

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



Růstová dynamika luskovin při mimoprodukčním využití

Bakalářská práce

Autor práce: Jiří Vailich

Obor studia: Rostlinná produkce

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

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Růstová dynamika luskovin při mimoprodukčním využití" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2017

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za vedení práce, pomoc při jejím psaní a za udělení cenných informací. Dále bych chtěl poděkovat firmě Selgen, a. s. za poskytnutí osiva a pokusných ploch, jmenovitě Ing. Jiřímu Kunte. V neposlední řadě děkuji Ing. Michaele Škeříkové a Ing. Petru Zábranskému Ph.D. za pomoc při zpracování odebraného materiálu.

Růstová dynamika luskovin při mimoprodukčním využití

Souhrn

Cílem práce bylo stanovit a porovnat dynamiku růstu vybraných odrůd hrachu setého (*Pisum sativum* subsp *sativum*) a hrachu rolního (*Pisum sativum* subsp *arvense*). Úkolem bylo porovnat produkci biomasy odrůd hrachu a určit možnosti při alternativním využití. Dále byla sledována schopnost kompenzace produkce nadzemní biomasy při sníženém výsevku.

Pokusy byly založeny na jaře roku 2016 u obce Stupice. K pokusu byly vybrány čtyři odrůdy hrachu setého (semi-leafless: Eso, Gambit, Enduro, a listnatá: Protecta) a dvě odrůdy hrachu rolního (Arvika a Arkta). Každá tato odrůda byla zasetá ve dvou variantách. Jedna byla zasetá běžnou velikostí výsevku a druhá sníženým výsevkiem. V průběhu vegetace byl sledován vývoj rostlin - jak nadzemní, tak podzemní části - a byla zdokumentována pokryvnost půdy hodnocených porostů na základě obrazové analýzy pomocí infrasnímeků. Dále byla sledována produkce nadzemní a pozemní biomasy, podíl listů na celkové hmotnosti nadzemní biomasy, výška rostlin a jejich náchylnost k poléhání, intenzita větvení a její ovlivnění velikostí výsevku.

Z výsledků pokusu vyplívá, že odrůdy hrachu rolního a listnatá odrůda hrachu setého prokazovaly lepší pokryvnost povrchu půdy oproti odrůdám hrachu setého semi-leafless typu. Největší pokryvnost půdy byla u odrůd hrachu rolního.

V rámci měření dosahovaly odrůdy hrachu rolního největší délky lodyhy, ale zároveň byly nejnáchylnější k poléhání. Naopak odrůdy hrachu setého semi-leafless typu vytvářely nižší porosty, u kterých zároveň nedocházelo k poléhání.

Rostliny odebrané z ploch s nižším výsevkiem dosahovaly vyšší hmotnosti díky bohatšímu větvení. Tento nárůst hmotnosti způsobil, že po přepočtení hmotnosti biomasy na jednotku plochy dosahovaly varianty se sníženým výsevkiem podobných hodnot jako varianty s běžným výsevkiem.

Klíčová slova: luskoviny, produkce biomasy, dynamika růstu, kořenový systém, hrách

Growth dynamics of legumes during non-production use

Summary

The aim of the study was to determine and compare the growth dynamics of selected varieties of pea (*Pisum sativum* subsp *sativum* and *Pisum sativum* subsp *arvense*). The task was to compare the production of biomass of pea varieties and identify options for alternative use. Next, the ability of compensation of aboveground biomass production at a reduced seed rate was examined.

Experiments were founded near the village Stupice in spring 2016. Four varieties of pea (semi-leafless type Eso, Gambit, Enduro and leafy type: Protecta) and two varieties of field pea (Arvika and Arkta) were selected for the experiment. Each of these varieties was planted in two ways. In the first case, pea was sown in a normal size seed rate. In the second one, it was sown in a reduced seed rate. During the vegetation, the development of plants - both of an aboveground and of an underground part - was monitored. The coverage of the soil surface has also been documented and evaluated on the basis of image analysis, using infrared pictures. The production of the aboveground and underground biomass, the share of leaves on a total weight of an aboveground biomass, the height of plants, and their inclination to lying down, the intensity of branching and the influence of the seed rate were monitored.

Experiment results demonstrate that varieties of the field pea and leafy varieties of the pea showed better coverage of the soil surface, compared to semi-leafless varieties of the pea. The largest coverage of the soil surface was documented in the case of field pea varieties.

During the measurement, field pea varieties reached the greatest length of stems but were most inclining to lying down. Semi-leafless types of pea, on the contrary, formed lower growths which also prevented plants from lying down.

Plants taken from the areas with a reduced seed rate were of higher weights due to the richer branching. The increase in weight caused that, after the conversion of the weight of biomass per an area unit, variants with a reduced seed rate resulted in similar values as variants with a normal size seed rate did.

Keywords: legumes, biomass production, growth dynamics, root systém, pea

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Charakteristika luskovin	9
3.1.1	Stavba a biologické vlastnosti částí luskovin	9
3.1.2	Fixace dusíku	11
3.1.3	Zpřístupnění fosforu	11
3.1.4	Vliv na půdu	12
3.1.5	Význam luskovin ve výživě člověka	12
3.2	Agrotechnika pěstování luskovin	13
3.2.1	Nároky na prostředí	13
3.2.2	Zařazení v osevním sledu	13
3.2.3	Příprava půdy	14
3.2.4	Setí	14
3.2.5	Sklizeň	14
3.3	Produkce biomasy	15
3.3.1	Využití biomasy	15
3.4	Agrotechnika hrachu setého a rolního	16
3.4.1	Hrách setý	16
3.4.2	Hrách rolní	17
3.5	Pěstování luskovin ve směsi s jinou plodinou	18
3.5.1	Luskovino-obilné směsky	18
3.5.2	Směs luskoviny a jiné plodiny	19
4	Metodika pokusu	20
4.1	Charakteristika pokusné lokality	20
4.2	Charakteristika odrůd	20
4.3	Způsob založení porostu	21
4.4	Hodnocení porostu	22
4.5	Statistické vyhodnocení	23
5	Výsledky	24
6	Diskuze	37
7	Závěr	39
8	Seznam použité literatury	40

1 Úvod

Půdní úrodnost je dlouhodobě diskutovanou otázkou. Obecně je vnímána jako schopnost půdy zajistit optimální podmínky pro vývoj rostlin po dobu jejich setrvání na stanovišti. Cílené působení člověka na zemědělskou půdu se samozřejmě projevuje změnou této schopnosti a vede ke vzniku tzv. umělé úrodnosti půdy. Z dlouhodobého hlediska se předpokládá, že umělá úrodnost vykazuje kvalitativně vyšší schopnost uspokojit dané nároky plodin ve srovnání s úrodností přirozenou.

V současné době se za zásadní faktory negativně ovlivňující půdní vlastnosti považují erozní procesy, úbytek organické hmoty, zhutnění, snížení obsahu některých prvků, špatný vláhový režim apod. Často bývají tyto procesy spojovány s absencí pěstování některých plodin, zejména luskovin. Pozitivní vliv luskovin či jetelovin na půdu vychází především z jejich biologických vlastností. Obecně je vyzdvihována jejich schopnost vázat pomocí symbiózy s bakteriemi vzdušný dusík, který následně přispívá ke zvýšení jeho obsahu v půdě. Vytvářejí biomasu s úzkým poměrem C:N, která je dobře degradovatelná mikroorganismy a nevyvolává rizika imobilizace dusíku. 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, 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. Z dlouhodobého pohledu však plochy luskovin pěstovaných pro produkci semen v České republice, ale i v evropských zemích klesají. Na druhou stranu se hledají alternativní možnosti jejich využití, zejména z důvodu jejich pozitivní funkce na celkovou stabilitu zemědělských systémů a půdu samotnou.

Z výše uvedených důvodů je tato práce zaměřena na porovnání produkce biomasy různých odrůd hrachu setého a hrachu rolního pro účely mimoprodukčního využití.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo stanovit dynamiku růstu nadzemní a podzemní biomasy u vybraných luskovin z hlediska uplatnění v systémech mimoprodukčního využití půdy.

V rámci tohoto pokusu bylo stanoveno následující:

- 1. Stanovit vliv odrůdy hrachu setého a hrachu rolního na produkci nadzemní a podzemní biomasy.
- 2. Posoudit vliv výše výsevku na celkovou produkci nadzemní biomasy.

Tyto cíle vycházejí z následujících hypotéz.

H1 Mezi odrůdami a formami hrachu jsou rozdíly v dynamice růstu a v habitu rostlin.

H2 Odrůdy hrachu se vyznačují rozdílnou schopností kompenzace produkce nadzemní biomasy v závislosti na výši výsevku.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika luskovin

Luskoviny jsou jednoleté rostliny patřící do čeledi *Fabaceae* - bobovité, což je třetí nejpočetnější čeleď mezi kvetoucími rostlinami, kam patří přibližně 18 000 druhů rozdělených do 650 rodů (Houba a kol., 2009).

K potravinářským účelům je však používáno pouze necelých 60 domestikovaných rodů. Ze 41 rodů velkosemenných luskovin, které se vyskytují u nás, se nejvíce využívají tyto: rod *Pisum* – hrách, rod *Faba* – bob, rod *Vicia* – vikev, rod *Lens* – čočka, rod *Phaseolus* – fazol, rod *Glycine* – sója, a rod *Lupinus* – lupina (Lahola, 1990).

3.1.1 Stavba a biologické vlastnosti částí luskovin

3.1.1.1 Semeno

Semeno luskovin je typické pro jednotlivé druhy a odrůdy svým tvarem, velikostí a zbarvením. Skládá se z osemení a klíčku s velkými dělohami. Endosperm většinou chybí, nebo je málo vyvinuté. Zásobní látky pro výživu klíčící rostliny jsou uloženy ve dvou zárodečných listcích klíčku, dělohách, které zaujímají převážnou část semene. Slupka semene je složena z vnějšího a vnitřního osemení. Vnější osemení je tvořeno kutikulou, pod kterou se nachází vrstva palisádových buněk, kde jsou uloženy pigmenty určující barvu semene. Pod touto vrstvou buněk je vrstva silnostěnných zprohýbaných buněk, na kterou navazuje parenchymatické pletivo, které je zakončeno vnitřním osemením. Klíček rostliny je uložen mezi dvěma dělohami. V parenchymatických buňkách děloh jsou uloženy zásobní látky, kde převládají bílkoviny, které většinou patří mezi globuliny. Semena různých druhů a odrůd se dají odlišit i pomocí tvaru a barvy pupku, což je zbytek po poutku, kterým bylo semeno spojeno s hlavním cévním svazkem procházejícím hřbetem lusku. Luskoviny klíčí buď hypogeicky, kdy dělohy zůstávají v zemi, a nebo epigeicky, kdy jsou lodyhy vynášeny nad povrch půdy (Lahola, 1990).

3.1.1.2 Kořen

Pro většinu luskovin je charakteristický silný kulový kořen. Větvení, mohutnost a hloubka prokořenění je typická pro jednotlivé druhy. Nejmhutnější a nejhlouběji kořenící jsou druhy rodu *Lupinus* – lupina. Stejně hluboko pronikající, avšak slabší a více rozvětvený, kořen mají druhy rodu *Pisum* – hrách, *Faba* – bob, *Vicia* – vikev a *Cicer* – cizrna. Méně vyvinutý kulový

kořen, avšak s četnějším větvením v orniční vrstvě, mají zástupci rodu *Lens* – čočka, *Phaseolus* – fazol a *Glycine* – sója. Pro kořenový systém luskovin je také charakteristická tvorba hlízek, která zapříčiňuje infekce bakteriemi rodu *Rhizobium* (Lahola, 1990).

