

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Vliv technologie zpracování půdy na výnos hrachu setého**

**Bakalářská práce**

Autor práce: Daniel Adam

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

2017

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv technologie zpracování půdy na výnos hrachu setého vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

## Poděkování

Poděkování z mé strany patří především doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za trpělivé vedení této bakalářské práce. Dále patří poděkování Ing. Janu Šabatkovi, CSc. za odbornou pomoc při psaní a realizaci práce. Za pomoc při realizování polních pokusů bych chtěl poděkovat členům rodiny a zúčastněným zaměstnancům rodinné společnosti Sibagro spol. s r.o.

# **Vliv technologie zpracování půdy na výnos hrachu setého**

## **The influence of tillage technology on the yield of pea**

### **SOUHRN**

Zpracování půdy je jednou z nejintenzivnějších a nejnáročnějších agrotechnických operací ve většině systémů pěstování rostlin po celém světě. Zpracování půdy má přímý vliv na rozmístění organické hmoty v půdě, mineralizaci, infiltraci vody a také utužení půdy. Rozdílné systémy zpracování půdy mají výrazně odlišující se vliv na tyto půdní vlastnosti. Tyto vlastnosti stavu pozemku mají vliv na růst kořenů, příjem živin a následně také na vývoj rostlin. Cílem pokusu bylo ověřit vliv technologie zpracování půdy na výnos hrachu setého.

V roce 2015 byly založeny pokusné parcely s rozdílnými systémy zpracování půdy (orba, hluboké a mělké kypření). Na jaře roku 2016 byl na pokusných parcelách zaset hrách setý bez jakékoliv předset'ové přípravy radličkovým secím strojem. Na podzim a na jaře bylo prováděno měření penetrometrického odporu na pokusných parcelách a bylo provedeno vyhodnocení rozdílů.

V průběhu vegetace byly odebírány rostliny hrachu. Na parcelách byly stanovovány BBCH fáze a dále byla stanovována hmotnost biomasy jednotlivých rostlin. Na konci vegetace byl stanoven výnos. Současně byla vypočtena produkce biomasy na plochu a byly sledovány rozdíly v tvorbě výnosotvorných prvků mezi variantami.

Mělké kypření mělo na počátku vegetace negativní vliv na nárůst biomasy rostliny hrachu oproti hlubokému kypření a orbě. Po zasetí a v průběhu vegetace spadlo dostatečné množství srážek a nevyskytovaly se žádné klimatické extrémny. To mohlo být důvodem, že se v průběhu vegetace rozdíly mezi jednotlivými variantami srovnaly. Porosty vzešly na všech variantách rovnoměrně a nebyl pozorován na základě fází BBCH žádný rozdíl ve vývoji porostů hrachu. Ve výnose hrachu setého byly pozorovány jen malé rozdíly, které nebyly statisticky průkazné. Výnos semen hrachu na všech variantách překonal hranici 5 tun z hektaru.

klíčová slova: zpracování půdy, výnosotvorné prvky, výnos, hrách setý

## **SUMMARY**

Tillage is one of the most intensive and most expensive agrotechnical operations in most systems of plant production around the world. Tillage has direct influence on organic matter distribution, mineralization, water infiltration and also soil compaction. Different systems of tillage have completely different impacts on these conditions. These properties of field conditions influence root growth, nutrient intake and also plant development. The goal of my experiment was to verify the effect of tillage on pea yields.

The experiment was set up in 2015. It included three different types of tillage (ploughing, deep loosening and medium cultivation) on three different parcels. Peas were sown without any seedbed preparation in spring 2016. Soil compaction was measured in the fall of 2015 and in the spring of 2016. An evaluation of differences among types of tillage was made after that.

Pea plants were taken during the vegetation several times. On every parcel the BBCH phases were specified and also the weight of the biomass of single plants. The yield was determined at the end of vegetation. At the same time production of the biomass per area was calculated and differences in the formation of yield elements among variants of an experiment were observed.

Medium tillage had a negative influence on the growth of biomass of pea plants at the beginning of vegetation compared to deep loosening and ploughing. It rained enough after sowing and during vegetation. There were not any climate extremes during vegetation. It may be the reason why the differences among the variants disappeared. The pea plants germinated on every parcel equally and no differences in the BBCH phases were seen. In the pea yields only small and statistically undetectable differences were seen. The pea yield worked out at over 5 tons per hectare.

keywords: tillage, yields parameter, yield, pea

## Obsah

Vliv technologie zpracování půdy na výnos hrachu setého.....	4
1 Úvod.....	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Luskoviny.....	10
3.1.1 Charakteristika čeledi bobovitých.....	10
3.1.2 Morfologie luskovin.....	10
3.1.3 Významné druhy luskovin.....	11
3.1.4 Využití luskovin.....	11
3.1.5 Vliv luskovin na půdu a jejich předplodinová hodnota.....	12
3.1.5.1 Fixace dusíku.....	12
3.1.5.2 Osvojování živin, rostlinné zbytky a vliv na půdní prostředí.....	14
3.2 Zpracování půdy.....	16
3.2.1 Konvenční zpracování půdy.....	16
3.2.2 Půdoochranné zpracování půdy.....	16
3.2.3 Půdní prostředí v různých systémech zpracování.....	17
3.2.3.1 Rozdílnosti v půdním životě.....	17
3.2.3.2 Rozdílnosti ve fyzikálním stavu půdy.....	19
3.2.3.3 Rozdílnosti s ohledem na plevely, choroby a škůdce.....	19
3.2.3.4 Rozdílnosti v rozvrstvení živin a látek v ornici.....	20
3.2.4 Zásady správného zpracování půdy.....	21
3.3 Hrách setý (Pisum sativum).....	23
3.3.1 Nároky hrachu setého na prostředí.....	23
3.3.2 Agrotechnika.....	26
3.3.2.1 Zakládání porostu hrachu jarního.....	26
3.3.2.2 Hnojení hrachu před setím a během vegetace.....	26
3.3.2.3 Ochrana proti plevelům.....	27
3.3.2.4 Ochrana proti chorobám.....	28
3.3.2.5 Ochrana proti škůdcům.....	29
3.3.2.6 Sklizeň.....	31
4 Materiál a metody.....	32
4.1 Pokusná lokalita.....	32
4.2 Schéma pokusu, zpracování půdy a agrotechnika porostů.....	33
4.3 Hodnocené charakteristiky.....	34
4.3.1 Penetrometrický odpor půdy.....	34
4.3.2 Vývoj porostů hrachu.....	34
4.3.3 Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy.....	34
4.3.4 Výnos semen.....	35
4.3.4.1 Výnos semen stanovený výpočtem.....	35
4.3.4.2 Výnos semen stanovený sklízecí mlátičkou.....	35
5 Výsledky.....	36
5.1 Zpracování půdy a agrotechnika porostů.....	36
5.2 Penetrometrický odpor půdy.....	38
5.3 Vývoj porostů hrachu.....	42
5.4 Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy.....	42
5.5 Výnos semen.....	45

6	Diskuze.....	46
6.1	Penetrometrický odpor půdy.....	46
6.2	Vývoj porostů hrachu.....	47
6.3	Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy a výnos semen.....	47
7	Závěr.....	50
1	Seznam literatury.....	51

# 1 Úvod

Zpracování půdy již tradičně patří v oblastech střední Evropy k pěstování rostlin na orné půdě a zároveň je to jedna z nejnákladnějších položek při pěstování rostlin. S postupným snižováním objemu dotačních plateb, se stagnací cen zemědělských komodit a nepříliš dobře dostupné pracovní síle v zemědělství je dnešním trendem snižovat časovou náročnost a co nejméně pěstování zatížit ekonomickými vstupy a tak udržet subjekty podnikající v zemědělství konkurenceschopné.

