Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Vliv hustoty rostlin a minerálního hnojení na výnos hrachu setého

Diplomová práce

Autor:
Bc. Daniel Adam
Rostlinná produkce

Vedoucí práce:
Ing. David Bečka Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv hustoty rostlin a minerálního hnojení na výnos hrachu setého" 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 vedoucímu práce Ing. Davidu Bečkovi Ph.D. za vedení této diplomové práce. Dále patří poděkování všem, kteří mi při realizování této práce pomáhali.

Vliv hustoty rostlin a minerálního hnojení na výnos hrachu setého

Souhrn

Technologie pěstování hrachu (*Pisum sativum*) je v současné době ekonomicky nezajímavá a v mnohých případech nerentabilní. V případě hrachu jsou většinou veškeré intenzifikační vstupy neúčinné a nevedou ke zvýšení zisku. Z tohoto důvodu je nutné se zaměřit na již existující nákladové položky jako jsou například náklady na zpracování půdy, pesticidy, osivo nebo na případnou volbu minerálního hnojiva.

V letech 2017 a 2018 byly založeny pokusy na ověření kompenzační schopnosti hrachu setého s cílem stanovit optimální počet rostlin na plochu a zoptimalizovat tak vysokou nákladovou položku, kterou je osivo. V experimentu byly založeny varianty s výsevky 100, 150, 200, 250 a 300 kg/ha. Poté byl sledován vývoj porostů na základě fází BBCH a během vegetace byla stanovena výška porostu a výnos čerstvé biomasy. Před sklizní byly odebírány rostliny hrachu z pokusných variant a byl stanovován počet lusků na rostlině, počet a hmotnost semen na rostlině, hmotnost tisíce semen a výnos semen.

Z výsledků vyplývá, že se struktura výnosotvorných prvků v závislosti na hustotě porostu výrazně měnila. Rostliny na variantách s nízkým počtem rostlin nasazovaly více lusků a semen než rostliny na porostech hustých. Dle experimentu dokáže hrách dobře kompenzovat prostor na řídkých porostech nasazením většího počtu výnosotvorných prvků a je tak možné snížit výsevek a ušetřit náklady za osivo. Optimální hodnota pro dosažení maximálního výnosu semen byla 200 kg/ha. Tato hodnota byla nejlepší i z hlediska ekonomického. Zajímavostí je, že výsevek 300 kg/ha je z hlediska výnosu srovnatelný s výsevkem 150 kg/ha. V případě hlediska ekonomického je výsevek 300 kg/ srovnatelný dokonce s výsevkem 100 kg/ha.

Součástí pokusu v roce 2018 bylo ověření vlivu minerálních hnojiv Fosmag a Kieserit na výnos hrachu setého. Rozdíly ve výnosu statisticky prokázány nebyly, ale hnojivo Fosmag v průměru nepatrně zvýšilo výnos semen. Z hlediska ekonomického je hnojení minerálními hnojivy nerentabilní. Avšak k zajištění zásoby prvků v půdě a udržení její úrodnosti je to nepostradatelná součást technologie pěstování hrachu.

Klíčová slova: hrách, Fosmag, Kieserit, minerální hnojivo, výsevek, výnos

The influence of density of plants and effect of mineral fertilizers on the yield of pea

Summary

Growing technlogy of pea (*Pisum sativum*) is economicaly uninteresting or even unprofitable today. In case of pea all intensification inputs are often ineffective and they do not bring any increase of profit. For this reason it is necessary to focus on the inputs such as cultivation costs, pesticides, seed costs or mineral fertilizer choice.

The experiment took place in years 2017 and 2018 and it was intended to verify compensation ability of pea. The goal was to specify optimal number of plants per area and thus optimize one of the expensive cost item. The experiment included five variants of sowing rate 100, 150, 200, 250 and 300 kg per hectare. Thereafter there were BBCH phases dertermined on every parcel and height of pea plants and fresh biomass yield were measured during vegetation.

Number of pods per plant, number and weight of seeds per plants, weight of thousand seeds and seed yield were determined on every parcel at the end of wegetation.

The results show, that structure of yield components was significantly different acording to plant density. Plants growing in sparse vegetation had much more pods and seeds per plant than plants growing in dense vegetation. Pea plants can compensate free space in sparse pea growth with higher number of yield components and it is possible to reduce sowing amount and save costs of seed. Optimal sowing amount needed for reaching the highest yield was 200 kg per hectare. This amount was also the best option from economical point of view. It is interesting that 300 kg per hectare seeding amount had similar yield as 150 kg/ha amount. Economicaly 300 kg/ha was similar even to 100 kg per hectare sowing rate.

Verification of influence of mineral fertilizers called Fosmag and Kieserit on pea yield was also part of the experiment in 2018. There were no significant differences seen in the yield of pea, but Fosmag slightly inceased the pea yield. Fertilizing of pea is unprofitable from economical point of view. However it is necessary to replenish the soil with nutrients to keep soil fertility and it should be essential part of pea growing technology.

Keywords: pea, Fosmag, Kieserit, mineral fertilizer, sowing rate, yield

Obsah

1 Úvod 9

2 Vědecká hypotéza a cíle práce 10

3 Literární rešerše 11

3.1 Luskoviny 11

3.1.1 Charakteristika čeledi bobovitých 11

3.1.2 Morfologie luskovin 11

3.1.3 Pěstování luskovin, jejich význam a využití 12

3.1.3.1 Fixace dusíku 12

3.1.3.2 Předplodinová hodnota luskovin a jejich využití 13

3.1.4 Významné druhy luskovin ve světě 14

3.1.5 Pěstování luskovin v ČR 15

3.2 Hrách 16

3.2.1 Mimoprodukční význam hrachu 16

3.2.2 Hrách a dotační programy v ČR 16

3.2.3 Pěstování a agrotechnika hrachu 17

3.2.3.1 Tvorba výnosu hrachu 17

3.2.3.2 Zakládání porostů hrachu 18

3.2.3.3 Hnojení hrachu 19

3.2.3.4 Regulace plevelů v porostech hrachu 20

3.2.3.5 Ochrana proti škůdcům 21

3.2.3.6 Ochrana proti chorobám 21

3.2.3.7 Sklizeň 22

4 Materiál a metody 24

4.1 Pokusná lokalita 24

4.1.1 Pozemek „Na rovině“ („Hojšín“) 25

4.1.2 Pozemek „Lány“ 26

4.1.3 Pozemek „Za školou“ („Malovice“) 27

4.2 Materiály k pokusu 28

4.2.1 Osivo 28

4.2.2 Hnojiva 29

4.3 Pokusné varianty 30

4.3.1 Experiment v roce 2017 30

4.3.2 Experiment v roce 2018 30

4.4 Agrotechnika porostů 32

4.5 Hodnocené charakteristiky 34
4.5.1 Vývoj BBCH 34
4.5.2 Počty rostlin na plochu 34
4.5.3 Výnos čerstvé nadzemní biomasy 34
4.5.4 Výška porostu 34
4.5.5 Polehnutí 34
4.5.6 Podrobné vyhodnocení rostlin a výnos 35
4.6 Statistické a grafické vyhodnocení 35
4.7 Rozbor semen 35
5 Výsledky 36
5.1 Vývoj porostů BBCH: 36
5.2 Polní vzcházivost 38
5.3 Počty rostlin na plochu 40
5.4 Výnos čerstvé nadzemní biomasy na konci květu 44
5.4.1 Hmotnost deseti čerstvých rostlin 44
5.4.2 Výnos čerstvé nadzemní biomasy na konci květu na plochu 46
5.5 Výška porostu na konci květu 48
5.6 Polehnutí porostu před sklizní 50
5.7 Podrobné vyhodnocení rostlin a výnosu 52
5.8 Délka rostlin před sklizní 52
5.8.1 Hmotnost rostlin 54
5.8.2 Celkový výnos nadzemní biomasy 56
5.8.3 Počet lusků na rostlině 58
5.8.4 Počet semen na rostlině 60
5.8.5 Hmotnost semen na rostlině 62
5.8.6 Počet semen v lusku 64
5.8.7 Hustota lusků 66
5.8.8 Počet semen na plochu 68
5.8.9 HTS 70
5.8.10 Výnos semen stanovený výpočtem z hodnot jednotlivých rostlin 72
5.8.11 Výnos semen stanovený hromadnými odběry 74
5.9 Shrnutí výnosotvorných prvků 76
5.10 Ekonomika experimentu 78
5.11 Doporučení pro praxi 81
6 Diskuze 82
6.1 Hustota porostu a výnos 82
6.2 Výsledky s hnojivy 83
7 Závěr 84

8 Seznam literatury.....85

1 Úvod

V posledních letech se kvůli měnícímu se podnebí a zhoršující se kvalitě půdy začínají hledat alternativní plodiny a postupy, které by bylo vhodné zakomponovat do agrotechnických a osevních postupů. Jednou z mnoha možných cest je do osevních postupů zařazení více zlepšujících plodin, ke kterým patří například hrách setý. Ten má pozitivní vliv na půdu svým působením mohutného kořenového systému a fixací vzdušného dusíku, který může částečně nahradit hnojení průmyslovými hnojivy. Stejně tak hrách zanechává v posklizňových zbytcích velké množství dobře přístupných prvků a živin, které pozitivně působí na půdní život.

Hrách je v České republice nejpěstovanější luskovina, která je zemědělskou politikou EU a ČR podporována. Pomocí hrachu je možné plnit některé dotační podmínky, jako je například greening, který je pro zemědělce povinný a jsou tím podmíněny některé finanční podpory. Další přímou podporou z národních zdrojů je například podpora citlivých komodit, které se týká hrachu také.

Hrách se svým průměrným výnosem pohybujícím se kolem dvou a půl tuny na hektar se ani zdaleka neblíží svému výnosovému potenciálu a z hlediska finanční bilance je bez dotačních podpor jeho pěstování na hranici rentability.

Z důvodu nemožnosti pěstování hrachu výrazně intenzifikovat je nutné se poohlédnout po dílčích skutečnostech vedoucích k šetření nákladů nebo alespoň minimálním zvýšení výnosu. Jen tak je možné pěstovat hrách rentabilně a zvýšit ochotu pěstitelů navýšit plochy s touto plodinou a dostat tak do omezených osevních postupů tento oživující prvek.

Z těchto důvodů byl založen pokus s cílem ověřit kompenzační schopnosti hrachu a ověřit možnost snížení výsevků. Pokud by hrách vykazoval kompenzační schopnosti, bylo by možné snížit výsevek a tím pádem i náklady na osivo a vylepšit tak ekonomickou bilanci této plodiny. Další zkoumanou skutečností byl vliv minerálních hnojiv na výnos hrachu setého.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této práce je ověřit reakci hrachu na odlišnou hustotu porostu a pokusit se posoudit jeho kompenzační schopnosti. Součástí bude popsat měnící se strukturu výnosotvorných prvků na porostech hrachu, jako je například počet rostlin na plochu, počet lusků na rostlině, počet semen na rostlině, počet lusků na plochu, počet semen na plochu, HTS a výnos semen.

Současně je cílem ověřit reakci hrachu setého na minerální hnojiva Fosmag a Kieserit a porovnat tyto varianty s variantou nehnojenou.

Dílčím cílem bude posoudit výšku porostů, délky rostlin a polehnutí porostů.

Hypotézy:

H1: Minerální hnojení pozitivně ovlivňuje výnos semen hrachu.

H2: Hustota rostlin ovlivňuje strukturu výnosotvorných prvků hrachu.

3 Literární rešerše

3.1 Luskoviny

3.1.1 Charakteristika čeledi bobovitých

V čeledi bobovitých (latinsky *Fabaceae*) existuje zhruba 650 rodů, ve kterých se nachází a je popsáno na 18 tisíc druhů bobovitých rostlin (Houba a kol. 2009).

Pro samotnou skupinu bobovitých se používá vícero názvů. Starším názvem jsou motýlokvěté, podle motýly připomínajících květů. Podle plodů luskovin se skupina může označovat taktéž jako luskoviny. Vzhledem k tomu, že ve skupině bobovitých se nacházejí i jeteloviny, je možné tento botanický taxon nazvat současně jako leguminózy. Celá skupina rostlin je charakteristická svou schopností symbiózy s bakteriemi (především *Rhizobium*), se kterými jsou si schopny zajišťovat výživu dusíkem (Slavík 1995; Houba a kol. 2009).

3.1.2 Morfologie luskovin

Lodyha

Lodyhu luskovin je možné hodnotit podle její pevnosti a náchylnosti k poléhání. To ovlivňuje postupy při pěstování luskovin a zároveň při jejich sklizni. Poléhavost lodyhy je známá především u hrachu, pelušky a vikví. Naopak u bobu, sóji a lupin je lodyha pevná a většinou nepoléhavá. U některých luskovin (například sója) je rozhodujícím faktorem pro úspěšnost sklizně výška nasazení spodních luskových pater na lodyze. Ta bývá u některých odrůd i menší než 10 cm a je proto nezbytné pro bezproblémové sklízení mít pozemek bez nerovností (Houba a kol. 2009).

Listy

Na větvené lodyze se nachází listy, které se liší mezi jednotlivými druhy luskovin. Jedná se především o:

Lichozpeřené – cizrna
Sudozpeřené – hrách, čočka, vikev a bob
Trojčetné – fazol a sója
Dlanitě dělené – lupina

Květ

U luskovin se vyskytují převážně květenství, které se nazývá hrozen. Květ luskovin je souměrný skládající se z pěti částí: pavézy, dvou křídel a dvou lístků srostlých v jeden člunek. Květy jsou převážně oboupohlavné a hmyzosnubné (Lahola 1990).

Plod a semeno

Plodem u luskovin je lusk, ve kterém jsou ukryta semena. Lusk je buď pukavý nebo nepukavý. Semena se skládají ze dvou děloh (Slavík 1995). Lusk se skládá ze dvou chlopní, u kterých nestejnosměrné dozrávání způsobuje pukání lusků a vysypávání nebo vymršťování

semen do okolí. U hospodářsky významných odrůd se na tuto vlastnost zaměřují šlechtitelé (Lahola 1990).

Kořenový systém

Mohutnost kořenové soustavy u luskovin je možné hodnotit podle několika kritérií. Prvním kritériem je hloubka zakořenění rostliny, druhým je tloušťka hlavního kořene. Dále je možné kořenový systém luskovin hodnotit podle větvení kořenů a jejich vlášení. Mohutnější kořenová soustava bývá zpravidla odolnější stresu. Týká se to především suchých ročníků, kdy na rozdíl od mělce kořenících plodin se bobovité rostliny umí dostat do hlubších vrstev půdy pro vodu a současně proplavené živiny. Tato vlastnost se pozitivně projevuje i ve výnosech (Munzar 1911; Houba a kol. 2009).

Jednotlivé druhy luskovin mají i odlišnou stavbu kořenového systému. Dle Houby a kol. (2009) se jedné především o kořenové systémy:

- **mělké**: Kratší, kulovitý kořen, avšak s dobře vyvinutým vlášením. Typické pro plodiny jako je sója a fazol

- **středně hluboko kořenící:** Jedná se o kompromis mezi mělkým a velmi hlubokým kořenem. Kořen je dobře větvený a dobře čerpá živiny. Do této skupiny lze zařadit hrách, bob, vikve, čočku i cizrnu.

- **hluboko kořenící**: Rostliny spadající do této skupiny disponují velmi hlubokým, málo větveným kořenem schopným čerpat živiny z hlubokých vrstev půdy. Především se jedná o lupiny.

Avšak pro optimální růst kořenového systému je nezbytné, aby se půda nacházela v dobrém strukturním stavu bez utužených vrstev v ornici a podorničí. Drobtovitá struktura a dobré provzdušnění půdy je nezbytnou podmínkou pro činnost symbiotických hlízkových bakterií, které z větší či menší části zajišťují zásobování rostliny dusíkem. Pro činnost těchto bakterií je žádoucí pH okolo neutrálních až slabě kyselých hodnot (Malý 2003; Houba 2009).

3.1.3 Pěstování luskovin, jejich význam a využití

3.1.3.1 Fixace dusíku

Dusík jako živina hraje v živých organismech nezastupitelnou roli. Dusík je jedním ze základních prvků ve velmi důležitých organických molekulách, jako jsou například aminokyseliny. Z těch je možné složit jakoukoliv bílkovinu, které představují základní stavební prvek v tělech organismů. Dusík se například vyskytuje i v nukleonových kyselinách, z těch je tvořena DNA a RNA. Kromě ostatních biogenních prvků, které si rostlina dokáže opatřit fotosyntézou nebo z půdy je však vzdušný dusík pro rostliny ze vzduchu nepřijatelný. Jeho vzdušná molekula N_2 je natolik stabilní, že by rostliny spotřebovaly enormní množství energie k jeho přeměně a zabudování do svých těl. Jednou z nejdůležitějších schopností

luskovin je jejich schopnost symbiózy s hlízkovými bakteriemi z rodu *Rhizobium*, díky kterým jsou si schopny luskoviny zajišťovat výživu dusíkem bez potřeby hnojení (Alexander 1984).

Fixace vzdušného dusíku do organických látek je pro ekosystém největším poutačem dusíku a poskytovatelem tohoto prvku živým organismům. Tento proces je možné využít pro zúrodňování chudých a stresovaných půd. Bylo zjištěno, že *Rhizobium* dokáže fixovat dusík i ve stresových podmínkách jako je například zasolení, nízké nebo vysoké pH, v prostředí s těžkými kovy a v suchu. Samozřejmě, že účinnost fixace s nevhodným prostředím klesá. Je to však alternativa k dražším a pracnějším organickým nebo minerálním hnojivům, které mohou být zdrojem znečištění. Této vlastnosti se využívá i při zúrodňování půd (Zahran 1999).

Fixace dusíku dle autorů Alexander (1984) a Dou et al. (1994) má význam nejen jako nástroj pro zúrodňování půd, ale i jako prostá náhrada drahých minerálních dusíkatých hnojiv při využití luskovin například v podsevech nebo při využití jejich předplodinové hodnoty. Odhady celkového množství fixovaného dusíku na planetě Zemi se odhadují na zhruba 175 milionů tun za rok. Jde o sumu dusíku fixovanou jak symbioticky žijícími bakteriemi, tak organismy volně žijícími v půdě. Výkon je ovlivňován prostředím, ve kterém žije rostlina i fixující mikroorganismus. Důležitá je v rámci symbiózy nabídka energetických molekul od rostliny pro fixující bakterii (Úlehlová 1989).

Podle se výkon fixace dusíku se podle různých autorů pohybuje v rozmezí 13–682 kilogramů dusíku na hektar za rok. Množství poutaného dusíku závisí především na druhu plodiny, nabídce dusíku v půdě a na konkurenci s ostatními rostlinnými druhy (Ledgard & Steele 1992; Karpenstein-Machan & Stuelpnagel 2000).

3.1.3.2 Předplodinová hodnota luskovin a jejich využití

Skupina luskovin se odlišuje od ostatních pěstovaných plodin v souvislosti se schopností těchto plodin symbioticky fixovat vzdušný dusík velmi úzkým poměrem C:N v biomase. Poměr C:N u luskovin se pohybuje dle stáří a druhu plodiny v rozmezí 11–30:1 (Brant a kol. 2017a).

Zároveň si luskoviny díky svým kořenovým exudátům narozdíl od jiných pěstovaných plodin dokáží lépe zpřístupnit fosfor z těžko dostupných forem a zabudovat ho do organických sloučenin. Z tohoto hlediska mají luskoviny vliv na půdu nejen jako obohacovači dusíku ale i fosforu. Poměr P:C se pohybuje v rozmezí 60–640:1. Z uvolňování fosforu při rozkladu slámy a kořenové hmoty samozřejmě dokáže těžit následná plodina. Poměr dusíku a fosforu k uhlíku je u luskovin užší než u trav (Schönberger 2016; Brant a kol. 2017a). Obsahy hlavních prvků ve slámě plodin je uveden v tabulce 1.

Tab. 1: Obsah jednotlivých složek a živin ve slámě uvedených plodin v % (Richter & Římovský 1996).

Druh slámy	Sušina	Org. látky	N	P	K	Ca	Mg	C : N
Obilniny	86	82	0,45	0,09	0,79	0,24	0,06	80–100:1
Kukuřičná	85	80	0,48	0,16	1,26	0,32	0,14	60–80:1
Řepková	84	80	0,56	0,11	0,85	0,81	0,16	60–80:1
Luskoviny	86	81	1,33	0,16	1,07	0,91	0,06	20–25:1

V případě poměru C:N:P u luskovin jde o poměr pohybující se kolem hodnot, které jsou vhodné pro rozklad posklizňových zbytků půdními mikroorganismy, aniž by docházelo k většímu odčerpávání minerálního dusíku a fosforu z půdy. Průměrný poměr těchto živin v mikrobiální biomase se pohybuje v hodnotách kolem 60:7:1. Samozřejmě, že poměry živin se významně liší podle stanoviště, typu vegetace apod. (Cleveland & Liptzin 2007).

V případě hnojení plodiny následující po luskovinách můžeme počítat s úsporou hnojení dusíku a zároveň se zvýšením výnosu (Preissel et al. 2015).

Tabulka 2 udává hloubku zakořenění jednotlivých pěstovaných plodin. Z tabulky je zřejmé, že schopnost některých luskovin a jetelovin zakořeňovat do větších hloubek je mnohem větší, než je tomu u ostatních pěstovaných plodin. Tato vlastnost je významná při čerpání živin z hloubek a zároveň při situacích vyžadující nápravu půdní struktury po jejím zhutnění. Pro udržitelné zemědělské postupy je z tohoto hlediska žádoucí zařazení luskovin a víceletých jetelovin do osevních postupů (Javůrek & Vach 2008).

Tab. 2: Hloubka zakořenění plodin (Javůrek & Vach 2008).

Plodina	Hloubka zakořenění (m)	Plodina	Hloubka zakořenění (m)
Vojtěška	2,0 – 10,0	Pšenice ozimá	0,2 – 0,3
Vičenec	2,0 – 10,0	Žito ozimé	0,2 – 0,4
Komonice	1,1 – 1,9	Ječmen jarní	0,2 – 0,3
Jetel luční	1,0 – 2,0	Oves	0,5 – 0,6
Lupina modrá	0,7 – 1,3	Kukuřice	1,2 – 1,8
Hrách setý	0,8 – 1,3	Řepka olejná	1,1 – 2,8
Bob obecný	1,0 – 1,2	Hořčice bílá	1,0 – 2,0
Sója luštinatá	1,5 – 2,0	Slunečnice	1,2 – 1,5
Vikev setá	0,3 – 0,9	Cukrovka	1,8 – 2,0
Vikev huňatá	0,3 – 0,5	Brambory	1,0 – 2,0

Vliv luskovin na půdu je významný z hlediska navýšení koncentrace půdních enzymů, zvýšení obsahu organické hmoty včetně snadno rozložitelných organických látek jako jsou vodorozpustné cukry, dále zvýšení obsahu mikrobiální biomasy a zvýšení stability půdních agregátů. V kombinaci se systémem minimalizačního zpracování půdy se tyto výhody projeví ještě výrazněji (Sweeney & Moyer 1995; Roldán et al. 2003).

Nemecek et al. (2008) uvádí, že pro evropské osevní postupy mají luskoviny obrovský potenciál. Do Evropy se totiž z důvodu malé místní produkce bílkovinných krmiv dováží velká množství sójových bobů z jiných koutů světa a tím jsou naše osevní postupy ochuzeny o velmi přínosný komponent vedoucí ke zlepšování půdní úrodnosti a fixaci dusíku.