Díky svému mohutnému prokořenění sahajícímu do spodních vrstev dochází k využití vyplavených živin z těchto částí půdy. Kořeny luskovin také pozitivně působí na půdní strukturu a obohacují půdu o organickou hmotu, a proto je jim připisována nejvyšší předplodinová hodnota ze všech kulturních plodin (Petr a kol., 1974).

3.1.1.3 Lodyha

Lahola (1990) uvádí, že stavba, tvar a délka lodyhy je typická pro jednotlivé druhy. Vzpřímená a nepoléhavá lodyha se vyskytuje u rodu *Lupinus* – lupina, *Faba* – bob, *Vicia* – vikev, *Cicer* – cizrna, *Lens* – čočka a *Glycine* – sója. Avšak za nepříznivých povětrnostních podmínek může dojít k polehnutí i těchto druhů. Lodyhu ovíjívou mají některé genotypy rodu *Phaseolus* – fazol. Většina odrůd rodu *Pisum* – hrách, *Vicia* – vikev má lodyhu, která je poléhavá. Lodyha luskovin je rozdělena uzlinami (nody) na články (internodia). V průběhu vývoje rostliny se mění délka internodií, kdy nejdelší internodium zpravidla bývá pod prvním květním nodem.

3.1.1.4 Listy

Většina kulturních druhů luskovin pěstovaných u nás má listy sudozpeřené (rod *Pisum* – hrách, *Vicia* – vikev, *Lens* – čočka, *Faba* – bob). Dále se vyskytují listy lichozpeřené (rod *Cicer* – cizrna), trojčetné (rod *Phaseolus* – fazol) a dlanitě mnohočetné (rod *Lupinus* – lupina) (Houba a kol., 2009).

Listy představují hlavní část fotosynteticky aktivní plochy. Pokud jsou listy napadeny škůdci a houbovými chorobami, dojde ke snížení aktivity fotosyntézy a tím k nižší produkci biomasy. To má za následek i nižší produkci semen a jejich nižší hmotnost (Garry et al., 1998).

3.1.1.5 Květenství

Luskoviny mají z pravidla květenství hrozen, který vyrůstá na různě dlouhé stopce z úžlabí listového řapíku na lodyze. Květ je pětičetný, souměrný, složený z kalicha a koruny. Lístky kališní jsou navzájem srostlé, lysé nebo ochlupené, a různě hluboko rozeklané. Lístky korunní jsou volné, nestejně velikosti a tvaru, rozčleněné na pavézu, dvě křídla a dva spodní lístky částečně srostlé v člunek, kde jsou uloženy pohlavní orgány. Většina luskovin je

samosprašných a k opylení dochází ještě před otevřením květu. Rostlina kvete postupně od spodu k vrcholu a od hlavní lodyhy k vedlejším větvím (Lahola, 1990).

3.1.1.6 Lusk

Lusk je složený ze dvou chlopní, které tvoří vnější a vnitřní pokožku, mezi kterými je vícevrstevné parenchymatické pletivo. Na vnitřní straně je pergamenová blána z příčně uspořádaných buněk na směr pletiv chlopně. Nestejné sesychání parenchymatického pletiva a pergamenové blány v době dozrávání zapříčiňuje pukání lusků a vypadávání semen. Díky šlechtitelské činnosti došlo ke snížení nebo i odstranění této negativní vlastnosti. V lusku je obsaženo 1 – 11 semen, která jsou ve hřbetní části ve dvou řadách přirostlá poutkem. Vývoj semen je však mnohem pomalejší než vývoj lusku. Při zrání dochází k převádění rezervních látek z listů a lodyh do semen (Lahola, 1990).

3.1.2 Fixace dusíku

Neobyčejnou vlastností luskovin je jejich vztah s hlízkovými bakteriemi, které žijí na jejich kořenech. Tyto bakterie mají schopnost vázat vzdušný dusík, který je posléze využitelný pro hostitelskou rostlinu. Díky tomu je nahrazena převážná část potřeby dusíku luskovými. Tento dusík nevyužívají pouze rostliny, na kterých tyto bakterie žijí, ale také plodiny pěstované po luskovinách (Petr a kol., 1974). Množství dusíku, který je rostlina schopna fixovat lze ovlivnit fosforečným hnojením, při němž vzniká vztah mezi koncentrací dusíku a fosforu v rostlině (Andrew and Robins, 1969). Na půdách chudých na fosfor dochází ke zpomalení růstu rostlin (Jakobsen, 1985).

Využití pěstování luskovin společně s jejich symbiotickými bakteriemi by mohla být možnost, jak zvýšit půdní úrodnost na lokalitách, ve kterých je v dnešní době těžké pěstovat jiné plodiny. Tyto místa mohou patřit do zasolených, suchých, alkalických oblastí, ale také i tam, kde došlo ke kontaminaci těžkými kovy nebo pesticidy. Některé druhy Rhizobií jsou tolerantní k těmto stresovým faktorům. Toto využití je potřebné podrobit dalšímu výzkumu (Zahran 1999).

3.1.3 Zpřístupnění fosforu

Luskoviny si dokáží dobře osvojovat hůře přístupné živiny z půdy a díky jejich hlubokému kořenovému systému je dokáží čerpat z hloubek. Tyto dříve špatně dostupné živiny jsou po sklizni plodiny uloženy v organických zbytcích, ze kterých jsou poté využity půdním edafonem a posléze dalšími plodinami v dobře přístupných formách (Hezký, 2009).

Luskoviny si dobře osvojují fosfor z půdy a zanechávají ho v organické podobě jako fytin-fosfát v kořenových kanálcích. Z toho samozřejmě profituje následná plodina (Schönberger, 2016). Tento předpoklad vychází z jejich schopnosti získávat P z méně přístupných forem. Na základě literárních údajů se poměr C:P v rostlinných zbytcích kulturních luskovin může nacházet v rozmezí 60 – 640 : 1. U planých druhů vykazují rovněž luskoviny užší poměr mezi C a P než trávy (Brant a kol., 2017).

3.1.4 Vliv na půdu

Armstrong et al. (2003) uvádějí, že zařazení luskovin do pěstování v osevním sledu zvýší celkové a přijatelné množství dusíku v půdě, oproti osevním postupům, do kterých nejsou luskoviny zařazeny. Taktéž došlo ke zvýšení obsahu minerálního uhlíku, díky čemuž došlo ke zlepšení půdní úrodnosti.

K podobným závěrům dospěli i Roldán et al. (2003), kteří při pokusech pěstování kukuřice se sníženým zpracováním půdy a pěstování luskovin, konkrétně fazolu obecného, naměřili tato data. Enzymatická aktivita půdy vzrostla, společně s organickým a degradovatelným uhlíkem. Dále došlo k lepší soudržnosti mokřých půdních agregátů. Toto zlepšení bylo především způsobeno použitím sníženého zpracování půdy, ovšem ve velké míře se na zlepšení této charakteristiky podílely luskoviny.

3.1.5 Význam luskovin ve výživě člověka

Jednou z nejdůležitějších vlastností luskovin je jejich vysoký obsah bílkovin v semenech, ale i v ostatních orgánech rostliny (Houba a kol., 2009). Díky tomu jsou zdrojem bílkovin pro výživu zvířat, ale i lidí již po celá staletí (Cousin, 1997). Semena luskovin v kombinaci s obilovinami umožňují vytvářet vyrovnanou bilanci živin v potravě. Podobně tomu je i u výživy zvířat při sestavování krmných směsí. Obsah bílkovin v semenech se však mezidruhově liší a dosahuje rozpětí mezi 20 – 45 % podílu bílkovin v sušině. Rozdíl v obsahu lze také najít mezi odrůdami každé plodiny, které jsou ovlivněny pěstebními podmínkami a agrotechnikou (Houba a kol., 2009).

V současné době dosahuje spotřeba luskové zeleniny v České republice nízkých hodnot, které se pohybují okolo 1 kg na osobu za rok. Ovšem z hlediska správné výživy by lidé měli zkonzumovat necelé 3 kg na osobu za rok (Malý, 2003). Přesto i toto číslo je hluboko pod světovým průměrem, který představuje 7 kg na osobu za rok (Houba a kol., 2009).

Semena luskovin jsou zdrojem kvalitních aminokyselin, jako je lysin, leucin a arginin, a díky tomu mohou pokrýt potřebu esenciálních aminokyselin v lidské výživě. Bohužel nedokáží pokrýt potřebu aminokyselin obsahujících síru a tryptofanu. Mimo jiné se v semenech nachází i množství minerálních prvků, mezi které patří především draslík, fosfor, vápník, měď, železo a zinek. Koncentrace těchto prvků však není v dobré nutriční rovnováze. Z důvodu vyváženého příjmu aminokyselin a minerálních prvků je třeba konzumovat luštěniny společně se zeleninou, masem a mléčnými výrobky (Iqbal et al., 2006).

3.2 Agrotechnika pěstování luskovin

3.2.1 Nároky na prostředí

Výrazné rozdíly u luskovin jsou v jejich nárocích na teplotu. Mezi teplomilné v našich podmínkách náleží fazol, sója a cizrna. Naopak nejotužilejší druhy jsou hrách, bob a vikev. Všechny luskoviny citlivě reagují na přebytek i nedostatek vody v půdě. Přemokřené půdy nesnášejí žádné luskoviny. Všechny druhy vyžadují dostatečné množství vláhy při klíčení a vzcházení. Potřeba vody v období vegetace koresponduje s dynamikou tvorby sušiny. Největší potřeba proto nastává v období kvetení a tvorby semen, ovšem i nadbytek vody v této době je negativní. Prodlužuje se tím vegetační doba, je ovlivněna kvalita semen a dochází ke zhoršení podmínek pro sklizeň, kdy bývají vysoké sklizňové ztráty (Smutný, 2011).

Značné rozdíly jsou také v nárocích na půdu. Hrách díky své plasticitě lze pěstovat téměř na všech půdách za předpokladu dostatku vláhy. Na lehčích až středně těžkých půdách se daří čočce, případně lupině a fazolu. Na půdu náročná je sója, která vyžaduje záhřevné půdy, středně těžké a hluboké. PH půdy hraje při pěstování luskovin také důležitou roli. S výjimkou lupin, vyhovuje luskovinám neutrální až slabě zásaditá půdní reakce (Smutný, 2011).

3.2.2 Zařazení v osevním sledu

Smutný (2011) uvádí, že luskoviny jsou nenáročné na předplodinu a lze je zařazovat po většině plodin. Až na některé výjimky je ovšem nevhodné je pěstovat po sobě a jetelovinách. Jediné druhy, které snášejí pěstování po sobě je sója, lupina a hrachor. U ostatních druhů je doporučeno je na stejný pozemek vysít nejdříve po 3 – 6 letech. V osevním sledu se většinou zařazují mezi dvě obilniny, V takovém případě slouží jako přerušovači obilných sledů.

V poslední době se luskoviny začínají využívat jako tzv. „pomocné“ plodiny. Pomocné plodiny jsou obecně vnímány jako rostliny, které napomáhají dosažení pěstebních a ekologických cílů

hlavní plodiny a mohou být využity i jako producenti hlavního produktu. Cílů, které mohou tyto plodiny plnit, je několik a mnohdy se vzájemně překrývají. V rámci konvenčního a ekologického zemědělství se například jedná o eliminaci degradačních procesů půdy (omezení erozních procesů, podpora infiltrace a retence vody, zdroj organické hmoty, stabilizace rozkladných procesů, podpora půdní struktury apod.). Dále za účelem snížení rizika zaplevelení porostů na počátku vývoje či v krizových fázích růstu, nebo po celou dobu vegetace a v neposlední řadě zajištění nutričních nároků porostů - v době růstu či po jejich odumření (cílené umrtvení porostu, vymrznutí či potlačení hlavní plodinou) přispívají ke zlepšení výživného stavu hlavní plodiny (především zdroj N nebo P) (Brant a kol., 2017).

