot (foto Brant).

varian ta	pšenice ozimá	hrách setý a rolní	počet klasů na m ² (kusy)	objemová hmotnost (g/l)		HTZ (g)		výnos zrna (t/ha, 100% sušina a čistota)	
1	Julie	Aviron	478	805,8	ab	47,2	a	6,923	a
2	Julie	Aviron	451	807,5	ab	48,3	a	6,985	a
3	Julie	Aviron	412	796,2	a	47,8	a	7,041	a
4	Julie	Aviron+Prot ecta	452	803,5	ab	48,2	a	7,244	a
5	Julie		454	807,3	ab	49,7	a	7,582	ab
6	Julie	Arkta	464	806,3	ab	49,4	a	7,702	ab
7	Julie	Arkta	458	799,3	ab	49,4	a	7,687	ab
8	Julie	Arkta	491	808,6	b	49,3	a	8,250	b
9	Julie	Arkta+Arvi ka*	480	802,4	ab	47,4	a	7,379	a
10	Penelope	Arkta	536	787,3	a	44,7	a	7,492	a
11	Penelope	Arkta	530	794,1	a	44,5	a	8,087	a
12	Turandot	Arkta	476	798,5	a	53,5	a	7,714	a
13	Turandot	Arkta	519	795,7	a	53,2	a	7,929	a
14	Turandot	Arkta**	473	803,6	a	53,3	a	8,005	a

Tab. 6: Hodnoty výnosotvorných prvků na hodnocených plochách v termínu sklizně porostů 20.7.2017. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry v rámci odrůdy (P-value 0,05; ANOVA).



Graf 4: Závislost mezi průměrným počtem rostlin na jednotku plochy (kusy/m², 21.3.2017) a výnosem zrna (t/ha, 20.7.2017). Hodnoceny byly plochy s čistým výsevem ozimých odrůd hrachu.

nezávisle proměnná X	model	koeficient korelace	hladina významnosti
hmotnost nadzemní biomasy hrachu (X, t/ha)	výnos zrna (t/ha) = 6,50477 + 11,6329*X	0,842	95 %
hmotnost podzemní biomasy hrachu (X, t/ha)	výnos zrna (t/ha) = 6,70042 + 26,2648*X	0,938	95 %
hmotnost celkové biomasy hrachu (X, t/ha)	výnos zrna (t/ha) = 6,55326 + 8,16976*X	0,878	95 %

Tab. 7: Závislost mezi produkcí suché nadzemní, podzemní a celkové biomasy hrachů na plochách osetých odrůdou Julie před umrtvením porostu (t/ha, 21.3.2017) a výnosem zrna (t/ha, 20.7.2017). Hodnoceny byly plochy s čistým výsevem ozimých odrůd hrachu.

Z hlediska posouzení produktivity, ale i ekonomiky, ověřovaných systémů zakládání porostů pšenice do řádků s roztečí 250 mm s využitím hrachů jako pomocné plodiny je možné provést jejich srovnání se souběžně pěstovanou plochou ozimé pšenice konvenční technologií. Vedle pokusných ploch byl založen porost ozimé pšenice odrůdy Genius. Výsev byl proveden ve stejný den jako u pokusných parcel, meziřádková vzdálenost činila 125 mm. Kromě výživy rostlin, byly na této ploše všechna agrotechnická opatření shodná. Celková dávka minerálního dusíku u konvenčně založených porostů činila 200 kg/ha. V termínu sklizně (20.7.2017) dosahoval počet rostlin 296 kusů na m² a počet klasů byl 429 kusů na m². Výrazně nižší byly stanovené hodnoty objemové hmotnosti, které dosahovaly 796 g/l, ale i HTZ 37,7 g. Celkový průměrný výnos na konvenční variantě dosáhl hodnoty 7,380 t/ha. Výnos zrna byl na pokusných plochách obdobný, ale i vyšší než na konvenční ploše. Nižší výsevky pšenice ozimé, které byly uplatněny na pokusných plochách, znamenají ve srovnání s konvenčním způsobem snížení nákladů na osivo. Cena osiva hrachu, kde maximální výsevek činil 140 kg/ha, jednoznačně nepřekročila náklady spojené s aplikací 145 kg N/ha, o které bylo navýšeno hnojení u konvenční varianty.