Zpracování půdy má významný vliv nejen z pohledu ekonomického a časového, ale má přímý dopad na strukturu půdy a její utužení a dále pak na aktivitu půdních organismů a s tím související mineralizaci půdní organické hmoty na minerální látky a jejich dostupnost pro rostliny. Zvyšování půdní úrodnosti nebo alespoň její udržování je vzhledem ke zhoršujícím se stavům polí prioritní záležitostí zajišťující trvale udržitelné hospodaření na orné půdě. Jedna z reakcí na tento zhoršující se stav bylo zavedení greeningu. Řada podniků tedy musela zařadit do osevního postupu jinou “novou” plodinu a to pro ně znamenalo pozměnit a přizpůsobit agrotechniku osevního postupu, především zpracování půdy předcházející založení porostu hrachu setého. Pokusem bylo tedy ověření funkčnosti různých způsobů zpracování půdy a s tím související založení porostu této plodiny na orné půdě a vyhodnocení vlivu zpracování půdy na jeho výnos.

V roce 2015 byl založen jednoletý pokus o třech variantách (orba, mělké a hlubší kypření). Sledován byl penetrometrický odpor po základním zpracování půdy a po zasetí hrachu. Dále byl v průběhu vegetace na těchto variantách sledován vývoj porostu hrachu setého s průběžným stanovováním produkce biomasy a při sklizni byl stanoven také výnos semen.



## 2 Cíl práce

Cílem práce bylo ověřit a posoudit vliv tří rozdílných systémů zpracování půdy na výnos hrachu setého.

V rámci tohoto pokusu bylo stanoveno následující:

1. Stanovit vliv systémů zpracování půdy na produkci podzemní a nadzemní biomasy hrachu setého během vegetace.
2. Posoudit vliv systémů zpracování půdy na výnosové parametry a výnos.

Ověřované cíle vycházejí z následujících hypotéz

H1 Systém zpracování půdy ovlivňuje produkci nadzemní a podzemní biomasy hrachu setého.

H2 Technologie základního zpracování půdy má vliv na tvorbu výnosotvorných prvků a na výnos hrachu setého.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Luskoviny

#### 3.1.1 Charakteristika čeledi bobovitých

Botanická skupina bobovitých čítá asi 650 rodů, ve kterých se nachází 18 tisíc druhů (Houba a kol., 2009). Skupina bobovitých je rozšířena kromě polárních oblastí a pouští téměř celosvětově. Tato bohatá čeleď zahrnuje jak dřeviny, jako je například severoamerický trnovník bílý, tak keře a byliny jako jsou například známé burské oříšky (podzemnice olejná) z Jižní Ameriky nebo velmi významná olejnina sója luštinatá pocházející pravděpodobně z Číny (Kincl a kol., 2008).

Rostliny z čeledi bobovité (*Fabaceae*) se označují vícero názvy. Prvním názvem jsou motýlokvěte, podle jejich květů připomínající motýly. Dalším názvem pro tuto skupinu jsou luskoviny. A to podle semen, které se vyloupávají z lusků, čili luští (Slavík, 1995).

Podle Houby a kol. (2009) se pojmem luskoviny dá označit jak porost luskovin, tak jejich semena. Pojem luštěniny charakterizuje jen a pouze semena luskovin. Dále dle těchto autorů můžeme skupinu bobovitých dělit na skupinu luskovin a jetelovin. Právě jejich příbuznost a podobnost v případě fixace vzdušného dusíku nám dává prostor pro označení těchto dvou skupin jako leguminózy.

#### 3.1.2 Morfologie luskovin

Květ luskovin je souměrný a pětičetný. Kalich bývá srostlý a korunní plátky volně skládající se z pavézy, dvou křídel a člunku. Luskoviny jsou rostliny cizosprašné a hmyzosnubné. Generativní orgány jsou ukryty uvnitř květu a pro hmyz jsou přístupné pouze v případě jejich fyzického kontaktu s květním celkem a zpřístupnění přes určitý mechanismus (pístový, klapkový, pružinový, kartáčový) (Pelikán a Hýbl, 2012).

Plodem luskovin je lusk. Ten je buď pukavý nebo nepukavý. Semeno se skládá ze dvou děloh (Slavík, 1995).

Lodyha může svou podobou velmi ovlivnit výnos. Lodyha je u některých druhů poléhavá (vikev, peluška, hrách) a to zřetelně znesnadňuje sklizeň. U dalších druhů jsou nasazovány na lodyze lusky velmi nízko a to (bob, sója). Pokud není pozemek rovný, může být sklizeň problémová (Houba a kol., 2009).

Listy u luskovin jsou velmi variabilní a nelze je jednoznačně charakterizovat. Nejvíce zastoupené jsou listy sudozpeřené zakončené úponky. Hlavními zástupci je hrách, čočka, vikev a bob. Dále lichozpeřené listy, do kterých řadíme cizrnu. Trojčetné listy má především fazol a sója. V poslední řadě jsou to listy dlanitě dělené, kam řadíme vlčí bob (Kincl a kol., 2008).

Mohutnost kořenové soustavy můžeme považovat za jeden z faktorů s velkým vlivem na výnos. Mohutnost kořenové soustavy můžeme hodnotit podle tří faktorů. Prvním je hloubka zakořenění, druhým je tloušťka hlavního kořene a třetím je schopnost kořenů se větvit. Čím mohutnější kořenová soustava je, tím větší má rostlina přístup k vodě a živinám a tím pádem je odolnější vůči stresu. Luskoviny se oproti obilninám vyznačují mnohem mohutnějším kořenovým systémem. V praxi to znamená, že se luskoviny na rozdíl od obilnin lépe vyrovnávají s přísušky a dokáží čerpat živiny z větších hloubek. Luskoviny jsou ale obecně náchylné na utužení půdy, které nedovoluje kořenům tak masivně pronikat do spodních vrstev půdy a tím svůj potenciál plně využít. Luskovinám prospívá půdní profil bez utužení s dobrou drobtovitou strukturou a příznivým provzdušením. Charakteristickým znakem kořenů luskovin je tvorba hlízek. S ohledem na symbiózu hlízkových bakterií s rostlinou a jejich správnou funkcí je klíčové také pH půdy, které by mělo být neutrální až slabě kyselé (Houba a kol., 2009).

### **3.1.3 Významné druhy luskovin**

Mezi významné druhy luskovin se řadí například fazol, bob, hrách, čočka, sója, lupina a mnohé další exotičtější druhy jako je vigna, podzemnice olejná aj. Luskoviny jsou jakožto plodiny většinou pocházející z teplých částí Asie nebo Ameriky velmi náročné na teplo. Do Evropy se dostala řada druhů buď s mořeplavci, nebo s obchodníky. Jako bílkovinná plodina, výrazně se odlišující od pěstovaných obilnin si našla na evropských polích rychle své místo (Houba a kol., 2009; Petr a kol., 1974; Petříková a Malý, 2000).