3.1.4 Významné druhy luskovin ve světě

Historicky se do Evropy tyto plodiny dostaly hlavně z původních teplých oblastí východní Asie nebo Ameriky s mořeplavci, cestovateli a obchodníky. Na Evropském kontinentu si tyto plodiny našly mezi výrazně odlišnými obilninami své místo a začaly se rychle uplatňovat v osevních postupech. V původních oblastech mají luskoviny i v současné době

významné postavení v zemědělství i v lidské výživě (Petříková & Malý 2000; Houba a kol. 2009)

Mezi světově významné druhy luskovin patří zejména fazol, bob, hrách, čočka a lupina. Další exotičtější druhy luskovin jsou například podzemnice olejná a vigna. Sója bývá vzhledem ke svému využití řazena nikoliv mezi klasické jedlé luskoviny, ale mezi olejniny. Nicméně to nic nemění na tom, že je sója z tohoto taxonu celosvětově nejpěstovanější plodinou. Dle statistických údajů měla být sója oseta na ploše 126 milionů hektarů a její celková produkce by měla činit až 350 milionů tun, přičemž největšími pěstiteli jsou země: USA, Brazílie, Čína, Indie a Argentina (Houba a kol. 2009; Záruba 2017)

Dle dostupných údajů za rok 2016 se ostatní luskoviny na zrno pěstovaly na ploše necelých 58 milionů hektarů. Dominantní postavení má fazol se zhruba 30 miliony hektary, dále následuje cizrna s necelými 13 miliony hektary. Třetí místo zaujímá hrách (7,6 milionu hektarů), čočka (5,5 milionu hektarů) a bob na ploše 2,4 milionu hektarů. Ostatní luskoviny, jako je například lupina, mají v celosvětovém měřítku zanedbatelné postavení (Záruba 2017).

Na Asii připadá zhruba polovina pěstitelských ploch, přičemž výnosy v těchto přelidněných oblastech jsou spíše podprůměrné pohybující se na úrovni 1–1,2 tun na hektar. Dominantní pěstovanou luskovinou je pro tento kontinent fazol a cizrna. Největším světovým pěstitelem luskovin je Indie s roční produkcí cca 15 milionů tun, která je současně i největším spotřebitelem luštěnin a to si vyžaduje pokrytí vlastní spotřeby i dovozem. Druhým největším pěstitelem luskovin je Kanada s roční produkcí přesahující 8 milionů tun. Nejvíce se v Severní Americe pěstuje hrách, fazol, čočka a cizrna. Střední a Jižní Amerika je významná svou produkcí fazolu. V Austrálii je nejvíce rozšířená lupina a cizrna. Na evropském kontinentu je dominantní hrách a cizrna, přičemž ve Francii je významná produkce bobu a v Německu a v Polsku produkce lupiny (Záruba 2017).

3.1.5 Pěstování luskovin v ČR

V České republice se vzhledem ke středoevropským podmínkám pěstuje zejména hrách, lupina, bob, sója, čočka a vikev. U těchto druhů se dále rozlišuje mnoho pěstitelských forem a variet. Využití pro tyto komodity je především potravinářské a krmivářské. V této souvislosti se o semenech plodin mluví jako o luštěninách. Tyto plodiny je možné pěstovat i pro objemnou píci, kdy se sklízí veškerá nadzemní hmota, nebo je možné luskoviny pěstovat jako meziplodinu. Plochy luskovin pěstovaných na zrno v ČR se pohybovaly na začátku 90. let přibližně mezi 70–90 tisíci hektary. Postupně docházelo k útlumu pěstování luskovin až na úroveň 17 tisíc hektarů v roce 2013. Od roku 2014 se plochy luskovin zvedly až k hodnotám kolem 40 tisíc hektarů, což odpovídá 1,7 % ploch orné půdy (Záruba 2017).

Plochy luskovin byly do posledních let spíše v útlumu. Nárůst v posledních letech je zapříčiněn hlavně dotačními podmínkami a podporami jako je například tzv. „greening“ či podpora bílkovinných plodin v rámci citlivých komodit. Zhruba ze tří čtvrtin se na osevních plochách luskovin na zrno v ČR podílí hrách setý (Záruba 2017).

3.2 Hrách

Hrách (*Pisum sativum*) patří stejně jako luskoviny do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Již od počátku historie pěstování hrachu existovaly stovky a tisíce variet. Hrách byl využíván jako krmivo pro hospodářská zvířata i pro výživu lidí. O hrachu na evropském kontinentu existují písemné zmínky již z dob Římské říše. Důkazy o přítomnosti hrachu v Evropě sahají až do let 2000-1000 před naším letopočtem, kdy byla semena hrachu nalezena v pozůstatcích obydlí lidí na území dnešní Francie, Švýcarska nebo Maďarska. Prvopočátky pěstování a využívání hrachu jsou datovány do doby kamenné zhruba do let 7000-6000 př. n. l. na území dnešního Afganistánu, odkud se později rozšířil do celé Mezopotámie a s nástupem středomořských civilizací dále do Evropy (Cousin 1997).

3.2.1 Mimoprodukční význam hrachu

Význam luskovin spočívá i v jejich pěstování pro mimoprodukční účely pomáhající zajišťovat trvale udržitelné hospodaření na zemědělské půdě. Pěstování luskovin pro jejich neprodukční využití, kdy narostlá biomasa zůstává na povrchu pozemku má významný vliv na půdní úrodnost. K tomuto účelu se hodí jejich pěstování včetně hrachu jako strniskových meziplodin, které se po vytvoření většího množství biomasy mechanicky nebo chemicky umrtví nebo nechají přes zimu vymrznout. Pěstování strniskových meziplodin nejenže významně snižuje erozní a degradační vlivy na plochy orné půdy, ale navíc pomáhá půdní úrodnost vylepšovat (Brant a kol. 2017a). Toto tvrzení je ve shodě s Roldán et al. (2003), který uvádí snížení vlivu eroze na degradaci orné půdy při ponechání zbytků meziplodin na povrchu půdy nebo souběžným pěstováním luskovin s hlavní plodinou. Toto popisuje i Aufhammer (1999), který také uvádí možnosti pěstování luskovin jako součást směsek s jinými plodinami. V těchto směskách má luskovina za úkol poutat vzdušný dusík a poskytovat ho hlavní plodině. Přínosem těchto způsobů pěstování je vylepšování půdní úrodnosti, zamezení degradace půdy a snížení potřeby hnojení dusíkatými hnojivy.

3.2.2 Hrách a dotační programy v ČR

V rámci přímých plateb jsou vypláceny platby pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí neboli greening. Greeningem se zavedla povinnost vyčlenit část obhospodařované plochy k ekologickému zájmu. Tato platba má být motivací pro zemědělce, aby diverzifikovali skladbu svých osevních postupů. Greening je možný plnit několika způsoby, přičemž se nabízí titul nazývaný jako plocha s plodinami, které vážou dusík. Do tohoto dotačního titulu je možné a žádoucí zařadit některé jeteloviny a luskoviny včetně hrachu. Další možností v rámci dotačních plateb je i dobrovolná podpora vázaná na produkci (VCS) pro tzv. citlivé komodity. Konkrétně na luskoviny (bílkovinné plodiny), kam patří hrách také (Dostálová & Hochmann 2015).

Těmito dotačními podporami je možné odůvodnit zvýšení ploch luskovin na orné půdě v ČR, jelikož se tyto plodiny zřejmě díky dotacím staly ekonomicky zajímavějšími (Záruba 2017).

3.2.3 Pěstování a agrotechnika hrachu

3.2.3.1 Tvorba výnosu hrachu

Hrách je v našich podmínkách nejvýnosnější luskovinou. Jeho výnosový potenciál je schopný dosáhnout hodnot 6–7 t/ha. Hrách však vykazuje vysokou citlivost k povětrnostním podmínkám a průběhu ročníku, které dokáží znatelně zredukovat jeho výnos. Citlivost k vnějším vlivům má za následek velkou variabilitu ve výnosech plodin v rámci jednotlivých pěstitelských ročníků. Značné výnosové variabilitě se dá částečně předejít dobře zvolenou agrotechnikou a volbou vhodné odrůdy (Petr a kol. 1974; Sobeková 1990). Timmerman-Vaughan et al. (2005) a Togay et al. (2008) uvádí, že existuje kromě okolního prostředí také významný vliv odrůdy a genetického základu hrachu na výnos semen a další výnosotvorné prvky. Odlišnost půdních a klimatických podmínek, ale také způsob využití pěstované plodiny by měl být hlavní faktor vedoucí k volbě správné odrůdy hrachu (Brant a kol. 2017b).

Andersona & White (1974) a Houba a kol. (2009) uvádí, že nejdůležitější pro následný výnos je dobře strukturovaný a vyrovnaný porost. Protože porost hrachu v pozdějších fázích růstu nijak výrazně nereaguje na intenzifikační agrotechnické zásahy, je velmi důležité, aby porost hrachu nevzcházel postupně ani mezerovitě a aby byl vyrovnaný. To je důvodem, proč by vytvoření ideálních podmínek pro vzcházení rostlin hrachu měla být věnována maximální péče.

Houba a kol. (2009) popisuje strukturu výnosotvorných prvků a výpočet výnosu u hrachu takto:

$$U = (K * L * Z * A) * 10^{-5}$$

U = výnos v t/ha, K = počet rostlin na m^2, L = průměrný počet lusků na rostlině, Z = průměrný počet semen v lusku, A = HTS v g.

3.2.3.1.1 Počet rostlin na plochu

Dle Anderson & White (1974) je počet rostlin na plochu nejdůležitější prvek tvořící výnos. Dle Petra a kol. (1974), Hosnedla a Hochmana (1994) a Houby (2009) je ideální zvolit výsevek dle HTS a klíčivosti mezi 240–340 kg/ha. Takové množství odpovídá asi 0,9 až 1,1 MKS na hektar. Ideální počet vzešlých jedinců pro tvorbu výnosu je dle odrůdy v rozmezí od 65–90 kusů na metr čtvereční.

3.2.3.1.2 Počet lusků na rostlině

Petr a kol. (1974) a Brant a kol. (2017c) uvádí, že u řidších porostů se zvyšuje počet větví a lusků. To je ve shodě s Anderson & White (1974) a Houbou (2009), kteří také uvádějí, že se zvyšující se hustotou porostu klesá počet lusků na rostlině. Tato skutečnost je u hustších porostů zapříčiněna větší autoregulací poupat během vegetace vlivem mezidruhové a mezirostlinné konkurence v rámci porostu. Kromě hustoty prorostu má na počet lusků na rostlině vliv také prostředí, ve kterém rostlina roste, jako jsou například vysoké teploty

a nízká vzdušná i půdní vlhkost. Nezanedbatelný vliv na regulaci výnosotvorných prvků má také působení chorob a škůdců. Naopak zavlažování má na počet lusků pozitivní vliv. Pro výnos semen je nejdůležitějších 4–5 prvních spodních lusků na rostlině. Schönberger (2013) uvádí, že důležitý je počet lusků na plochu, který souvisí s počtem semen na plochu a tím pádem i s výnosem semen.

3.2.3.1.3 Počet semen v lusku a hmotnost tisíce semen

Podle Houby a kol. (2009) jsou největší počty semen v luscích, které jsou blíže k zemi, Naopak nejmenší počet semen i jejich velikost se snižuje se zvyšujícím se patrem lusků.

Hochman a Hosnedl (1994) uvádějí, že hmotnost tisíce semen je velice proměnlivá a závisí především na průběhu dozrávání lusků a nalévání semen. Hmotnost se pohybuje většinou mezi 200–320 g. Kolísání hmotnosti tisíce semen mezi jednotlivými lety u jednotlivých odrůd na stejném stanovišti se může pohybovat na úrovni 20–30 % (Houba a kol., 2009).

3.2.3.2 Zakládání porostů hrachu

Zakládání porostu hrachu lze provádět klasickým konvenčním způsobem. Po sklizení předplodiny provést mělkou podmítku a poté na podzim provést hlubokou orbu až do 0,3 m. Současně při orbě je vhodné zapravit fosforečná a draselná hnojiva. Na jaře následuje předseťová příprava a urovnání pozemku a poté výsev hrachu (Lahola a kol. 1990; Hosnedl & Hochman 1994).

Dle Houby a kol. (2009) je možné využít i postup bez orby (kypření). To je ve shodě s tvrzením autorů Lafond et al. (1993) a Hůly a kol. (2008), kteří uvádějí možnosti zakládání porostů bez orby. V těchto minimalizačních technologiích se využívají různé dlátové kypřiče, které je možné nastavit pro různé hloubky a intenzitu míchání půdy. Hlavní výhodou těchto zkrácených postupů je větší plošný výkon a nižší spotřeba pohonných hmot, což vede ke snížení nákladů při zakládání porostů hrachu. Další výhodou minimalizačního zpracování půdy je snížení eroze a zlepšení podmínek pro rozvoj půdního edafonu. Extrémním případem zakládání porostů hrachu je přímý výsev tzv. no-till, kdy se nepoužívají žádné stroje pro zpracování půdy, ale provádí se pouze výsev speciálními secími stroji.

Dle Laholy a kol. (1990) je zapotřebí porost jarního hrachu založit, pokud to počasí dovolí, co nejdříve na jaře. Avšak velmi časné zakládání porostů do studené půdy se projevuje negativně na výnose kvůli pomalejšímu a nevyrovnanému vzcházení. Naopak opoždění při setí po polovině března má za následek snížení výnosu o 15–25 kg/ha s každým dnem zpoždění (Hosnedl & Hochman 1994). S tím je ve shodě i Šinský a kol. (1985), který navíc uvádí, že pozdní setí má za následek větší pravděpodobnost napadení hrachu škůdci, protože se v době jejich náletů hrách nachází v menších růstových fázích a je tak náchylnější na poškození.

Doporučená hloubka setí se dle autorů pohybuje mezi 50–70 mm. Příliš hluboké setí zeslabuje klíčící rostliny. Naopak velmi mělké setí je rizikem při nedostatku vláhy během klíčení a vzcházení s negativním dopadem na vyrovnanost porostu (Petr a kol. 1974; Houba a kol. 2009). Základem pro kvalitní založení porostu je zdravé osivo s dobrou klíčivostí

a vitalitou (Houba a kol. 2009). Další důležitou skutečností je podle Schönbergera (2011) nedopustit vytvoření půdního škraloupu v období od zasetí do vzcházení hrachu. V případě vytvoření půdního škraloupu například působením silných dešťů může docházet k silnému padání klíčních rostlin.

3.2.3.3 Hnojení hrachu

Odběrový normativ hrachu na tunu produkce semene a odpovídající množství slámy je podle Vaňka a kol. (2016) zhruba 55-65 kg N, 6,6-6,8 kg P, 25-33 kg K, 2-5 kg Mg a 21–25 kg Ca. Dle Klíra (2008) činí odběr na jednu tunu hlavního produktu a odpovídajícího množství slámy 50,5 kg N, 11,7 kg P_2O_5 a 28,1 kg K_2O.

Hrách je plodina, která si symbiózou s hlízkovými bakteriemi dokáže opatřit většinu z potřeby dusíku. Hnojení hrachu dusíkem ve vyšších dávkách dle Laholy a kol. (1990) snižuje aktivitu hlízkových bakterií a tím i vlastní soběstačnost. Hnojení průmyslovými dusíkatými hnojivy nemá opodstatnění z výnosového hlediska a ani nepřináší pozitiva pro půdní úrodnost. Hnojení dusíkem je v některých případech možné považovat za zbytečnou záležitost (Vaněk a kol. 2007). Achakzai (2006) a Kumari et al. (2012) však uvádějí, že hnojení dusíkem i v kombinacích s ostatními makroprvky má dokonce pozitivní vliv na výnos hrachu setého. Je však nutné vědět, jak vypadá půdní prostředí a jaký je výživný stav půdy. Pokud má půda nedostatky živin, a to včetně dusíku, je hnojení namístě. V půdách bohatších na živiny hnojení tak velký vliv na výnos podle autorů nemá. Zároveň je nutné sledovat i ekonomickou stránku tohoto vstupu. Dle Clayton et al. (2004) se nízké dávky dusíku mohou projevit na výnose pozitivně. Zároveň ale autor uvádí, že dusíkaté hnojení je možné nahradit očkováním osiva nebo půdy bakteriemi z rodu *Rhizobium*, které nahradí potřebu minerálního dusíku vzdušným.

V případě dusíku a jeho fixace je důležité, aby se v půdě, na které je pěstován hrách, vyskytovaly symbiotické bakterie, které jsou schopny potřebu dusíku zajistit. Dle Šinského a kol. (1985) se i za předpokladu výskytu fixačních bakterií vyvíjí hrách optimálně i na špatných pozemcích s nedostatkem dusíku.

Pro symbiotické bakterie musí půdní prostředí splňovat několik podmínek. Půda musí mít neutrální až slabě kyselou půdní reakci a optimální vodní režim. Naprosto nevhodné jsou půdy velmi lehké a promyvné a půdy v aridních oblastech. Půdy nesmí být zasolené a málo biologicky aktivní (Lahola a kol. 1990).

Dle Šinského (1985) a Laholy (1990) je hrách mimořádně schopný si osvojovat živiny ze staré půdní síly. Mohou za to silné kořenové exudáty, které dokáží zpřístupnit živiny i z těžko dostupných sloučenin. Toto zjištění může být důvodem slabší reakce hrachu na hnojení průmyslovými fosforečnými a draselnými hnojivy. Neuberg a kol. (1995) uvádí, že hnojení makroprvky je možné provést před setím na základě rozborů půdy. Dle autora se jedná především o fosfor, draslík a hořčík. Dalším velmi důležitým prvkem je vápník s čímž úzce souvisí hodnota pH, která by měla být asi 6,2 – 7,0. Taková hodnota pH je opět optimální pro bezproblémovou fixaci dusíku.

Pozitivní pro výnos semene hrachu je dobrá zásobenost fosforem. Podle Jakobsena (1985) je fosfor důležitý nejen pro vlastní růst rostliny, ale hlavně pro aktivnější činnost hlízkových bakterií. Při dobré výživě fosforem stoupá činnost symbiotických bakterií, zvyšuje se koncentrace dusíku v hlízkách, a to se pozitivně projevuje na výživném stavu celé rostliny.

Podobné zkušenosti popisuje Zhao et al. (1999) se sírou. Síra má stejně jako fosfor pozitivní vliv na fixaci dusíku a nárůst biomasy. Při nedostatku síry se dle autora nejvíce projevoval klesající počet lusků na rostlinách.

Z mikroprvků je velmi důležitý molybden, který se podílí jako součást enzymů na fixaci dusíku (Houba a kol. 2009). Brkić et al. (2004) uvádí, že aplikace molybdenu společně s mořidlem na osivo hrachu zvyšuje výnos semen hrachu. Zvýšení výnosu po aplikaci molybdenu se projevilo v případě přihnojení dusíkatými minerálními hnojivy i bez nich. Pozitivně se molybden projevil také na obsahu dusíkatých látek v semeni.

3.2.3.4 Regulace plevelů v porostech hrachu

Hrách má podle Hosnedla & Hochmana (1994) a Kazdy a kol. (2010) slabou konkurenční schopnost a je velmi snadno potlačován ostatními plevelnými druhy. Vzhledem k tomu, že se hrách pěstuje ve velmi rozdílných klimatických i půdních podmínkách, je hrách vystaven velmi širokému spektru jak jednoletých, tak vytrvalých plevelů. Důležitým faktorem regulace plevelů je dobré zpracování půdy a použití herbicidů, jejichž množství je do hrachu zatím uspokojivé.

Spies et al. (2011) uvádí, že konkurenčně schopnější odrůdy hrachu vůči plevelům jsou spíše listové typy s dlouhými lodyhami. Takové odrůdy se však ukázaly na zaplevelených pozemcích konkurenceschopné pouze díky nárůstu jejich biomasy pro pícninářské využití. Výsledky ve výnosech semen nejsou v konkurenci plevelů uspokojivé u žádného typu hrachu.

Houba a kol. (2009) uvádí, že kromě chemického ošetření proti plevelům je možné použít některé nechemické metody spočívající v používání pleček a prutových bran. K nechemické metodě patří i dobrý osevní postup. Základem však zůstává výběr pozemku bez vytrvalých plevelů (Hosnedl & Hochman 1994).

Aplikace do porostů je možné dělit dle termínu aplikace v plodině. Preemergentní ošetření je nutné provést do tří dnů po zasetí hrachu. CPOST aplikace se provádí krátce po vzejití hrachu a POST aplikace ve výšce porostu hrachu 5–15 cm (Kazda a kol. 2010).

Při preemergentním ošetření se aplikují herbicidy převážně proti dvouděložným jednoletým plevelům. Aplikaci je nutno provést do tří dnů po zasetí, jinak po tomto časovém horizontu narůstá pravděpodobnost vzniku herbicidního poškození plodiny. Povrch půdy by měl být bez hrud a velkého množství organických zbytků na povrchu půdy, aby se utvořil nenarušený herbicidní film, který zabraňuje vzcházení nežádoucích plevelů. V případě velkých srážek po preemergentní aplikaci může dojít k poškození porostu proplavením herbicidu k semeni plodiny. Stres se projevuje deformacemi, ztrátou rostlinných barviv, zpomalením růstu a v nejkrajnějších případech i k odumření rostliny (Kazda a kol. 2010; Mikulka 2014).

V případě vynechání preemergentní aplikace nebo její nedostatečné účinnosti, při které jsou regulovány některé trávovité plevele, je možné použít širokou škálu graminicidů. Ty mají dobrý účinek i na vytrvalý pýr plazivý. Při regulaci nejen pýru, ale i ostatních vytrvalých plevelů jako je například pcháč, je vhodné použití glyfosátu v meziporostním období nebo je žádoucí jejich regulaci řešit již v předplodině (Kazda a kol. 2010; Mikulka 2014).

3.2.3.5 Ochrana proti škůdcům

Hrách je napadán škůdci během celé vegetace. Mezi nejzávažnější škůdce hrachu patří listopasi, zrnokaz hrachový, třásněnka hrachová, kyjatka hrachová a obaleč hrachový (Kazda a kol. 2010; Kazda 2014).

Po vzejití jsou prvními škůdci listopasi, kteří škodí okusováním okrajů listů na vzcházejících rostlinách. Okusky na okrajích listů postupem času zasychají a v krajním případě mohou mladé rostlinky hrachu odumírat. V případě nevyhovujícího počasí pro růst hrachu jsou škody od listopasu závažnější. Pokud je počasí pro růst hrachu optimální, škody od listopasů tak závažné nejsou. Taktéž na velkých rostlinách je hospodářský význam tohoto škůdce zanedbatelný. V případě škodlivosti se proti listopasům dají použít pyrethroidy (Kazda a kol. 2010; Kazda 2014).

Škůdcem přenášející virové choroby při sání rostlin hrachu je mšice kyjatka hrachová. Ta patří mezi nejzávažnější škůdce hrachu a vliv přenášených virových chorob na výnos může být v některých letech katastrofální. Kyjatka hrachová se v porostech hrachu vyskytuje pravidelně. K ošetření je možné použít některé povolené pyretroidy, organofosfáty i karbamáty (Kazda a kol 2010).

Škůdci poškozující generativní orgány hrachu a finální produkci semen jsou zrnokaz a obaleč hrachový. Zrnokaz je brouk, jehož larvy se skrytě vyvíjí uvnitř semena hrachu, kde se i zakuklí a vyvine v brouka. Je schopný znehodnotit svou kontaminací celou produkci, především jde-li o materiál pro výrobu osiva (Kazda a kol. 2010).

Obaleč hrachový je motýlek, který klade vajíčka na rostoucí lusky. Z vajíček se vylíhnou housenky a poté začínají škodit uvnitř lusku. Larvy obaleče hrachového způsobují takzvanou červivost hrachu. Takové poškození je problémem především při použití hrachu na potravinářské a konzervárenské účely. Při ochraně proti němu je nutné využít signalizace výskytu v porostu pomocí feromonových lapačů a při jeho výskytu použít insekticidní postřik (Kazda a kol. 2010, Kazda 2014).

3.2.3.6 Ochrana proti chorobám

Kraft & Pfleger (2001) uvádí, že během vegetace může být hrách napaden mnoha chorobami. Důležité je však správně určit patogena, protože podobné příznaky podobající se některým chorobám mohou mít i nedostatky některých živin nebo poškození jinými stresovými a povětrnostními faktory.