5 Diskuse

Společné pěstování více plodin má dlouhou tradici v mnoha regionech po celém světě a na mnoha místech se zachoval dodnes především v méně rozvinutých zemích Afriky, Asie a Ameriky. Ovšem například v Číně i přes rozvoj moderních technologií a významný pokrok, který tato země zaznamenává, tvoří produkce pocházející ze systému společného pěstování plodin stále významné procento v celkovém objemu zemědělské produkce a tento systém je praktikován až na jedné třetině zemědělské půdy (Zhang and Li, 2003). Naproti tomu v Evropě prakticky většinově převládá klasický systém střídání plodin s pěstování jedné plodiny v témže roce. Ovšem s rozvojem moderních technologií, především precizního zemědělství, a neustálým zpřísňováním pravidel pro používání hnojiv a přípravků na ochranu rostlin se vyvíjí pěstební systémy, které umožní udržitelnou produkci s omezeným využitím těchto pomocných prostředků, případně umožní jejich úplné vyřazení z užívání (Moritz, 2014). V rámci těchto systémů je využíváno nejen produkční, ale i mimoprodukční funkce různých rostlinných druhů. Jako zajímavé se pro tento trend jeví právě luskoviny. Pěstování luskovin v produkčních směsích je běžné napříč kontinenty, ovšem nově je zkoumán potenciál mimoprodukčního využití luskovin jako podpůrných plodin.

V rámci pokusů prováděných v hospodářském roce 2016-2017 byl na lokalitě Budihostice ověřován vliv luskovin (hrachu setého polního a rolního) jako podpůrných plodin v pšenici ozimé. V souvislosti se způsobem výsevu byla vytvořena specifická struktura porostu obilniny, kdy byl oproti konvenčním porostům snížen výsevek, a výsledná meziřádková vzdálenost po odstranění luskoviny činila 250 mm. Směsné porosty pšenice s luskovinou byly navíc hnojeny pouze jednou redukovanou dávkou dusíku.

Potenciální schopnost vytvářet vedlejší stébla (odnožovat) je u obilnin neobyčejně velká a závisí na vztahu růstu a vývoje. Odnožování nejvíce podporují faktory, které zpomalují vývoj, tj. diferenciaci vzrostného vrcholu. Jsou to: délka dne (krátký podzimní a jarní den podmiňuje zeslabení apikální dominance hlavního stébla, čímž se stimuluje odnožování), teplota (v našich podmínkách je optimální 8 – 15 °C). Dále má podstatný vliv hnojení (zejména dusíkem) a intenzita osvětlení (Petr a kol., 1980). Z důvodu možné konkurence v řadách byl proto výsevek snížen.

Z výsledků pokusu vyplývá, že porosty pšenice ozimé s podpůrnou plodinou při redukovaném hnojení dosahují obdobných, ne-li vyšších výnosů zrna ve srovnání s kontrolou, která byla hnojena 200 kg N/ha. Důležitý je fakt, že byla prokázána pozitivní korelace mezi vzrůstajícím počtem rostlin hrachu a výnosem zrna pšenice.

Gallagher et al. (2010) se zabývali podobnou problematikou. V letech 2009-2010 byl prováděn pokus s cílem posoudit vliv hrachu setého ozimého na výnos pšenice ozimé a určit optimální termín odstranění hrachu z porostu. Výsevek pšenice byl 150 kg/ha, hrachu bylo vyseto 225 kg/ha. Plodiny byly vysety najednou ob řádek, kdy meziřádková vzdálenost činila 19 cm, přičemž vzdálenost mezi řádky téže plodiny činila 38 cm. Jelikož se jednalo o pokus, který simuloval podmínky ekologického zemědělství, nebyla aplikována žádná hnojiva a odplevelení bylo provedeno ručně. Termín odstranění byl posuzován ve čtyřech fázích vývoje porostu: 25 %, 50 %, 75 % a 100 % zakrytí meziřádku. V každém termínu odběru byla u obou rostlinných druhů měřena produkce biomasy. Na závěr byl hodnocen výnos a obsah bílkovin v zrně. Z výsledků vyplynulo, že rostliny hrachu na podzim nekonkurují pšenici z hlediska půdní vody a dusíku. Analýzy rostlin ukázaly, že produkce biomasy pšenice byla větší, když byl hrách odstraněn ve fázi 25 % zakrytí meziřádku než při 100 % zakrytí meziřádku. Výnos zrna ve srovnání s kontrolou (čistý výsev) ovšem nebyl průkazně ovlivněn, stejně jako jeho kvalita. Výsledky tohoto pokusu nejsou ve shodě s výsledky pokusu zpracovávaného touto prací, což je možno přisuzovat odlišným podmínkám pokusu, kdy nebyla ani na kontrole použita žádná minerální hnojiva.