### **3.1.4 Využití luskovin**

Luskoviny jsou neobyčejnou skupinou. Symbiotickým soužitím s hlízkovými bakteriemi je zajišťována vysoká potřeba dusíku pro tyto plodiny bez nutnosti jejich hnojení dusíkem. Díky tomu si mohou luskoviny dovolit tvořit nať a semena s vysokým obsahem tohoto prvku. Proto semena luskovin obsahují vysoké procento bílkovin a současně rostlinné zbytky zanechávají v půdě velké množství kvalitní organické hmoty s příznivým poměrem C:N.

Luskoviny se pěstují jako pícniny ve směsích s trávami nebo jako plodiny pro suchá zrna nebo nedozrálé lusky či semena (Petříková a Malý, 2000).

Z nutričního hlediska mají luštěniny a jejich bílkoviny velmi kvalitní složení. Zajímavé je, že ve světě je jejich spotřeba velice rozdílná a pohybuje se od 2 do 20 kg zkonsumovaných na osobu. Hlavním faktorem dostupnosti luštěnin pro konzumaci je jejich produkce v dané oblasti světa a cenová relace. Semena luskovin jsou také nezastupitelnou složkou hospodářských krmných směsí (Houba a kol., 2009).

### **3.1.5 Vliv luskovin na půdu a jejich předplodinová hodnota**

Luskoviny mají na půdu příznivý vliv hned z několika hledisek. Jejich schopnost fixovat dusík je činí výjimečnou skupinou, kde není zapotřebí hnojení dusíkem nebo jen v omezené míře. Současně jsou skupinou, která tvoří vysoké množství kvalitní biomasy. To má za následek větší mikrobiologickou aktivitu půdy. Větší aktivita edafonu a výborná schopnost luskovin si živiny osvojovat ze staré půdní síly znamená zvýšení přístupnosti některých živin v půdě pro další plodiny. Souhrnně tyto faktory utvářejí tzv. výbornou předplodinovou hodnotu.

#### **3.1.5.1 Fixace dusíku**

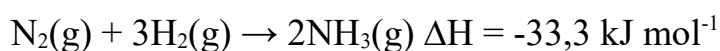
První nejdůležitější schopností luskovin je využívání vzdušného dusíku za součinnosti hlízkových bakterií ve svůj prospěch. Proces fixace dusíku patří k jednomu z nejstarších biochemických dějů na Zemi. Původní teorie tvrdila, že gen pro nitrogenázu se zřejmě vytvořil u organismů v doméně archea někdy před 3,5 miliardami lety. K dalším organismům z říše bacteria se dostal symbiózou nebo výměnou genetické informace. Nejnovější poznatky však uvádějí, že před tím musely i podmořské organismy nějak získávat dusík. Odvolávají se přitom na objev archebakterií, které dokáží fixovat dusík i při teplotě 92°C, to je objev dosud z prostředí s rekordně nejvyšší teplotou pro fixaci. Genová analýza navíc ukázala, že jde zřejmě o nejpůvodnější verzi genu pro syntézu nitrogenázy. Stáří biologické fixace dusíku je asi ještě o něco starší než původní údaj (University of Washington, 2016).

Dusík má ve stavbě organismů nezastupitelnou roli. Je složkou všech aminokyselin, bílkovin i enzymů. Na rozdíl od ostatních makrobiogenních prvků si dusík ze vzduchu rostlina nedokáže opatřit, protože molekula vzdušného dusíku  $N_2$  je velmi stabilní a jeho příjem a přeměna je takřka nemožný. Jeho přeměna na  $NH_3$  není bez enzymu nitrogenázy v těle organismu možná. Rostlina se proto musí spoléhat buď na určitou zásobu dusíkatých

minerálních látek v půdě (amonný dusík a nitráty), které se tam dostanou buď z mineralizovaných organických látek nebo jako produkt volně žijících fixačních bakterií, nebo na symbiózu s hlízkovými bakteriemi. Symbiotickým bakteriím poskytuje rostlina uhlíkaté produkty fotosyntézy jako zdroj energie, z toho má poté provizi ve formě minerálního dusíku, který může dále zabudovávat do svých struktur. Fixace dusíku je tedy biochemický proces, při němž některé druhy bakterií, ať už symbiotických s bobovitými, nebo volně žijící, zabudovávají atmosférický, málo reaktivní dusík, do molekuly  $\text{NH}_3$  (Alexander, 1984).

Mikroorganismy, které mají schopnost poutat dusík, se nazývají fixační nebo diazotrofní. Mezi ně řadíme nefotosyntetizující bakterie, jako jsou volně žijící *Klebsiella* spp. a bakterie žijící v symbióze jako jsou *Rhizobium* spp., *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* a *Allorhizobium*. Dále to jsou bakterie fotosyntetizující: *Rhodospirillum*, *Corynebacterium* spp., *Anabaena* spp. Další skupinou jsou bakterie volně žijící v půdě jako například rody *Azotobacter*, *Azomonas*, *Azotococcus* a *Beijerinckia* (Řepková, 2016).

Fixace dusíku můžeme chemickou rovnicí vyjádřit takto:



nebo i takto:



K fixaci dusíku jsou nezbytné několik enzymů: leghemoglobin a komplex nitrogenáza-nitrátreduktáza. Leghemoglobin je enzym skládající se ze dvou složek. První složkou je hemová skupina produkovaná bakteriemi, druhá složka je polypeptid (apoprotein) produkovaná rostlinou. Tento enzym je podobný krevnímu hemoglobinu, který na sebe váže kyslík v krevním řečišti během výměny plynů u některých živočichů. Právě této vlastnosti se využívá během fixace dusíku. Hlavní úkol leghemoglobinu je snižovat koncentraci kyslíku v hlízce, protože přítomnost kyslíku je při tomto procesu nežádoucí. I přesto, že na sebe leghemoglobin váže kyslík 10x intenzivněji než hemoglobin, obsahují ho hlízky vysoké množství – až 30% obsahu bílkovin v hlízce tvoří právě leghemoglobin. Tak vysoký obsah leghemoglobinu vytváří růžovou barvu aktivních hlízek (Řepková, 2016).

Enzym nitrogenáza se stará o vlastní fixaci dusíku. Jedná se o molekuly s obsahem atomů železa, labilní síry a molybdenu. Proces fixace je energeticky náročný a spotřebuje se při něm

16 jednotek ATP za vzniku jednoho molu NH<sub>3</sub>. Amoniak je ve vyšších koncentracích pro živou tkáň toxický, tudíž za přítomnosti dalšího enzymu nitrátreduktázy je amoniak zabudováván do neškodných sloučenin, jako je glutamin nebo kyselina glutamová, v této formě je dusík rozváděn pletivý dále po těle a poté je s ním nakládáno podle potřeby rostliny (Řepková, 2016).

Biologické systémy jsou ročně schopny celosvětově zafixovat zhruba 175 milionů tun dusíku ročně, proto je tento proces svou důležitostí srovnáván s fotosyntézou v koloběhu uhlíku. Jejich výkon při fixování se pohybuje v rozmezí desítek kg dusíku na ha (Tab. 1). Jelikož je to energeticky náročný proces, tak množství fixovaného dusíku závisí na příjmu energeticky bohatých surovin (Úlehlová, 1989).

Podle Alexadera (1984) se z důvodu rozmachu průmyslové výroby dusíkatých hnojiv a jejich dostupnosti pomalu zapomělo na praktické využití leguminóz jako přirozených poutačů dusíku a obohacovačů půdy dusíkem. S tím je ve shodě s Dou et al. (1994), kteří uvádějí, že alternativou ke hnojení minerálními dusíkatými hnojivy je využití luskovin jako podsevu k hlavní plodině.