Během vzcházení je hrách napadán několika půdními patogeny, mezi které patří především mikroorganismy *Aphanomyces euteiches* a zástupci rodů *Pythium*, *Rhizoctonia* a *Fusarium*. Napadení houbovými patogeny způsobuje vadnutí a odumírání mladých rostlin hrachu. Toto napadení se jinak nazývá kořenová spála. Patogen svým prorůstáním dovnitř rostliny ucpává cévní svazky a současně vypouští toxiny. Byl zjištěn synergismus u některých patogenů v napadání hrachu. Především jde o kombinaci mikroorganismů *Rhizoctonia* + *Fusarium solani* a *Pythium* + *Fusarium solani* (Kazda a kol. 2010). Merzoug et al. (2014) uvádí, že například v případě fuzárií se dá očekávat znatelné snížení výnosu. U patogena však také záleží na genetickém základu a jestli dokáže hostitele úspěšně napadnout. Ochrana proti těmto

druhům chorob spočívá především v péči o dobré půdní prostředí, které není zamokřené a nepodléhá slévání. Základem je půda v optimálním fyzikálně-chemickém stavu. Nepřímou ochranou proti půdním patogenům je taktéž odstup luskovin v osevním sledu na minimálně 4–5 let. I při dodržení těchto zásad se doporučuje moření osiva syntetickými fungicidy s účinnými látkami *Metalaxyl-M, Fludioxonil, Carboxin, Thiram* nebo mořením biologickým přípravkem založeném na mikroorganismech *Pythium oligandrum*. (Lahola 1990; Kazda a kol. 2010; Prokinová 2014). Moření osiva syntetickými fungicidy není vhodné kombinovat s očkováním osiva symbiotickými bakteriemi *Rhizobium* (Houba a kol. 2009).

Mezi choroby hrachu se řadí i virová onemocnění jako je výrůstková mozaika hrachu (PEMV), virus obecné mozaiky hrachu (PMV), virus mozaiky svinování listů hrachu (PLRMV) a virus žluté mozaiky fazolu (BYMV). Ty mají i z hospodářského hlediska velký význam. Napadené rostliny zpravidla hůře rostou, jsou zakrslejší a mají nažloutlou barvu jako důsledek špatné tvorby chlorofylu. Současně hrách nasazuje i nižší počet lusků, které obsahují i menší množství semen s malou HTS. Eradikativní ošetření proti virovým chorobám neexistuje, a proto je nutné zacílit ochranu na přenašeče těchto viróz (třásněnky a mšice). Preventivně je možné použít některá z agrotechnických opatření. Možné je například vyvarování se pěstování hrachu v blízkosti ostatních ploch luskovin, které by mohly být zdrojem přenašečů, dodržování časového odstupu v osevním sledu a podobně (Lahola 1990; Kazda a kol. 2010).

Mezi choroby napadající hrách je strupovitost hrachu (*Mycosphaerella pinodes*) a strupovitost hrachu (*Ascochyta pisi*). Ty vyvolávají skvrnitosti nadzemních částí rostlin a negativní vliv na výnos může být při napadení kolem 50 %.

Při dlouhotrvajícím ovlhčení rostlin v deštivějších obdobích nebo při vysoké tvorbě rosy může být hrách napaden šedou plísní (*Botryotinia fuckeliana*). Kromě chemické ochrany je možnost použití úponkových řidších typů hrachu, aby nedošlo k zapaření porostu a rozvoje patogena. V pozdějších růstových fázích napadá hrách padlí (*Erysiphe pisi*) a rzivost hrachu (*Uromyces pisi*). V krajním případě by bylo účinné aplikovat proti těmto chorobám fungicid na bázi azolu. Vzhledem k omezeným možnostem ve fungicidní ochraně hrachu je vhodnější spíše spoléhat na výběr odolnějších odrůd (Lahola 1990, Kraft & Pfleger 2001, Kazda a kol., 2010; Prokinová 2014).

3.2.3.7 Sklizeň

Určení termínu sklizně hrachu vzhledem k možnému poléhání, pukání lusků a nerovnoměrnému dozrávání bývá v praxi velmi náročné určit. V případě nerovnoměrného dozrávání bylo možné použít některé přípravky určené k desikaci porostu. Pukání lusků lze taktéž zabránit aplikací některých přípravků na bázi pryskyřice. Tato negativa se však dají omezit vhodným výběrem odrůdy hrachu (Houba a kol. 2009). Hosnedl & Hochmann (1994) a Houba a kol. (2009) tvrdí, že sklizeň se provádí většinou jednofázově (přímo) obilními sklízecími mlátičkami, kdy se ještě na lištu instalují zvedáky. Velmi důležité je nastavit mlátící buben na nízké otáčky, aby nedocházelo k mechanickému poškozování semen hrachu. Lahola (1990) uvádí, že je vhodné sklízet hrách při vlhkosti 14–20 %. Při sklizni semen s nižší vlhkostí bývá problémem jejich zvýšená náchylnost k poškození nebo půlení a razantně se

snižuje klíčivost semen. Nižší vlhkost je důvodem zvýšených ztrát při mechanizované sklizni. Při sklizni vlhčích semen hrachu je produkce odkázána na pozvolné dosoušení.

4 Materiál a metody

4.1 Pokusná lokalita

Pozemky, kde byl založen experiment, se nacházely v oblasti nazývané Česká Sibiř na hranicích Středočeského a Jihočeského kraje v okresech Benešov a Tábor. Pro experiment byly vybrány rovinaté pozemky nacházející se v sedmém klimatickém regionu (mírně teplý, vlhký) v nadmořské výšce od 500 do 560 m n. m. Půdy na těchto půdních blocích jsou spíše hlinitopísčitějšího charakteru a hloubkou ornice přibližně 0,20 – 0,30 m s podílem skeletu.
Průměrné teploty a úhrny srážek z let 2013 až 2018 jsou převzaty z meteorologické stanice v Ješeticích, která je vzdálena od pokusných pozemků vzdušnou čarou 6 – 7,5 km.
V tabulkách 3 a 4 jsou uvedeny úhrny srážek a průměrné měsíční teploty.

Tab. 3: Měsíční úhrny srážek v letech 2013–2018 (mm).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma
2013	111	48	15	11	131	273	96	88	89	36	33	20	969
2014	29	4	41	28	121	25	105	77	114	63	19	32	658
2015	42	9	33	20	68	43	21	69	34	88	85	32	538
2016	33	52	31	37	60	105	157	18	49	83	40	43	708
2017	26,2	22,4	60,6	114,6	25,6	44,6	68,4	78,4	38,8	90,4	45,8	31,2	647
2018	38,2	18	35	14	36,2	60,2	23,8	29,2	45,6	39,2	7,8	66,4	414

Tab. 4: Průměrné měsíční teploty v letech 2013–2018 (°C).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	průměr
2013	-1,7	-1,7	-0,9	7,6	11,2	15,0	18,2	17,5	11,8	8,7	3,6	1,2	7,5
2014	0,6	1,8	5,8	9,2	11,3	15,1	18,3	15,0	13,5	9,8	5,7	1,6	9,0
2015	0,9	-0,6	4,0	7,3	12,0	15,7	19,8	20,9	12,7	7,8	5,9	4,2	9,2
2016	-1,1	3,0	3,2	7,5	13,1	16,9	18,2	16,7	15,8	7,2	2,4	-0,6	8,5
2017	-5,9	1,1	5,7	6,7	13,4	17,8	18,2	18,7	11,4	9,4	3,5	0,5	8,4
2018	1,9	-3,8	0,7	12,5	15,8	17,0	18,8	20,5	14,3	9,8	4,0	1,4	9,4

Dlouhodobý průměr ročních teplot vzduchu mezi lety 1961–1990 v pokusné lokalitě je 6–7 °C. Dnešní hodnoty ročních teplot jsou zhruba o 2,5 °C vyšší. Průměrná suma ročních srážek za období let 1961–1990 je mezi 600 a 700 mm. To přibližně odpovídá i dnešním ročním úhrnům.

4.1.1 Pozemek „Na rovině“ („Hojšín“)

Pokusný pozemek, na kterém byl založen experiment v roce 2017, se nachází na území městysu Neustupov v katastrálních územích Dolní Borek a Jiřetice u Neustupova. Jde o půdní blok č. 9106/2, čtverec 720-1100 (obr. 1).

Výměra tohoto bloku činí 6,66 ha. Převážná část pozemku je klasifikována dle BPEJ jako 7.29.01 a 7.29.11. Jde o rovinatý pozemek s kambizemí a s malým obsahem skeletu. Hloubka ornice je 0,35 m. Naměřené makroživiny v půdě jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5: AZZP 2015 (ppm).

pH	Ca	Mg	P	K
5,1	1680	78	57	193

Obr. 1: Pokusný pozemek, 2017, „Hojšín“. Měřítko 1:5000

4.1.2 Pozemek „Lány“

V roce 2018 probíhal pokus na dvou pozemcích. Prvním je půdní blok 1204/34 ve čtverci 730-1100 nacházející se v katastrálním území Záhoří u Miličína v obci Miličín (obr. 2).

Na pozemku Lány se vyskytují BPEJ 7.29.04, 7.29.01 a 7.29.11. Dle půdních podmínek jde o totožný jako pozemek jako Hojšín. Naměřené hodnoty makroživin na pokusném pozemku jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6: AZZP 2018 (ppm).

pH	Ca	Mg	P	K
5,4	1340	119	54	306

Obr. 2: Pokusný pozemek, 2018, „Lány“. Měřítko 1:5000

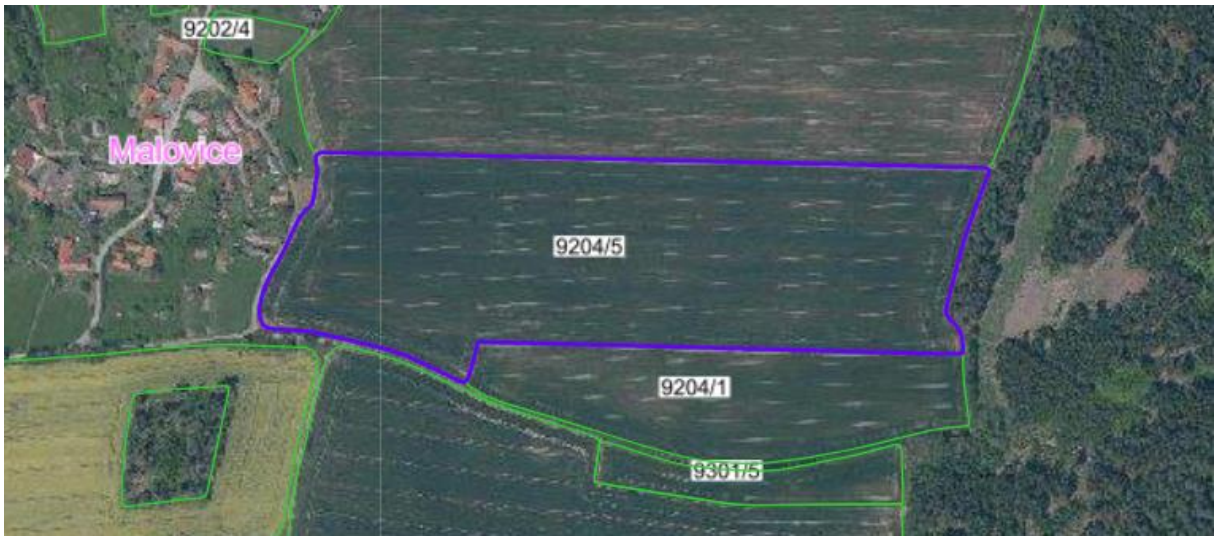
4.1.3 Pozemek „Za školou“ („Malovice“)

Druhým pozemkem, na kterém se v roce 2018 konal experiment, se rozkládá na hranicích Středočeského a Jihočeského kraje. Konkrétně jde o katastrální území Malovice u Miličína v obci Miličín a katastrální území Oldřichov u Mladé Vožice v obci Oldřichov. Půdní blok je označen v systému LPIS pod číslem 9204/5 a nachází se ve čtverci 720-1100 (obr. 3).

Pozemek Malovice je hodnocen dle BPEJ jako 7.29.04 a 7.29.14. Od předešlých pozemků se odlišuje menší hloubkou ornice (cca 0,20 – 0,27 m) a znatelně větším podílem skeletu. Z hodnot naměřených při AZZP v roce 2015, které jsou uvedeny v tabulce 7 vyplývá, že jde z pohledu makroživin o přibližně stejný pozemek jako oba předešlé.

Tab. 7: AZZP 2015 (ppm).

pH	Ca	Mg	P	K
5,6	1950	53	97	262
5,4	1740	79	129	376



Obr. 3: Pokusný pozemek, 2018, „Malovice“. Měřítko 1:5000

4.2 Materiály k pokusu

4.2.1 Osivo

V obou letech pokusu byla vyseta odrůda hrachu jarního Abarth (Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.). Abarth je raná žlutosemenná odrůda hrachu s dobrou odolností vůči poléhání. Odrůda je také odolná proti padlí a vůči antraknóze. HMKS a klíčivost zasetého osiva je uvedena v tabulce 8.

Tab. 8: Údaje o osivu použitého pro pokusy (stupeň: základní osivo).

Pokusný rok	HMKS (kg)	Klíčivost (%)	Vypočtená HTS (g)
2017	294,8	91	268,3
2018	301,5	87	262,3

V letech 2017 a 2018 bylo vyseto osivo hrachu jarního (ABARTH, kategorie: základní osivo) na všechny pozemky (Hojšín, Malovice a Lány). V tabulkách 9 a 10 jsou uvedeny jednotlivé parametry dodaného osiva a vypočtené hodnoty počtů rostlin na metr čtvereční pro jednotlivé velikosti výsevků.

Tab. 9: Parametry a osiva a počty vysetých rostlin na pozemek Hojšín v roce 2017.

Osivo 2017			Zásev 2017					
HMKS (kg)	294,8		Varianty	100	150	200	250	300
klíčivost	0,91		Vysetá klíčivá semena (ks/m^2)	33,9	50,9	67,8	84,8	101,8
HTS (g)	268,3		Vysetá semena celkem (ks/m^2)	37,3	55,9	74,6	93,2	111,8

Tab. 10: Parametry a osiva a počty vysetých rostlin na pozemky Lány a Malovice v roce 2018.

Osivo 2018			Zásev 2018					
HMKS (kg)	301,5		Varianty	100	150	200	250	300
klíčivost	0,87		Vysetá klíčivá semena (ks/m^2)	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5
HTS (g)	262,3		Vysetá semena celkem (ks/m^2)	38,1	57,2	76,2	95,3	114,4

4.2.2 Hnojiva

Použitými hnojivy v experimentech byl Fosmag a Kieserit.

Fosmag je fosforečné hnojivo s obsahem vápníku, síry a hořčíku. Hnojivo obsahuje citrátově rozpustnou a vodorozpustnou složku fosforu pocházející ze superfosfátu a zásobní fosfor. Zdrojem zásobního fosforu je mikromletý apatit. Obsahy živin v hnojivu Fosmag uvádí tabulka 11.

Tab. 11: Obsah jednotlivých živin v hnojivu Fosmag.

Živina	Obsah (%)	Množství živin dodaných ve 300 kg/ha hnojiva (kg/ha)
P_2O_5	25	75
CaO	36	108
MgO	2	6
S	7	21

Dalším použitým hnojivem bylo hořečnato-síranové hnojivo Kieserit. Obsahy jednotlivých živin v tomto hnojivu jsou uvedeny v tabulce 12.

Tab. 12: Obsahy jednotlivých živin v hnojivu Kieserit.

Živina	Obsah (%)	Množství živin dodaných ve 150 kg/ha hnojiva (kg/ha)
MgO	25	37,5
S	20	30

4.3 Pokusné varianty

4.3.1 Experiment v roce 2017

Pro rok 2017 byl proveden pokus na pozemku Hojšín s pěti různými výsevky (100 kg/ha, 150 kg/ha, 200 kg/ha, 250 kg/ha, 300 kg/ha). Jako hnojivo byl použit Fosmag v dávce 300 kg na hektar.

V roce 2017 šlo o pět pokusných variant. Šířka každé pokusné parcely odpovídala šířce secího stroje (6 m). Délka pokusné parcely odpovídala přibližně délce pozemku bez souvratí. Jednotlivé pokusné varianty jsou uvedeny v tabulce 13.

Tab. 13: Jednotlivé pokusné varianty uskutečněné v roce 2017.

č.	Pozemek	Výsevek (kg/ha)	Hnojivo	zkratka
1	Hojšín	100	Fosmag	HF100
2	Hojšín	150	Fosmag	HF150
3	Hojšín	200	Fosmag	HF200
4	Hojšín	250	Fosmag	HF250
5	Hojšín	300	Fosmag	HF300

Přičemž pro uvedené zkratky platí:
první písmeno udává pozemek: H – Hojšín,
druhé písmeno značí použité hnojivo: F – Fosmag,
číslice udává velikost výsevku: 100 kg/ha, 150 kg/ha, 200 kg/ha, 250 kg/ha, 300 kg/ha.

4.3.2 Experiment v roce 2018

V roce 2018 byl proveden experiment na dvou pozemcích. Prvním pozemkem byly Lány a druhým Malovice. Na obou pozemcích bylo provedeno pět různých výsevků jako v roce předchozím (100 kg/ha, 150 kg/ha, 200 kg/ha, 250 kg/ha, 300 kg/ha). V experimentu byla každá varianta výsevku založena s hnojivem Fosmag v dávce 300 kg/ha. Současně byly v tomto roce přidány varianty s hnojivem Kieserit v dávce 150 kg/ha a varianty nehnojené.

V roce 2018 byl experiment prováděn na 30 variantách (2 pozemky, 3 varianty hnojení, 5 výsevků). Šířka každé pokusné parcely odpovídala šířce secího stroje (6 m) a délka byla přibližně 50 metrů. Na každém pozemku byla provedena dvě opakování. Jednotlivé provedené varianty experimentu jsou uvedeny v tabulce 14.

Tab. 14: Jednotlivé pokusné varianty uskutečněné v roce 2018.

č.	Pozemek	Výsevek (kg/ha)	Hnojivo	zkratka
1	Lány	100	Fosmag	LF100
2	Lány	150	Fosmag	LF150
3	Lány	200	Fosmag	LF200
4	Lány	250	Fosmag	LF250
5	Lány	300	Fosmag	LF300
6	Lány	100	Kieserit	LK100
7	Lány	150	Kieserit	LK150
8	Lány	200	Kieserit	LK200
9	Lány	250	Kieserit	LK250
10	Lány	300	Kieserit	LK300
11	Lány	100	nehnojeno	LN100
12	Lány	150	nehnojeno	LN150
13	Lány	200	nehnojeno	LN200
14	Lány	250	nehnojeno	LN250
15	Lány	300	nehnojeno	LN300
16	Malovice	100	Fosmag	MF100
17	Malovice	150	Fosmag	MF150
18	Malovice	200	Fosmag	MF200
19	Malovice	250	Fosmag	MF250
20	Malovice	300	Fosmag	MF300
21	Malovice	100	Kieserit	MK100
22	Malovice	150	Kieserit	MK150
23	Malovice	200	Kieserit	MK200
24	Malovice	250	Kieserit	MK250
25	Malovice	300	Kieserit	MK300
26	Malovice	100	nehnojeno	MN100
27	Malovice	150	nehnojeno	MN150
28	Malovice	200	nehnojeno	MN200
29	Malovice	250	nehnojeno	MN250
30	Malovice	300	nehnojeno	MN300

Přičemž pro uvedené zkratky platí:
první písmeno udává pozemek: L – Lány, M – Malovice,
druhé písmeno značí použité hnojivo: F – Fosmag, K – Kieserit, N – nehnojená varianta,
číslice udává velikost výsevku: 100 kg/ha, 150 kg/ha, 200 kg/ha, 250 kg/ha, 300 kg/ha.

4.4 Agrotechnika porostů

Předplodinou před založením tohoto pokusu byla v obou letech ve všech případech ozimá pšenice. Po sklizni byla sláma odvezena z pozemků Na rovině (2017) a Lány (2018), z pozemku Malovice se sláma neodvážela, ale byla rozdrcena a ponechána na pozemku. Poté proběhla podmítka radličkovým podmítačem Horsch Terrano 6 FG osazeným dláty MulchMix s křídly na hloubku 0,10 m s pneumatickým pěchem Optipack 6 AS. V průběhu podzimu byl na vzešlé plevele na zpodmítaných pozemcích aplikován neselektivní herbicid v dávce 540 g glyfosátu ve 150 l vody na hektar. Poté byl na některé pozemky aplikován dolomitický vápenec v dávkách, které jsou uvedeny v tabulce 15. Na závěr byly pozemky zkypřeny na plnou hloubku ornice kypřičem Horsch Tiger 4 MT osazeným úzkými LD radličkami s roztečí 0,45 m.

Na jaře probíhal výsev hrachu strojem Horsch Focus 6 TD. Půdu zpracující sekce secího stroje byla osazena úzkými LD radličkami (rozteč 0,30 m) a při setí byla půda zpracovávána na hloubku cca 0,15 m. Pokud bylo v pokusných variantách aplikováno hnojivo, bylo ukládáno za radličku do depa do stejné hloubky jako probíhalo zpracování půdy. Rozteč řádků hrachu byl 0,15 m. Hrách byl zasetý na hloubku 30 až 40 mm.

Po zasetí proběhlo válení pozemků hladkými válci kvůli zjednodušení sklizně sklízecí mlátičkou.

V roce 2017 se po zasetí do porostů vstupovalo pouze jednou (herbicid Escort Nový společně s insekticidem proti listopadům). V roce 2018 proběhlo ještě navíc jedno ošetření insekticidem proti kyjatce hrachové (tabulka 16).

Půdu zpracující nářadí a secí stroj byl tažen kolovým traktorem John Deere 8430. Strojem provádějícím foliární aplikace přípravků na ochranu rostlin byl samojízdný postřikovač Tecnoma Laser 4200. Po ukončení pokusů byly porosty hrachu sklizeny mlátičkou New Holland CR 9090.

Tab. 15: Proběhlé operace od sklizně předplodiny v průběhu podzimu před zakládáním porostů.

Rok	2017	2018	2018
Pozemek	Na rovině	Lány	Za školou
Předplodina	Pšenice ozimá	Pšenice ozimá	Pšenice ozimá
Sláma	odvezena	odvezena	rozdrcena
Podmítka po sklizni	15.8.2016 Terrano 6 FG + Optipack 6 AS	4.8.2017 Terrano 6 FG + Optipack 6 AS	4.8.2017 Terrano 6 FG + Optipack 6 AS
Neselektivní herbicid	12.10.2016 (glyfosát, 540 g ve 150 l vody na hektar)	15.10.2017 (glyfosát, 540 g ve 150 l vody na hektar)	15.10.2017 (glyfosát, 540 g ve 150 l vody na hektar)
Dolomitický vápenec	29.10.2016 2 tuny na hektar	3.11.2017 4 tuny na hektar	nebyl aplikován
Základní zpracování půdy (hloubka)	31.10.2016 Tiger 4 MT 0,35 m	5.11.2017 Tiger 4 MT 0,35 m	5.11.2017 Tiger 4 MT 0,27 m

Tab. 16: Agrotechnika porostů od výsevu do sklizně.

Rok	2017	2018	2018
Pozemek	Na rovině	Lány	Za školou
Výsev	27.3.2017 Focus 6 TD	4.4.2018 Focus 6 TD	4.4.2018 Focus 6 TD
Válení pozemku	28.3.2017 John Deere 5720 + hladké válce	5.4.2018 John Deere 5720 + hladké válce	5.4.2018 John Deere 5720 + hladké válce
Foliární aplikace I. (dávky jsou uvedeny na hektar)	24.4.2017 0,1 l Fury 3 l Escort Nový	29.4.2018 0,1 l Markate 3 l Escort Nový	29.4.2018 0,1 l Markate 3 l Escort Nový
Foliární aplikace II. (dávky jsou uvedeny na hektar)		23.5.2018 0,3 l Ecail Ultra 0,2 l Molytrac 0,5 l Boronia	23.5.2018 0,3 l Ecail Ultra 0,2 l Molytrac 0,5 l Boronia
Sklizeň sklízecí mlátičkou	13.7. 2017 New Holland CR 9090	25.7.2018 New Holland CR 9090	27.7.2018 New Holland CR 9090

4.5 Hodnocené charakteristiky

4.5.1 Vývoj BBCH

Fenologický vývoj porostů hrachu jarního byl v jednotlivých termínech určován dle stupnice BBCH.