Bedoussac a Justes (2010) prováděli v letech 2006-2007 pokusy s hrachem setým v kombinaci s pšenicí tvrdou (*T. durum*). Zkoumán byl vliv společného pěstování na výnos zrna pšenice a obsah bílkovin v zrně, který bývá často nízký, především v systémech se sníženými vstupy. Založeny byly tři varianty porostů: čistý výsev pšenice (336 zrn/m²), čistý výsev hrachu (72 semen/m²) a směs pšenice s hrachem (výsevky obou druhů byly redukovány na 50 %). Varianta s čistým výsevem hrachu nebyla hnojena minerálním dusíkem. Ostatní varianty byly hnojeny dávkami 0, 60, 80, 100, 140 a 180 kg N/ha. Nutno podotknout, že v tomto případě nedošlo k umrtvení hrachu a porost byl sklizen jako směs. Výsledky jsou tedy pouze částečně porovnatelné s pokusem zpracovávaným v této práci. Z výsledků vyplývá, že výnos zrna a sušiny byl u čistých výsevů pšenice a hrachu výrazně vyšší než u alternativních stejně hnojených variant směsných porostů až na varianty bez hnojení a s nízkými dávkami minerálních hnojiv, což lze vysvětlit nižší úrovní až zastavením biologické fixace dusíku při hnojení luskovin dusíkem. Obsah dusíku v zrně byl o 13-15 % vyšší u pšenice ve směsných porostech oproti pšenici z čistého výsevu. Na základě výsledků tohoto pokusu lze potvrdit příznivý vliv luskovin na výnos při redukováných dávkách minerálních hnojiv. Výsledky tohoto pokusu jsou ve shodě s výsledky této práce.

Často je využíván hrách i v kombinaci s pšenicí jarní, tímto se zabývali Ghaley et al. (2005). V rámci pokusu byly založeny tři varianty pokusných parcel: čistý výsev hrachu,

čistý výsev pšenice a směs skládající se z 50 % pšenice a 50 % hrachu. Zároveň byly zkoušeny různé úrovně dávek minerálního dusíkatého hnojiva, v tomto případě močoviny. Ani v tomto pokusu nedošlo k umrtvení hrachu a porost se tedy sklízel jako směs. Nejvyššího výnosu a největšího rozdílu mezi nehnojenou a vysoce hnojenou variantou dosahovaly parcely s čistým výsevem pšenice. Na variantě bez hnojení výrazně stoupl výnos hrachu v čistém výsevu, přičemž ve směsi dosahoval výnos hrachu 73% úrovně ve srovnání s čistým výsevem a výnos pšenice 65% úrovně ve srovnání s čistým výsevem pšenice. Rostoucí dávka dusíku snižovala zastoupení hrachu ve směsi a naopak zvyšovala výnos pšenice, ovšem celkově z výsledků vyplývá, že dávka dusíku výrazněji neovlivňuje výnos směsi. Zároveň byla posuzována kvalita zrna pšenice, především obsah dusíku. Nejvyšší obsah dusíku v zrně byl naměřen na variantě nehnojené směsi, což signalizuje nejlepší hospodaření se živinami bez vstupní dávky hnojiva. Obsah dusíku v zrně pšenice byl u rostlin ze směsi ve srovnání s čistými výsevy vyšší nezávisle na úrovni hnojení. V rámci komplementarity mezi pšenicí a hrachem má pšenice lepší přístup k dusíku v půdě a navíc využívá dusík navázaný biologickou fixací hrachu, což je značná výhoda oproti čistému výsevu pšenice. Vyšší obsah dusíku v zrně pšenice je značnou výhodou společného pěstování ve směsi s hrachem, neboť je tento parametr důležitým faktorem pro pekařskou kvalitu, čímž ovlivňuje výkupní cenu. Z výsledků tohoto pokusu vyplývá, že hrách má pozitivní vliv na kvalitu zrna pšenice a při nižších dávkách hnojení pozitivně působí na výnos pšenice. Tyto výsledky jsou ve shodě s výsledky pokusu zpracovávaného touto prací.