Tab. 1: Výkon fixace dusíku (Richter, 2004).

Luštěnina/pícnina	Množství fixovaného dusíku do půdy (kg/ha)
Hrách	17 – 69
Bob	121 – 171
Lupina	121 – 157
Vojtěška	148 – 290
Jetel plazivý	128 – 268
Vikev	110 – 184

### 3.1.5.2 Osvojování živin, rostlinné zbytky a vliv na půdní prostředí

Luskoviny nejsou plodiny významné pouze z hlediska fixace a zanechání velkého množství dusíku v půdě. Dokáží si dobře osvojovat hůře přístupné živiny z půdy a díky jejich hlubokému kořenovému systému je dokáží čerpat z hloubek, kam se většina plodin nikdy nedostane. Tyto dříve špatně dostupné živiny jsou po sklizni plodiny uloženy v organických zbytcích, ze kterých jsou poté využity půdním edafonem a posléze dalšími plodinami v dobře přístupných formách (Hezký, 2009).

Konkrétně například z hlediska fosforu si luskoviny, ale také například řepka, dobře osvojují fosfor z půdy a zanechávají ho v organické podobě jako fyтин-fosfát v kořenových kanálkách. Z toho samozřejmě profituje následná plodina (Schönberger, 2016b).

Množství rostlinných zbytků hrachu závisí na mnoha faktorech, které mají jak pozitivní tak negativní vliv na výnos biomasy. Obecně je možné tvrdit, že luskoviny jsou plodiny, které zanechávají na poli v závislosti na druhu pět až deset tun kvalitní organické hmoty s velmi úzkým poměrem C:N (Torma a Vilček, 2016b). V tabulce 2 je uvedeno množství prvků, které zůstanou na pozemku v posklizňových zbytcích. Je zřejmé, že v provedených pokusech na Slovensku luskoviny předčily v množství zanechaného dusíku v půdě obě nejpěstovanější plodiny v našich podmínkách: řepku i pšenici (Torma a Vilček, 2016a).

Tab. 2: Množství hlavních makroživin, které zůstanou na pozemku poutané v organické hmotě (Torma a Vilček, 2016a).

Plodina	kgN/ha	kgP/ha	kgK/ha
Bob + sláma	298	34	288
Sója + sláma	132	14	72
Hrách + sláma	112	14	74
Fazole + sláma	192	17	115
Čočka + sláma	163	21	80
Ozimá řepka + sláma	107	22	157
Ozimá pšenice + sláma	79	14	88

Z tabulky 3 vyplývá, že luskoviny a jeteloviny koření hlouběji, než běžně pěstované plodiny. To souvisí se schopností napravovat strukturu půdy (Javůrek a Vach, 2008).

Tab. 3: Hloubka zakořenění jednotlivých plodin (Javůrek a 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 olejka	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

Souhrnně můžeme tvrdit o luskovinách, které jsou pěstovány buď jako hlavní plodina nebo jako součást meziplodin, že mají pozitivní vliv na půdní edafon, který má poté významný pozitivní vliv na strukturu půdy a její další vlastnosti (Houba a kol., 2009). To je v souladu tvrzením (Sweeney and Moyer, 1995), kde se autoři zmiňují, že nejde pouze o výhody spojené s vyšší sklizně, jde také o prokazatelné snížení penetrometrického odporu půdy a vylepšeních dalších vlastností půdy.

## **3.2 Zpracování půdy**

Zpracování půdy je jednou z nezákladnějších a energeticky nejnáročnějších pracovních operací v rámci celé agrotechniky. Tato operace by měla sloužit ke zlepšení stavu půdního prostředí a k vytvoření optimálních podmínek pro následnou plodinu (Fríd, 2008).

Půdu lze zpracovávat několika hlavními systémy. Podle Hůly a Mayera (1999) je můžeme rozdělit podle intenzity zpracování půdy, podle hloubky zpracovávání a jeho způsobu na dvě hlavní skupiny: konvenční a půdoochranné. K půdoochrannému zpracování se přiřazuje systém přímého setí, při kterém se půda kromě set'ové drážky nezpracovává.

### **3.2.1 Konvenční zpracování půdy**

Konvenční zpracování půdy je systém hospodaření na půdě s používáním k obracení orníčního profilu radličný pluh. Systém se vyznačuje svou vysokou intenzitou zpracování půdy, vysokým počtem pracovních přejezdů a svou vysokou energetickou náročností. Zároveň je konvenční zpracování charakteristické zaklápěním veškerých organických zbytků do spodku ornice a také zapravování a potlačování plevelných rostlin. U tohoto systému zpracování je také nutné nechat nekypřenou půdu přirozeně slehnout a využívat časové odstupy mezi jednotlivými operacemi. V našich podmínkách jde o léta ověřenou praxi, které je ale v posledních letech nahrazována ekonomičtější a šetrnějším způsobem zpracování. Konvenční systém používá, kromě orby také operace typické pro půdoochrannou technologii jako je podmítka a předset'ová příprava. Naopak operace jako je smykování a vláčení v půdoochranném systému nenajdeme (Hůla a Mayer, 1999).

### **3.2.2 Půdoochranné zpracování půdy**

Půdoochranné či konzervační zpracování se na rozdíl od konvenčního liší svou nízkou intenzitou zpracování ornice a tím pádem ponecháním velkého množství organických zbytků na povrchu. Při vynechání orby se snižuje pracnost a dochází k úspoře času, zároveň



se snižuje spotřeba nafty a dochází k úspoře nákladů (Hůla a Mayer, 1999).

Podle Hůly a kol. (2008) můžeme minimalizační technologii rozdělit a charakterizovat následovně. Za prvé jde o technologii s kypřením do malé hloubky s využitím občasného jednorázového hlubokého prokypření půdy. Za druhé o kypření, které zanechává na povrchu alespoň 30 % rostlinných zbytků a za třetí sem můžeme zařadit i přímě setí, kde se seje do nezpracované půdy. Podle Šabatky (2014) i když bude na pozemku 30 procentní zakrytí povrchu slámou, nemusí to nutně znamenat systém, který chrání půdu. Pokud je půda ve špatném strukturním stavu a nedokáže pojmout přívalové srážky, je tato půda velice náchylná k vodní erozi.

Současně, jak je popsáno u následujících autorů (Roldán et al., 2003) nulové zpracování jednoznačně snižuje půdní degradaci a erozi. K většímu rozmachu půdoochranného hospodaření na půdě pomohlo také používání totálních herbicidů, které vyřešili problémy s plevelnými rostlinami, které do té doby potlačoval pluh (Sprague et al., 1962).

### **3.2.3 Půdní prostředí v různých systémech zpracování**

Půdní prostředí se v obou systémech významně liší v mnoha faktorech. Mezi rozdílné faktory patří rozvrstvení organické hmoty a koncentrace prvků v různých vrstvách půdy, mikrobiologická aktivita a s tím související mineralizace, odbourávání toxických látek (např. reziduí pesticidů) a přístupnost prvků pro rostliny, erodibilita, množství a velikost pórů a únosnost půdy.

To vše má vliv na půdní úrodnost a je primárním úkolem její zvyšování, či alespoň udržování. Úrodnost je příznivě ovlivňována vysokým množstvím humusu, organickým hnojením, šetrným zpracováním půdy, správným a bohatým osevním postupem a omezením používání pesticidů (Kalina, 2016).