4.5.2 Počty rostlin na plochu

Hustota rostlin byla stanovena v každém pokusném roce ve třech termínech: po vzejití, na konci květu a těsně před sklizní. Tabulka 17 uvádí, ve kterých datech bylo provedeno měření hustoty rostlin.

Tab. 17: Termíny provedení měření hustoty rostlin.

Pokusný rok	Termíny měření Po vzejití	Termíny měření Na konci květu	Termíny měření Před sklizní
2017 Hojšín	14.4. 2017	16.6. 2017	13.7.2017
2018 Lány	15.4. 2018	10.6. 2018	24.7. 2018
2018 Malovice	15.4. 2018	11.6. 2018	26.7. 2018

Jelikož se nejednalo o plošný výsev hrachu, ale výsev do řádku o šířce 0,15 m, bylo stanovování hustoty rostlin provedeno sečtením rostlin ve dvou sousedních řádcích v délce jednoho metru a poté byl proveden přepočet rostlin na plochu. Měření hustoty rostlin proběhlo na každé pokusné parcele vždy na osmi různých místech.

4.5.3 Výnos čerstvé nadzemní biomasy

Výnos čerstvé nadzemní biomasy byl stanovován na konci květu. Byla odebírána vždy biomasa deseti sousedních rostlin. Ty byly poté zváženy na digitálních vahách. Rostliny byly odebírány na osmi různých místech na každé pokusné parcele., tj. 80 kusů rostlin celkem z každé varianty.

Po zvážení a vyhodnocení hmotnosti čerstvé biomasy rostlin byl proveden za pomoci údajů o hustotě rostlin z téhož termínu výpočet výnosu čerstvé nadzemní biomasy z plochy. Termíny provedení odběrů biomasy se shodují s termínem vyhodnocování hustoty rostlin na konci květu, které jsou uvedeny v tabulce 17.

4.5.4 Výška porostu

Výška porostu byla měřena ve stejném termínu jako výnos čerstvé nadzemní biomasy, tj. na konci květu. Výška porostu byla měřena pomocí metru vždy na osmi různých místech v rámci každé varianty.

4.5.5 Polehnutí

Polehnutí porostů bylo stanoveno před sklizní pomocí stupnice 1–9 na osmi různých místech v rámci každé varianty dle metodiky ÚKZÚZ:
9: nepolehlý porost

7: slabě polehlý porost, 25 % plochy ohniskově polehlé (příp. sklon lodyh v úhlu 30°)
5: středně polehlý porost, 50 % plochy ohniskovitě zcela polehlé (příp. sklon lodyh v úhlu 45°)
3: silně polehlý porost, 75 % plochy zcela polehlé (příp. sklon všech lodyh v úhlu 60°)
1: velmi silně polehlý porost, totální polehnutí

4.5.6 Podrobné vyhodnocení rostlin a výnos

Před sklizní byl proveden odběr rostlin a byly vyhodnocovány následující údaje pro každou rostlinu: délka rostliny, hmotnost nadzemní biomasy rostliny, počet lusků na rostlině, počet semen na rostlině a hmotnost semen na rostlině. Z těchto údajů byla poté vypočítána HTS pro každou rostlinu zvlášť.

Rozsah odběru celých rostlin pro vyhodnocování délky rostliny, hmotnosti nadzemní biomasy rostliny, počtu lusků, počtu a hmotnosti semen na rostlině byl v počtu pěti sousedních rostlin na čtyřech různých místech v rámci každé varianty, tzn. 20 kusů z každé varianty. Vlhkost vzorků byla průběžně měřena vlhkoměrem. Veškeré hmotnosti semen byly poté přepočteny na sklizňovou vlhkost 16 %.

Výnos nadzemní biomasy před sklizní byl vypočten na základě údajů o hmotnosti rostlin a hustotě rostlin při sklizni. Výnos byl přepočten na tuny na hektar.

Výnos semen byl vypočten na základě údajů o hmotnosti semen na rostlinách a počtu rostlin na metru čtverečním při sklizni. Pro větší přesnost stanovení výnosu semen byly navíc odebrány a zváženy semena na dalších 30 rostlinách z každé parcely (6krát pět sousedních rostlin). Aktuální vlhkost vzorků semen při sběru byla měřena pomocí vlhkoměru. Poté byly hmotnosti semen přepočteny na vlhkost 16 %.

4.6 Statistické a grafické vyhodnocení

Statistické a grafické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programů Microsoft Excel a STATISTICA 12 CZ.

4.7 Rozbor semen

Pomocný rozbor semen pro výpočet exportu prvků semeny hrachu při sklizni byl proveden laboratoří Mydlářka a.s. v Chotýšanech. Jako vzorek byla použita směs zralých semen z pokusných variant. V tabulce 96 jsou hodnoty přepočteny na 16% vlhkost.

5 Výsledky

5.1 Vývoj porostů BBCH:

Experimentální roky 2017 a 2018 se od sebe z pohledu vývoje fází BBCH významně odlišovaly. Setí hrachu v roce 2017 proběhlo o více než týden dříve, ale vzcházení proběhlo ve stejný kalendářní den (11.4.) pokusného roku. Po vzejití hrachů se porosty dále vývojově rozcházely. Chladnější průběh dubna v roce 2017 měl za následek pomalý vývoj porostů narozdíl od teplejšího průběhu počasí v roce 2018.

Z pohledu vývoje hrachu je odlišný i termín počátku květu. V roce 2017 začal hrách kvést až na začátku června. Porost hrachu v roce 2018 začal kvést už na konci května, a to i přesto, že byl porost zasetý o týden později než porost v roce 2017. Znamená to tedy, že období od zasetí do začátku kvetení hrachu trvalo v roce 2018 o zhruba dva týdny kratší dobu než v roce 2017. Období květu trvalo u obou variant přibližně stejnou dobu (cca 2 týdny). Velmi významným rozdílem je délka období od konce květu do plné zralosti. Ta trvala v roce 2017 necelý měsíc a v roce 2018 dokonce měsíc a půl. Podrobnější údaje o fenologickém vývoji porostů hrachu jsou uvedeny v tabulce 18.

Tab. 18: Vývoj porostů dle stupnice BBCH během pokusných let 2017 a 2018.

		2017	2018
BBCH	popis BBCH	Dosaženo dne:	Dosaženo dne:
00	setí	27.3.	4.4.
07	klíček protrhl slupku semene	1.4.	8.4.
09	vzcházení	11.4.	11.4.
11	První pravý list	22.4.	15.4.
12	Druhý list	8.5	21.4.
32	Druhé internodium	22.5.	2.5.
51	První viditelné pupeny	28.5.	15.5.
61	Počátek květu	2.6.	23.5.
65	Plný květ	10.6.	1.6.
69	Konec květu	16.6.	9.6.
89	Plná zralost	13.7.	23.7.

Obr. 4: Vzešlý hrách na pozemku Hojšín v roce 2017.

Obr. 5: Hrách mírně poškozen od listopasů na počátku května v roce 2017.

Obr. 6: Kořeny hrachu s hlízkami bakterií na pozemku Lány 17.5.2018.

Obr. 7: Fáze kvetení hrachu na pozemku Hojšín na počátku června v roce 2017.

Obr. 8: Zralý porost před sklizní na pozemku Lány, 3. dekáda července v roce 2018.

5.2 Polní vzcházivost

Z hodnot vypočteného množství zasetých semen a skutečného naměřeného stavu počtu rostlin na metru čtverečním byl proveden výpočet polní vzcházivosti, která je uvedena v následujících tabulkách 19-21.

Tab. 19: Vysetá klíčivá semena, počet jedinců po vzejití a vzcházivost na pozemku Hojšín v roce 2017.

Hojšín					
Varianty	Fosmag				
Výsevky	100	150	200	250	300
vyseto klíčivých semen (ks/m^2)	33,9	50,9	67,8	84,8	101,8
po vzejití (ks/m^2)	32,1	50,4	66,3	84,6	100,0
vzcházivost (%)	94,6	99,1	97,7	99,7	98,2

Tab. 20: Vysetá klíčivá semena, počet jedinců po vzejití a vzcházivost na pozemku Lány v roce 2018.

Lány															
Varianty	Fosmag					Kieserit					Nehnojeno				
Výsevky	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
klíčivých semen (ks/m^2)	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5
po vzejití (ks/m^2)	32,9	48,3	66,7	80,8	103,3	34,6	50,4	67,1	87,9	108,8	33,9	50,8	65,8	86,3	101,7
vzcházivost (%)	99,1	97,1	100,6	97,5	103,9	104,2	101,2	101,2	106,1	109,3	102,1	102,1	99,3	104,0	102,2

Tab. 21: Vysetá klíčivá semena, počet jedinců po vzejití a vzcházivost na pozemku Malovice v roce 2018.

Malovice															
Varianty	Fosmag					Kieserit					Nehnojeno				
Výsevky	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
klíčivých semen (ks/m^2)	33,9	50,9	67,8	84,8	101,8	33,9	50,9	67,8	84,8	101,8	33,9	50,9	67,8	84,8	101,8
po vzejití (ks/m^2)	33,8	50,4	67,1	85,0	103,8	33,8	51,0	68,3	86,3	103,3	35,4	49,5	66,3	88,1	105,8
vzcházivost (%)	99,6	99,1	98,9	100,2	101,9	99,6	100,1	100,8	101,7	101,5	104,5	97,3	97,7	103,9	104,0

Hodnoty, které vyplývají z tabulek 19-21 ukazují, že naměřené hodnoty po vzejití přibližně odpovídají vysetému množství klíčivých rostlin. Paradoxně v roce 2018 na některých variantách vzešlo více rostlin, než bylo vyseto klíčivých semen. Tato skutečnost může být ovlivněna chybně uvedenou klíčivostí na partii osiva nebo nesprávně provedenou kalibrací

výsevku na secím stroji. V žádném případě se však nestalo, aby na parcele vzešlo více semen, než bylo vyseto.

5.3 Počty rostlin na plochu

Hustoty rostlin, které byly na experimentálních plochách naměřeny v různých termínech měření, jsou uvedeny v tabulkách 22-24. V tabulce 22 jsou uvedeny počty rostlin na metr čtvereční v různých termínech vegetace. Je patrné, že se hustota rostlin v průběhu času redukovala.

Tab. 22: Počty rostlin v jednotlivých termínech na jednotlivých variantách na pozemku Hojšín v roce 2017 (ks/m^2).

Hojšín					
Varianty	Fosmag				
Výsevky	100	150	200	250	300
po vzejití (ks/m^2)	32,1 a	50,4 b	66,3 c	84,6 d	100,0 e
konec květu (ks/m^2)	30,8 a	46,3 b	63,8 c	81,3 d	95,4 e
před sklizní (ks/m^2)	27,5 a	39,6 b	52,1 c	66,7 d	82,1 e
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Scheffé). ANOVA byla vypracována pro každý termín měření zvlášť.					

Tab. 23: Počty rostlin v jednotlivých termínech na jednotlivých variantách na pozemku Lány v roce 2018 (ks/m^2).

Lány															
Varianty	Fosmag					Kieserit					Nehnojeno				
Výsevky	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
po vzejití (ks/m^2)	32,9	48,3	66,7	80,8	103,3	34,6	50,4	67,1	87,9	108,8	33,9	50,8	65,8	86,3	101,7
konec květu (ks/m^2)	32,1	46,7	64,2	80,5	101,9	34,2	49,6	66,7	81,7	101,4	31,4	49,6	65,8	83,8	94,6
před sklizní (ks/m^2)	29,5	39,5	52,5	66,7	74,7	30,6	43,3	59,4	65,0	78,3	30,6	40,7	58,0	63,8	81,7

Tab. 24: Počty rostlin v jednotlivých termínech na jednotlivých variantách na pozemku u Malovic v roce 2018 (ks/m^2).

Malovice															
Varianty	Fosmag					Kieserit					Nehnojeno				
Výsevky	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
po vzejití (ks/m^2)	33,8	50,4	67,1	85,0	103,8	33,8	51,0	68,3	86,3	103,3	35,4	49,5	66,3	88,1	105,8
konec květu (ks/m^2)	32,9	49,2	62,9	81,3	101,7	32,1	48,3	65,4	81,7	100,0	34,6	47,5	65,0	83,8	103,9
před sklizní (ks/m^2)	29,2	48,9	62,5	85,0	95,0	32,5	47,8	60,8	83,3	95,8	30,0	46,7	63,3	84,2	90,8

Z tabulek 23 a 24 lze vyčíst počty rostlin na jednotlivých variantách na obou pozemcích v roce 2018. Stejně jako v roce minulém se i zde počty rostlin na ploše redukovaly.

Tab. 25: Průměrné počty rostlin v jednotlivých termínech na variantách výsevků na pozemku Lány v roce 2018 (ks/m^2).

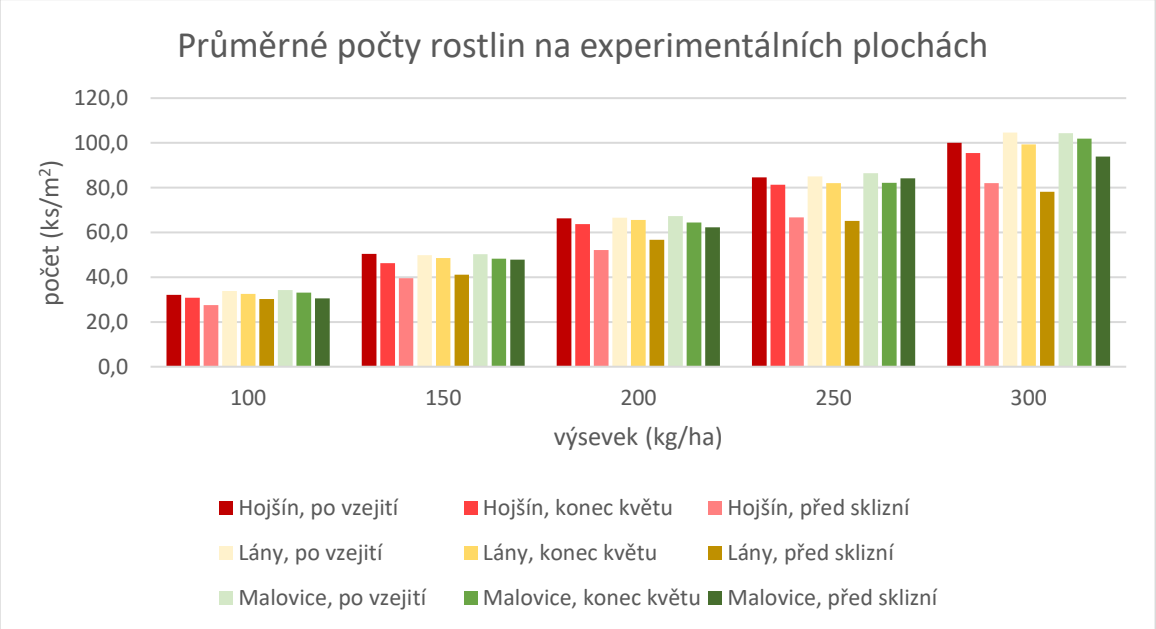
Lány					
Výsevky	100	150	200	250	300
po vzejití (ks/m^2)	33,8 a	49,9 b	66,5 c	85,0 d	104,6 e
konec květu (ks/m^2)	32,6 a	48,6 b	65,6 c	82,0 d	99,3 e
před sklizní (ks/m^2)	30,2 a	41,2 b	56,6 c	65,1 d	78,2 e
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Scheffé). ANOVA byla vypracována pro každý termín měření zvlášť.					

Tab. 26: Průměrné počty rostlin v jednotlivých termínech na variantách výsevků na pozemku u Malovic v roce 2018 (ks/m^2).

Malovice					
Výsevky	100	150	200	250	300
po vzejití (ks/m^2)	34,3 a	50,3 b	67,2 c	86,4 d	104,3 e
konec květu (ks/m^2)	33,2 a	48,3 b	64,4 c	82,2 d	101,9 e
před sklizní (ks/m^2)	30,6 a	47,8 b	62,2 c	84,2 d	93,9 e
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Scheffé). ANOVA byla vypracována pro každý termín měření zvlášť.					

Z tabulek 25 a 26 vyplývá, že mezi variantami různých výsevků se soubory dat statisticky významně liší. Taktéž je zde zachycena i skutečnost redukce počtu rostlin na metr čtvereční v průběhu vegetace. Pro lepší přehlednost jsou tyto hodnoty převedeny do grafu 1.

Graf 1: Průměrné počty rostlin v jednotlivých termínech na variantách výsevků na pozemcích v letech 2017 a 2018.



Z předešlých tabulek 25 a 26 je zřejmé, že v průběhu vegetace se počty rostlin na všech variantách zredukovaly. Dle tabulek 27 a 28 se průměrné hodnoty na variantách s odlišným hnojením narozdíl od variant s různými velkostmi výsevků statisticky neliší. Hnojení tedy nemá dle statistického výpočtu na úbytek nebo počet rostlin vliv. Procentuální úbytek rostlin ze všech variant je uveden v tabulce 29.

Tab. 27: Průměrné počty rostlin v jednotlivých termínech na variantách hnojení na pozemku Lány v roce 2018 (ks/m^2).

Lány			
Varianty	Fosmag	Kieserit	Nehnojeno
po vzejití (ks/m^2)	66,4 a	69,8 a	67,7 a
konec květu (ks/m^2)	65,1 a	66,7 a	65,0 a
před sklizní (ks/m^2)	52,6 a	55,3 a	54,9 a
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Scheffé). ANOVA byla vypracována pro každý termín měření zvlášť.			

Tab. 28: Průměrné počty rostlin v jednotlivých termínech na variantách hnojení na pozemku u Malovic v roce 2018 (ks/m^2).

Malovice			
Varianty	Fosmag	Kieserit	Nehnojeno
po vzejití (ks/m^2)	68,0 a	68,0 a	68,1 a
konec květu (ks/m^2)	65,6 a	65,4 a	65,3 a
před sklizní (ks/m^2)	64,1 a	64,8 a	64,6 a
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Scheffé). ANOVA byla vypracována pro každý termín měření zvlášť.			

Tab. 29: Úbytky rostlin během vegetace v období od vzejití do sklizně v %.

Varianty	100	150	200	250	300	
Hojšín Fosmag	14,3	21,5	21,4	21,2	17,9	19,3
průměr	14,3	21,5	21,4	21,2	17,9	19,3
Lány Fosmag	10,3	18,2	21,3	17,5	27,7	19,0
Lány Kieserit	11,6	14,0	11,4	26,1	28,0	18,2
Lány nehnojeno	9,8	20,0	11,9	26,1	19,7	17,5
průměr	10,6	17,4	14,8	23,2	25,1	18,2
Malovice Fosmag	13,6	3,0	6,8	0,0	8,4	6,4
Malovice Kieserit	3,7	6,2	11,0	3,4	7,3	6,3
Malovice nehnojeno	15,3	5,8	4,4	4,5	14,2	8,8
průměr	10,9	5,0	7,4	2,6	10,0	7,2

Z tabulky 29 lze usoudit, že úbytek rostlin byl v roce 2018 na pozemku u Malovic (7,2 %) menší než na pozemku Lány (18,2 %). Na pozemku u Hojšína v roce 2017 činil průměrný úbytek rostlin dokonce necelých 20 %.

5.4 Výnos čerstvé nadzemní biomasy na konci květu

5.4.1 Hmotnost deseti čerstvých rostlin

Nadzemní biomasa byla stanovována na konci kvetení porostů v čerstvém stavu. Váženo bylo vždy deset sousedních rostlin a pro přepočet na výnos biomasy z hektaru byly použity počty rostlin na plochu platné pro tento termín. V následujících tabulkách 30–33 jsou uvedeny průměrné hmotnosti 10 kusů rostlin.

Tab. 30: Průměrné hmotnosti 10 rostlin v čerstvém stavu na konci květu na pozemku Hojšín 2017 v gramech.

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	569	518	506	376	309	455
průměr	569 a	518 a	506 ab	376 bc	309 c	455
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 31: Průměrné hmotnosti 10 rostlin v čerstvém stavu na konci květu na pozemku Lány 2018 v gramech.

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	574	608	512	409	304	481 a
Kieserit	632	461	431	399	303	445 a
Nehnojeno	651	467	427	378	291	443 a
průměr	619 a	512 b	456 bc	395 bcd	300 d	456
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 32: Průměrné hmotnosti 10 rostlin v čerstvém stavu na konci květu na pozemku Malovice 2018 v gramech.

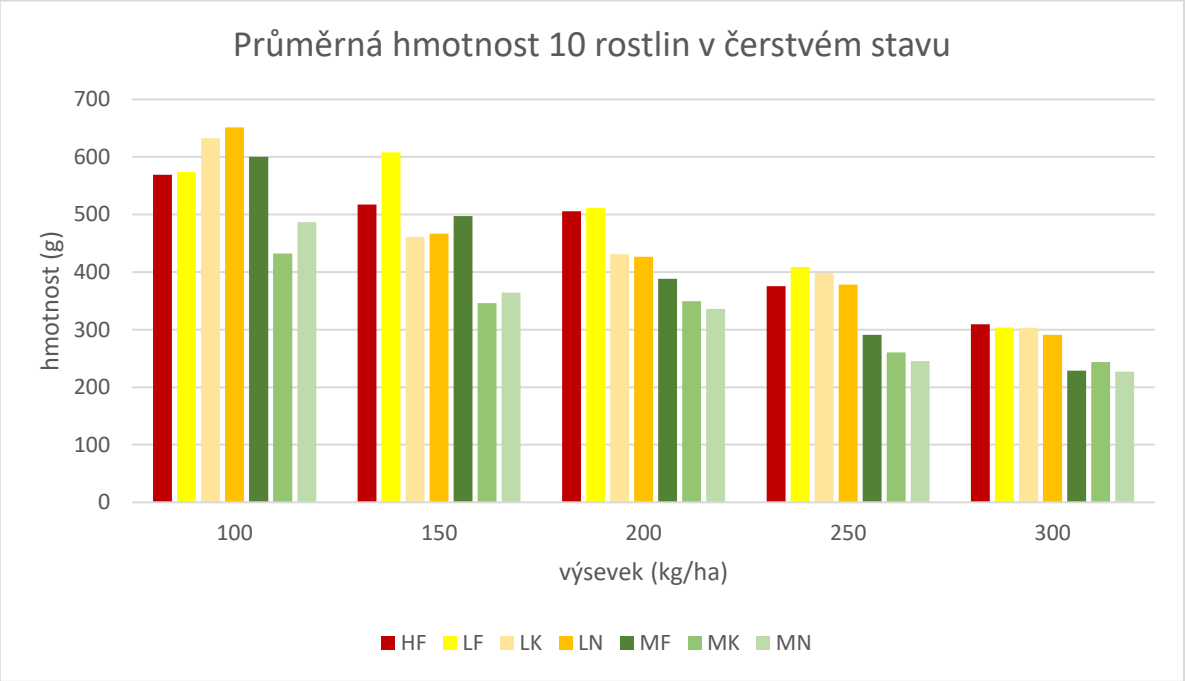
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	600	497	389	291	229	401 a
Kieserit	432	346	349	261	244	326 a
Nehnojeno	487	365	336	245	227	332 a
průměr	506 a	403 b	358 b	265 c	233 c	353
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 33: Průměrné hmotnosti 10 rostlin v čerstvém stavu na konci květu.

Pozemek	Hmotnost deseti rostlin (g)
Hojšín 2017	455 a
Lány 2018	456 a
Malovice 2018	353 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Dle hodnot z tabulky 33 je zřejmý vliv pozemku na hmotnost čerstvé biomasy rostlin. Na pozemku v Malovicích byla hmotnost deseti čerstvých rostlin až o 100 g nižší než na pozemku Lány. V grafu 2 si lze všimnout klesajícího trendu hmotnosti rostlin v závislosti na zvyšující se hustotě porostu.