6 Závěry a doporučení

Výsledky prokázaly možnost reálného využití hrachů jako pomocných plodin v ozimé pšenici. Na základě provedených polních experimentů lze stanovit následující závěry a doporučení.

Závěry práce:

1. Jako pomocné plodiny je potřebné volit ozimé formy hrachů, které se ještě v jarním období z důvodu přezimování vyznačují tvorbou biomasy.
2. Na základě pozitivní korelace mezi počtem rostlin hrachu na jednotku plochy, či produkcí biomasy hrachu na plochu, a výnosem je potřebné zajistit maximální vzcháživost rostlin hrachu a při výsevu respektovat biologické vlastnosti osiva, které se u hrachů může vyznačovat nižší klíčivostí.
3. Jako vhodnější se jeví využití ozimého hrachu rolního, protože vykazuje vyšší hodnoty dynamiky růstu ve srovnání s ozimými formami hrachu setého.
4. Výhodou hrachu rolního z hlediska hloubky setí může být i menší velikost osiva vůči některým odrůdám hrachu setého.
5. Herbicidní regulace hrachů v porostech obilnin je technicky dobře zvládnutelná.
6. Z hlediska struktury porostu ozimé pšenice lze za zcela vyhovující považovat rozteč řádků 250 mm.
7. Založení porostů ozimé pšenice s hrachem jako pomocnou plodinou je jednoznačně podmíněno uložením osiva hrachu do půdy pomocí secí botky. Kvalitní zasetí hrachu je zárukou dobrého vzejití porostu a tím i dosažení vysoké produkce podzemní a nadzemní biomasy.

Doporučení pro praxi:

Využití hrachů jako pomocných plodin v ozimé pšenici je využitelné v běžné zemědělské praxi a je jednou z cest vedoucích ke snížení vstupů, resp. dávek minerálních hnojiv, a to jak z důvodu úspor finančních nákladů, tak z důvodu zpřísnujících se pravidel pro užívání těchto pomocných látek, která mají za cíl snížit zátěž životního prostředí. Při využití tohoto systému je nutné respektovat půdně-klimatické podmínky daného stanoviště a posoudit vliv konkrétního zpracování půdy, způsobu výsevu apod.

7 Seznam literatury

1. **Aufhammer, W.** 1999. Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer. Stuttgart, 310s. ISBN: 978-3800141357.
2. **Azcón, R., Barea, J. M.** 2010. Mycorrhizosphere Interactions for Legume Improvement. In: Khan, M. S., Zaidi, A., Musarrat, J. (eds.). Microbes for Legume Improvement. Springer-Verlag. Wien. 237-272. ISBN: 978-3-211-99752-9.
3. **Bedoussac, L., Justes, E.** 2010. The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on availability during early growth. *Plant and Soil*. 330. 19-35.
4. **Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Vailich, J., Kroulík, M., Procházka, P., Kunte, J.** 2017a. Alternativní využití luskovin (1): Důvody a cíle. *Agromanuál*. 13 (1). 118-121.
5. **Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Vailich, J., Kroulík, M., Procházka, P., Kunte, J.** 2017b. Alternativní využití luskovin (2): Morfologická variabilita hrachu setého a rolního. *Agromanuál*. 13 (1). 88-91.
6. **Casper, B. B., Jackson, R. B.** 1997. Plant Competition Underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28. 545-570.
7. **Čapek, J.** Doporučení k současnému stavu ozimých pšenic po přezimování. Šlechtitelské listy [online]. 2012 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z < www.druvod.cz/files/aktuality/doporuceni_tisk_2012.pdf >.
8. **Davis, J. H. C., Smithson, J. B., Arregocés, O. (eds.)**. 1986. Principles of intercropping with beans. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. 40 s.
9. **Duke, J. A.** 1981. Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press. New York. 344 s. ISBN: 978-1-4684-8153-2.
10. **Gallagher, R. S., Pittmann, D., Snyder, A. M., Koenig R. T., Fuerst E. P., Burke, I. C., Hoagland, L.** 2010. Alternative Strategies for Transitioning to Organic Production in Direct-Seeded Grain Systems in Eastern Washington I: Crop Agronomy. *J. Sustainable Agric.* 34. 483-503.
11. **Gallaher, R. N.** 2009. Multiple cropping systems. In: Hudson, R. J. (ed.). Management of agricultural, forestry, and fisherie enterprises. Eolss Publishers. Oxford. 245-264.