3.2.3 Příprava půdy

Základní a předset'ová příprava půdy musí zabezpečit podmínky pro optimální růst a vývoj rostlin. Po předplodině, kterou je nejčastěji obilnina, je nutno provést podmtku. Na podzim je vhodná hluboká orba do plné hloubky ornice. Využitelné jsou však i zkrácené postupy zpracování půdy. Předset'ová příprava by měla vytvořit příznivé podmínky pro výsev a vzcházení rostlin. Dokonalá příprava je také základním předpokladem pro bezproblémovou sklizeň a dosažení vysokého výnosu (Houba a kol., 2009).

3.2.4 Setí

Houba a kol. (2009) uvádí několik pravidel pro setí luskovin. Hloubka uložení osiva je dána velikostí semen. Čím je větší semeno, tím je větší i hloubka setí a naopak. Pokud je osivo zaseto hlouběji, je méně ohroženo vnějšími nepříznivými vlivy (sucho, škody ptactvem), ale za velkého množství vody a na těžších půdách může hrozit špatné vzcházení a napadání houbovými chorobami.

Při setí je možné hrách hnojit fosforem, draslíkem a hořčíkem. Toto hnojení by však mělo být prováděno na základě rozboru obsahu prvků v půdě (Neuberger et al., 1995).

3.2.5 Sklizeň

Luskoviny vyžadují velmi citlivý přístup ke sklizni. Při šetrné sklizni se mohou ztráty pohybovat mezi 5 – 6 %, ovšem za nevhodných podmínek mohou tyto ztráty být 20 a více %. Kvalita je ovlivněna vlhkostí semen a celých rostlin, a také seřizením sklízecí mlátičky. Po sklizni je nutné sklizená semena co nejdříve vyčistit a popřípadě dosušit na vlhkost pod 15 %, jinak může dojít k zapaření semen a rozvoji plísní (Smutný, 2011).

3.3 Produkce biomasy

3.3.1 Využití biomasy

Luskoviny se ve srovnání s většinou ostatních plodin vyznačují úzkým poměrem mezi C:N v jejich biomase a to po celou dobu vegetace. Obecně se uvádí, že poměr C:N se u nadzemní a podzemní biomasy kulturních luskovin dle stáří rostliny a druhu pohybuje v rozmezí 11 až 30 : 1. Tedy je většinou nižší, nebo se blíží hodnotě optimálního poměru C:N pro rozklad biomasy mikroorganismy, který činí asi 24:1. Tento poměr totiž zajišťuje požadované pokrytí energetické i růstové potřeby mikroorganismů. Je-li tento poměr vyšší, spotřebovávají mikroorganismy N z jiných zdrojů, což může být spojeno s jeho dočasnou imobilizací v jejich tělech. Širší poměr mezi C a N zvyšuje riziko vzniku dusíkové deprese, ale je spojen i s pomalejším rozkladem organické hmoty. Výrazně nižší hodnoty poměru C:N byly samozřejmě prokázány i u planých druhů luskovin ve srovnání s planými travami. V závislosti na růstové fázi se poměr C:N u listů pohyboval v rozmezí 13 – 17 : 1, u lodyh v rozmezí 20 – 28 : 1 a u kořenů 16 – 28 : 1. U trav byly tyto hodnoty výrazně vyšší (Brant a kol., 2017).

Karpenstein-Machan and Stuelpnagel (2000) zjistili, že rozkládající se biomasa může částečně, ale i plně, nahradit potřebu dusíkatého hnojení při pěstování následné plodiny. Velmi dobré využití této možnosti nabízí pěstování kukuřice po ozimé luskovině, kdy v půli června dojde ke sklizení nadzemní biomasy, nebo k jejímu umrtvení a ponechání na poli a následnému zasetí kukuřice. V období růstu tak může kukuřice využívat dusík, který je postupně uvolňován do půdy z rozkládajících se kořenů a nadzemních částí luskovin.

Možností nahrazení dusíkatého hnojení pěstováním luskovin a následným rozkladem jejich biomasy se zabývali i Dou et al. (1994). Ti ke svému pokusu použili pěstování kukuřice po směsce jetele lučního a vikve huňaté. Výsledky této možnosti byly velmi podobné s kontrolní variantou, která byla na začátku vegetace přihnojena 200 kg N/ha. Kolísání v obsahu dusíku v půdě velmi dobře korespondovalo s rozkládáním rostlin luskovin a příjmu kukuřicí. K velkým výkyvům však nedocházelo, což naznačuje dobrou synchronizaci mezi uvolňováním dusíku a jeho následným příjmem.

Možnost využití zúrodňujícího efektu luskovin byla zkoumána i v oblastech, kde rýže tvoří hlavní prvek v osevním sledu. Druhy, mezi kterými byly čočka, lupina, hrách a bob, se pěstovaly v zimním období. Díky zařazení těchto plodin do osevního postupu došlo ke snížení

tlaku chorob a plevelů, a také a pozorovatelnému nárůstu výnosů hlavních plodin (Schulz et al., 1999).

Luskoviny dosahující vyšší délky, včetně druhů využívajících schopnost pnout se po sousedních rostlinách jiného druhu či odrůdy, se dobře uplatní v kombinaci s jinými vzrůstnými druhy. Luskoviny méně vzrůstné jsou využitelné spíše ve směsích s druhy dosahujícími obdobného vzrůstu, nebo vykazující obdobnou konkurenční schopnost vůči sousedním druhům. Jinou situaci představují případy, kdy je snahou vytvořit méně vzrůstné porosty, mnohdy i jednodruhové, s dobrým pokryvem půdy, a druhovou pestrost v nich zajistit příměsí vzrůstných druhů vytvářejících solitérní jedince. Zde se uplatní vzrůstné a nepoléhající druhy (Brant a kol., 2017)

Další otázkou je snížení rizika polehnutí porostů, které není důležité jen z hlediska produkce semen, ale zásadní roli má i při pěstování luskovin na produkci zelené biomasy nebo tvorby mulče. Nepolehlé porosty jsou dobře mechanicky umrtveny řeznými válci a dále jsou rostliny rovnoměrně položeny ve směru pracovní jízdy, což snižuje následné riziko zachycování rostlinných zbytků na secí botky. Eliminaci poléhání porostů hrachů určených k tvorbě živého či mrtvého mulče lze řešit kombinací úponkových typů a listových typů hrachů či pelušek. Úponkové typy se vyznačují nižším vzrůstem a menší pokryvností půdy, ale zvyšují odolnost porostu proti polehnutí. Listové typy naopak vykazují vlastnosti opačné (Brant a kol., 2017)

3.4 Agrotechnika hrachu setého a rolního

Hrách se vyznačuje charakteristickou stavbou. Lodyha je poléhavá nebo částečně poléhavá. Listy jsou sudozpeřené spirálovitě postavené a objímány zubatými palisty, poslední 1 až 2 páry listů a vrcholový lístek jsou přeměněny v úponky. Květy se vyskytují samostatně, nebo po 2 až 3 v paždí listů. Je tvořeny 5 srostlými kališními a 5 korunními lístky (Malý, 2003).

3.4.1 Hrách setý

Hrách setý je hlavní jedlou luskovinou ve Střední Evropě pro svůj nízký glykemický index, svou chuť i výjimečné kulinářské vlastnosti. Kromě potravy lidí je pěstován jako komponent krmných dávek pro zvířata, ale také i v nepotravinářském průmyslu jako surovina pro výrobu biodegradabilních plastů (Moudrý, 2011).

Charakteristickou vlastností hrachu je jeho schopnost vytvářet postranní větve, která je u jednotlivých odrůd různá a značně závislá na vnějších podmínkách. Obecně lze říci, že větší sklon k větvení mají odrůdy nízkého vzrůstu. Mezi další faktory výrazně ovlivňující větvení je počet rostlin na jednotku plochy, kdy při menším počtu rostlin na ploše dochází k větší tvorbě větví (Petr a kol., 1974). Z důvodu rozdílného větvení mezi odrůdami zkoumali Spies et al. (2011), jaký vliv má větvení na konkurenceschopnost vůči plevelům. Tvorba větví různých odrůd však neposkytla průkazné rozdíly v konkurenceschopnosti. Větší vliv měl typ odrůdy, konkrétně odrůdy listnatého typu se prokázaly lepší potlačení ve schopnosti potlačení plevelů než odrůdy semi-leafless typu.

Vhodné půdy pro pěstování jsou humózní středně těžké s dostatečnou zásobou vody. Nejvhodnější jsou půdy písčitohlinité, hlinitopísčité a naplaveniny. Hrachu se daří na půdách s neutrální půdní reakcí. Nevhodné jsou pro něho kyselé a zamokřené půdy, je to z důvodu špatného vývoje hlízkových bakterií. V suchých oblastech dochází k horšímu nasazování semen a rychlému přezrávání (Malý, 2003).

Moudrý (2011) uvádí, že pro zajištění vysokého výnosu je vhodný časný výsev. Hrách je schopen přežít jarní mrazíky (až -6°C), nízké teploty mají pozitivní vliv na rostlinu v době vzcházení, kdy podporují růst kořenové soustavy. Předseťová příprava je také důležitým faktorem pro dobrý výnos. Je potřebné zajistit ideální podmínky pro výsev a následné vzcházení rostlin. Na podzim je doporučeno provést hlubokou orbu na plnou hloubku ornice. Na jaře je třeba pozemek včas připravit a urovnat.

3.4.2 Hrách rolní

Největší význam má hrách rolní při využití v píceinářství, pro které se pěstuje hlavně v bramborářské a horské oblasti. Pro výživu lidí se nepoužívá z důvodu hořkých semen. Jediná možnost pěstování na semeno je z důvodu produkce osiva. Jelikož je hmotnost tisíce semen nižší v porovnání s hrachem setým, představuje možnost na snížení přímých nákladů na jednotku produkce píce. Všechny odrůdy se vyznačují dlouhou a poléhavou lodyhou, a proto se pěstují ve směškách s obilovinami pro píceinářské potřeby (Hosnedl a Hochman, 1994).

Většina odrůd je méně náročná na klimatické podmínky než odrůdy hrachu setého. Pěstuje se proto v chladnějších polohách na chudších nebo i vlhčích půdách, které již nejsou vhodné pro pěstování hrachu. Příprava půdy a setí jsou shodné se zakládáním porostů hrachu setého. Pro

dobrý vývoj rostliny je důležitý včasný výsev. S ohledem na menší semena se hrách rolní vysévá do menší hloubky, než je tomu u hrachu setého (Hosnedl a Hochman, 1994).

3.5 Pěstování luskovin ve směsi s jinou plodinou

Meziodrůdové rozdíly u luskovin mají zásadní vliv na dynamiku růstu rostlin, na jejich morfologii a na vhodnost využití ve směsích s dalšími plodinami. Z hlediska konečného efektu alternativního využití luskovin je však důležitá produkce nadzemní a podzemní biomasy, včetně její kvality. Hodnocení celkové produkce biomasy však při daných rozdílech mezi druhy a odrůdami neposkytuje dostatečné informace o možnostech využití biomasy. Je zde potřebné zvláště posuzovat produkci či podíl na celkové produkci porostu, jednotlivých částí rostlin a samozřejmě i jejich kvalitu. Celková produkce biomasy a její kvalita se mění v čase (Brant a kol., 2017)

3.5.1 Luskovino-obilné směsky

Luskovino-obilné směsky (LOS) mají v zemědělství dlouhou tradici jako součást osevního postupu na orné půdě. Jejich pozitivní vliv na půdu (fixace dusíku) i kvalitní produkce zrna (luskoviny a obiloviny) jsou historicky známé. V konvenčním zemědělství se význam luskovino-obilných směsek snížil a v současné době se jako hlavní plodina příliš nevyužívají, případně se pěstují pouze jako meziploidy. Dále se dají využít jako zdroj krmiva pro hospodářská zvířata. Zlepšení krmivové základny na ekologických farmách ale není jediným přínosem pěstování luskovinoobilných směsek. Luskovino-obilné směsky představují výbornou předplodinu v osevním postupu, mají pozitivní vliv na kvalitu půdy, jsou odolnější proti chorobám a škůdcům, potlačují plevely a obohacují půdu o dusík (Dlouhý a kol., 2010). Tyto směsky také hrají velkou roli i v rozvojových zemích, zvláště v oblastech s omezeným množstvím vody (Tsubo et al., 2005).