Graf 2: Průměrná hmotnost 10 rostlin v čerstvém stavu (g).



Vliv hustoty porostu na hmotnost rostlin je v tabulkách 30–32 prokazatelně dokázán. Čím vyšší hustota porostu hrachu, tím menší hmotnost rostlin a naopak. Tento úkaz se projevil na všech experimentálních plochách. Hmotnost nadzemní biomasy rostlin však nemůže objektivně popsat výnos nadzemní biomasy z hektaru.

5.4.2 Výnos čerstvé nadzemní biomasy na konci květu na plochu

Ke zjištění výnosu biomasy na hektar je nutné přistoupit k přepočtu pomocí údajů o počtu rostlin na ploše zjištěných na konci květu a o hmotnostech čerstvé nadzemní biomasy deseti rostlin. Výsledné výnosy biomasy jsou uvedeny v tabulkách 34–37. Výsledné výnosy nadzemní čerstvé biomasy se pohybují dle výsevku mezi 17–35 tunami na hektar.

Tab. 34: Průměrný výnos čerstvé biomasy po odkvětu na pozemku Hojšín v roce 2017 (t/ha).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	17,36	23,70	31,90	30,22	29,20	26,48
průměr	17,36 a	23,70 ab	31,90 b	30,22 b	29,20 b	26,48
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 35: Průměrný výnos čerstvé biomasy po odkvětu na pozemku Lány v roce 2018 (t/ha).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	18,71	29,08	33,76	32,71	31,10	29,07 a
Kieserit	21,65	23,02	28,64	34,68	32,65	28,13 a
Nehnojeno	21,85	23,50	27,80	32,30	29,31	26,95 a
průměr	20,73 a	25,20 ab	30,07 bc	33,23 c	31,02 bc	28,05
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 36: Průměrný výnos čerstvé biomasy po odkvětu na pozemku Malovice v roce 2018 (t/ha).

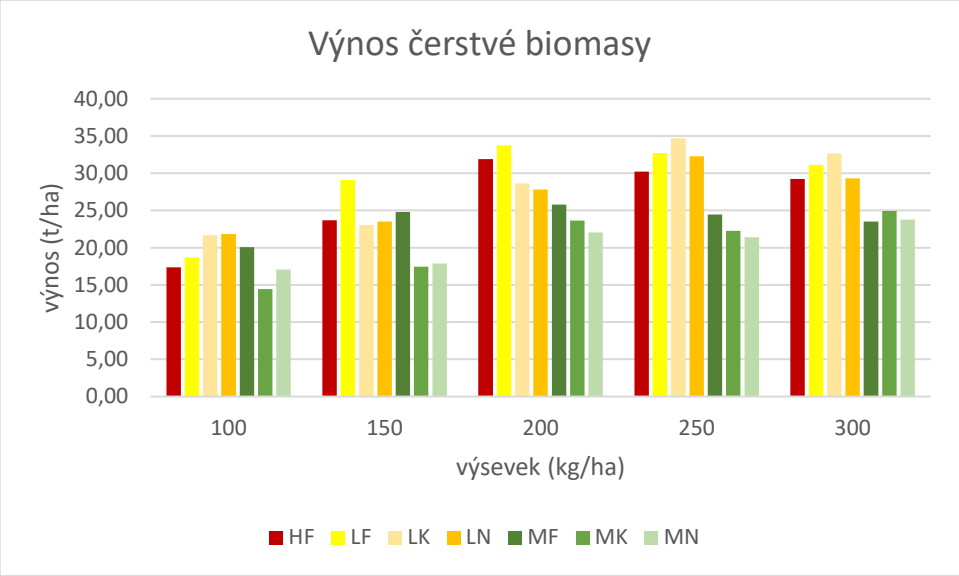
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
Fosmag	20,05	24,82	25,80	24,47	23,50	23,73 a
Kieserit	14,43	17,45	23,63	22,24	24,94	20,54 a
Nehnojeno	17,06	17,88	22,05	21,38	23,78	20,43 a
průměr	17,18 a	20,05 a	23,83 c	22,70 bc	24,07 c	21,57
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Z tabulek 34–36 a grafu 3 si lze povšimnout, že výnos čerstvé biomasy v rozmezí výsevků 100–200 kg/ha postupně narůstá. Od výsevku 200 kg/ha (cca 60 rostlin na metr čtvereční) se už množství biomasy na hektar výrazně nezvyšuje, ale v některých případech dokonce vlivem velké konkurence mezi rostlinami a jejich nízkou hmotností nepatrně klesá. V tabulce 37 je statisticky opět prokázán vliv pozemku i na výnos čerstvé nadzemní biomasy.

Tab. 37: Průměrný výnos čerstvé biomasy po odkvětu.

Pozemek	Výnos čerstvé biomasy (t/ha)
Hojšín 2017	26,48 a
Lány 2018	28,05 a
Malovice 2018	21,57 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 3: Průměrný výnos čerstvé biomasy (t/ha).



5.5 Výška porostu na konci květu

Výška porostů v metrech na konci květu je uvedena v tabulkách 38–41.

Tab. 38: Výška porostu na konci květu na pozemku Hojšín v roce 2017 (m).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	0,700	0,713	0,713	0,644	0,681	0,690
průměr	0,700 a	0,713 a	0,713 a	0,644 a	0,681 a	0,690
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 39: Výška porostu na konci květu na pozemku Lány v roce 2018 (m).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	0,713	0,753	0,773	0,750	0,731	0,744 a
LK	0,681	0,700	0,725	0,706	0,680	0,699 b
LN	0,665	0,709	0,740	0,729	0,698	0,708 b
průměr	0,686 a	0,720 ab	0,746 b	0,728 ab	0,703 ab	0,717
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 40: Výška porostu na konci květu na pozemku u Malovic v roce 2018 (m).

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	0,666	0,625	0,634	0,613	0,600	0,628 a
MK	0,656	0,666	0,615	0,621	0,631	0,638 a
MN	0,631	0,619	0,631	0,619	0,613	0,623 a
průměr	0,651 a	0,637 a	0,627 a	0,618 a	0,615 a	0,629
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

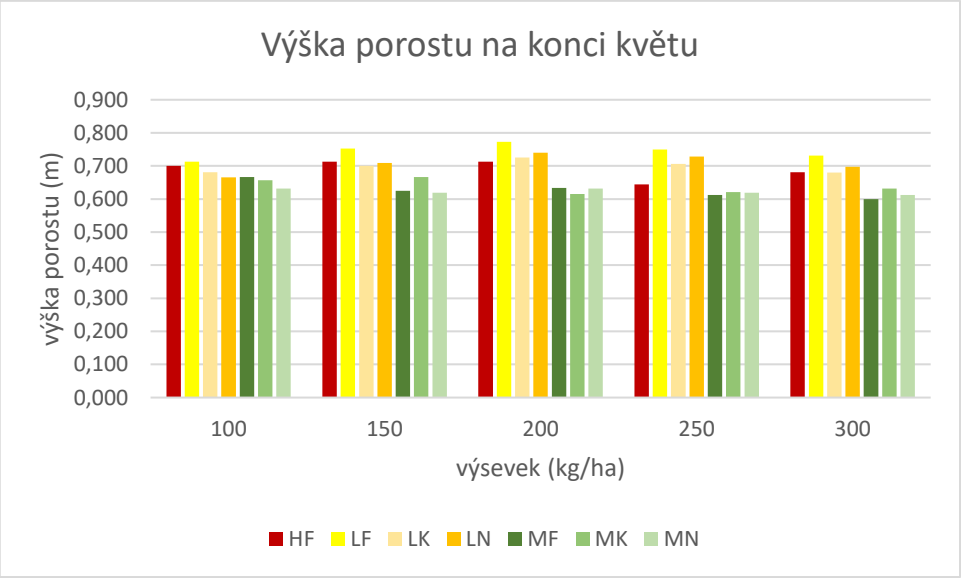
Dle hodnot v tabulkách 38–41 a grafu 5 se výška porostů hrachu pohybovala v rozmezí 0,60–0,75 m. Po vyhodnocení bylo nalezeno několik statisticky průkazných rozdílů ve výšce porostů na pozemku Lány, kde byly zdokumentovány statisticky průkazné rozdíly na různých variantách hnojení. Vliv hustoty rostlin na výšku porostů se většinou ukázal jako neprůkazný.

V následující tabulce 45 je zdokumentován statisticky prokazatelný rozdíl ve výškách porostů v rámci pozemků. Graficky je výška porostu znázorněna v grafu 4.

Tab. 41: Výška porostu na konci květu na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	výška porostu na konci květu (m)
Hojšín 2017	0,690 a
Lány 2018	0,717 a
Malovice 2018	0,629 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 4: Výška porostu na konci květu (m).



5.6 Polehnutí porostu před sklizní

Polehnutí porostů bylo hodnoceno před sklizní. Pro měření polehnutí porostů byla použita pravidla uvedené v metodice této diplomové práce (9–nepolehlý porost, 1–úplně polehlý porost). Průměrné hodnoty popisující polehnutí jednotlivých variant jsou uvedeny v následujících tabulkách 42–44.

Tab. 42: Průměrné hodnoty popisující polehnutí na pozemku Hojšín v roce 2017.

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	8,3	7,9	8,1	7,4	6,8	7,7
průměr	8,3 a	7,9 a	8,1 a	7,4 a	6,8 a	7,7
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 43: Průměrné hodnoty popisující polehnutí na pozemku Lány v roce 2018.

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	8,1	7,0	6,4	6,0	5,4	6,6 a
LK	7,3	5,6	5,4	4,3	4,3	5,4 b
LN	7,8	7,0	6,8	5,1	4,1	6,2 ab
průměr	7,7 a	6,5 ab	6,2 bc	5,1 cd	4,6 d	6,0
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 44: Průměrné hodnoty popisující polehnutí na pozemku Malovice v roce 2018.

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	7,5	7,0	6,4	5,9	4,6	6,3 a
MK	7,3	6,4	6,8	4,6	4,3	5,9 a
MN	6,0	6,0	6,5	5,0	3,9	5,5 a
průměr	6,9 a	6,5 a	6,5 a	5,2 b	4,3 b	5,9
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

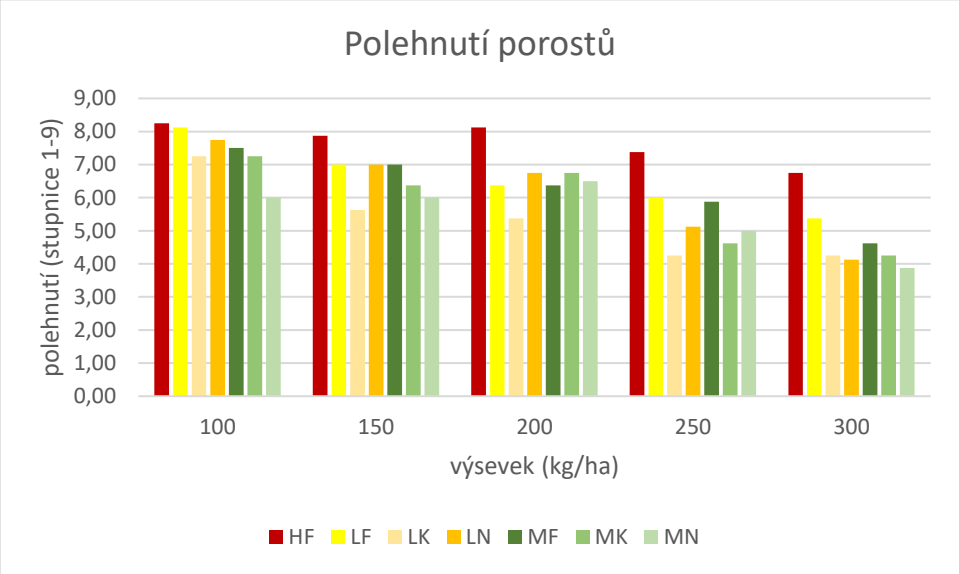
Tab. 45: Průměrné hodnoty popisující polehnutí na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Polehnutí
Hojšín 2017	7,68 a
Lány 2018	6,03 b
Malovice 2018	5,87 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Rozdíly v polehnutí na různých variantách hustoty rostlin na pozemku Hojšín v roce 2017 nebyl statisticky prokazatelný. Naopak v roce 2018 se na experimentálních plochách ukázalo, že hustší porost je náchylnější k polehnutí.

V poslední tabulce 45 je uvedena průměrná polehlost porostu vztahující se na celé pozemky. Dle statistického zhodnocení je možné tvrdit, že na polehnutí má vliv spíše ročník, ve kterém probíhala vegetace než samotný výběr pozemku. Grafické znázornění polehlosti porostů na pozemcích je v grafu 5.

Graf 5: Polehnutí porostů na jednotlivých pokusných variantách.



5.7 Podrobné vyhodnocení rostlin a výnosu

Podrobné vyhodnocení rostlin a výnosových prvků je popsáno na následujících stranách. Postupně bylo vyhodnocováno:

1) Délka rostlin před sklizní,
2) průměrná hmotnost jedné rostliny,
3) celkový výnos nadzemní biomasy,
4) průměrný počet lusků na rostlině,
5) průměrný počet semen na rostlině,
6) průměrná hmotnost semen na rostlině,
7) průměrný počet semen v lusku,
8) průměrný počet lusků na plochu,
9) průměrný počet semen na plochu,
10) HTS (hmotnost tisíce semen),
11) průměrný výnos semen stanovený výpočtem z hodnot jednotlivých rostlin
12) průměrný výnos semen stanovený hromadnými odběry.

5.8 Délka rostlin před sklizní

Délka rostlin před sklizní byla téměř totožná, jako byla výška porostu na konci květu, kdy byl porost ještě nepolehlý. Průměrné délky rostlin na jednotlivých variantách a jejich statistické vyhodnocení je popsáno v tabulkách 46–48.

Tab. 46: Délka rostlin před sklizní na pozemku Hojšín v roce 2017 (m).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	0,698	0,695	0,718	0,723	0,703	0,707
průměr	0,698 a	0,695 a	0,718 a	0,723 a	0,703 a	0,707
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 47: Délka rostlin před sklizní na pozemku Lány v roce 2018 (m).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	0,725	0,713	0,760	0,723	0,705	0,725 a
LK	0,713	0,705	0,715	0,730	0,663	0,705 b
LN	0,698	0,703	0,728	0,703	0,665	0,699 b
průměr	0,712 a	0,707 a	0,734 a	0,718 a	0,678 b	0,710
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 48: Délka rostlin před sklizní na pozemku u Malovic v roce 2018 (m).

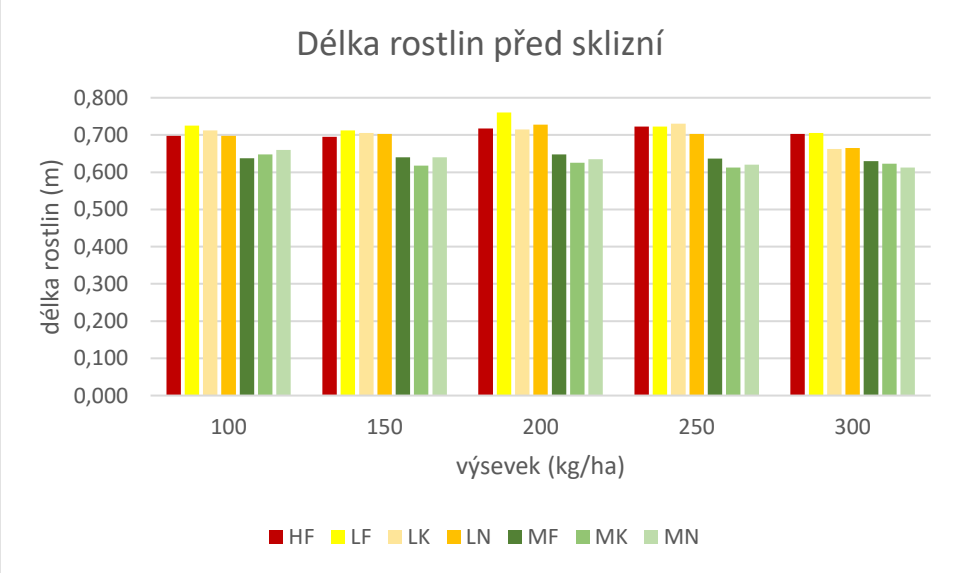
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	0,638	0,640	0,648	0,637	0,630	0,638 a
MK	0,648	0,618	0,625	0,613	0,623	0,625 a
MN	0,660	0,640	0,635	0,600	0,613	0,634 a
průměr	0,648 a	0,633 ab	0,636 ab	0,623 ab	0,622 b	0,632
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

V tabulce 49 je opět statisticky prokazatelný rozdíl v mezi pozemky. Konkrétně pozemek Malovice se opět odlišoval, tentokrát výškou porostu. Výška porostu na jednotlivých variantách je znázorněna i v grafu 6.

Tab. 49: Délka rostlin před sklizní na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Délka rostlin před sklizní (m)
Hojšín 2017	0,707 a
Lány 2018	0,710 a
Malovice 2018	0,632 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 6: Délka rostlin před sklizní (m).



5.8.1 Hmotnost rostlin

Vážením jednotlivých rostlin byla nasbírána data a poté vyhodnocena. V následujících tabulkách 50–53 jsou uvedeny průměrné hmotnosti nadzemní biomasy jednotlivých rostlin na jednotlivých pokusných variantách (nadzemní biomasa = sláma + semena).

Tab. 50: Průměrná hmotnost jedné rostliny při sklizni na pozemku Hojšín v roce 2017 (g).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	19,70	17,25	14,00	10,85	8,10	13,98
průměr	19,70 a	17,25 a	14,00 b	10,85 c	8,10 c	13,98
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 51: Průměrná hmotnost jedné rostliny při sklizni na pozemku Lány v roce 2018 (g).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	20,30	18,55	17,20	11,15	9,15	15,27 a
LK	19,60	16,65	14,20	11,40	8,80	14,13 a
LN	18,75	18,30	15,60	10,20	7,85	14,14 a
průměr	19,55 a	17,83 ab	15,67 b	10,92 c	8,60 c	14,51
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 52: Průměrná hmotnost jedné rostliny při sklizni na pozemku u Malovic v roce 2018 (g).

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	20,20	13,90	12,55	8,55	6,65	12,37 a
MK	17,35	12,10	10,85	8,30	6,10	10,94 a
MN	18,90	11,20	10,85	8,05	6,40	11,08 a
průměr	18,82 a	12,40 b	11,42 b	8,30 c	6,38 c	11,46
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Z tabulek 50–52 vyplývá, že na řidších porostech bylo dosahováno hmotnosti jedné rostliny řádově 2–2,5krát vyšší než na nejhustších porostech. Toto tvrzení bylo statisticky prokázáno. Na různých variantách hnojení se žádné statisticky průkazné rozdíly neprokázaly.

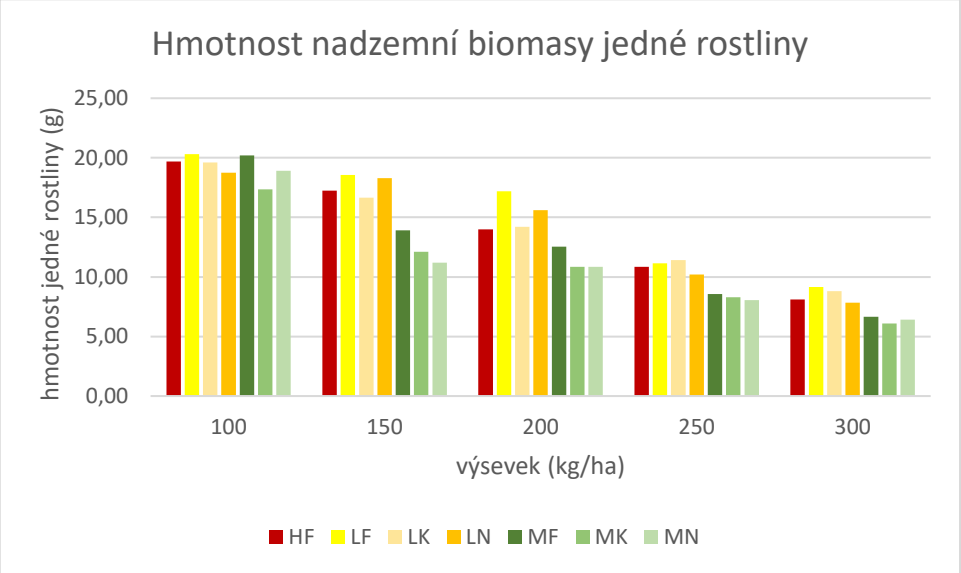
V následující tabulce 53 je uvedena průměrná hmotnost rostlin na jednotlivých pozemcích. Z naměřených hodnot vyplývá, že na nejchudším pozemku v Malovicích byla průměrná hmotnost o 2,5–3 gramy nižší než na ostatních pozemcích se znatelně lepšími půdními podmínkami.

Tab. 53: Průměrná hmotnost jedné rostliny při sklizni na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Hmotnost rostliny (g)
Hojšín 2017	13,98 a
Lány 2018	14,51 a
Malovice 2018	11,46 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Z grafu 7 je vidět klesající hmotnost rostlin s přibývající hustotou porostu. Tento trend je velmi podobný jako u hmotnosti rostlin v čerstvém stavu.

Graf 7: Hmotnost nadzemní biomasy jedné rostliny (g).



5.8.2 Celkový výnos nadzemní biomasy

Celkový výnos nadzemní biomasy byl získán výpočtem z údajů o počtu rostlin před sklizní a hmotností jednotlivých rostlin na jednotlivých pokusných variantách. V následujících tabulkách 54–56 jsou výnosy popsány a statisticky vyhodnoceny. Lze tvrdit, že maxima bylo dosaženo při výsevkách kolem 200 kg/ha. Naopak extrémní hodnoty výsevků dopadly statisticky prokazatelně hůře. Vliv hnojení prokázán nebyl.

Tab. 54: Celkový výnos nadzemní biomasy na pozemku Hojšín v roce 2017 (t/ha).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	5,42	6,83	7,29	7,23	6,65	6,68
průměr	5,42 a	6,83 ab	7,29 b	7,23 b	6,65 ab	6,68
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 55: Celkový výnos nadzemní biomasy na pozemku Lány v roce 2018 (t/ha).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	5,99	7,33	9,03	7,43	6,83	7,32 a
LK	5,99	7,21	8,44	7,41	6,89	7,19 a
LN	5,73	7,44	9,05	6,50	6,41	7,03 a
průměr	5,90 a	7,33 b	8,84 c	7,12 ab	6,71 ab	7,18
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 56: Celkový výnos nadzemní biomasy na pozemku u Malovic v roce 2018 (t/ha).

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	5,89	6,80	7,84	7,27	6,32	6,82 a
MK	5,64	5,78	6,60	6,92	5,85	6,16 a
MN	5,67	5,23	6,87	6,78	5,81	6,07 a
průměr	5,73 a	5,93 ab	7,11 b	6,99 b	5,99 ab	6,35
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

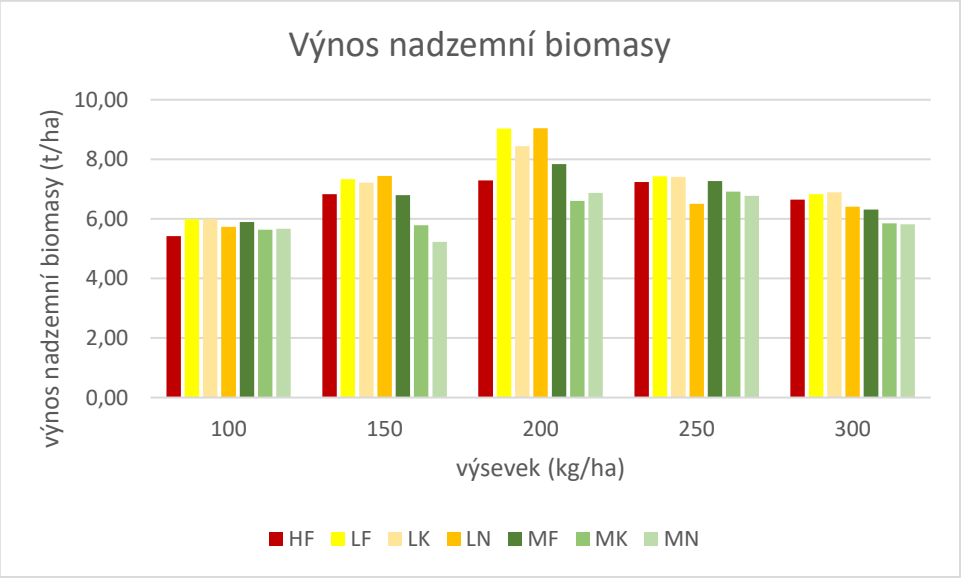
Tabulka 57 znázorňuje rozdíly mezi jednotlivými pozemky. Dle statistického vyhodnocení existují rozdíly ve výnosu nadzemní biomasy v rámci pozemků a pravděpodobně také ročníku.