12. **Gane, A. J.** 1985. The Pea Crop – Agricultural Progress, Past, Present and Future. In: Hebblethwaite, P. D., Heath, M. C., Dawkins, T. C. K. (eds.). The Pea Crop. Mid-County Press. London. 3-16. ISBN: 0-407-00922-1.
13. **Gebru, H. B.** 2015. A Review on the Comparative Advantages of Intercropping to Mono-Cropping System. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 5 (9). 215-219.
14. **Geno, M. L., Geno, B. J.** 2001. Principles, Benefits and Risks of Multiple Cropping Land Management Systems for Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston. 105 s. ISBN: 0642582564.
15. **Ghaley, B. B., Hauggaard-Nielsen, H., Jensen, H. H., Jensen, E. S.** 2005. Intercropping of wheat and pea as influenced by nitrogen fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 73 (2-3). 201-212.
16. **Gleismann, S. R.** 1985. Multiple Cropping Systems: A Basis for Developing an Alternative Agriculture. In: Elfirng, Ch. (ed.). *Innovative Biological Technologies for Lesser Developed Countries*. Office of Technology Assessment. Washington DC. 69-86.
17. **Gliesmann, R. S., Engles, E., Krieger, R.** 1997. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC Press LLC. Boca Raton. 369 s. ISBN: 1-57504-043-3.
18. **Hamblin, A., Hamblin, J.** 1985. Root characteristics of some temperate legume species and varieties of deep, free draining entriols. *Australian Journal of Agriculture Research*. 36 (1). 63-72.
19. **Harris, R. H., Cranford, M. C., Bellotti, W. D., Peoples, M. B., Nornng, S.** 2008. Companion crop performance in relation to annual biomass production, resource supply, and subsoil drying. *Australian Journal of Agricultural Research*. 59 (1). 1-12.
20. **Health, M. C., Hebblethwaite, P. D.** 1985. Agronomic problems associated with pea crop. In: Hebblethwaite, P. D., Heath, M. C., Dawkins, T. C. K. (eds.). The Pea Crop. Mid-County Press. London. 19-30.
21. **Houba, M., Dostálová, J., Dostálová, R., Hochman, M., Holeček, J., Hosnedl, V., Hýbl, M., Huňady, I., Ondráčková, E., Ondřej, M., Ponížil, A., Prášil, J., Seidenglanz, M., Smýkal, P., Šmirous, P., Vaculík, A., Zelený, V.** 2009. *Luskoviny: pěstování a využití*. Kurent. České Budějovice. 133 s. ISBN: 978-80-87111-19-2.

22. **Chen, M., Chen, B., Marschner, P.** 2008. Plant growth and soil microbial community structure of legumes and grasses grown in monoculture or mixture. *Journal of Environmental Science*. 20. 1231-1237.
23. **International institute of Rural Reconstruction.** 2005. Conservation agriculture: A manual for farmers and extension workers in Africa. Africa Conservation Tillage Network. Harare. 229 s. ISBN: 9966-9705-9-2.
24. **Jalilian, J., Najafabadi, A., Zardashti, M. R.** 2017. Inercropping patterns and different fading systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*. 12 (1). 92-99.
25. **Janušauskaitė, D., Česnulevičiene, R., Gaurilčikienė, I.** 2012. Non-target effect of fungicidal pea (*Pisum sativum* L.) seed treatment on soil microorganisms. *Zemdirbyste-Agriculture*. 99 (4). 387-392.
26. **Jung, R., Rauber, R.** 2016. Einfluss von Untersaaten auf die Dreckfrucht Mais in Ökologischen Landbau. In: Kage, H., Sieling, K., Francke-Weltmann, L. (eds.). *Klimawandel und Qualität*. Verlag Lindy Halm. Göttingen. 226-227.
27. **Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E.** 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press. Praha. 399 s. ISBN: 978-80-86726-34-2.
28. **Kollas, Ch., Kersebaum, Ch. K., Nendel, C., Manevski, K., Müller, Ch., Palosuo, T., Armas-Herrera, C. M., Beaudion, N., Bindi, M., Charfedinne, M., Conradt, T., Constantin, J., Eitzinger, J., Ewert, F., Ferrise, R., Gaiser, T., de Cortazar-Atanzi, I. G., Giglio, L., Hlavinka, P., Hoffmann, H., Hoffmann, M. P., Launay, M., Manderschied, R., Mary, B., Mirschel, W., Moriondo, M., Oelsen, J. E., Özturk, I., Pacholski, A., Ripoche-Wachter, D., Roggero, P. P., Roncossek, S., Rötter, P. R., Rugert, F., Sharif, B., Trnka, M., Ventrella, D., Wacha, K., Wegehenkel, M., Wiegel, H. J., Wu, L.** 2015. Crop rotation – A European model intercomparison. *European Journal Agronomy*. 70 (8). 98-111.
29. **Konvalina, P., Moudrý, J.** 2008. Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 28 s. ISBN: 9788073941314.
30. **Kostrej, A., Danko, J., Jureková, Z., Zima, M., Gáborčík, N., Vidovič, J.** 1998. *Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín*. SPU v Nitre. Nitra. 187 s. ISBN: 80-7137-528-4.