Hauggaard-Nielsen et al. (2001) uvádějí, že pěstování hrachu společně s jarním ječmenem poskytuje vyšší výnos zrna oproti variantám, kdy byly jednotlivé plodiny pěstované samostatně. Množství sklizeného zrna ze směsky činilo 4,6 tuny z hektaru. Jeden z největších problémů, se kterým se potýkaly, byla vysoká konkurence plevelů, avšak i s tímto problémem se směs těchto plodin vypořádala lépe než monokultury. Bylo to z důvodu, že směs vykazovala lepší konkurenceschopnost.

3.5.2 Směs luskoviny a jiné plodiny

V dnešní době se setkáváme s přísevy vymrzajících luskovin do ozimých plodin, např. do řepky. 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. Z hlediska částečného zajištění N a P se zejména v Německu ověřují podsevy luskovin do kukuřice, které mají plnit případně i protierozní funkci. Dalším důvodem je využití synergického vlivu rostlin, v tomto případě fazolu a kukuřice. Druhou alternativou je založení porostů ozimých luskovin na podzim, do kterých je na jaře proveden výsev kukuřice. V těchto systémech mají luskoviny zajistit několik funkcí. Přítomnost luskovin od podzimu zajistí dostatečnou produkci podzemní a nadzemní biomasy do výsevu kukuřice. Porosty luskovin lze před či při výsevu kukuřice umrtvit mechanicky nebo chemicky. Mechanické umrtvení porostu spočívá v zalomení lodyh či jejich přeříznutí pomocí řezných válců. Na rozdíl od trav vykazují luskoviny malou schopnost regenerace po zalomení či přeříznutí lodyhy nebo větve. Po zasetí poskytuje rozkládající se biomasa živiny - především dusík - v době, kdy ho kukuřice výrazně potřebuje. Mulč vytvořený luskovinou snižuje po zasetí erozní rizika a eliminuje i neproduktivní výpar vody z půdy. U dobře narostlých a zapojených porostů luskovin jsou na počátku vegetace mulčem dobře regulovány i jednoleté plevelné druhy (Brant a kol., 2017).

Andersen et al. (2005) zkoušeli možnosti pěstování směsi třech plodin a to hrachu setého, jarního ječmene a jarní řepky. Tento systém pěstování se bohužel neukázal být vhodným z důvodu silné konkurence ječmene vůči ostatním plodinám. Lepších výsledků dosáhli při pěstování směsek složených z luskoviny a jedné další plodiny.

Pěstování luskovin společně se slunečnicí je způsob, jakým lze zabránit nežádoucímu výparu vody v letních měsících a také snížit erozi. Ovšem zasetí luskovin společně se slunečnicí mělo za následek snížení výnosu nažek u slunečnice. Efektivnější proto je zasít luskoviny až ve fázi 2 – 4 pravých listů, kdy luskoviny nemají na výnos negativní vliv (Kandel et al., 1996).

4 Metodika pokusu

4.1 Charakteristika pokusné lokality

Pokusné parcely byly založeny na pozemku nacházejícím se na jižní straně katastru obce Stupice. Tato oblast patří do teplého mírně suchého klimatického regionu. Genetickým půdním představitelem je černozem luvická, slabě oglejená. Půda je zde hluboká až velmi hluboká s hlubokou až velmi hlubokou orníci. Struktura půdy je drobtovitá, převážně bez skeletu. Obsahuje střední množství humusu, půdní reakce je neutrální se slabou náchylností k okyselení, střední sorpční kapacitu, nasycený koloidní komplex a dobrý obsah fosforu a draslíku.

4.2 Charakteristika odrůd

K pokusům bylo vybráno 6 odrůd. Z hrachu setého (*Pisum sativum* subsp *sativum*) byly vybrány tyto čtyři odrůdy.

Eso, což je žlutosemenná, polopozdní jarní odrůda typu semi-leafless. Vytváří střední až vyšší rostliny s dobrou odolností vůči poléhání. Vyznačuje se výborným zdravotním stavem a je velmi vhodná k produkci zrna.

Gambit je žlutosemenná, pozdní jarní odrůda typu semi-leafless. Vytváří vysoké rostliny se střední odolností k poléhání. Je vhodná k zakládání směsek a senáží, kdy se semena vyznačují nízkou aktivitou trypsin-inhibitoru.

Protecta je žlutosemenná, středně raná jarní odrůda listového typu, která je vhodná k využití především v ekologickém zemědělství. Vytváří středně dlouhou až dlouhou lodyhu se zlepšenou odolností vůči poléhání oproti jiným odrůdám listového typu. Vyniká dobrou pokryvností povrchu, kdy velmi dobře konkuruje vyvíjejícím se plevelům.

Enduro je žlutosemenná, středně raná ozimá odrůda typu semi-leafless. Vytváří středně dlouhou lodyhu s dobrou odolností k poléhání. Vyznačuje se rychlým startem na jaře, kdy tak dojde k minimalizaci jarním přísušků. Semena obsahují vysoké množství N-látek a škrobu.

Z hrachu rolního – pelušky (*Pisum sativum* subsp *arvense*) byly vybrány tyto dvě odrůdy.

Arvika je pozdní jarní odrůda listnatého typu. Vytváří dlouhou lodyhu s horší odolností k poléhání. Je velmi vhodná do jarních a letních luskovinoobilných směsek určených na zelené

krmení a senáž, a také na zelené hnojení. Vyznačuje se vysokou plasticitou a dobrým zdravotním stavem.

Arkta je středně raná ozimá odrůda listnatého typu. Vytváří dlouhou lodyhu s horší odolností k poléhání. Je vhodná jako komponent do ozimých luskovinoobilných směsek určených na zelené krmení a senáž. Vyznačuje se dobrou přezimovací schopností a rychlým jarním počátečním růstem.

4.3 Způsob založení porostu

Pokusné parcely byly založeny 20.3.2016 po provedení předseťové přípravy. Základním zpracováním půdy byla orba. Hodnoceny byly vybrané odrůdy hrachu setého a hrachu rolního (pelušky). Velikost pokusné parcely byla 1,5 x 15 m. Pokusné parcely s vyšetými odrůdami byly založeny v jednom opakování a hodnocené parametry byly sledovány na odebraných rostlinách. Přepočty na jednotku plochy byly stanovovány pomocí počtu rostlin stanovených za použití čtvrtmetrového čtverce v pěti opakováních na každé variantě dne 22. 4. 2016. Tabulka 1 dokumentuje hodnocené odrůdy a průměrné počty rostlin na m². U každé odrůdy byly založeny porosty s obvyklým výsevem (označeno číslem 1) a sníženým výsevem (označeno číslem 2).

Tab. 1: Počet rostlin vybraných druhů v hodnocených porostech stanovený 22.4.2016 (výsev byl proveden 20.3.2016).

Odrůda/výsev	Počet rostlin na m² (kusy)
Eso 1	128
Eso 2	73
Gambit 1	140
Gambit 2	68
Protecta 1	109
Protecta 2	73
Arvika 1	188
Arvika 2	78
Arkta 1	183
Arkta 2	105
Enduro 1	135
Enduro 2	93

4.4 Hodnocení porostu

Dne 22.4.2016 byla na lokalitě Stupice provedena první měření. Bylo provedeno hodnocení obrazové analýzy habitu rostlin (nadzemní a podzemní část) na základě obrazové analýzy pomocí infrasinímků. Dále byla odebrána nadzemní část deseti rostlin z každé varianty, která byla usušena na konstantní hmotnost pro teplotě 55 °C. Z těchto hodnot byla stanovena průměrná suchá hmotnost nadzemní části rostlin a také produkce nadzemní biomasy porostů na jednotku plochy (t/ha). Dále bylo odebráno 6 rostlin i s kořenovým systémem z variant s běžným výsevkem, které byly také usušeny na konstantní hmotnost při teplotě 55 °C. Z naměřené hmotnosti nadzemní a podzemní části bylo provedeno stanovení poměru nadzemní a podzemní biomasy rostliny a produkce nadzemní a podzemní biomasy porostu na jednotku plochy (t/ha).

Druhé měření proběhlo dne 31.5.2016. Bylo provedeno hodnocení obrazové analýzy habitu rostlin (nadzemní a podzemní část). Také byla zdokumentována pokryvnost půdy hodnocených porostů na základě obrazové analýzy pomocí infrasinímků. Dále byla odebrána nadzemní část deseti rostlin z každé varianty, která byla usušena na konstantní hmotnost pro teplotě 55 °C. U těchto rostlin byla stanovena průměrná hmotnost nadzemní biomasy celých rostlin a jejich částí (listy a lodyha bez listů). Zároveň byl stanoven hmotnostní poměr mezi suchou hmotností lodyhy a listů (lodyha/list), dále byla určena produkce suché nadzemní biomasy porostů na jednotku plochy (t/ha). Poté byly odebrány 3 rostliny i s kořenovým systémem z variant s běžným výsevkem. Rostliny byly odebrány s půdním blokem a kořenový systém byl následně proplaven. Tyto rostliny byly také usušeny na konstantní hmotnost při teplotě 55 °C. Z naměřené hmotnosti nadzemní a podzemní části byl stanoven hmotnostní poměr mezi nadzemní a podzemní biomasou a dále byly tyto hodnoty přepočteny na produkci nadzemní a podzemní biomasy na jednotku plochy (t/ha). (Statistické hodnocení nebylo z důvodu malého počtu odebraných rostlin provedeno).

Konečné hodnocení porostů proběhlo 20.6.2016. Z každé varianty bylo odebráno 30 rostlin, u kterých byla stanovena délka rostlin (m) a počet větví na rostlinách. Zároveň bylo provedeno stanovení reálné výšky porostů pomocí výškoměrného talíře. U deseti rostlin z celkového odebraného množství z jednotlivých variant se hodnotila hmotnost lodyhy bez listů (g), hmotnost listů na lodyze (g), hmotnost první větve (g) a hmotnost listů na první větvi, podíly hmotností lodyh a větví vůči hmotnosti listů a celkové produkce částí rostlin na jednotku plochy (t/ha).