Tab. 57: Celkový výnos nadzemní biomasy na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Výnos nadzemní biomasy (t/ha)
Hojšín 2017	6,68 ab
Lány 2018	7,18 a
Malovice 2018	6,35 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Z grafu 8 je patrné, že porost dosáhl maximálního výnosu biomasy při hodnotách výsevku 200 kg/ha a v některých ojedinělých případech na pozemku Malovice při výsevku 250 kg/ha. Nižší a vyšší výsevky než 200 kg/ha vykazovaly postupný pokles výnosů hmoty.

Graf 8: Výnos nadzemní biomasy (t/ha)



5.8.3 Počet lusků na rostlině

Počty lusků na rostlinách byly získány měřením (počítáním) lusků na jednotlivých rostlinách. Z vyhodnocení v tabulkách 58–60 plyne, že na nejřidších porostech se na rostlinách vyskytovalo i nejvíce lusků. Naopak na hustých porostech byly počty lusků na jednotlivých rostlinách zredukovány. Toto tvrzení bylo statisticky prokázáno pro všechny pokusné pozemky a varianty. Vliv hnojení se opět neprokázal.

Tab. 58: Průměrný počet lusků na rostlině na pozemku Hojšín v roce 2017.

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	9,00	8,30	6,60	5,40	4,55	6,77
průměr	9,00 a	8,30 a	6,60 b	5,40 bc	4,55 c	6,77
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 59: Průměrný počet lusků na rostlině na pozemku Lány v roce 2018.

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	9,45	9,25	7,75	5,70	4,35	7,30 a
LK	8,50	8,20	6,70	5,35	4,30	6,61 a
LN	8,00	7,95	7,50	5,35	4,70	6,70 a
průměr	8,65 a	8,47 ab	7,32 b	5,47 c	4,45 c	6,87
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 60: Průměrný počet lusků na rostlině na pozemku Malovice v roce 2018.

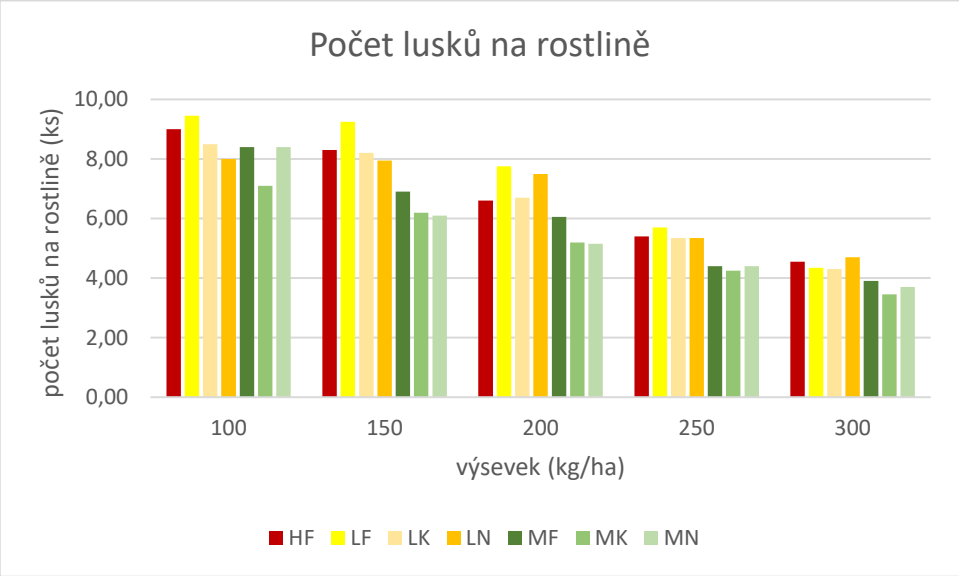
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	8,40	6,90	6,05	4,40	3,90	5,93 a
MK	7,10	6,20	5,20	4,25	3,45	5,24 a
MN	8,40	6,10	5,15	4,40	3,70	5,55 a
průměr	7,97 a	6,40 b	5,47 b	4,35 c	3,68 c	5,57
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 61: Průměrný počet lusků na rostlině na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Počet lusků na rostlině (ks)
Hojšín 2017	6,77 a
Lány 2018	6,87 a
Malovice 2018	5,57 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Z tabulky 61 vyplývá, že na počet lusků na rostlině měl vliv i výběr pozemku. Na pozemku Malovice bylo průměrně o více než jeden lusk méně než na ostatních pozemcích. Z grafu 9 je patrná redukce počtu lusků na rostlině s přibývající hustotou porostu.

Graf 9: Počet lusků na rostlině (ks).



5.8.4 Počet semen na rostlině

V případě počtu semen na rostlinách hrachu platí stejné pravidlo jako pro počty lusků na rostlinách. Dle dat v tabulkách 62–64 na velmi hustých porostech bylo semen 2,5 – 3x méně než na rostlinách rostoucích v porostech řídkých. Vliv hnojiv prokázán opět nebyl.

Tab. 62: Průměrný počet semen na rostlině na pozemku Hojšín v roce 2017.

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	46,70	41,15	33,30	24,75	17,75	32,73
průměr	46,70 a	41,15 a	33,30 b	24,75 c	17,75 d	32,73
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 63: Průměrný počet semen na rostlině na pozemku Lány v roce 2018.

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	42,10	37,75	32,05	21,60	17,55	30,21 a
LK	36,25	33,95	26,85	20,90	15,85	26,76 a
LN	38,20	34,75	28,70	20,25	17,10	27,80 a
průměr	38,85 a	35,48 a	29,20 b	20,92 c	16,83 c	28,26
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 64: Průměrný počet semen na rostlině na pozemku Malovice v roce 2018.

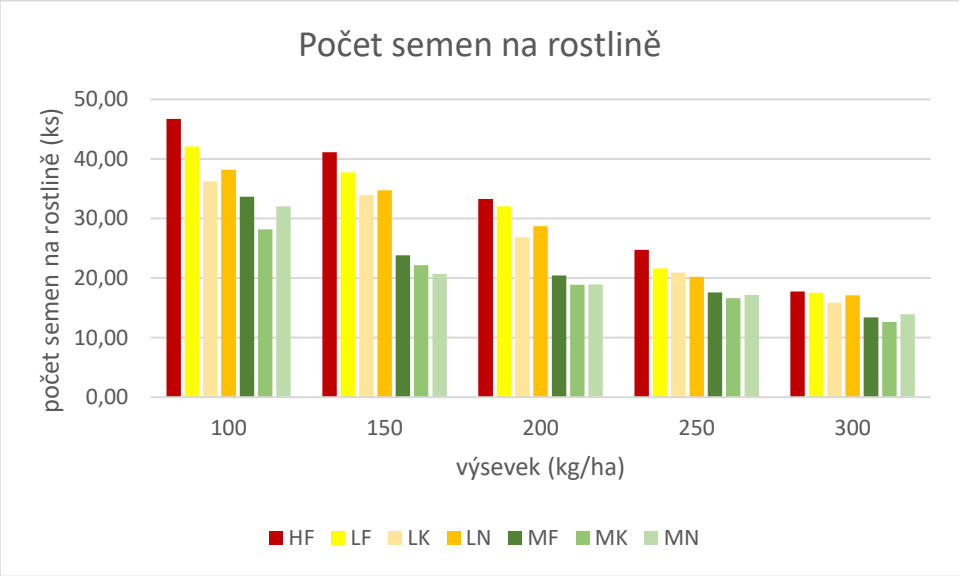
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	33,65	23,85	20,45	17,60	13,40	21,79 a
MK	28,20	22,15	18,90	16,60	12,65	19,70 a
MN	32,05	20,70	18,95	17,15	13,95	20,56 a
průměr	31,30 a	22,23 b	19,43 bc	17,12 cd	13,33 d	20,68
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 65: Průměrný počet semen na rostlině na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Počet semen na rostlině (ks)
Hojšín 2017	32,73 a
Lány 2018	28,26 b
Malovice 2018	20,68 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Počet semen se opět ukázal být také velmi variabilním znakem v rámci ročníku i pozemku (tabulka 65). Opět se potvrzuje trend redukce výnosotvorných prvků se zvyšující se hustotou porostu. To je viditelné i v grafu 10.

Graf 10: Počet semen na rostlině (ks).



5.8.5 Hmotnost semen na rostlině

Vážením semen na jednotlivých rostlinách byly nasbírány údaje pro tabulky 66–69. V tabulkách je uvedena průměrná hmotnost semen na jednotlivých rostlinách. Dle údajů a statistického vyhodnocení je zřejmé, že v hustých porostech je na rostlině menší hmotnost semen než na rostlinách v porostech řídkých. Tento trend odpovídá i počtu lusků a počtu semen na rostlině, které byly popsány na předchozích tabulkách. Vliv hnojení na hmotnosti semen na rostlinách prokázán nebyl.

Tab. 66: Průměrná hmotnost semen na rostlině na pozemku Hojšín v roce 2017 (g).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	11,58	10,37	8,30	6,34	4,50	8,21
průměr	11,58 a	10,37 a	8,30 b	6,34 c	4,50 d	8,21
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 67: Průměrná hmotnost semen na rostlině na pozemku Lány v roce 2018 (g).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	12,22	11,65	10,03	6,62	5,54	9,21 a
LK	10,83	10,12	8,52	6,83	5,16	8,29 a
LN	11,97	11,56	8,89	6,71	5,15	8,86 a
průměr	11,67 a	11,11 a	9,14 b	6,72 c	5,28 c	8,79
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 68: Průměrná hmotnost semen na rostlině na pozemku Malovice v roce 2018 (g).

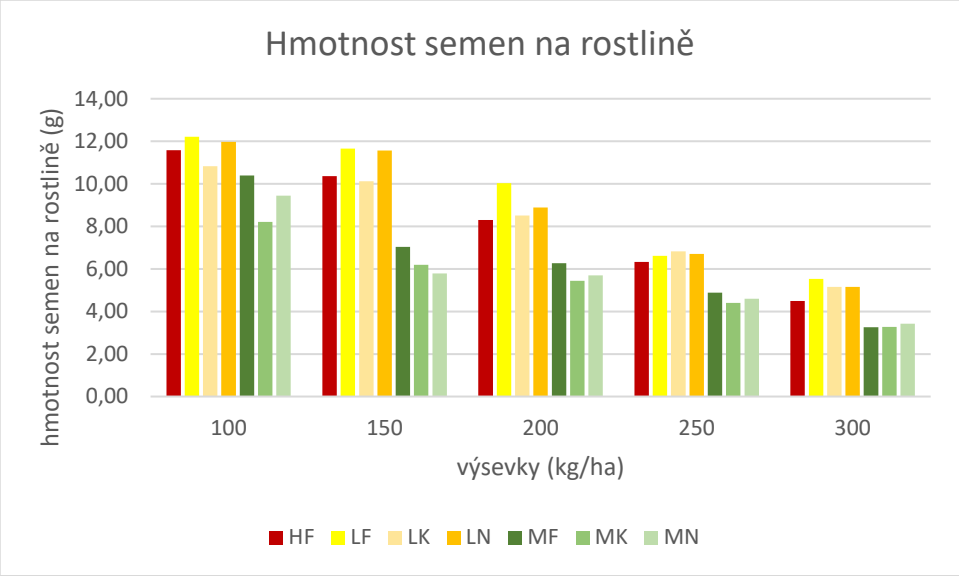
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	10,39	7,04	6,28	4,89	3,26	6,37 a
MK	8,22	6,20	5,44	4,41	3,28	5,51 a
MN	9,44	5,78	5,70	4,61	3,42	5,79 a
průměr	9,35 a	6,34 b	5,80 bc	4,63 c	3,32 d	5,89
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

V tabulce 69 je patrné velké snížení hmotnosti semen na rostlině na pozemku Malovice. Opět se potvrzuje skutečnost, že výběr pozemku má vliv na výnosotvorné prvky hrachu. Tato skutečnost je patrná i v grafu 11.

Tab. 69: Průměrná hmotnost semen na rostlině na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Hmotnost semen na rostlině (g)
Hojšín 2017	8,21 a
Lány 2018	8,79 a
Malovice 2018	5,89 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 11: Hmotnost semen na rostlině (g).



5.8.6 Počet semen v lusku

Prostým výpočtem pomocí údajů o počtu semen a počtu lusků na rostlině bylo docíleno údajů o průměrném počtu semen v lusku na jednotlivých variantách. Dle údajů uvedených v tabulkách 70–72 se na pozemkách Hojšín a Lány statisticky průkazně ukázalo, že na rostlinách rostoucích na řídkých porostech je nejen více lusků a semen, ale také jsou lusky větší (s větším počtem semen) než na porostech hustších. Toto ovšem nebylo prokázáno na pozemku u Malovic, kde byl počet semen v lusku mezi jednotlivými výsevky spíše konstantní.

Tab. 70: Průměrný počet semen v lusku na pozemku Hojšín v roce 2017.

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	5,24	5,04	5,11	4,61	3,95	4,79
průměr	5,24 a	5,04 a	5,11 a	4,61 a	3,95 b	4,79
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 71: Průměrný počet semen v lusku na pozemku Lány v roce 2018.

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	4,30	4,10	4,09	3,70	4,08	4,05 a
LK	4,49	4,14	4,05	3,95	3,76	4,08 a
LN	4,71	4,37	3,81	3,85	3,58	4,07 a
průměr	4,50 a	4,21 ab	3,98 b	3,83 b	3,81 b	4,07
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 72: Průměrný počet semen v lusku na pozemku Malovice v roce 2018.

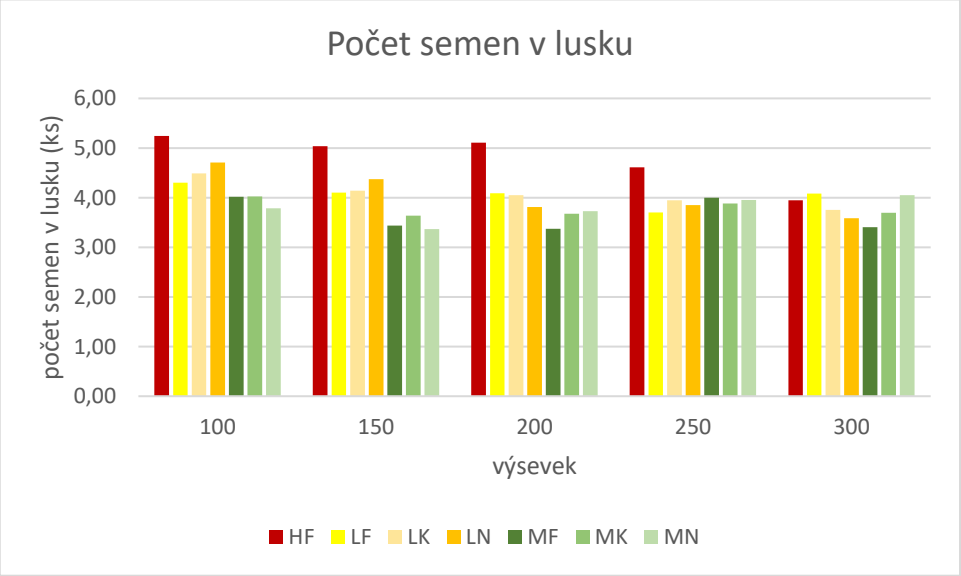
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	4,02	3,44	3,37	4,00	3,40	3,65 a
MK	4,02	3,64	3,68	3,89	3,70	3,78 a
MN	3,79	3,36	3,73	3,95	4,05	3,78 a
průměr	3,94 a	3,48 b	3,59 b	3,95 a	3,72 ab	3,74
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 73: Průměrný počet semen v lusku na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Počet semen v lusku (ks)
Hojšín 2017	4,79 a
Lány 2018	4,07 b
Malovice 2018	3,74 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Na počet semen v lusku měl podle tabulky 73 vliv pozemek a pravděpodobně také ročník, ve kterém byl hrách pěstován. Průměrné hodnoty počtu semen v lusku se pohybovaly mezi hodnotami 5,24–3,36. To činí rozdíl až dvou semen v jednom lusku. Z grafu 12 je patrné, že s přibývající hustotou počet semen v lusku v některých případech nepatrně klesá nebo se chová spíše konstantně.

Graf 12: Počet semen v lusku (ks).



5.8.7 Hustota lusků

Prosté průměrné hodnoty o počtu lusků na rostlině nepřináší objektivní informaci o velmi důležité výnosotvorné hodnotě, kterou je hustota lusků (kusy na metr čtvereční). Na rostlinách na řidších porostech bylo lusků sice více než na rostlinách v porostech hustších, je nicméně důležité dodat, že velmi důležitým výnosotvorným faktorem je hustota rostlin. Na hustších porostech je tedy výpadek nasazení lusků jednotlivými rostlinami kompenzován počtem rostlin a naopak. Z jednoduchého vynásobení počtu rostlin na metru čtverečním a počtu lusků na jednotlivých rostlinách bylo docíleno hodnot uvedených v tabulkách 74–76. Z těchto údajů je patrné, že i přes velké nasazení lusků na rostlinách v řídkých porostech nebylo dosaženo dostatečné hustoty lusků.

Tab. 74: Průměrná hustota lusků na pozemku Hojšín v roce 2017 (ks/m^2).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	248	329	344	360	373	331
průměr	248 a	329 b	344 b	360 b	373 b	331
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 75: Průměrná hustota lusků na pozemku Lány v roce 2018 (ks/m^2).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	279	366	407	380	325	351 a
LK	260	355	398	348	337	340 a
LN	244	323	435	341	384	346 a
průměr	261 a	348 b	413 c	356 bc	348 b	345
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 76: Průměrná hustota lusků na pozemku Malovice v roce 2018 (ks/m^2).

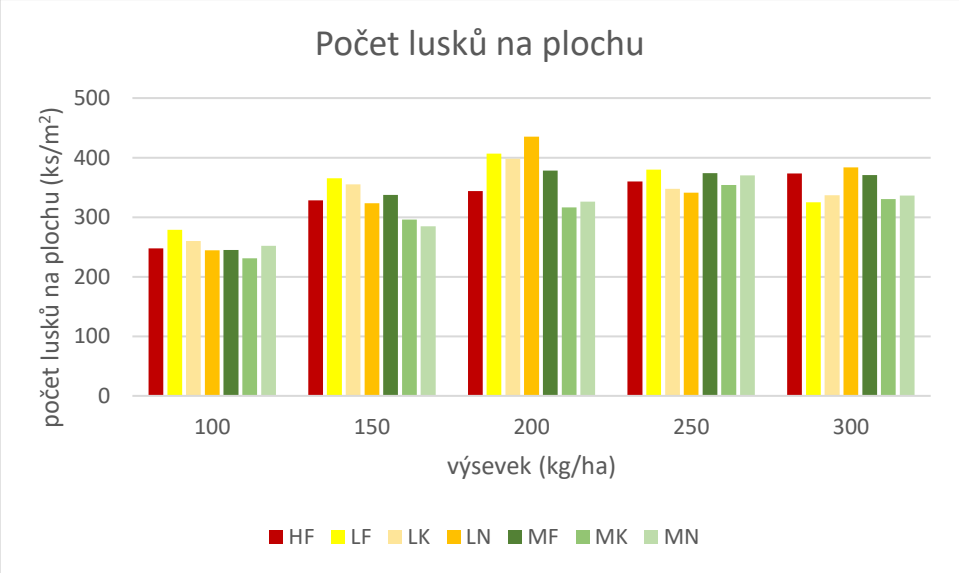
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	245	337	378	374	371	341 a
MK	231	296	316	354	331	306 a
MN	252	285	326	370	336	314 a
průměr	243 a	306 b	340 bc	366 c	346 bc	320
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Na všech pozemkách se ukázalo, že velmi řídké výsevy (100 kg/ha) nejsou schopny kompenzovat výpadek rostlin nasazením vyššího počtu lusků. Od výsevků 150 kg/ha a výše jsou si hodnoty statisticky podobné. Lze tudíž tvrdit, že již výsevek 150 kg/ha dovede z pohledu hustoty lusků konkurovat hustým výsevkům. Počty lusků na plochu jsou graficky znázorněny v grafu 13. Dle tabulky 77 je možné tvrdit, že na hustotu lusků má vliv pozemek a ročník.

Tab. 77: Průměrná hustota lusků na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Hustota lusků (ks/m^2)
Hojšín 2017	331 ab
Lány 2018	345 a
Malovice 2018	320 b
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 13: Počet lusků na plochu (ks/m^2).



5.8.8 Počet semen na plochu

Vzhledem k tomu, že bylo v některých případech prokázáno, že se na rostlinách v řídkých porostech vyskytovaly lusky s větším počtem semen, není ani údaj o hustotě lusků vzhledem k výnosu relevantní. Proto je nutné z předešlých údajů vypočítat počet semen na metr čtvereční. Vynásobením počtu rostlin na metr čtvereční s počtem semen na rostlině nebo také hustoty lusků s počtem semen v lusku, se je možné dostat k hodnotám uvedeným v tabulkách 78–80. Z těch vyplývá, že ani lusky s větším počtem semen na řídkých porostech (výsevky 100 kg/ha) nejsou schopny náležitě kompenzovat porosty s větší hustotou rostlin.

Nicméně z tabulek vyplývá, že řidší porosty ztrátu na hustější porosty díky tomuto jevu částečně stáhly. Zároveň je také možné tvrdit, že co do počtu semen na plochu jsou si porosty s výsevky 150–300 kg většinou statisticky průkazně podobné. Z těchto údajů o průměrech hustot semen už začíná být zřetelné, které varianty jsou na tom dle výnosu semen nejlépe.

Tab. 78: Průměrná hustota semen na pozemku Hojšín v roce 2017 (ks/m^2).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	1284	1629	1734	1650	1457	1551
průměr	1284 a	1629 b	1734 b	1650 b	1457 ab	1551
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 79: Průměrná hustota semen na pozemku Lány v roce 2018 (ks/m^2).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	1243	1492	1683	1440	1310	1434 a
LK	1108	1471	1596	1359	1242	1355 a
LN	1167	1413	1665	1291	1397	1387 a
průměr	1173 a	1459 b	1648 b	1363 ab	1316 ab	1392
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 80: Průměrná hustota semen na pozemku Malovice v roce 2018 (ks/m^2).