31. **Křen, J., Dryšlová, T., Neudert, L., Lukas, V.** Cereal Canopy Structure – Its Assessment and Use. In: Matovic, M. D. (ed.). Biomass Now – Sustainable Growth and Use [online]. Rijeka. InTech. 3. dubna 2013 [cit. 2016-3-15]. Dostupné z <
<http://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use/cereal-canopy-structure-its-assessment-and-use-in-efficient-crop-management>>.
32. **Křen, J., Neudert, L., Dryšlová, T., Smutný, V.** 2011. Vliv termínu setí a výsevku na strukturu porostu ozimé pšenice. In: Cerkal, R., Hrstková, P. (eds.). Mendel Agro 2011 Sborník odborných příspěvků a sdělení. Mendelova univerzita v Brně. 46-49. ISBN: 978-80-7375-516-4.
33. **Kumhála, F., Heřmánek, P., Mašek, J., Kvíz, Z., Honzík., Pálová, T.** 2007. Zemědělská technika - Stroje a technologie pro zemědělskou výrobu. Česká zemědělská univerzita v Praze. 438 s. ISBN: 978-80-213-1701-7.
34. **Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J. A., Watson, Ch. A.** 2011. Models of biological nitrogen fixation of legumes. *Agronomy for Sustainable Development*. 31 (1). 155-172.
35. **Manier-Jolain, N., Bairnes, V., Chaillet, I., Lecoeur, J., Jeuffroy, M. - H., Carrouée, B., Crozat, Y., Guilioni, L., Lejeune, I., Tivoli, B.** 2010. *Physiology of the Pea Crop*. CRC Press. Boca Raton. 298 s. ISBN: 9781578085705.
36. **Mapfumo, P., Campbell, B. M., Mpepereki, S., Mafongoya, P.** 2001. Legumes in soil fertility management: The case of Pigeonpea in smallholder fading systems of Zimbabwe. *African Crop Science Journal*. 9 (4). 629-644.
37. **Moritz, H.** 2014. Auf Partnersuche für Raps. *Top Agrar*. 2014 (7). 68-71.
38. **Nafzinger, E.** 2009. Cropping systems. In: Nafzinger, E. D. (ed.). *Illinois agronomy handbook*. University of Illinois. Urbana. 49-63. ISBN: 978-1883097622.
39. **Ndakidemi, P. A.** 2006. Manipulating legume cereal mixtures in the traditional African cropping systems. *African Journal of Biotechnology*. 5 (25). 2526-2533.
40. **Ney, B., Duthion, C., Fontaine, E.** 1993. Timing of reproductive abortions in relation to cell division, water content, and growth of pea seeds. *Crop science*. 33 (2). 267-270.
41. **Palm, Ch. E., Dykstra, W. W., Ferguson, G. R., Hansberry, R., Hayes, W. J., Hazleton, L. W., Horsfall, J. G., Knipling, E. F., Leach, L. D., Lovvorn, R. L., Swanson, G. A.** 1968. *Weed Control*. National Academy of Sciences. Washington, D. C. 471 s.
42. **Pasture, L. de la.** 2016. Berseem Dover improves soils. *Crop production magazine*. 2016 (6). 32-35.