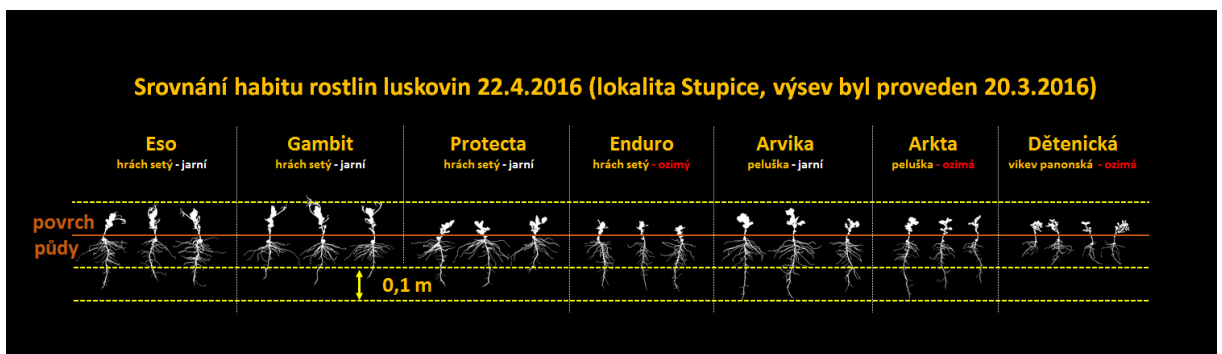
4.5 Statistické vyhodnocení

Získané výsledky byly vyhodnoceny statistickou metodou jednoduché analýzy rozptylu dle Tukey ($\alpha = 0,05$) s použitím programu STATGRAPHICS Plus, verze 4.0.

5 Výsledky

Z obrázku 1 jsou patrné rozdíly v habitu mezi ozimými a jarními odrůdami, kdy se jarní odrůdy vyznačovaly rychlejším růstem. Tato skutečnost je patrná i z tabulky 2. Získané hodnoty ukazují, že ozimé odrůdy měly nejnižší hmotnost kořenů i nadzemní biomasy oproti jarním odrůdám. Největší hmotnosti jak kořenů, tak i nadzemní biomasy dosáhla odrůda Gambit. Tato odrůda měla i nejvyšší produkci nadzemní biomasy v přepočtu na jednotku plochy. V produkci podzemní biomasy byla překonána pouze odrůdou Arvika.

Tabulka 3 vytvořená z průměrné hmotnosti 10 rostlin z každé varianty ukazuje rozdíly v hmotnosti mezi velikostmi výsevků. Rozdíly v hmotnosti jednotlivých rostlin v rámci jedné odrůdy byly malé a statisticky neprůkazné. Ovšem po přepočítání hmotnosti na jednotku plochy bylo množství biomasy u snížených výsevků přibližně o 50 % nižší.



Obr. 1: Habitus rostlin (22.4.2016) hodnocených odrůd doplněných o rostliny vikev panonské (Dětenická). Hodnocení bylo provedeno na plochách s obvyklým výsevkem (výsevek 1).

Tab. 2: Průměrná hmotnost suché nadzemní a podzemní biomasy rostliny (g), průměrná produkce nadzemní a podzemní biomasy porostu (t/ha), poměr mezi nadzemní a podzemní biomasou rostliny (nadzemní/podzemní) stanovené 22.4.2016 (Stupice). Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

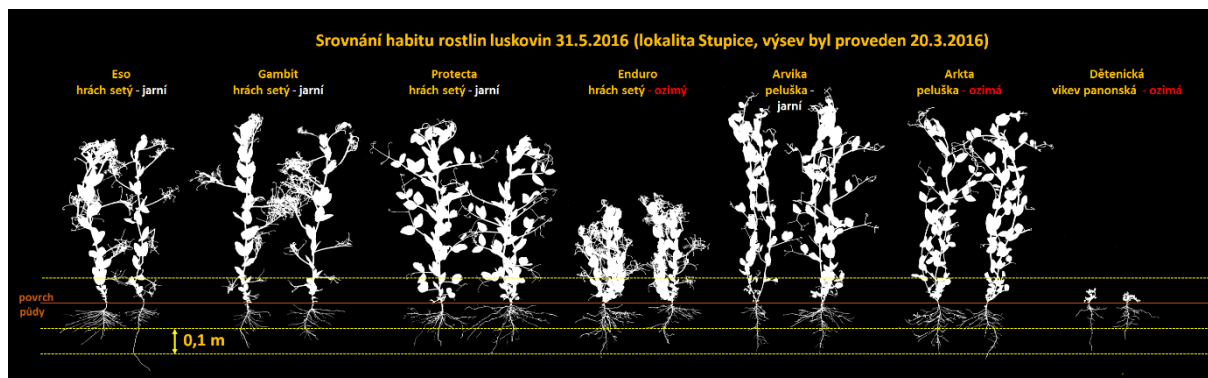
Odrůda/ výsev	průměrná hmotnost kořene (g)	průměrná hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)	poměr nadzemní a podzemní biomasy (nadzemní/podzemní)	produkce nadzemní biomasy porostu (t/ha)	produkce podzemní biomasy porostu (t/ha)
Eso 1	0,043 ab	0,110 bcd	2,64 a	0,140 ab	0,055 a
Gambit 1	0,056 b	0,135 d	2,85 a	0,189 b	0,078 a
Protecta 1	0,052 ab	0,121 cd	2,34 a	0,176 ab	0,057 a
Arvika 1	0,043 ab	0,095 abc	2,26 a	0,179 b	0,080 a
Arkta 1	0,028 a	0,078 ab	2,79 a	0,143 ab	0,052 a
Enduro 1	0,040 ab	0,073 a	2,00 a	0,098 a	0,054 a

Tab. 3: Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy rostliny (g) a průměrná produkce nadzemní biomasy porostu (t/ha) stanovená dne 22.4.2016. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

Odrůda/výsev	hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)	produkce nadzemní biomasy porostu (t/ha)
Eso 1	0,097 a	0,124 a
Eso 2	0,084 a	0,062 a
Gambit 1	0,100 a	0,140 a
Gambit 2	0,097 a	0,066 a
Protecta 1	0,107 a	0,117 a
Protecta 2	0,123 a	0,090 a
Arvika 1	0,096 a	0,181 a
Arvika 2	0,098 a	0,076 a
Arkta 1	0,063 a	0,115 a
Arkta 2	0,060 a	0,063 a
Enduro 1	0,166 a	0,225 a
Enduro 2	0,088 a	0,082 a

Z obrázku 2 jsou již dobře patrné rozdíly v habitu jednotlivých odrůd. Zde došlo k největšímu prodloužení lodyh především u hrachu rolního a to jak u jarní, tak i u ozimé odrůdy. Kratší lodyhy byly zaznamenány u jarní odrůdy hrachu setého. Mezi semi-leafless a listnatými

formami nebyl patrný výrazný rozdíl v délce lodyhy, ale byl zde pozorovatelný rozdíl ve větvení, kdy listnatá odrůda Protecta byla více rozvětvená. Nejkratší lodyhu vytvořila ozimá odrůda Enduro.

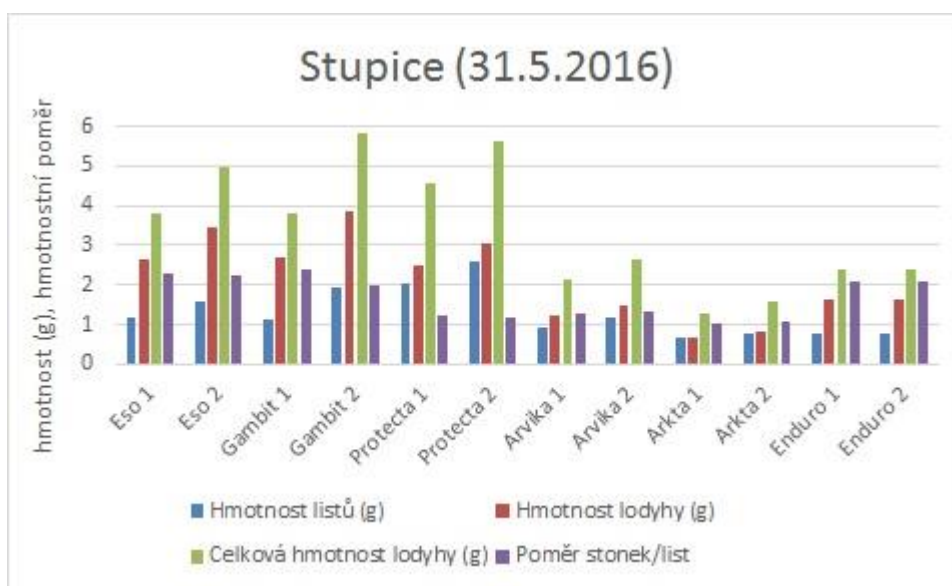


Obr. 2: Habitus rostlin (31.5.2016) hodnocených odrůd doplněný o rostliny vikev panonské (Dětenická). Hodnocení bylo provedeno na plochách s obvyklým výsevkem (výsevok 1).

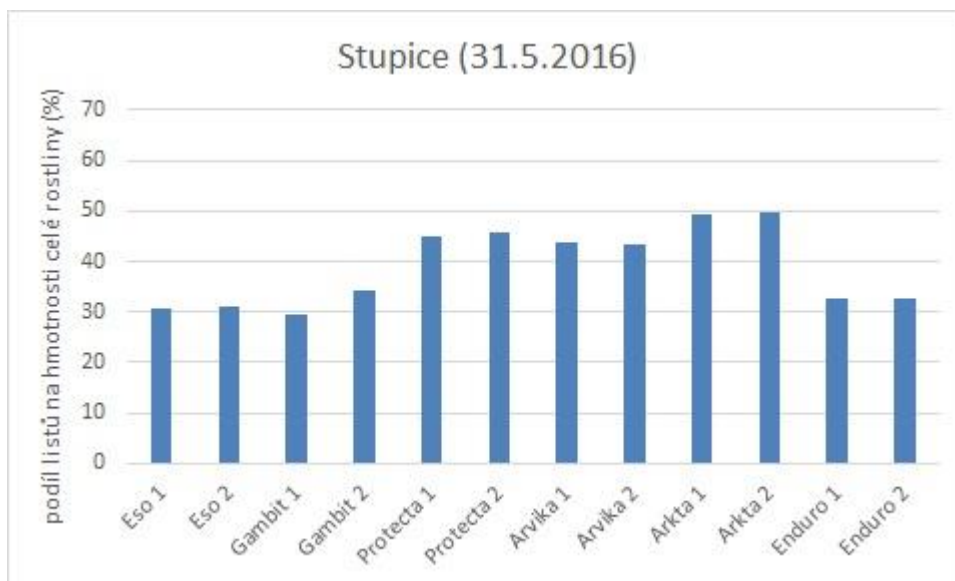
Ze sledovaných odrůd dosáhla největší hmotnosti listů odrůda Protecta ve variantě se sníženým výsevkem, naopak nejnižší hmotnost listů měla odrůda Arkta ve variantě s běžným výsevkem. Nejvyšší hmotnosti lodyhy dosáhla odrůda Gambit ve variantě se sníženým výsevkem. Tato varianta měla i nejvyšší celkovou hmotnost lodyhy s listy. Nejnižší hmotnosti jak lodyhy, tak i celkové hmotnosti lodyhy s listy dosáhla odrůda Arkta ve variantě s běžným výsevkem. Odrůda Gambit ve variantě s běžným výsevkem dosáhla také nejvyšší hmotnosti přepočtené na jednotku plochy – Tab. 4, Grafy 1 a 2. Ze třech odebraných rostlin i s kořenovým systémem z každé varianty s běžným výsevkem dosáhla nevyššího poměru podzemní a nadzemní hmotnosti biomasy odrůda Gambit a nejnižšího odrůda Enduro. Po přepočtu hmotnosti na jednotku plochy měla nejvyšší hodnotu odrůda Arkta – Graf 3, 4, 5.