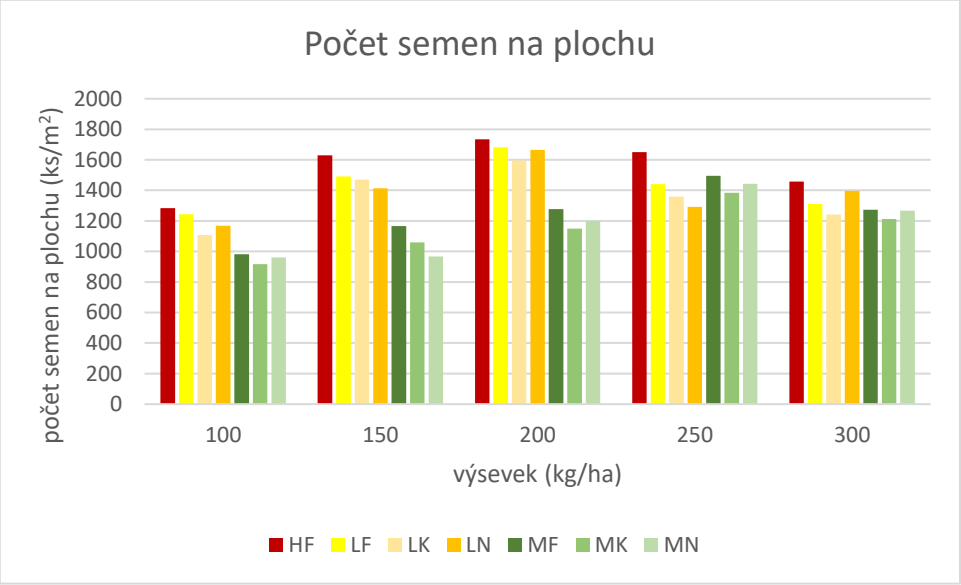
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	982	1166	1278	1496	1273	1239 a
MK	917	1058	1150	1383	1212	1144 a
MN	962	966	1200	1444	1267	1168 a
průměr	953 a	1063 ab	1209 bc	1441c	1251 bc	1184
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

V tabulce 81 je opět vidět, že pozemek má opět vliv na tento významný výnosotvorný prvek. V grafu 14 je patrná dominance výsevků 200 kg/ha na pozemcích Hojšín a Lány. Na pozemku Malovice se osvědčil výsevek 250 kg/ha.

Tab. 81: Průměrná hustota semen na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Hustota semen (ks/m^2)
Hojšín 2017	1551 a
Lány 2018	1392 b
Malovice 2018	1184 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 14: Počet semen na plochu (ks/m^2).



5.8.9 HTS

Pokud je známá hustota semen, je potřeba k dosažení hodnot výnosu znát ještě hodnoty hmotnosti tisíce semen. Ty jsou uvedeny v tabulkách 82–84. Z tabulek vyplývá, že hmotnost tisíce semen se liší mezi jednotlivými pozemky a ročníky a také není možné jednoznačně učit, který výsevek je na tom statisticky nejlépe. Na každém pozemku se HTS vzhledem k výsevkům chová velice odlišně.

Tab. 82: Průměrná hmotnost tisíce semen na pozemku Hojšín v roce 2017 (g).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	247,76	252,61	250,74	255,54	255,12	252,36
průměr	247,76 a	252,61 a	250,74 a	255,54 a	255,12 a	252,36
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 83: Průměrná hmotnost tisíce semen na pozemku Lány v roce 2018 (g).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	293,21	313,26	311,95	308,61	316,93	308,79 a
LK	299,43	293,51	317,49	321,89	321,89	310,84 a
LN	310,08	332,21	310,70	331,07	301,76	317,17 a
průměr	300,90 a	312,99 ab	313,38 ab	320,53 b	313,53 ab	312,27
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 84: Průměrná hmotnost tisíce semen na pozemku Malovice v roce 2018 (g).

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	313,07	295,44	303,52	282,03	243,30	287,47 a
MK	298,60	278,52	288,14	266,61	264,53	279,28 a
MN	297,27	283,31	301,72	266,71	242,71	278,34 a
průměr	302,98 a	285,75 ab	297,79 a	271,79 b	250,18 c	281,70
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Nicméně zajímavým údajem vyplývajícím z tabulek je relativně nízká HTS na pozemku Malovice při výsevkách 250–300 kg/ha, kde se zřejmě v rámci konkurence vysokého počtu rostlin snižovala hmotnost semen. Nutno připomenout, že pozemek Malovice je velmi skeletovitý s vyšším obsahem písku, proto se tento trend zřejmě neukázal na ostatních

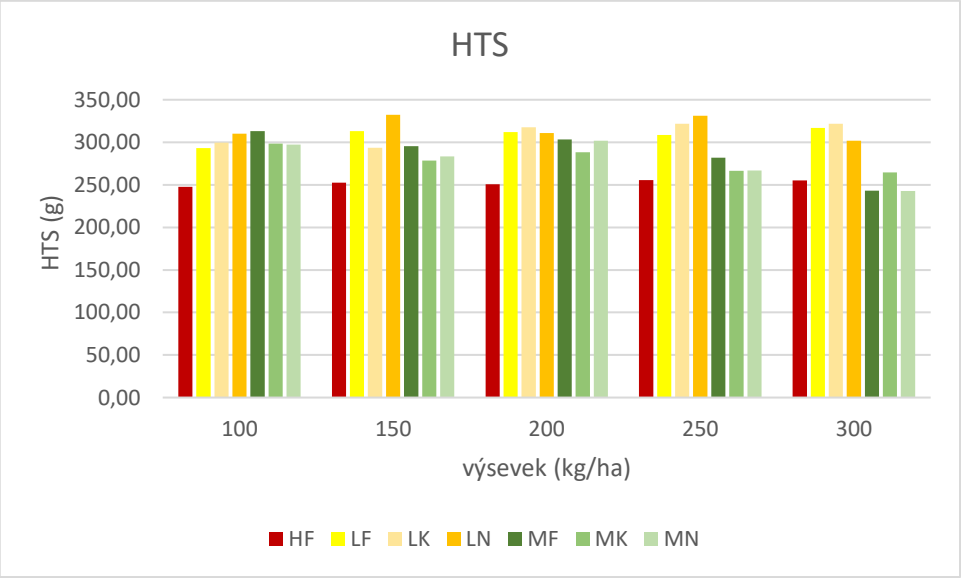
pozemcích, které jsou v případě půdních podmínek pro pěstované plodiny kvalitnější a dokáží tak v době nalévání semen poskytnout pro rostliny více vody. Vliv hnojiv na HTS prokázán opět nebyl.

Tab. 85: Průměrná hmotnost tisíce semen na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	HTS (g)
Hojšín 2017	252,36 a
Lány 2018	312,27 b
Malovice 2018	281,70 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Z tabulky se 85 dá usoudit, že na HTS má vliv pozemek a pravděpodobně i ročník pěstování. V roce 2018 bylo na pozemku Lány dosaženo vyšší HTS než na pozemku Malovice. Grafické zpracování HTS je v grafu 15.

Graf 15: Hmotnost tisíce semen (g).



5.8.10 Výnos semen stanovený výpočtem z hodnot jednotlivých rostlin

Nejdůležitějším údajem při pěstování hrachu na semeno je jeho výnos. V následujících tabulkách 86–88 jsou uvedeny výnosy, ke kterým se bylo nutno dopracovat výpočty. Na všech experimentálních plochách se ukázalo, že nejvhodnějším výsevkem k dosažení maximálního výsevku je 200 kg/ha, v některých případech 250 kg/ha. Každopádně extrémní hodnoty výsevků (100 a 300 kg/ha) se v žádném z případů měření nepotvrdily jako vhodné pro vytvoření maximálního výnosu.

Tab. 86: Průměrný výnos semen na pozemku Hojšín v roce 2017 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	3,18	4,10	4,32	4,22	3,69	3,90
průměr	3,18 a	4,10 b	4,32 b	4,22 b	3,69 ab	3,90
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 87: Průměrný výnos semen na pozemku Lány v roce 2018 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	3,61	4,60	5,27	4,41	4,13	4,40 a
LK	3,31	4,38	5,06	4,44	4,04	4,25 a
LN	3,66	4,70	5,15	4,28	4,21	4,40 a
průměr	3,52 a	4,56 bc	5,16 c	4,38 abc	4,13 ab	4,35
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 88: Průměrný výnos semen na pozemku Malovice v roce 2018 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	3,03	3,44	3,92	4,15	3,10	3,53 a
MK	2,67	2,96	3,31	3,67	3,14	3,15 a
MN	2,83	2,70	3,61	3,88	3,11	3,22 a
průměr	2,84 a	3,03 ab	3,61bc	3,90 c	3,11 ab	3,30
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

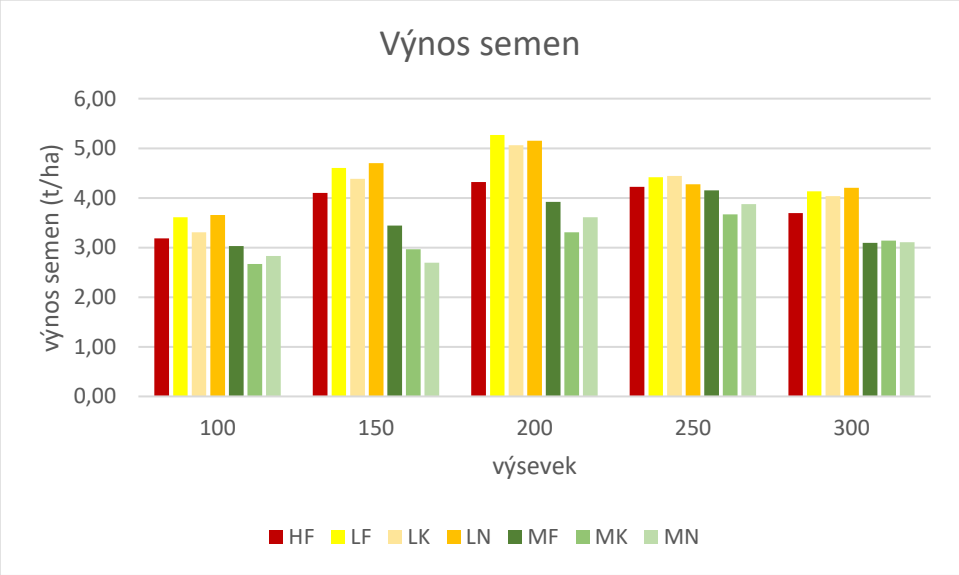
Z tabulky 89 opět vyplývá velký statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými pozemky. Hektarový výnos v jednom roce se dle tabulky liší více než o jednu tunu.

Tab. 89: Průměrný výnos semen na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Výnos semen (t/ha)
Hojšín 2017	3,90 a
Lány 2018	4,35 b
Malovice 2018	3,30 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Z grafu 16 je patrné, že extrémní hodnoty výsevků nejsou pro dosažení maximálního výnosu semen optimální.

Graf 16: Výnos semen (t/ha).



5.8.11 Výnos semen stanovený hromadnými odběry

Pro ověření výnosů semen byly ještě odebrány další rostliny, kde byla vážena pouze jejich semena. Celkem šlo v tomto případě o 30 kusů rostlin, u kterých nebyly sledovány kromě hmotnosti semen žádné jiné znaky. Tato metoda byla časově relativně nenáročná.

Výsledné výnosy se velmi podobají výnosům, ke kterým se došlo výpočty z údajů jednotlivých rostlin. Výnosové trendy vzhledem k výsevkům, které jsou zachyceny v tabulkách 90–92, jsou podobné jako v tabulkách 86–88, kterých bylo dosaženou odlišnou metodou.

Tab. 90: Průměrný výnos semen stanovený hromadnými odběry na pozemku Hojšín v roce 2017 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

Hojšín						
Varianty	100	150	200	250	300	
HF	3,07	3,95	4,25	4,11	3,75	3,83
průměr	3,07	3,95	4,25	4,11	3,75	3,83
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).						

Tab. 91: Průměrný výnos semen stanovený hromadnými odběry na pozemku Lány v roce 2018 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

Lány						
Varianty	100	150	200	250	300	
LF	3,46	4,60	5,16	4,56	4,18	4,39 a
LK	3,27	4,32	4,97	4,23	4,20	4,20 a
LN	3,46	4,51	5,12	4,31	4,06	4,29 a
průměr	3,40 a	4,48 bc	5,09 c	4,36 bc	4,15 ab	4,29
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tab. 92: Průměrný výnos semen stanovený hromadnými odběry na pozemku Malovice v roce 2018 (100% čistota, 16% vlhkost) (t/ha).

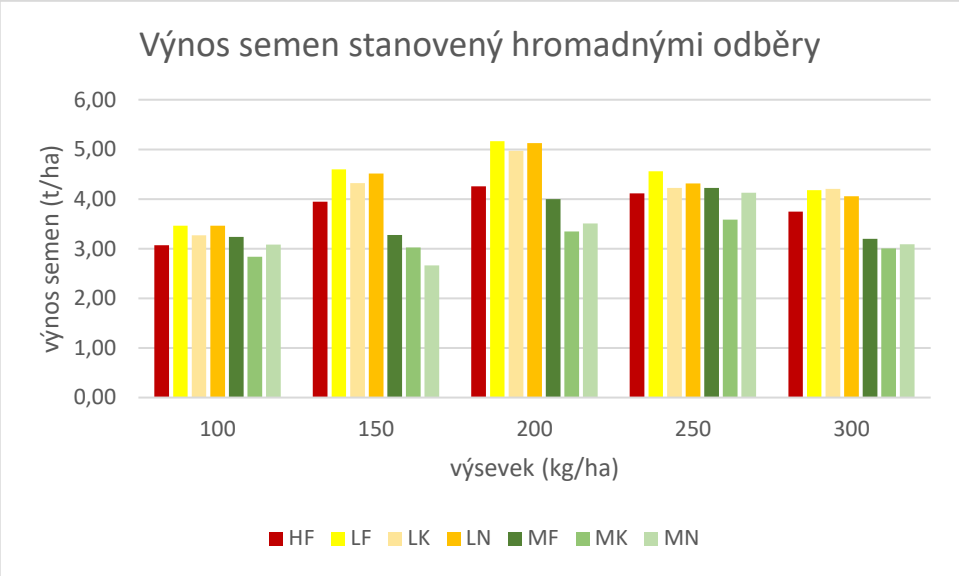
Malovice						
Varianty	100	150	200	250	300	
MF	3,24	3,28	4,00	4,22	3,20	3,59 a
MK	2,84	3,03	3,35	3,58	3,00	3,16 a
MN	3,08	2,66	3,50	4,12	3,09	3,29 a
průměr	3,05 a	2,99 a	3,62 ab	3,98 b	3,10 a	3,35
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey). ANOVA byla vypracována zvlášť pro sloupce a zvlášť pro řádky.						

Tabulka 93 opět potvrzuje rozdíly mezi pozemky, ty jsou patrné i v grafu 17.

Tab. 93: Průměrný výnos semen stanovený hromadnými odběry na jednotlivých pozemcích.

Pozemek	Výnos semen (t/ha)
Hojšín 2017	3,83 a
Lány 2018	4,29 b
Malovice 2018	3,35 c
Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).	

Graf 17: Výnos semen stanovený hromadnými odběry (t/ha).



5.9 Shrnutí výnosotvorných prvků

V tabulce 94 je shrnutí údajů o rostlinách, výnosotvorných prvcích a výnosu. Průměr je proveden z obou pokusných let. Výnos semen je uveden pouze z metody výpočtu z hodnot jednotlivých rostlin.

Tab. 94: Průměrné hodnoty výnosotvorných prvků ze všech tří pokusných pozemků dle velikostí výsevků.

Výsevek (kg/ha)	hmotnost rostliny (g)	hmotnost semen na rostlině (g)	počet lusků na rostlině (n)	semen na rostlině (n)	počet semen v lusku (n)	hustota lusků (n/m^2)	hustota semen (n/m^2)	HTS (g)	výnos semen (t/ha)
100	19,3 a	10,7 a	8,4 a	36,7 a	4,36 a	251 a	1094 a	294,2 a	3,18 a
150	15,4 b	9,0 b	7,6 b	30,6 b	4,01 b	327 b	1313 b	292,7 ab	3,84 b
200	13,6 c	7,6 c	6,4 c	25,6 c	3,98 b	372 c	1472 b	297,8 a	4,38 c
250	9,8 d	5,8 d	5,0 d	19,8 d	3,99 b	361 bc	1437 b	290,4 ab	4,15 bc
300	7,6 e	4,3 e	4,1 e	15,5 e	3,79 b	350 bc	1308 b	279,3 b	3,64 ab

Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).
ANOVA byla vypracována zvlášť pro každý sloupec.

Z tabulky 94 je vidět několik trendů. Se zvyšující se hustotou porostu klesá hmotnost rostliny. Snižuje se také nasazení lusků a s tím související počet semen na rostlině. Na řídkých porostech se rostliny snažily kompenzovat vzniklý prostor nasazením většího počtu lusků, a dokonce se zvyšoval i počet semen v lusku. Počet lusků a semen na plochu dopadl nejlépe v kompromisním výsevku 200 kg/ha, který se podle naměřených údajů ukázal jako optimálním pro dosažení maximálního výnosu. Hodnota HTS se v pokusech ukazovala na některých pozemcích jako konstantní nebo nezávislá na výsevku. Na pozemku u Malovic se dle pokusů HTS zřejmě vlivem konkurence rostlin na chudém pozemku v hustých porostech snižovala.

V následující tabulce 95 jsou uvedeny průměry platné pro rok 2018 pro jednotlivé varianty hnojení. Rok 2017 není zahrnut, jelikož byl zkoušen pouze Fosmag a je možné, že by hodnoty u hnojiva Fosmag byly v tabulkách ovlivněny spíše ročníkem než hnojením.

Tab. 95: Průměrné hodnoty výnosotvorných prvků z pokusu z roku 2018 dle použitých hnojiv.

Hnojivo	hmotnost rostliny (g)	hmotnost semen na rostlině (g)	počet lusků na rostlině (n)	semen na rostlině (n)	počet semen v lusku (n)	hustota lusků (n/m^2)	hustota semen (n/m^2)	HTS (g)	výnos semen (t/ha)
Fosmag	13,8 a	7,8 a	6,6 a	26,0 a	3,85 a	346 a	1336 a	298,1 a	3,97 a
Kieserit	12,5 a	6,9 a	5,9 b	23,2 a	3,93 a	323 a	1249 a	295,9 a	3,70 a
nehnojeno	12,6 a	7,3 a	6,1 ab	24,2 a	3,92 a	330 a	1277 a	297,8 a	3,81 a

Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α=0,05 (ANOVA, Tukey).
ANOVA byla vypracována zvlášť pro každý sloupec.

Rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení jsou velmi malé. Jediným údajem, který se statisticky lišil byl počet lusků na rostlině, kde dopadla nejlépe varianta s hnojivem Fosmag. Kieserit dopadl naopak v počtu lusků na rostlině mírně hůře.

Dle dosažených průměrů v tabulce, dopadl nejlépe Fosmag ve všech ukazatelích a Kieserit nejhůře. Nutno dodat, že výsledné hodnoty se od sebe liší velmi málo.

5.10 Ekonomika experimentu

Pro ekonomické zhodnocení pokusů je nutno znát celou řadu informací a cen zboží a služeb:

1) Osivo použité v pokusu bylo určeno pro množení (základní osivo).
   Cena: 17.000 Kč/t.
   Cena osiva určeného pro produkci merkantilu použité do kalkulace nákladů byla stanovena na 11.000 Kč/t.
2) Ceny za pesticidy byly stanoveny dle ceníkových cen přípravků na ochranu rostlin společnosti Primagra a.s.
3) Ceny za agrotechnické operace (kypření, setí, válení, aplikace přípravků, sklizeň a doprava) byly stanoveny dle ceníkových cen služeb společnosti Sibagro spol. s r.o.
   Ceny za dopravu se s narůstajícím výnosem zvyšují. Náklady za dopravu se zvyšuje taktéž s nutností odvézt odpad z čištění množitelského materiálu (viz 6).
4) Výše dotace SAPS, greening a VCS–bílkovinné plodiny jsou platné pro rok 2018.
5) Se zvyšujícím se výnosem stoupá i export prvků z půdy.
   N: Dusík je zajišťován fixací a není do kalkulace zahrnut.
   P: Fosfor je exportován a dle tabulky 96 činí odběr fosforu 9,1 kg P_2O_5/t semen.
   K: Draslík je exportován a dle tabulky 96 činí odběr draslíku 10,5 kg K_2O/t semen.
   Ca + Mg: Vápník a hořčík jsou exportovány také, ale jsou průběžně doplňovány vápněním. Kalkulace vápnění je stanovena jako 3 tuny dolomitu (1000 Kč/t) plus aplikace jednou za 6 let v rámci osevního postupu, tzn 600 Kč/ha/rok.
   Síra a ostatní mikroprvky do výpočtu zahrnuty nejsou.
   Jako kompromis za odvezené prvky P a K je určeno hnojivo PK 25–25.
   Jedné tuně odvezených semen odpovídá zhruba 40 kg hnojiva PK 25–25.
   Cena hnojiva je 10500 Kč/t (tuna semen hrachu stojí v živinách P + K 420 Kč).
6) Realizační ceny semen hrachu jsou stanoveny takto:
   merkantil: 4500 Kč/t
   množitelský materiál: 5800 Kč/t s tím, že z výnosu vzniká 25 % odpadu, který je realizován za cenu merkantilu (tzn. průměrná cena produkce je 5475 Kč/t).
7) Ceny použitých hnojiv: Fosmag 6400 Kč/t, Kieserit 7200 Kč/t.
   Pro ekonomické zhodnocení v tabulce 97 je použita metoda výpočtu zohledňující odběr živin (viz 5).
8) Pachtovné je stanoveno jako částka v místě a čase pokusu obvyklá.
9) Daň z nemovitosti je stanovena dle vyhlášky 298/2014 Sb. za katastrální území Dolní Borek a činí 4,82 Kč/m^2. Daň za hektar orné půdy je 362 Kč.

Tab. 96: Obsah živin v semenech hrachu (Rozbor proveden laboratoří Mydlářka a.s. v Chotýšanech) (přepočteno na 16% vlhkost).

živina	obsah živin v semenech (%)	živin v tuně semen	koef. přepočtu	přepočtené živiny v tuně semen	živina
N	3,18	31,8			
P	0,40	4,0	2,292	9,1	P205
K	0,87	8,7	1,204	10,5	K2O
Ca	0,11	1,1			
Mg	0,11	1,1			

Tab. 97: Kalkulace nákladů dle výsevků.

	Produkce merkantilu					Produkce množitelského materiálu				
Výsevek (kg/ha)	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
Podmítka (Kč/ha)	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Vápnění (Kč/ha)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Hluboké kypření (Kč/ha)	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
Osivo (Kč/ha)	1100	1650	2200	2750	3300	1700	2550	3400	4250	5100
Setí (Kč/ha)	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Pesticidy + aplikace (Kč/ha)	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
Sklizeň (Kč/ha)	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Doprava (Kč/ha)	636	768	876	830	728	795	960	1095	1038	910
Pachtovné (Kč/ha)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Daň z nemovitosti (Kč/ha)	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
Export prvků výnosem (Kč/ha)	1336	1613	1840	1743	1529	1336	1613	1840	1743	1529
Náklady (Kč/ha)	**16934**	**17893**	**18778**	**19185**	**19419**	**17693**	**18985**	**20197**	**20893**	**21401**
Realizační cena Kč/t	4500	4500	4500	4500	4500	5475	5475	5475	5475	5475
Minimální výnos (t/ha)	3,76	3,98	4,17	4,26	4,32	3,23	3,47	3,69	3,82	3,91
Skutečný výnos (t/ha)	**3,18**	**3,84**	**4,38**	**4,15**	**3,64**	**3,18**	**3,84**	**4,38**	**4,15**	**3,64**
Zisk bez dotací (Kč/ha)	**-2624**	**-613**	**932**	**-510**	**-3039**	**-282**	**2039**	**3784**	**1829**	**-1472**
Dotace SAPS (Kč/ha)	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388
Dotace Greening (Kč/ha)	1877	1877	1877	1877	1877	1877	1877	1877	1877	1877
Dotace VCS (Kč/ha)	2218	2218	2218	2218	2218	2218	2218	2218	2218	2218
Náklady s dotacemi (Kč/ha)	**9450**	**10410**	**11294**	**11702**	**11936**	**10209**	**11502**	**12713**	**13409**	**13918**
Minimální výnos s dotací (t/ha)	2,10	2,31	2,51	2,60	2,65	1,86	2,10	2,32	2,45	2,54
Zisk s dotacemi (Kč/ha)	**4860**	**6870**	**8416**	**6973**	**4444**	**7201**	**9522**	**11267**	**9312**	**6011**

Výnosy hrachu (t/ha) v této tabulce jsou převzaty z tabulky 94.
Žlutě jsou označeny položky, které se vzhledem k výnosu nebo výsevku mění.
Minimální výnosy jsou takové výnosy, při kterých budou z realizace produkce zaplaceny náklady.