43. **Paul, N.** 2016. Mais und Bohnen im Duett, dlz agrarmagazin, 74 – 77.
44. **Petr, J., Černý, V., Hruška, L.** 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 448 s.
45. **Petr, J., Húska, J.** 1997. Speciální produkce rostlinná – I. Česká zemědělská univerzita. Praha. 193 s. ISBN: 978-80-213-0152-8.
46. **Petrie, C. A., Bates, J.** 2017. Multi-cropping, Intercropping and Adaptation to Variable Environments in Indus South Asia. *Journal of World Prehistory*. 30 (2). 81.
47. **Potměšilová, J.** 2015. Situační a výhledová zpráva: Luskoviny. Ministerstvo zemědělství. Praha. 50 s. ISBN: 978-80-7434-268-4.
48. **Sprent, J. I.** 2009. Legume Nodulation: A Global Perspective. Wile-Blackwell. West Sussex. 200 s. ISBN: 978-1-4051-8175-4.
49. **Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., Pisante, M.** Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability. [online]. 2. února 2017. [cit. 2018-2-23]. Dostupné z <<https://link.springer.com/article/10.1186/s40538-016-0085-1>>.
50. **Staniak, M., Ksiezak, J., Bojarszczuk, J.** 2014. Mixtures of Legumes with Cereals as Source of Feed for Animals. In: Pilipavicious, V. (ed.). *Organic Agriculture Towards Sustainability*. InTech. Croatia. 124-145. ISBN: 978-953-51-1340-9.
51. **Stoltz, E., Nadeau, E., Wallenhammar, A. Ch.** 2013. Intercropping Maize and Faba Bean for Silage under Swedish Climate Conditions. *Agriculture Research*. 2 (1). 90-97.
52. **Sýkorová, S.** 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí. Výzkumný ústav sladařský, a.s. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.
53. **Špaldon, E., Andraščík, M., Bechyně, M., Belej, J., Fric, V., Fuciman, L., Hruška, L., Krausko, A., Petr, J., Rybáček, V., Váša, F., Votoupal, B., Vrzalová, J.** 1982. Rostlinná výroba. Příroda. Bratislava. 628 s.
54. **Tricot, F., Crozat, Y., Pellerin, S.** 1997. Root growth and nodule establishment on pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Experimental Botany*. 48 (316). 1935-1941.
55. **Vandermeer, J. H.** 1992. The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge. 237 s. ISBN: 0-52-34689-4.
56. **Vaněk, V., Balík, J., Černý, J.** 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.

57. **Vincent, J. M.** 1988. The role of legume, Rhizobium and environment in nitrogen fixation: constraints on symbiotic potential and their removal. In: Beck, D. P., Materon, L. A. (eds.). Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture. ICARDA. Aleppo. 275-286. ISBN: 98-94-010-7119-2.
58. **Voisin, A. S., Salon, C., Munier-Jolain, N. G., Ney, B.** 2002. Effect of mineral nitrogen on nitrogen nutrition and biomass partitioning between the shoot and roots of pea (*Pisum sativum* L.). Plant Soil. 242. 251-262.
59. **Wang, T. L., Hedley, C. L.** 1993. Genetic and developmental analysis of the seed. In: Casey, R., Davides, D. R. (eds.). Peas: genetics, molecular biology and biotechnology. CAB international. Wallingford. 83-120.
60. **West, T. D., Griffith, D. R.** 1992. Effect of Strip – Intercropping Corn and Soybean on Yield and Profit. Journal of Production Agriculture. 5 (1). 107.
61. **Willey, R. W.** 1990. Resource use in intercropping systems. Agricultural water management. 17 (1-3). 215-231.
62. **Zhang, F., Li, L.** 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrients-use efficiency. Plant and Soil. 248. 305-312.
63. **Zhang, Y., Liu, J., Zhang, J., Liu, H., Liu, S., Zhai, L., Wang, H., Lei, Q., Ren, T., Yin, Ch.** Row ratios of Intercropping Maize and Soybean Can Affect Agronomic Efficiency of the System and Subsequent Wheat [online]. 2015 [cit. 2018-2-27]. Dostupné z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4463860/>>.
64. **Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F.** 2005. Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, s.r.o. Praha. 180 s. ISBN: 80-86726-09-6.