Tab. 4: Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy listů, lodyhy a lodyhy s listy (g), hmotnostní lodyhy a listů na rostlině a produkce suché nadzemní biomasy porostu (t/ha) – 31.5.2016, Stupice. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

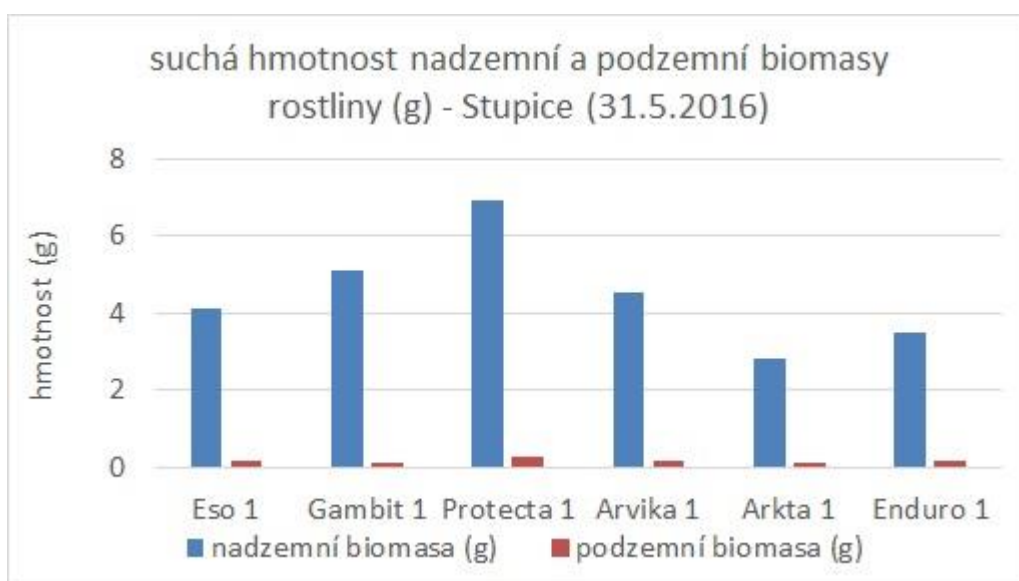
Odrůda/ výsev	suchá hmotnost listů (g)	suchá hmotnost lodyhy (g)	celková hmotnost lodyhy s listy (g)	poměr lodyha/list	produkce nadzemní biomasy (t/ha)
Eso 1	1,16 ab	2,65 c	3,82 bc	2,28 cd	5,206 g
Eso 2	1,56 bc	3,43 cd	4,98 cd	2,24 bcd	3,275 cde
Gambit 1	1,12 ab	2,67 c	3,79 bc	2,41 d	5,233 g
Gambit 2	1,95 c	3,85 d	5,80 d	1,97 b	3,881 def
Protecta 1	2,05 cd	2,51 bc	4,55 cd	1,23 a	4,844 fg
Protecta 2	2,58 d	3,02 cd	5,60 d	1,19 a	4,202 ef
Arvika 1	0,95 ab	1,21 a	2,15 a	1,30 a	4,060 def
Arvika 2	1,17 ab	1,49 a	2,66 ab	1,32 a	2,287 ab
Arkta 1	0,64 a	0,65 a	1,30 a	1,03 a	2,169 a
Arkta 2	0,77 a	0,82 a	1,58 a	1,06 a	1,622 a
Enduro 1	0,77 a	1,62 ab	2,40 ab	2,07 bc	3,158 bcd
Enduro 2	0,79 a	1,62 ab	2,41 ab	2,08 bc	2,321 abc



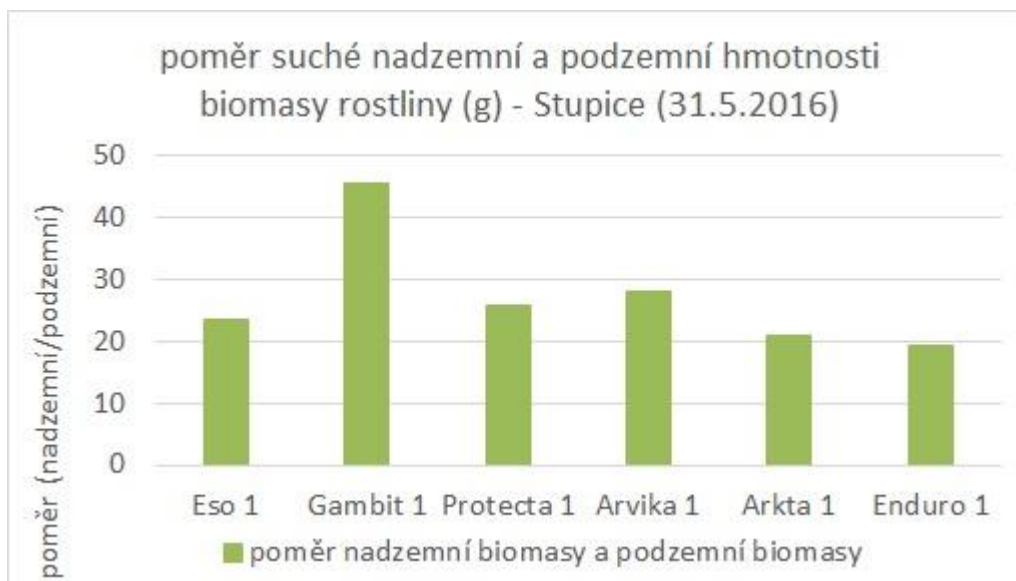
Graf 1: Průměrná suchá hmotnost listů na lodyze, lodyhy bez listů a celé rostliny (g) a hmotnostní poměr lodyhy a listů stanovené 31.5.2016 na lokalitě Stupice. 1 je obvyklý výsev a 2 je snížený výsev.



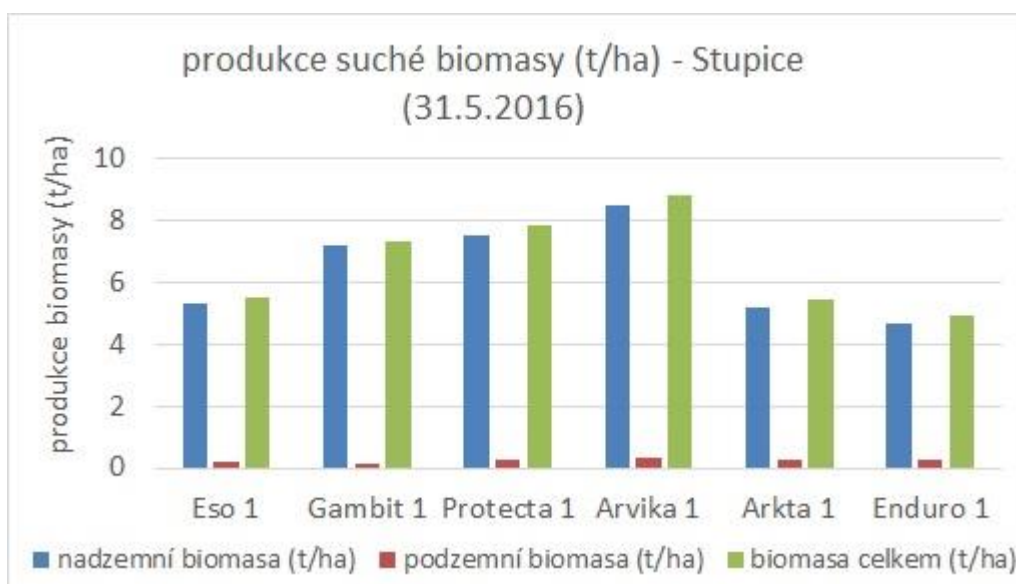
Graf 2: Hmotnostní podíl listů na celkové hmotnosti rostliny (%) stanovený 31.5.2016 na lokalitě Stupice.



Graf 3: Suchá produkce nadzemní a podzemní biomasy rostliny (g) na lokalitě Stupice 31.5.2016.



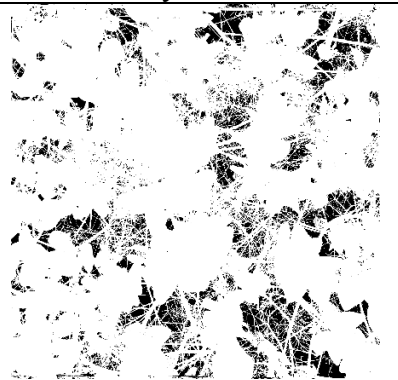
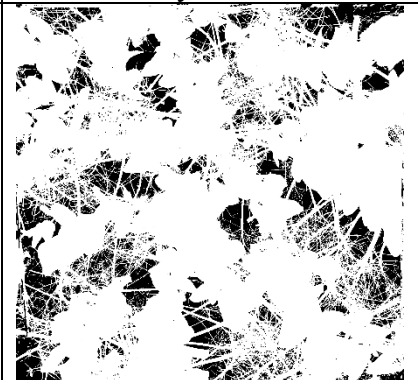
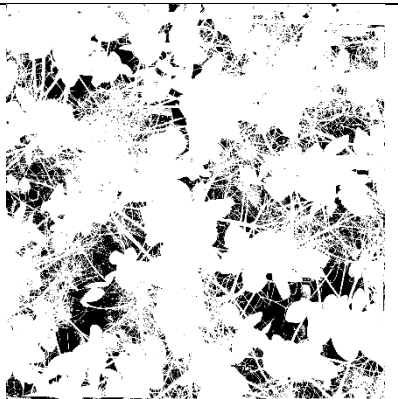
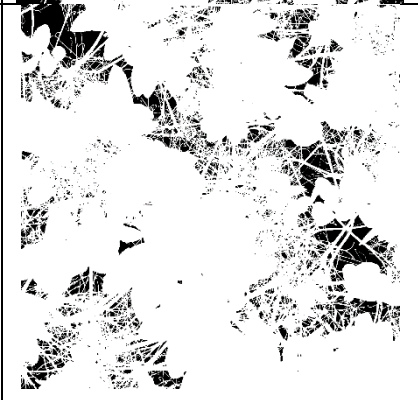

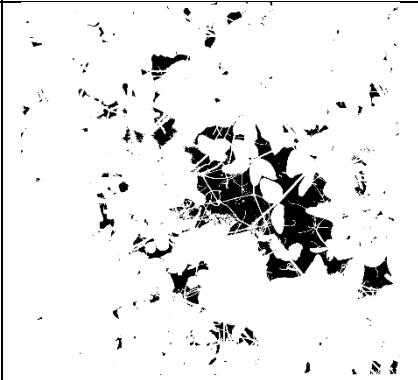
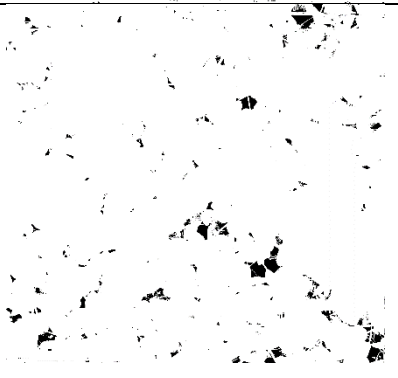
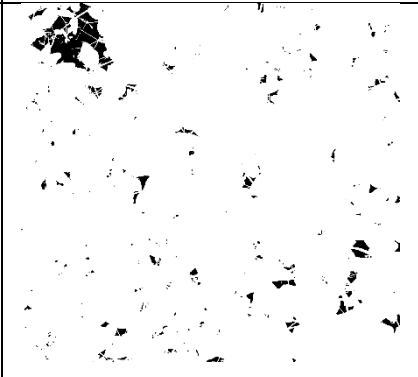
Graf 4: Hmotnostní poměr mezi nadzemní a podzemní biomasou rostliny (nadzemní/podzemní) na lokalitě Stupice 31.5.2016.