#### **3.2.3.1 Rozdílnosti v půdním životě**

Konvenčním hospodařením jsou spíše jednorázově podporovány mikroorganismy s krátkým generačním trváním a to má souvislost s krátkodobou a masivní mineralizací, půdoochranným zpracováním podporujeme spíše pomalejší, ale dlouhotrvající rozvoj půdního života. Brussaard et al. (1990) uvádí, že v konvenčním systému převládá biomasa bakterií vůči houbám, zatímco v půdoochranném systému jsou obě skupiny, co se týče množství biomasy téměř vyrovnané. Při intenzivnějším zpracování a při orbě se v půdě nachází obecně větší množství zmineralizovaného dusíku, než v systémech s mělkým kypřením nebo bez

zpracování. Minimální zpracování půdy nebo přímě setí spíše podporuje kumulaci organické hmoty v půdě, než jednorázovou mineralizaci (Waldorf et al., 2003). To potvrzuje i dlouholetý pokus prováděný na farmě Horsch v Německu. Na bezorebné variantě se kumuluje organická hmota namísto její masivní mineralizace. Z tohoto důvodu má bezorebná varianta tmavší odstín hnědé barvy než varianta s orbou. Tmavší odstín znamená větší podíl humusu a to může v konečném důsledku poskytnout vyšší výnosy plodin (Horsch, 2016). S tím je ve shodě (Armstrong et al., 2003), který ještě dodává, že nulové zpracování půdy má v dlouhodobějším horizontu dokonce pozitivní efekt na výnosy plodin a obsah dusíkatých látek v znu.

Hůla a kol. (2008) uvádějí, že nárůst půdní vlhkosti a nižší kolísání teplot v půdě při minimálním zpracování půdy je prospěšné pro rozvoj mikrobiálního života. To podporuje další skupiny organismů, a tím pádem i rozvoj biodiverzity edafonu v půdním prostředí. Minimalizační zpracování se tak může více přiblížit přirozeným ekosytémům, na kterých se žádné zpracování půdy neprovádí, než zpracování konvenční s orbou. V mikrobiologicky bohaté půdě se úměrně tomu zvyšuje množství enzymů produkovaných mikroorganismy, které mají za následek lepší uvolňování živin z půdního komplexu a jejich dostupnost pro rostliny. To samé platí pro utváření drobtovité struktury půdy. Půdní agregáty vytvořené biologickou činností jsou mnohem stabilnější, než uměle vytvořené agregáty mechanizací.

Zvláštní a zajímavou skupinou edafonu v půdě jsou žížaly. Žížaly svou činností v půdě, kdy přes jejich trávicí trakt projde obrovské množství materiálu, napomáhají rozkládat rostlinné zbytky a míchají je s anorganickými částicemi. Během svého života vytvářejí chodbičky v půdě, které mají vliv na provzdušnění půdního profilu. V chodbičkách se na jejich exkrementech a slizu na stěnách, který je bohatý na cukry, přživují další skupiny mikroorganismů. Jejich populace je touto činností žížal podporována a to má za následek vyšší mikrobiologickou aktivitu a stabilitu půdního ekosystému. Na povrch půdy vynášejí v exkrementech částice písku a jílu obohacené o organické výměšky, do spodních vrstev zase zanášejí zbytky organické hmoty. Pokud je žížal v půdě dostatek, dokáží v menší míře kompenzovat zpracování půdy a obracení ornice během konvenčního zpracování půdy nebo hlubšího kypření. Nepříznivý vliv na populace žížal má intenzivní a početné zpracování půdy. Zdroj uvádí, že v konvenčním systému po okopanině je v půdě až o třetinu méně žížal, než ve zpracování půdoochranném. Negativně působící jsou také utužené vrstvy v půdě bránící pohybu žížal, dále je to nedostatek organické hmoty sloužící jako jejich zdroj potravy, pesticidy a velmi nízké pH. Minerální hnojiva působí ve vysokých dávkách negativně, avšak

pokud přihlédneme k tomu, že hnojiva mají pozitivní vliv na množství vytvořené biomasy, je to v důsledku pro žížaly pozitivní skutečnost. Pro porosty luskovin však nejsou tak velká množství minerálních hnojiv nutná, protože většinou odpadá hnojení dusíkem, tudíž tento efekt luskoviny svou kvalitní biomasou bez výrazné potřeby minerálních hnojiv ještě zvýší. Pozitivně působícím faktorem jsou přiměřené dávky organických hnojiv a rozmanitý osevní postup se zastoupením víceletých plodin. Umělé vysazování žížal do půdy, která žížalám nevyhovuje, nemá smysl. Spíše by měla být snaha o to půdní prostředí přizpůsobit žížalám, které poté vytvoří početnější populaci a svůj pozitivní vliv na mikrobiologickou aktivitu půdy znásobí (Pomeresche et al., 2010).

### **3.2.3.2 Rozdílnosti ve fyzikálním stavu půdy**

Fyzikální stav půdy má přímý vliv na veškeré ostatní půdní vlastnosti. Především jde o provzdušnění a vodní režim půdy, které mají vliv na biologickou aktivitu, přístupnost živin a v konečném důsledku ovlivňují buď negativně či pozitivně úrodnost půdy a výnos plodin (Badalíková a Hrubý, 2001).

Rozdílné systémy zpracování půdy mají jednoznačně rozdílný vliv na fyzikální stav ornice a podorničí. Bylo zjištěno, že orba má vliv na nakypření, tedy snížení objemové hmotnosti, vyšší, než je tomu u minimálního zpracování půdy. Půda bez zpracování podléhá samovolnému zhutňování, má tedy v orniční vrstvě objemovou hmotnost nejvyšší. V podorničí je však tato skutečnost opačná. Orba má negativní vliv na objemovou hmotnost podorničí, především zhutňováním podbrázdí. Na orbě se v tomto případě může vytvořit zhutnělá vrstva zabraňující růstu kořenů. Stejná utužená vrstva se může vytvořit i v minimalizačních technologiích zpracování půdy pokud je půda zpracovávána kontinuálně pouze na jednu hloubku (Hůla a kol., 2008). To potvrzuje i (Javůrek a Vach, 2008).

Co se týče zasakování vody, jsou podle Hůly a kol. (2008) rozdíly mezi systémy zpracování půdy zřetelné. Na konvenčním zpracování půdy bylo pozorováno snížení průsaku vody do podorničí v hloubce orby. Pro bezorebné systémy je typické, že voda využívá spíše přirozené vertikální kanálky vytvořené žížalami a kořeny. Pro dobré zasakování vody jsou nežádoucí utužené vrstvy v obou systémech hospodaření.

### **3.2.3.3 Rozdílnosti s ohledem na plevely, choroby a škůdce**

Zpracování půdy má významný vliv na omezování a potlačování plevelů. Autoři uvádějí, že vzhledem k plevelům lze minimální zpracování půdy nahradit konvenčním způsobem

obdělávání. Hlavní rozdíl spíše ve změně plevelného spektra plevelů. Nízká intenzita zpracování bude mít spíše vliv rozmach vytrvalých druhů plevelů (Gill and Arshad, 1995). Podle Hůly a kol. (2008) se počet druhů na bezorebném zpracování snižuje, ale zvyšuje se počet plevelných jedinců na plochu. Jde hlavně o druhy jako je chundelka, heřmánkovec nebo svízel. Minimální mechanické zásahy jsou příznivé i pro rozvoj plevelů jako je pcháč a pýr.