Dle tabulky 97 by bylo pěstování hrachu bez dotací málo výdělečné, v některých případech dokonce ztrátové. V tabulce však nejsou zohledněny případné vlivy na fixaci dusíku do půdy, zlepšení struktury půdy, zvýšení časového odstupu pěstovaných plodin v rámci osevního postupu a sníženi tlaku chorob, škůdců a plevelů. Dále není zohledněn ani pozitivní vliv na výnos následné plodiny. V případě započítání těchto vlivů do ekonomiky pěstování hrachu by se hrách zřejmě dostal do kladných finančních výsledků na všech variantách. V případě pěstování hrachu na semeno bez dotací je nutné pečlivě kalkulovat a zvolit správný výsevek. V těchto případech činil rozdíl ve výsledné bilanci 4–5 tisíc korun.

Nicméně hrách pěstovaný jako merkantil není tolik rentabilní jako produkce množitelského materiálu. U merkantilu vyšel výsevek 200 kg/ha jako jediný ekonomicky rentabilní i bez dotací a je tak plně k doporučení. V každém případě dle výsledků platí, že pro největší zisk je nutné dosáhnout co nejvyššího výnosu.

Tab. 98: Kalkulace nákladů dle hnojiv.

	Produkce merkantilu				Produkce množit. materiálu		
Hnojivo	Fosmag	Kieserit	nehnojeno		Fosmag	Kieserit	nehnojeno
Podmítka (Kč/ha)	1050	1050	1050		1050	1050	1050
Vápnění (Kč/ha)	600	600	600		600	600	600
Hluboké kypření (Kč/ha)	1850	1850	1850		1850	1850	1850
Hnojiva + aplikace (Kč/ha)	2170	1330	0		2170	1330	0
Osivo (Kč/ha)	2200	2200	2200		3400	3400	3400
Setí (Kč/ha)	1400	1400	1400		1400	1400	1400
Pesticidy + aplikace (Kč/ha)	3800	3800	3800		3800	3800	3800
Sklizeň (Kč/ha)	2300	2300	2300		2300	2300	2300
Doprava (Kč/ha)	794	740	762		993	925	953
Pachtovné (Kč/ha)	2500	2500	2500		2500	2500	2500
Daň z nemovitosti (Kč/ha)	362	362	362		362	362	362
Náklady (Kč/ha)	**19026**	**18132**	**16824**		**20425**	**19517**	**18215**
Realizační cena Kč/t	4500	4500	4500		5475	5475	5475
Minimální výnos (t/ha)	4,23	4,03	3,74		3,73	3,56	3,33
Skutečný výnos (t/ha)	**3,97**	**3,70**	**3,81**		**3,97**	**3,70**	**3,81**
Zisk bez dotací (Kč/ha)	**-1161**	**-1482**	**321**		**1311**	**741**	**2645**
Dotace SAPS (Kč/ha)	3388	3388	3388		3388	3388	3388
Dotace Greening (Kč/ha)	1877	1877	1877		1877	1877	1877
Dotace VCS (Kč/ha)	2218	2218	2218		2218	2218	2218
Náklady s dotacemi (Kč/ha)	**11543**	**10649**	**9341**		**12941**	**12034**	**10731**
Minimální výnos s dotací (t/ha)	2,57	2,37	2,08		2,36	2,20	1,96
Zisk s dotacemi (Kč/ha)	**6322**	**6001**	**7804**		**8794**	**8224**	**10128**

Výnosy hrachu (t/ha) v této tabulce jsou převzaty z tabulky 95.
Náklady na osivo jsou stanoveny jako náklad na střední hodnotu výsevku (200 kg/ha).
Žlutě jsou označeny položky, které se vzhledem k výnosu nebo použitému hnojivu mění.
Minimální výnosy jsou takové výnosy, při kterých budou z realizace produkce zaplaceny náklady.
Do nákladů v této tabulce nebyly zahrnuty hodnoty prvků odvezených z pole s produkcí.

Z tabulky 98 vyplývá, že produkce množitelského materiálu je opět rentabilnější než produkce merkantilu. Z výsledků je zřejmé, že hnojení snižuje profitabilitu pěstování hrachu. Je však nutno přihlédnout ke skutečnosti, že nehnojením a současným exportem prvků dochází k vyčerpávání půdy a v dlouhodobějším časovém horizontu ke snížení výnosového potenciálu.

Každopádně, pokud se nebude kalkulovat s exportem živin, je hnojení ekonomicky nerentabilní a z krátkodobého ekonomického hlediska nelze hnojení doporučit.

5.11 Doporučení pro praxi

Podle dosažených výsledků hrách disponuje schopností kompenzovat prostor v řídkých porostech nasazením většího množství výnosotvorných prvků. Naopak rostliny v hustých porostech výnosotvorné prvky výrazně redukují. Výsevek 300 kg/ha se projevil v případě výnosu jako silně podprůměrný. Dokonce dopadl hůře než výsevek 150 kg/ha. Z tohoto poznatku lze vyvodit dva závěry. Zaprvé: vysoký výsevek je naprosto nevhodný a zadruhé: není nutné se z ekonomického hlediska obávat ani pro současnou praxi velmi neobvykle nízkých výsevků. Nicméně z provedeného experimentu lze určit jako optimální výsevek pro dosažení maximálního výnosu 200 kg/ha na pozemcích s lepšími půdními podmínkami a o něco vyšší výsevek na horších pozemcích.

Z hlediska ekonomického je nutné zohlednit ceny osiva, hodnotu realizované produkce, export živin výnosem a měnící se náklady na dopravu vzhledem k výši výnosu. Z tabulky 97 je zřejmé, že pěstování hrachu pro merkantil je až na jednu výjimku (výsevek 200 kg/ha) nerentabilní. Produkce množitelského materiálu je i vzhledem k vyšší ceně osiva rentabilnější než produkce merkantilu. Při zohlednění současných dotačních podpor se stává hrách rentabilní na všech kalkulovaných variantách.

V případě hnojení se průměry variant odlišovaly pouze minimálně a byly statisticky neprůkazné. Z tohoto poznatku a dle ekonomické kalkulace (tab. 98) by se mohlo zdát, že hnojení je ekonomický nesmysl. Na druhou stranu doplňovat prvky, které se při sklizni exportují z pozemku pryč, je z důvodu zajištění půdní úrodnosti nutností.

Z těchto důvodů vyplývá jako nejvhodnější zkoušená varianta s výsevkem 200 kg/ha a s hnojivem Fosmag. V případě hnojiva je dle rozborů a exportu prvků s ohledem na rozbory půdy vhodnější použít některé PK hnojivo.

6 Diskuze

6.1 Hustota porostu a výnos

Lahola (1990) uvádí, že hustota rostlin je jedním z velmi důležitých faktorů určujícím strukturu výnosotvorných prvků. Autor uvádí, že míra kompenzace výnosotvorných prvků je velmi závislá na podmínkách stanoviště a zvolené odrůdě. Schönberger (2004) navíc tvrdí, že vliv na strukturu výnosotvorných prvků má také termín výsevu a podle toho je nutné hustotu vysetých semen upravit.

Z hlediska vlivu počtu rostlin na metr čtvereční na výnos semen se v experimentu jevily jako nejlepší varianty s výsevkem 200 kg/ha, což odpovídá při výsevu asi 65–70 rostlinám na metr čtvereční s tím, že se během vegetace počet rostlin o něco snížil. V některých případech dopadly nejlépe varianty s výsevky 150 kg/ha a 250 kg/ha. Tato množství odpovídají v pokusech počtu zhruba 50 respektive 85 vysetých rostlin na metr čtvereční. Na pozemcích s lepšími půdními podmínkami (Hojšín a Lány) se ukázalo, že porosty jsou schopny poskytnout maximální výnos v širokém rozmezí výsevků 150–250 kg/ha, to odpovídá po ztrátách během vegetace 40–65 produktivním rostlinám na metr čtverečním. Dle půdních podmínek na horším pozemku Malovice dopadl nejlépe vyšší výsevek 250 kg/ha, což odpovídá zhruba 85 rostlinám. Na pozemku u Malovic nebyly úbytky rostlin během vegetace nijak významně velké.

Za optimum z hlediska výnosu lze tedy považovat 50–85 vysetých klíčivých semen na metr čtvereční (0,5–0,85 MKS/ha) s tím, že dle pokusu na horším pozemku vyšel lépe vyšší výsevek a naopak.

V některých případech se ukázalo, že řídký výsev (150 kg/ha) vychází výnosově lépe nebo srovnatelně s výnosem při hustém, třísetkilovém výsevku. Tato skutečnost je z hlediska kompenzační schopnosti hrachu velmi zajímavá. Díky této informaci je možné tvrdit, že nemá smysl porosty zbytečně zahušťovat a že je možné jít s výsevky i u hrachu velmi nízko. Z hlediska snížení nákladů na osivo a s tím související logistikou dopravy osiva při zakládání porostů nebo také zvýšení množitelského koeficientu je tato skutečnost jednoznačně pozitivní.

Hosnedl & Hochman (1994) a Lahola (1990) tvrdí, že v sušších oblastech je optimum 80–85 a ve vlhčích oblastech 75–80 produktivních odnoží na metr čtvereční. To podle autorů odpovídá 0,9–1 miliónu klíčivých semen na hektar. Výsevek 1,0 MKS/ha doporučuje i Petr a kol. (1974). Tato množství uvedená autory jsou o něco vyšší, než se ukázalo jako optimum v tomto experimentu. Schönberger (2004) doporučuje zvýšení výsevků pouze u velmi pozdního setí, kdy rostliny ztrácí vlivem delšího dne schopnost větvení a tím pádem i kompenzační schopnosti. V případě časného setí stačí rostlin na metr čtvereční 50–70. Tato hodnota odpovídá provedenému experimentu.

Houba a kol. (2009) doporučuje jít s výsevkem dokonce až na hodnoty 260–340 kg/ha. Takové množství odpovídá výsevku 1,0–1,1 MKS na hektar. Toto tvrzení je v rozporu s provedeným experimentem. Současně autor uvádí, že minimální počet vzejitých rostlin by měl být 65 a optimální až 80–90 na metr čtvereční. Na pozemku Lány a Hojšín bylo optimem zhruba 65 rostlin na metr čtvereční, což autoři uvádí jako minimální počet. Další zvýšení výsevků vedlo na těchto pozemcích ke snížení výnosu. Hustota 85 rostlin na metr čtvereční byla optimální pouze na pozemku Malovice, kdy se při této hodnotě dosáhlo nejvyššího výnosu.

Anderson & White (1974) uvádí, že výnos hrachu v jejich vlastních pokusech narůstá nepatrně až do počtu zhruba 180 rostlin na metr čtvereční. Spíše než hustota porostu měl zásadní vliv na výnos dostatek vody. Nutno ovšem dodat, že tento pokus byl proveden s hrachem sklízeným pro nezralá zelená semena v odlišných klimatických podmínkách. Nicméně autoři potvrzují trendy, které se ukázaly v tomto experimentu. Na řídkých porostech se na rostlině nacházelo více lusků a zároveň bylo v luscích více semen než na rostlinách v hustých porostech.

Schönberger (2004) tvrdí, že vysoké rostliny v hustých porostech si konkurují o vodu. Toto může být důvodem snížení HTS na chudém pozemku u Malovic u výsevků 250 a 300 kg/ha. V případě pozemků s lepší kvalitou půdy (Hojšín a Lány) se HTS nesnižovala ani u vysokých výsevků.

6.2 Výsledky s hnojivy

V případě variant hnojení dopadla lépe varianta s hnojivem Fosmag o 160 kg/ha (3,97 t/ha) než nehnojená varianta (3,81 t/ha). Kieserit dopadl ještě hůře než nehnojená varianta (3,70 t/ha). Nutno dodat, že se v dosažených výnosech neprokázaly statisticky významné rozdíly.

Dle Laholy a kol. (1990) jsou statisticky neprůkazné rozdíly v pokusech způsobeny tím, že hrách si dobře osvojuje živiny ze staré půdní síly a tím pádem má velmi slabou reakci na hnojení minerálními hnojivy. Nicméně hnojení fosforem přispívá dle autora ke zlepšení výkonu fixace dusíku a současně k doplňování zásob živin v půdě. Franzen (2018) uvádí, že fosfor zvyšuje výnos téměř vždy. Dále uvádí, že reakce na zásobu půdního draslíku není téměř žádná, kromě případů, kdy je jeho obsah v půdě pod 100 ppm.

Jelikož bez doplňování některých prvků (především fosforu a draslíku) může docházet k vyčerpávání půdy a snižování výnosového potenciálu, je nezbytné tyto prvky do půdy dodávat, i když je reakce na hnojení podle výsledků experimentu statisticky neprůkazná. Toho názoru je i McKay et al. (2003), který tvrdí, že by hnojení fosforem mělo být nedílnou součástí technologie pěstování hrachu, jelikož dobrá zásoba makroprvků v půdě pomáhá udržovat stabilní výnosy. S tím je ve shodě Jakobsen (1985), který uvádí, že důležitost fosforu nespočívá jen z hlediska potřeby samotné rostliny, ale hlavně slouží pro zvýšení činnosti hlízkových bakterií a ty mají poté vliv na výživu samotné rostliny i na množství poutaného dusíku, který poté může sloužit následným pěstovaným plodinám. Zhao et al. (1999) uvádí, že kromě fosforu se na větší aktivitě hlízek podílí také síra. Síra byla obsažena v obou hnojivech (Fosmag i Kieserit). Při nedostatku síry i fosforu by podle autorů měl klesat počet lusků na rostlině. V pokusu se ale ukázalo, že nehnojené varianty dopadly dokonce lépe než varianty s hnojivem Kieserit.

Dle výsledků hrách na hnojení reaguje statisticky neprokazatelně. Jelikož ekonomicky nejlépe vyšla varianta bez hnojiva, které je významnou nákladovou položkou, je nutné přihlédnout k faktu vyčerpávání půdy na pozemcích bez hnojení, kde poté v dlouhodobějším horizontu mohou klesat výnosy a na ekonomice pěstovaných plodin se to negativně v budoucnosti projeví.

7 Závěr

Z výsledků provedených pokusů vyplynulo, že hrách disponuje schopností kompenzovat vzniklý prostor na pozemcích s řídkými výsevky. Konkrétně lze na základě provedeného experimentu vyvodit následující závěry:

1) Hrách v měnící se hustotě porostu dokáže regulovat nebo naopak kompenzovat výnosotvorné prvky.
2) S přibývající hustotou porostu klesá na rostlině počet lusků a počet a hmotnost semen.
3) Počet lusků a semen na plochu byl při extrémních hodnotách výsevků (100 a 300 kg/ha) vždy nižší než při výsevkách optimálních (200–250 kg/ha).
4) Výsevek 150 kg/ha dopadl ve většině případů vzhledem k výnosu semen lépe než výsevek 300 kg/ha.
5) Z ekonomického hlediska dopadla nejlépe varianta s výsevkem 200 kg/ha. Výsevek 100 kg/ha dopadl dokonce lépe než výsevek 300 kg/ha.
6) S přibývající hustotou porostu se zvyšuje poléhání porostů. To může komplikovat sklizeň, a tak zvýšit ztráty při sklizni sklízecí mlátičkou. Hustší porosty z tohoto důvodu z hlediska výnosu a ekonomiky mohou v praxi dopadnout ještě hůře.
7) Mezi variantami s hnojivy a bez nich nebyly statisticky významné rozdíly. Ekonomicky však varianty s hnojením dopadly hůře než varianty nehnojené. Nutno však zohlednit export prvků, vyčerpávání půdy a v dlouhodobějším časovém horizontu pokles půdní úrodnosti a výnosového potenciálu.

Stanoviska k hypotézám:

H1: Minerální hnojení pozitivně ovlivňuje výnos semen hrachu.
Výrazný vliv minerálního hnojení se na výnosu hrachu projevil pouze minimálně. Fosmag dopadl v průměru lépe než nehnojená varianta. Kieserit dopadl dokonce hůře než nehnojená varianta. Rozdíly ale nebyly statisticky průkazné, tudíž nelze hypotézu potvrdit.

H2: Hustota rostlin ovlivňuje strukturu výnosotvorných prvků hrachu.
Hustota rostlin na jednotlivých variantách statisticky prokazatelně ovlivňovala strukturu výnosotvorných prvků. Hodnoty hlavních výnosotvorných prvků (počet lusků a semen na rostlině a částečně také počet semen v lusku) byly na každé variantě výsevků výrazně odlišné. Po výpočtu výnosu z výnosotvorných prvků vyšel nejlépe výsevek 200 kg/ha. Hypotézu je možné potvrdit.

8 Seznam literatury

Achakzai AKK, Bangulzai MI. 2006. Effect of Various Levels of Nitrogen Fertilizer on the Yield and Yield Attributes of Pea (*Pisum sativum L.*) Cultivars. Pakistan Journal of Botany. **38:**331–340.

Alexander M. 1984. Biological Nitrogen Fixation. Plenum Press, New York.

Anderson JAD, White JGH. 1974. Yield of green peas II. Effects of water and plant density. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. **2**:165–171.

Aufhammer W. 1999. Mischanbau für Getreide und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer, Stuttgart.

Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Vailich J, Kunte J, Kroulík M, Procházka P. 2017a. Alternativní využití luskovin (1) - důvody a cíle. Agromanuál **12**:118–121.

Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Vailich J, Kunte J, Kroulík M, Procházka P. 2017b. Alternativní využití luskovin (2) - morfologická variabilita hrachu setého a rolního. Agromanuál **12**:88–91.

Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Vailich J, Kunte J, Kroulík M, Procházka P. 2017c. Alternativní využití luskovin (3) - hrách setý a rolní jako zdroj biomasy. Agromanuál **12**:131–133.

Brkić S, Milaković Z, Kristek A, Antunović M. 2004. Pea yield and its quality depending on inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization. Plant Soil and Enviroment. **50:**39–45.

Clayton GW, Rice WA, Lupwayi NZ, Johnston AM, Lafond GP, Grant CA, Walley F. 2004. Inoculant formulation and fertilizer nitrogen effects on field pea: Crop yield and seed quality. Canadian Journal of Plant Science. **84**:89–96.

Cleveland CC, Liptzin D. 2007. C:N:P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass? Biogeochemistry. **85:**235–252.

Cousin R. 1997. Peas (*Pisum sativum L.*). Field Crops Research. **53**:111–130.

Dostálová R, Hochman M. 2015. Luskoviny – perspektiva pěstování a využití podpor v SZP. Úroda **63**:100–101.

Dou Z, Fox RH, Toth JD. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. Plant and Soil. **162:**203–210.

Franzen DW. 2018. Soil Fertility Recommendations for Field Pea, Lentil and Chickpea in North Dakota. NDSU Extension Service.

Hosnedl V, Hochman M. 1994. Základy pěstování hrachu. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha.

Houba M, Hochman M, Hosnedl V. 2009. Luskoviny pěstování a užití. Kurent, České Budějovice.

Hůla J, Procházková B, Badalíková B, Dovrtěl J, Dryšlová T, Hartman I, Hrubý J, Hrudová E, Javůrek M, Kasal P, Klem K, Kovaříček P, Kroulík M, Kumhála F, Mašek J, Neudert L, Růžek P, Smutný V, Váňová M, Winkler J. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha.

Jakobsen I. 1985. The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). Physiologia Plantarum. **64:**190–196.

Javůrek M, Vach M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.

Karpenstein-Machan M, Stuelpnagel R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil. **218**:215–232.

Kazda J. 2014. Škůdci polních plodin. Profi Press, Praha.

Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press, Praha.

Klír J, Kunzová E, Čermák P. 2008. Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.

Kraft JM, Pfleger FL. 2001. Compendium of pea diseases and pests. American Phytopathological Society (APS Press), St. Paul.

Kumari A, Singh ON, Kumar R. 2012. Effect of integrated nutrient management on growth, seed yield and economics of field pea (*Pisum sativum L.*) and soil fertility changes. Journal of Food Legumes. **25:**121–124.

Lafond GP, Geremia R, Derksen DA, Zentner RP. 1993. The effects of tillage systems on the economic performance of spring wheat, winter wheat, flax and field pea production in east-central Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science. **73**:47–54.

Lahola J. 1990. Luskoviny: pěstování a využití. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Ledgard SF, Steele KW. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. Plant and Soil. **141**:137–153.

Malý I. 2003. Pěstujeme cibuli, česnek, hrách a další cibulové a luskové zeleniny. Grada, Praha.

Merzoug A, Belabid L, Youcef–Benkada M, Benfreha F, Bayaa B. 2014. Pea Fusarium wild races in western Algeria, Plant Protection Science. **50**:70–77.

McKay, K., Schatz, B. G., Endres, G. 2003. Field pea production. NDSU Extension Service.

Mikulka J. 2014. Plevele polních plodin. Profi Press, Praha.

Munzar J. 1911. Luskoviny (luštěniny). J. Otto, Praha.

Nemecek T, von Richthofen JS, Dubois G, Casta P, Charles R, Pahl H. 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. European Journal of Agronomy. **28**:380–393.

Neuberg J, Jedlička J, Červená H. 1995. Výživa a hnojení plodin. ÚZPI, Praha.

Petr J, Fuciman L, Hosnedl V, Hron F, Kohout V, Kott V. 1974. Hrách a bob. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Petříková K, Malý I. 2000. Základy pěstování luskové zeleniny. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR, Praha.

Preissel S, Reckling M, Schläfke N, Zander P. 2015. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. Field Crops Research. **175**:64–79.

Prokinová E. 2014. Choroby polních plodin. Profi Press, Praha.

Richter R, Římovský K. 1996. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha.

Roldán A, Caravaca F, Hernández MT, Garcı 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**:65-73.

Schönberger H. 2004. Pěstování hrachu 2005. Info – NU Agrar GmbH. **2004**:273–275.

Schönberger H. 2011. Hrách na zrno – výběr odrůd a plánování setí. Info – NU Agrar GmbH. **2011**:261–263.

Schönberger H. 2013. Setí hrachu na zrno. Info–NU Agrar GmbH. **2013**:27–28.

Schönberger H. 2016. Hnojení řepky a ozimého ječmene fosforem. Info–NU Agrar GmbH. **2016**:198–200.

Slavík B. 1995. Květena České republiky 4. Academia, Praha.

Spies JM, Warkentin TD, Shirtliffe SJ. 2011. Variation in Field Pea (*Pisum sativum*) Cultivars for Basal Branching and Weed Competition. Weed Science. **59**:218–223.

Sobeková J. 1990. Strukoviny. Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky. Bratislava. 32 s.

Sweeney DW, Moyer JL. 1995. Legume and tillage effects on prairie soil nitrogen and penetration resistence. Communications in Soil Science and Plant Analysis. **26**:155–168.

Šinský T, Bunček B, Masárová E, Ondro S, Šinská J. 1985. Strukoviny. Príroda, Bratislava.

Timmerman-Vaughan GM, Mills A, Whitfield C, Frew T, Butler R, Murray S, Lakeman M, McCallum J, Russell A, Wilson D. 2005. Linkage mapping of QTL for seed yield, yield components, and developmental traits in pea. Crop Sciences**. 45**:1336–1344.

Togay N, Togay Y, Yildirim B, Dogan Y. 2008. Relationships between yield and some yield components in Pea (*Pisum sativum ssp arvense L*.) genotypes by using correlation and path analysis. African Journal of Biotechnology. **7**:4285–4287.

Úlehlová B. 1989. Koloběh dusíku v travních ekosystémech. Československé nakladatelství akademie věd, Praha.

Vaněk V. (eds). 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.

Zahran H. H. 1999. Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. Microbiology and Molecular Biology Rewiews. **64:**968–989.

Záruba J. 2017. Situační a výhledová zpráva – Luskoviny 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Zhao FJ, Wood AP, McGrath SP. 1999. Effects of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum L.).* Plant and Soil. **212**:207–217.