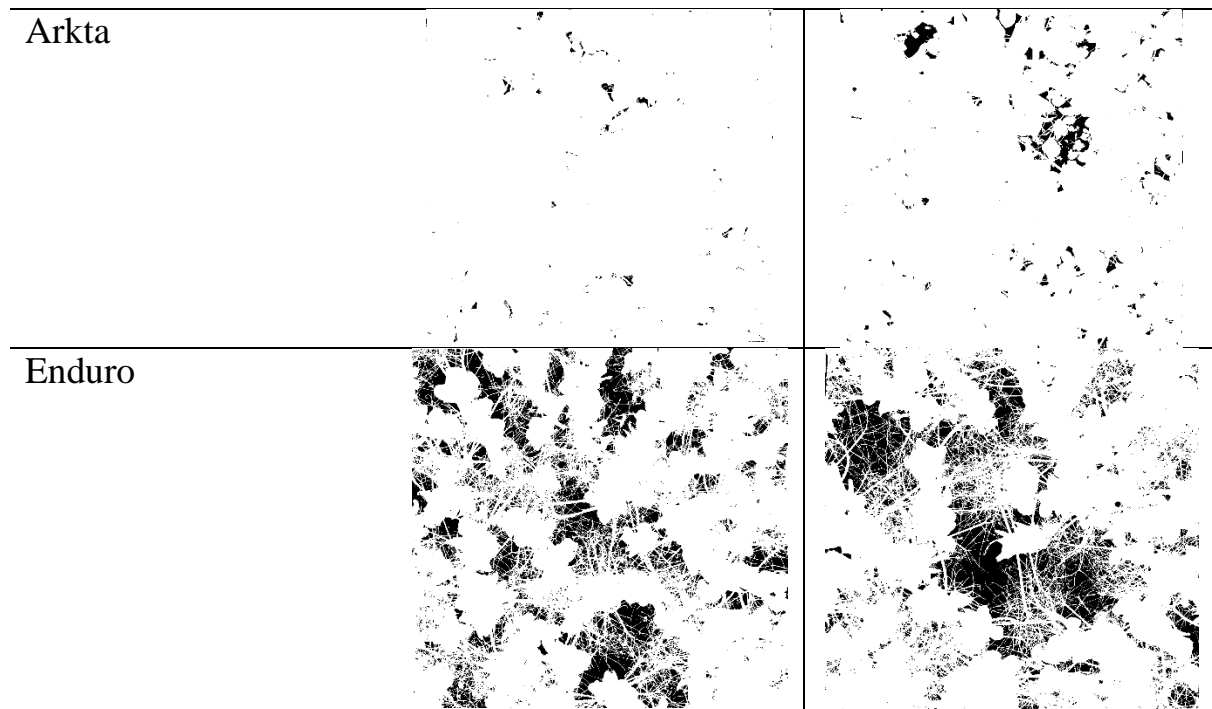


Graf 5: Suchá produkce nadzemní a podzemní biomasy porostu a celková biomasa porostů (suma nadzemní a podzemní biomasy porostu) v t na ha na lokalitě Stupice 31.5.2016.

Z tabulky 5 je vidět, že největší pokryvnost povrchu měly odrůdy Arvika a Arkta. Naopak nejmenší pokryvností se vyznačovaly odrůdy hrachu setého typu semi-leafless. Mezi jednotlivými variantami dané odrůdy byly rozdíly v pokryvnosti malé.

Tab. 5: Pokryvnost půdy porostu luskovin na lokalitě Stupice (31.5.2016). Bílá barva je rostlinný pokryv, černá barva představuje holou půdu.

Odrůda	výsev 1	výsev 2
Eso		
Gambit		
Protecta		
Arvika		



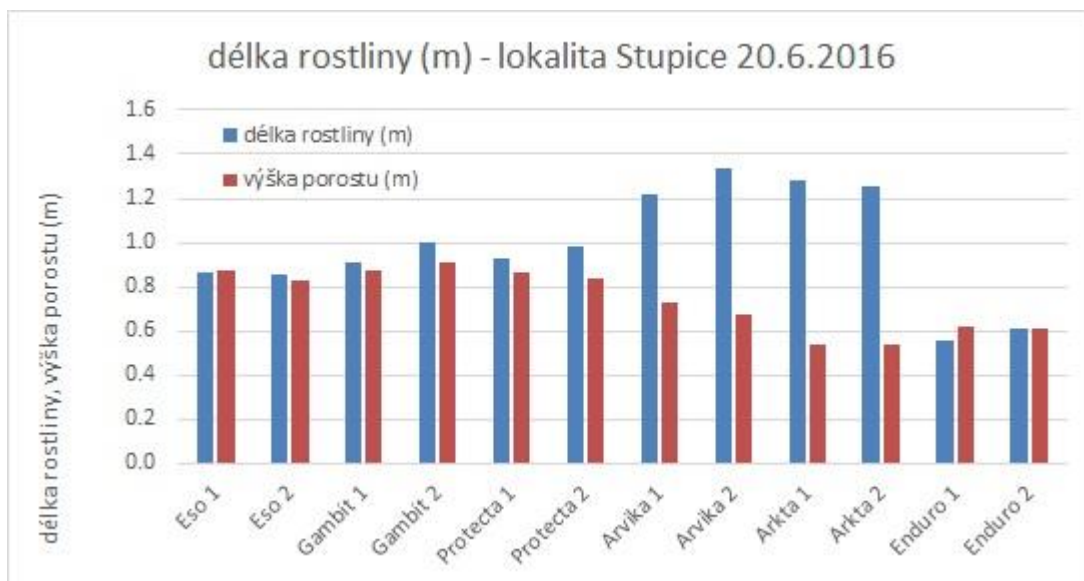
Obr. 3: Pokryvnost půdy hodnocené odrůdy Protecta (31.5.2016, Stupice). Snímek byl pořízen na parcele s běžným výsevkem.

Odrůdy hrachu rolního Arkta a Arvika vytvořily nejdelší lodyhy ze všech zkoumaných odrůd. Tyto odrůdy se ale také vyznačovaly největší poléhavostí. Naopak porost, který nepolehl, byl u odrůd Eso, Gambit a Enduro. Odrůda Enduro zároveň vytvořila nejkratší lodyhu – Tab. 6 a Graf

6. Rozdíly byly pozorovatelné i ve tvorbě větví. Varianty s nižším výsevkem vytvářely vždy větší počet větví oproti variantám s běžným výsevkem. Odrůda, která vytvářela největší počet větví, byla odrůda Arkta – Tab. 7. Tabulka 8 dokumentuje rozdílné hmotnosti rostlin odrůd a velikostí výsevků. Nejvyšší hmotnosti rostliny dosáhla odrůda Protecta ve variantě sníženého výsevku, naopak nejnižší dosáhla odrůda Arkta ve variantě sníženého výsevku. Rostliny pocházející z variant s nižším výsevkem měly větší hmotnost oproti rostlinám z varianty s běžným výsevkem. Jedinou výjimkou byla odrůda Arkta, která dosáhla větší hmotnosti rostlin při běžném výsevku. Po přepočtení hmotnosti nadzemní části na jednotku plochy měla největší produkci odrůda Eso ve variantě s běžným výsevkem, naopak nejnižší produkci měla varianta se sníženým výsevkem odrůdy Arkta.

Tab. 6: Vliv odrůdy a hustoty výsevu na průměrnou délku rostlin (m) a na průměrnou reálnou výšku porostu (m) - 20.6.2016, Stupice. Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazný rozdíl mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

Odrůda/ výsev	délka rostliny (m)	výška porostu (m)	poměr (délka rostliny/výška porostu)
Eso 1	0,868 b	0,877 ef	1,0
Eso 2	0,856 b	0,829 e	1,0
Gambit 1	0,906 bc	0,870 ef	1,0
Gambit 2	1,004 c	0,909 f	1,1
Protecta 1	0,928 bc	0,863 ef	1,1
Protecta 2	0,979 bc	0,841 e	1,2
Arvika 1	1,214 d	0,726 d	1,7
Arvika 2	1,340 d	0,673 cd	2,0
Arkta 1	1,282 d	0,533 a	2,4
Arkta 2	1,255 d	0,536 a	2,3
Enduro 1	0,558 a	0,617 bc	0,9
Enduro 2	0,606 a	0,612 b	1,0



Graf 6: Srovnání průměrné délky rostliny (m) a na průměrné reálné výšky porostu (m), - 20.6.2016, Stupice.



Obr. 4: Porost hodnocené odrůdy Arvika (20.6.2016, Stupice). Snímek byl pořízen na parcele s běžným výsevkiem.

Tab. 7: Vliv odrůdy a hustoty výsevu na počet větví na rostlině (kusy, 20.6.2016, Stupice).
 Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazný rozdíl mezi průměry v rámci sloupců
 (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

Odrůda/ výsev	počet větví (kusy)	
Eso 1	0,13	a
Eso 2	0,30	ab
Gambit 1	0,13	a
Gambit 2	0,25	ab
Protecta 1	0,83	cd
Protecta 2	1,03	de
Arvika 1	0,43	abc
Arvika 2	1,10	de
Arkta 1	1,13	de
Arkta 2	1,47	e
Enduro 1	0,73	bcd
Enduro 2	0,87	cd

Tab. 8: Biometrické parametry rostlin na hodnocených variantách: suchá biomasa rostliny (g), suchá hmotnost lodyhy s listy a lusky (g), hmotnostní podíl lodyhy s listy a lusky na celkové hmotnosti rostliny, suchá hmotnost 1. větve s listy a lusky (g), hmotnostní podíl 1. větve s listy a lusky na celkové hmotnosti rostliny, hmotnostní podíl lodyhy bez listů bez listů a lusků vůči listům na lodyze, hmotnostní podíl 1. větve bez listů a lusků vůči listům na 1. větvi, hmotnostní podíl lusků na celkové hmotnosti rostliny (%) a hmotnostní podíl lodyhy a 1. větev/listy na rostlině - 20.6.2016, Stupice. Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazný rozdíl mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

Odrůda/ výnos	hmotnost rostliny (g)	hmotnost lodyhy s listy a lusky (g)	podíl lodyhy s listy a lusky na celkové hmotnosti rostliny (%)	hmotnost 1. větve s listy a lusky (g)	podíl 1. větve s listy a lusky na celkové hmotnosti rostliny (%)	podíl lodyha/listy	podíl 1. větev/listy	podíl hmotnosti lusků na celkové hmotnosti rostliny (%)	hmotnostní podíl lodyha a 1. větev/listy na rostlině
Eso 1	10,47 abcd	9,93 d	95,92 c	0,54 a	4,08 a	3,67 c	3,26	25,52 c	3,66 c
Eso 2	15,12 de	14,27 e	93,70 c	0,85 a	6,30 a	3,36 c	3,91	21,77 c	3,35 c
Gambit 1	8,85 abc	8,54 cd	97,53 c	0,31 a	2,47 a	3,49 c	3,32	26,84 c	3,48 c
Gambit 2	14,78 de	14,01 e	96,12 c	0,77 a	3,88 a	3,64 c	3,84	19,25 bc	3,63 c
Protecta 1	11,28 bcd	9,58 d	86,02 bc	1,70 a	13,98 ab	2,16 a	2,22	22,94 c	2,18 a
Protecta 2	19,55 e	11,63 de	64,08 ab	7,92 c	35,92 bc	1,82 a	1,93	25,18 c	1,84 a
Arvika 1	5,48 a	3,75 a	76,48 abc	1,73 a	23,52 abc	2,00 a	1,77	1,85 a	1,99 a
Arvika 2	8,11 ab	4,80 ab	59,05 a	3,31 ab	40,95 c	1,88 a	1,85	10,53 ab	1,86 a
Arkta 1	6,32 ab	4,18 a	73,56 abc	2,14 ab	26,44 abc	1,84 a	2,14	5,51 a	1,90 a
Arkta 2	5,39 a	3,62 a	66,56 ac	1,77 a	33,44 bc	2,40 ab	2,50	2,59 a	2,38 ab
Enduro 1	7,90 ab	5,62 abc	75,42 abc	2,27 ab	24,58 abc	3,04 bc	3,26	19,61 bc	3,09 bc
Enduro 2	14,06 cd	8,12 bcd	60,07 a	5,94 bc	39,93 c	3,54 c	3,57	28,99 c	3,59 c

Tab. 9: Celková produkce suché nadzemní biomasy porostů a jednotlivých částí rostlin na jednotku plochy (t/ha) a jejich procentuální podíl na celkové produkci biomasy (%)- 20.6.2016, Stupice. Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazný rozdíl mezi průměry v rámci sloupců (ANOVA, $\alpha = 0,05$, Tukey).