Podle Šabatky (1999) je však řešení plevelů běh na dlouhou trať jak v konvenčním tak púdoochranném zpracování půdy. Podle něj je často zaplevelení neoraných pozemků sváděno hlavně na vynechání orby. Je však podivuhodné, že se lze setkat i se zaplevelenými oranými pozemky. Je to dáno spíše určitou technologickou nekázní redukcí plevelů než vlastním zpracováním půdy.

Výskyt rozdílnosti napadení chorobami je podle Bailey et al. (1992) spíše dáno vlivem ročníku než samotným zpracováním půdy. S tím se ztotožňují autoři Hůla a kol. (2008), kde potvrzují, že úroveň napadení je spíše záležitostí vlivu počasí než na zpracování a rozdíly jsou špatně dokazatelné. U některých chorob je však nárůst výskytu onemocnění a souvislost s redukováním zpracováním zřejmá. Jde hlavně o choroby pat stébel, fusária a kořenové hniloby.

Co se týče výskytu škůdců, je zřejmé, že púdoochranné zpracování půdy má za následek podpoření hmyzí populace vázaného púdu. Intenzita zpracování půdy může ovlivnit výskyt škůdců jak negativně tím, že se namnoží přirození predátoři škůdců, tak pozitivně vytvořením optimálního prostředí pro daného škůdce (Vach a Javůrek, 2010). Podle Hůly a kol. (2008) je nárůst populace škůdců na púdoochranném zpracování významný a je nutné se proti nim chránit chemicky.

#### **3.2.3.4 Rozdílnosti v rozvrstvení živin a látek v ornici**

Fosfor jako nepohyblivý prvek je při minimálním zpracování zamíchán pouze vrchní části ornice a dolů se proplaví maximálně jen několik centimetrů. Kořeny rostlin čerpají fosfor ze spodních vrstev a ten v organické hmotě zůstane opět na povrchu. V systému bez orby se tedy kumuluje fosfor ve vrchní vrstvě ornice. Aby rostliny přijímaly dobře fosfor a ten se k nim dobře transportoval, musí být vrstva s fosforem vlhká. V průběhu vegetace, ale dochází k opakovanému vysychání povrchu půdy a to omezuje příjem fosforu. V bezorebných systémech je tak vhodné aplikovat fosfor nikoliv na povrch rozmetadlem, ale přímo za radličkou do púdního depa během kypření nebo setí, kde je riziko vysychání minimální

a nehrozí tak špatná výživa rostlin fosforem. To samé platí v menší míře i pro draslík. Naopak u ostatních prvků, které se dobře pohybují v půdním roztoku, aplikace do půdy postrádá význam (Horsch Maschinen GmbH, 2013).

Opačnou tendenci než u fosforu je možno pozorovat v chování vápníku a hořčíku. Tyto dva prvky se z důvodu neobracení ornice více splavují do spodních vrstev půdy. Bylo prokázáno, že v bezorebném hospodaření se proplavují tyto dva prvky až dvakrát intenzivněji než při obracení ornice pluhem (Blevins et al., 1983).

### **3.2.4 Zásady správného zpracování půdy**

Zpracování půdy má mnoho funkcí. Obecnou funkcí zpracování je usměrňování podoby půdy k optimálnímu stavu, který nebude nijak omezovat růst plodiny. Současně má zpracování půdy za úkol regulovat plevel, promísit posklizňové zbytky s půdou, zapravit hnojiva odstranit utužení apod. Jakými metodami tohoto optimálního stavu dosáhneme je více či méně jedno. Podle Šabatky (1999) je často probíraná teze, jestli orat či neorat, mnohdy špatně položena. Zpracování by mělo cílit spíše na kvalitu provedení práce, než na nářadí, kterým je práce prováděna. Samozřejmě je zapotřebí volit takovou filozofii zpracování půdy, která umožní racionálnější způsob podnikání v zemědělství.

Podle Šabatky (2014) mezi hlavní úkoly zpracování půdy patří:

- Přerušení kapilarity půdy
- Umožnění vyklíčení plevelů a výdrolu předplodiny
- Zapravení posklizňových zbytků
- Zajištění prostoru pro jemné kořeny
- Odstranění utužení půdy a vytvoření místa pro hluboké kořeny
- Podpoření hospodaření s humusem
- Zamezení splavování jílovitých částic do spodních vrstev ornice
- Vytvořit předpoklady pro výsev a optimalizovat vývoj v raných stádiích růstu

Podpoří klíčení výdrolu a plevelů, zamíchání posklizňových zbytků do půdy, přerušení kapilarity půdy a zamezení ztrátám zásob vody má za úkol zpracování půdy po sklizni neboli podmítka. Tato pracovní operace je společná pro oba způsoby zpracování půdy. Ztráta vody může činit 2 až 4 mm vodního sloupce na den, z tohoto důvodu je žádoucí provést podmítka hned “za kosou”. Hloubka zpracování pro klíčení a vzcházení výdrolu a plevelů je dostačující kolem 50 – 80 mm. To samé platí pro sílu izolační vrstvy půdy zabraňující odparu vody. Současně by podmítka měla zajistit rovnoměrné rozložení rostlinných zbytků

ve zpracovávané části ornice a také rovnoměrné rozmístění slámy po pozemku. Tohoto stavu lze dosáhnout pouze, pokud je velmi nízké strniště. Žádný kombajn ale nedokáže sekat nízké strniště na nerovném pozemku, důsledkem toho je neschopnost podmiťáče držet přesně definovanou hloubku zpracování. Z toho důvodu pak není dosaženo potřebné kvality provedené práce (Šabatka, 2014). S tím se ztotožňuje i Hůla a kol. (2008), kde také tvrdí, že kvalita podmínky je závislá především na kvalitě předchozích pracovních operací. Rovný pozemek by měl být prioritou zpracování půdy. Po kvalitní podmítce úspěšněji vzhází výdrol a semena plevelů, které můžeme v mezíporostním období likvidovat chemicky či mechanicky.

Dalším úkolem při zpracování půdy je odstraňování utužených vrstev z půdního profilu. Utužené vrstvy negativně ovlivňují vodní a vzdušný režim půdy a aktivitu edafonu. Zároveň mají významný omezující vliv na prorůstání kořenů profilem i na správnou tvorbu bulv u cukrové řepy (Würfel et al., 2002). Podle Šabatky (2014) při kvalitním zpracování půdy a dobré struktury se nám dostávají procesy v půdním prostředí, jako je mineralizace a humifikace, do rovnováhy a to má významný vliv na půdní úrodnost. Pro pěstitele může být zřetelnější problém v utužené půdě s horším pronikáním kořenů do hloubek, což má především v suchých ročnicích negativní vliv na výnos pěstované plodiny (Horsch Maschinen GmbH, 2011).