Odrůda/ výnos	celková produkce nadzemní biomasy (t/ha)	biomasa lodyh a větví bez listí a lusků (t/ha)	biomasa listů (t/ha)	biomasa lusků (t/ha)	hmotnostní podíl lodyh a větví na celkové produkci (%)	hmotnostní podíl listů na celkové produkci (%)	hmotnostní podíl lusků na celkové produkci (%)
Eso 1	13,405 b	7,644 c	2,091 ab	3,669 c	58,4 bcd	16,0 ab	25,5 c
Eso 2	11,036 ab	6,634 abc	1,997 ab	2,405 bc	60,1 bed	18,1 ab	21,8 c
Gambit 1	12,390 b	7,045 bc	2,000 a	3,345 c	56,6 abc	16,5 ab	26,8 c
Gambit 2	10,051 ab	6,392 abc	1,768 a	1,890 abc	63,3 cd	17,5 ab	19,3 bc
Protecta 1	12,300 b	6,371 abc	3,013 abc	2,916 c	52,6 ab	24,5 bed	22,9 c
Protecta 2	14,273 b	6,698 abc	3,700 c	3,875 c	47,8 a	27,0 cde	25,2 c
Arvika 1	10,305 ab	6,607 abc	3,447 bc	0,251 a	64,6 cd	33,6 e	1,8 a
Arvika 2	6,323 a	3,624 a	1,999 ab	0,700 ab	58,0 abcd	31,5 de	10,5 ab
Arkta 1	11,557 ab	6,878 abc	3,765 c	0,913 ab	59,1 bed	35,4 e	5,5 a
Arkta 2	5,656 a	3,818 ab	1,696 a	0,142 a	67,8 d	29,6 de	2,6 a
Enduro 1	10,660 ab	6,345 abc	2,148 ab	2,167 abc	60,0 bed	20,4 abc	19,6 bc
Enduro 2	13,071 b	7,205 bc	2,029 ab	3,837 c	55,4 abc	15,6 a	29,0 c

6 Diskuze

Petr a kol. (1974) uvádějí, že tvorba postranních větví je častější u odrůd, které jsou nižšího vzrůstu. Jelikož však k tomuto pokusu byly vybrány odrůdy vytvářející středně dlouhou až dlouhou lodyhu, toto tvrzení nebylo možné ověřit, protože jarní odrůdy hrachu setého vytvořily porosty dorůstající podobné délky. Ačkoliv byla výška porostů velmi podobná, počet větví na rostlině se v rámci odrůd lišil. Z toho důvodu byla schopnost větvení spíše udána genetickým základem. Petr a kol. (1974) dále uvádějí, že porosty s nižším počtem rostlin na jednotku plochy, mají větší tendenci k větvení. Toto tvrzení se potvrdilo i v provedených experimentech, kdy u variant se sníženým výsevkem docházelo k větší produkci postranních větví než u variant dané odrůdy s běžným výsevkem. Tato skutečnost je dána kompenzační schopností rostlin využít pro svůj rozvoj prostor, kterého je při snížení výsevku pro jednu rostlinu více.

V průběhu vegetace byla zaznamenána rozdílná náchylnost odrůd k poléhání. Nejméně, respektive vůbec, byly polehlé porosty odrůd semi-leafless typu. Bylo to dáno výskytem většího množství úponků na rostlinách, díky čemuž byl vzájemně propojený a tím i více odolný vůči nepříznivým vlivům počasí. Listnatá odrůda Protecta byla částečně polehlá, avšak snížení výšky porostu oproti délce rostliny bylo malé. Nejvíce polehlé porosty byly u odrůd hrachu rolního. Na náchylnost tohoto druhu k poléhání upozorňují např. Hosnedl a Hochman (1994), kteří také doporučují jeho pěstování ve směskách společně s obilninami, které dokáží vytvořit dostatečnou oporu pro rostliny hrachu rolního a tím zabránit poléhání.

Problémy se zpracováním polehlých porostů při tvorbě mulče zmiňují Brant a kol. (2017), kdy polehlé porosty mohou být hůře umrtveny především pomocí řezacích válců, což může dále působit potíže při dalších pracovních úkonech. Těžko zpracovatelné porosty by z tohoto důvodu byly plochy s odrůdami hrachu rolního, a to především pokud by nebyly polehlé ve směru jízdy. Z tohoto důvodu by bylo vhodné použít k umrtvení porostu mulčovač.

Rozdílná schopnost pokryvu půdy může být také důležitým faktorem pro volbu odrůdy. Listnaté odrůdy se vyznačují lepší pokrývností povrchu půdy, a tím pádem mohou lépe omezit nežádoucí výpar vody. Dále mají i lepší schopnost potlačit vzcházející plevelé oproti odrůdám semi-leafless typu (Spies a kol., 2011), čehož se dá využít na pozemcích s velkým výskytem plevelů.

Listy poskytují největší fotosynteticky aktivní plochu, která zaujímá velkou část biomasy (Garry a kol., 1999). Tato možnost většího množství plochy způsobila větší produkce biomasy listnaté odrůdy hrachu setého oproti odrůdám semi-leafless.

7 Závěr

Na základě provedeného pokusu zabývající se dynamikou růstu luskovin lze vyvodit následující závěry:

1. Mezi odrůdami hrachu setého a hrachu rolního existují rozdíly v produkci biomasy, kdy rostliny hrachu setého dosahovaly vyšších hmotností než rostliny hrachu rolního.
2. Hmotnost lodyhy má u odrůd semi-leafless typu větší podíl na hmotnosti celé rostliny.
3. Snížení výsevku podporuje větší produkci postranních větví.
4. Produkce biomasy variant hrachu setého se sníženým výsevkem je srovnatelná s produkcí variant s běžným výsevkem.
5. Produkce biomasy variant hrachu rolního se sníženým výsevkem je výrazně nižší oproti produkci variant s běžným výsevkem.
6. Snížení výsevku u hrachu setého lze využít jako možnost snížení nákladů na osivo.

Na základě výsledků pokusu lze možnost snížení výsevku použít ke snížení nákladů na osivo pro mimoprodukční využití biomasy za předpokladu, že daná plodina bude na pozemku růst po dobu delší jak dva měsíce, aby došlo k využití kompenzačních schopností daným rostlin. Důležitý je výběr druhu, ale i odrůdy pro dosažení kladených cílů na porost.

8 Seznam použité literatury

1. Andersen, M. K., Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S. 2005. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. *Plant and Soil*. 266 (1-2). 273-287.
2. Andrew, C. S., Robins, M. F. 1969. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium, and sodium contents. *Australian Journal of Agricultural Research*. 20 (4). 675-685.
3. Armstrong, R. D., Millar, G., Halpin, N. V., Reid, D. J., Standley, J. 2003. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain productivity and soil fertility in opportunity cropping systems on a shallow Vertosol. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43 (2). 141-153.
4. Brant V., Zábranský P., Škeříková M., Vailich J., Kunte J., Kroulík M., Procházka P. Alternativní využití luskovin (1) - důvody a cíle. *Agromanuál* 12(1). 118-121.
5. Brant V., Zábranský P., Škeříková M., Vailich J., Kunte J., Kroulík M., Procházka P. Alternativní využití luskovin (2) - morfologická variabilita hrachu setého a rolního. *Agromanuál* 12(2). 88-91.
6. Brant V., Zábranský P., Škeříková M., Vailich J., Kunte J., Kroulík M., Procházka P. Alternativní využití luskovin (3) - hrách setý a rolní jako zdroj biomasy. *Agromanuál* 12(3). 131-133.
7. Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research*. 53 (1-3). 111-130.
8. Dlouhý, J., Dyrťová, K., Šarapatka, B., Huňady, I., Lačňák, V., Ponížil, A. 2010. Pěstování luskovino-obilných směsek v ekologickém zemědělství. Bioinstitut. Olomouc. ISBN: 978-80-87371-06-0.
9. Dou, Z., Fox, R. H., Toth, J. D. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. *Plant and Soil*. 162 (2). 203-210.
10. Garry, G., Jeuffroy, M. H., Tivoli, B. 1998. Effects of ascochyta blight (*Mycosphaerella pinodes* Berk. *Annals of Applied Biology*. 132 (1). 49-59.

11. Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E. S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. *Field Crops Research*. 70 (2). 101-109.
12. Hezký, P. Luskoviny české pěstitele nelákají [online]. Profí Press. Leden 2009 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z <http://uroda.cz/luskoviny-ceske-pestitele-nelakaji/>.
13. Hosnedl, V., Hochman, M. 1994. *Základy pěstování hrachu*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky. Praha. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky). ISBN: 80-710-5069-5.
14. Houba, M., Hochman, M., Hosnedl, V. 2009. *Luskoviny: pěstování a užití*. Kurent. České Budějovice. ISBN: 978-80-87111-19-2.
15. Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., Sayyar Khan, M. 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*. 97 (2). 331-335.
16. Jakobsen, I. 1985. The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiologia Plantarum*. 64 (2). 190-196.
17. Kandel, H. J., Schneiter, A. A., Johnson, B. L. 1997. Intercropping Legumes into Sunflower at Different Growth Stages. *Crop Science*. 37 (5). 1532-1537.
18. Karpenstein-Machan, M., Stuelpnagel, R. 2000. *Plant and Soil*. 218 (1). 215-232.
19. Lahola, J. 1990. *Luskoviny: pěstování a využití*. SZN. Praha. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN: 80-209-0127-2.
20. Malý, I. 2003. *Pěstujeme cibuli, česnek, hrách a další cibulové a luskové zeleniny*. Grada. Praha. Česká zahrada. ISBN: 80-247-0635-0.
21. Moudrý, J. 2011. *Alternativní plodiny*. Profí Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-40-3.
22. Neuberg, J., Jedlička, J., Červená, H. 1995. *Výživa a hnojení plodin*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 64s. ISSN: 0231-9470.
23. Petr, J., Fuciman, L., Hosnedl, V., Hron, F., Kohout, V., Kott, V. 1974. *Hrách a bob*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

24. Roldán, A., Caravaca, F., Hernández, M.T., García, C., Sánchez-Brito, C., Velásquez, M., Tiscareño, M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research*. 72(1). 65-73.
25. Schönberger, H. 2016b. Hnojení řepky a ozimého ječmene fosforem. *Info - NU Agrar GmbH*. 2016 (17). 198 - 200.
26. Schulz, S., Keatinge, J. D. H., Wells, G. J. 1999. Productivity and residual effects of legumes in rice-based cropping systems in a warm-temperate environment. *Field Crops Research*. 61 (1). 23-35.
27. Smutný V. Pěstování luskovin a výběr odrůd [online]. Spolek poradců v ekologickém zemědělství ČR. Duben 2011 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z <http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML07-Luskoviny.pdf>
28. Spies, J. M., Warkentin, T. D., Shirliffe, S. J. 2011. Variation in Field Pea (*Pisum sativum*) Cultivars for Basal Branching and Weed Competition. *Weed Science*. 59 (02). 218-223.
29. Tsubo, M., Walker, S., Ogindo, H. O. 2005. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions. *Field Crops Research*. 93 (1). 10-22.
30. Zahran H. H. 1999. Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 64(4). 968-989.