Při hloubce a intenzitě zpracování půdy by mělo být přihlíženo k podobě kořenového systému dané plodiny. Pro obilniny platí, že se jejich kořenový systém rozprostírá ve vrchních částech ornice a do hloubky od povrchu pronikají do podorničí jemné kořínky strukturní půdou poměrně snadno. Zpracování půdy pro obiloviny by mělo být spíše mělčího rázu s ohledem na dobrou strukturu spodních vrstev. Plodiny tvořící kůlový kořen jako například řepka, mák a cukrovka, by měly mít půdu nakypřenou hluboko. Jelikož jejich kořenový systém není tak bohatě rozvětvený ve vrchní vrstvě ornice jako je tomu u obilnin, stačí pro tyto plodiny hluboké kypření alespoň v pásech (strip-till). Naopak hluboké nakypření ornice vyžaduje například kukuřice tvořící tlusté kořeny, které nemají tak velkou schopnost pronikat do utuženějších a nestrukturních půd nebo do dlouho nekypřených a slehlých vrstev například po vymrzající meziplodině (Šabatka, 2014). Zpracování půdy pro hrách se řídí spíše předplodinou a stavem pozemku. Možností je i založení porostu hrachu do nerozpracovaného strniště (Vach a Javůrek, 2011). Utužování půdy by se mělo předcházet snižováním hmotnosti mechanizace, volbou vhodnějších pneumatik, pracovního nářadí a zpracováváním půdy za optimální půdní vlhkosti. Současně by mělo být dbáno na snižování počtu přejezdů a dodávání organické hmoty. Při nápravě utužení by mělo být primárně provedeno prokypření

pozemku podrývákem nebo dlátovým kypričem a následně by měla být půda stabilizována například hlubokokořenícími plodinami. Kořeny těchto plodin dokáží zvyšovat únosnost půdy a snižovat náchylnost ke zpětnému utužení (Javůrek a Vach, 2008). Při mechanické nápravě utužení ale i při běžném zpracování půdy, by se mělo dbát na výběr vhodných pracovních orgánů, tvarů a šířek dlát (Baur et al., 1995).

Další pracovní operace, která se uskutečňuje jak v konvenčním tak půdoochranném zpracování je předseťová příprava pozemku. Ta má za úkol přerušit kapilaritu a snížit evaporaci, zvýšit teplotu svrchní části ornice pro rychlejší vzházení hlavně teplomilnějších plodin a zároveň zničit vzešlé plevele a výdrol. Na druhou stranu je předseťová příprava další přejezd techniky po nakypřené půdě před vlastním setím a vzniká utužení ve vrstvách mezi 8 – 18 cm zhruba na polovině plochy pozemku. V dnešní době, kdy je na trhu dostupné dostatečné množství kombinovaných secích strojů, se tato pracovní operace jeví jako kontraproduktivní (Brant a kol., 2016).

### **3.3 Hrách setý (*Pisum sativum*)**

Hrách náleží do čeledi bobovité (*Fabaceae*) a je velmi rozšířenou luskovinou, která je významná především jako významný zdroj potravy pro mnoho obyvatel Země i pro hospodářská zvířata. Hrách je významným zdrojem bílkovin, minerálů a vitamínů. Hrách je jednoletá pnoucí se rostlina, která tvoří bohatě větvený křivý kořen, který je schopen kořenit až do hloubky 1,2 m. Lodyha je velmi řídko rozvětvená. Listy jsou sudopříčné, zakončené palistí nebo úponkou. Květenství je hrozen, tvořící 1 – 3 květy. Plodem je luska, ve kterém jsou ukryta semena (Houba a kol., 2009).

#### **3.3.1 Nároky hrachu setého na prostředí**

Jak by mělo vypadat ideální půdní prostředí související se zpracováním půdy je popsáno v předešlých kapitolách. Prioritou by mělo být dosažení optimálního stavu půdy, který má pozitivní vliv na všechny plodiny. Pouze poté jsou schopny dosáhnout maximálního výnosu. Konkrétní nároky hrachu na prostředí jsou podle Petra a kol. (1974) následující. Hrách se nejlépe daří na půdách hlinitých, hlinitopísčitých až písčitohlinitých. Na půdách těžkých lze taktéž hrách pěstovat, avšak zde může být problém se zhutněním a provzdušněním půdního profilu. Provzdušnění je především důležité pro bezproblémovou činnost hlízkových bakterií žijících na kořenech, které poutají vzdušný dusík. Co se jinak týče půdního druhu, nemá hrách příliš vysoké nároky a spíše se jeví jako plastická plodina. Ovšem nevhodné jsou

půdy kyselé, zamokřené, utužené a zasolené. Především nevhodný je krátký odstup hrachu v rámci osevního postupu, který by měl být alespoň 6 let. Kratší intervaly vykazovaly snížení výnosů semen. Jedním z nejdůležitějších faktorů pro pěstování hrachu je půdní reakce. Úprava půdní reakce či úprava pH by při pěstování hrachu měla být nedílnou součástí agrotechniky. Hrách je plodina, která vyžaduje neutrální reakci půdy, stejně jako hlízkové bakterie. Vápník jako takový je jedním z nepostradatelných prvků podílejících se na fyziologických procesech v rostlině. Hodnota pH rozhoduje o přijatelnosti prvků z půdního komplexu rostlinami a taktéž o rozpustnosti některých hnojiv a živin. Při velmi nízkém pH jsou z půdního roztoku dostupnější pro rostliny těžké kovy, což je nežádoucí pro rostlinný metabolismus i pro následnou kvalitu sklizených produktů.

V šedesátých letech minulého století se navyšovalo procento ploch orné půdy s hodnotou pod pH 5,5, tento pokles byl důsledkem nejen používání většího množství fyziologicky kyselých hnojiv, ale také vlivem imisí i ztrátami vyplavením vápníku. Na tento problém se zareagovalo postupně se zvyšujícími dávkami vápenatých hnojiv. I přes postupně zvyšující se dávky vápnění bylo zastaveno zvyšování podílu kyselých ploch s ornou půdou až v osmdesátých letech minulého století. Se změnou zemědělské politiky po roce 1989, kleslo množství dodávaných vápenatých hnojiv zhruba na 10 % hodnoty let předešlých (Mezuliánik, 2001). Půdy se zatím ani přes výrazný propad vápnění nijak výrazně neokyselují. Tento stagnující stav mají za následek především velmi vysoké dávky vápníku v hůře rozpustných formách aplikované za minulého režimu, které jsou v půdě přítomny dodnes. Taktéž pozitivní pro půdní reakci jsou nízká množství kyselých spadů z atmosféry (Ministerstvo zemědělství ČR, 2016). Současná průměrná hodnota pH půd v České republice je na hodnotě 6,1 a pravidelné vápnění by mělo být prováděno na 72 % zemědělské půdy (Smatanová a Sušil, 2016).

Úprava půdní reakce, či její udržování, by mělo být prioritní záležitostí. Při vápnění se do půdy dostávají kationty vápníku, které drží půdní částice od sebe a tím pomáhají vytvářet drobtovitou strukturu půdy. To má za následek udržení stavu pozemku ve strukturním stavu s optimálním množstvím pórů a s dobrým vzdušným režimem. Taková půda má větší únosnost a také pojme větší množství vody. Zasakování vody v období srážek je mnohem intenzivnější a trvá mnohem delší dobu, než u půdy nestrukturní. V takové půdě se zadrží více srážek a neodtečou z pozemku pryč, tím je výrazně zabraňováno vodní erozi. Tento jev je poté možné využít v období sucha, kdy má půda větší vodní zásobu a voda je rostlinám k dispozici po delší období. To má v důsledku pozitivní vliv na výnos jakékoliv plodiny (Šabatka, 2014).

Dávka vápnění by se měla stanovovat s ohledem na půdní druh a s tím související kationtovou



výměnnou kapacitu. Lehká půda, kde je menší procento jílovitých částic, nemá tak velkou schopnost kationty držet jako půda těžká. Proto se velikost dávek při vápnění na různých druzích půd bude výrazně lišit, jak je popsáno v tabulce 4 (Schönberger, 2016a).

Tab. 4: Potřeba vápnění (Schönberger, 2016a).

Půdní druh	písčítá půda		hlinitopísčítá		písčitohlinitá		hlinitá		jílovitá	
KVK	90		120		150		200		250	
cílové pH	5,6-6,0		6,0-6,3		6,3-6,7		6,7-7,0		7,0-7,2	
současný stav a potřeba vápnění	pH	kg CaO	pH	kg CaO	pH	kg CaO	pH	kg CaO	pH	kg CaO
C	5,4	600	5,8	800	6,1	1000	6,4	1500	6,8	1500
B	5,0	1500	5,6	2000	6,0	2000	6,3	2000	6,5	2000
A	4,5	3000	5,2	3000	5,5	3000	6,0	3000	6,2	3000

Informace v této tabulce jsou uvedeny pro meliorační vápnění, pro udržovací vápnění platí hodnoty okolo 600-1000 kg CaO na hektar v rámci osevního sledu. Na zásaditější půdy je vhodné aplikovat pálené vápno, to má ze všech vápenatých hnojiv nejrychlejší účinek, ten se může projevit během několika týdnů. Na druhou stranu do kyselých půd se kromě páleného vápna a vápenatých hydrátů hodí také uhličitanové formy hnojiv, jako jsou například dolomity. Při pH nižším než 6 se vápenatá hnojiva s uhličitanovou formou rozpouštějí v půdě rychleji, tudíž jejich účinku lze dosáhnout v kratším intervalu, než na půdách zásaditějších. Rozhodující je také namletí vápence. U velmi jemně mletých se dá očekávat účinek dříve než při hrubě namletém materiálu. Na rozpustnost uhličitanů má pozitivní vliv také vysoká biologická aktivita půd. U dolomitů se projevuje rychlost účinku v závislosti na pH půdy a stupni namletí a odpovídá období kolem 2 – 6 let. Nejpozději se účinek projeví u hutních vápen a u hořečnatých slínů (Schönberger, 2016a).

Na kyselých půdách je vápnění žádoucí z důvodů uvolnění molybdenu a fosforu z nerozpustných železitých a hlinitých forem do forem přijatelných rostlinami. Kvůli přístupnosti fosforu by se naopak nemělo vápnit na zásaditých půdách, ten se poté váže pro rostliny do nepřístupných vápenatých forem (Schönberger, 2016a). Optimální hodnota pH půdy by se měla pohybovat v závislosti na půdním druhu v rozmezí 5,8 až 7,2 (Schönberger, 2016c).

## 3.3.2 Agrotechnika

### 3.3.2.1 Zakládání porostu hrachu jarního

Půdní prostředí by mělo být co nejvíce v optimálním stavu, tedy s perfektní strukturou, s bezproblémovým vzdušným a vodním režimem a s optimální půdní reakcí pro daný půdní druh jak je popsáno v předešlých kapitolách. Samotné zakládání porostu by poté mělo být už jen rutinní záležitostí (Šabatka, 2014).

Podle doporučení společnosti SELGEN se porosty hrachu jarního mají zakládat co nejdříve z jara. Optimální šířka řádků by se měla pohybovat v rozmezí 0,10 – 0,20 m, stačí tedy klasická rozteč jako pro obilniny. Hloubka uložení osiva dle doporučení odpovídá 50 – 70 mm. Výše výsevku se přizpůsobuje vždy podle podmínek stanoviště a odrůdě pěstovaného hrachu, většinou jde o hodnotu v rozmezí 0,9 – 1,0 milionů klíčivých semen na hektar (selgen.cz, 2016). Podle Houby a kol. (2009) nižší výsevek nedokáže kompenzovat chybějící počet jedinců na jednotku plochy.

### 3.3.2.2 Hnojení hrachu před setím a během vegetace

I když si hrách dobře osvojuje fosfor z půdy, není ho z pochopitelných důvodů schopný “vykouzlit” tudíž je nutné při nedostatečné zásobě fosforu v půdě tento prvek dodat jako součást fosforečných hnojiv (Schönberger, 2016b). Hrách ale na zvýšení produkce při hnojení minerálními hnojivy vykazuje slabou reakci (selgen.cz, 2016). Hnojení fosforem, ale i draslíkem a hořčíkem by se mělo provádět na základě rozborů obsahů prvků v půdě. Těmito prvky hnojíme především půdu, nikoliv plodiny a dávku volíme podle odběru a intenzity produkce (Neuberg a kol., 1995).

Odběr živin hrachem na 1 tunu semene a odpovídající množství slámy je zhruba 63 kg N, 17 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 45 kg K<sub>2</sub>O, 6 kg MgO a 35 kg CaO. Hrách pozitivně reaguje na vyšší množství fosforu a vápníku v půdě, z mikroprvků pozitivně reaguje na hnojení molybdenem (Richter, 2005).

Vyšší hladina dusíku v půdě působí na hrách na rozdíl od jiných plodin kontraproduktivně. Hlízkové bakterie při vyšším množství minerálního dusíku snižují svou činnost a hnojení dusíkem se stává neefektivní. Dokonce zdroj uvádí, že hrách reaguje na větší množství zaorané slámy do půdy pozitivně (selgen.cz, 2016)

### 3.3.2.3 Ochrana proti plevelům

Hrách má slabou konkurenční schopnost a je velmi citlivý na působení plevelů. Jako plodina pěstující se v mnoha různých klimatických podmínkách a lokalitách je hrách zasažen velmi širokým plevelným spektrem. Naštěstí ale existuje do hrachu uspokojivé množství herbicidních látek, tudíž lze velmi účinně potlačovat téměř veškeré plevelné druhy. Herbicidně můžeme v porostech hrachu zasahovat v několika termínech. Preemergentně tzn. max. do tří dnů po zasetí hrachu, časně postemergentně při výšce hrachu několika centimetrů neboli po vzejití porostu a poté postemergentně v průběhu vegetace postemergentními herbicidy (Kazda a kol., 2010). Avšak žádoucí je potlačování některých vytrvalých plevelů jako je pcháč oset a pýr plazivý již v předplodině a nebo po její sklizni totálními herbicidy na bázi glyfosátu.

Proti dvouděložným jednoletým plevelům při preemergentním ošetření jsou na výběr účinné látky *linuron*, *aclonifen*, *clomazone*, *prosulfocarb*, *S-metolachlor*, *pendimetalin*. Přípravky s obsahem účinné látky *imizamox*, který má kromě dvouděložných jednoletých plevelů účinek také na plevele trávovitého typu, jako je ježatka kuří noha, oves hluchý a pýr plazivý, lze aplikovat jako součást přípravku Escort Nový a Corum i časně postemergentně. Pro postemergentní aplikaci herbicidů jsou k dispozici přípravky s účinnými látkami jako je kontaktní *bentazone* a systemický *MCPB* účinný taktéž proti pcháči (Katalog přípravků na ochranu rostlin, 2017; Kazda a kol., 2010).

Při preemergentní aplikaci je prioritou zasáhnout široké plevelné spektrum, bez nutnosti pozdějšího opravování aplikace listovými herbicidy. Vhodné je také kombinování účinných látek a tím účinněji zasáhnout širší plevelné spektrum. Při preemergentní aplikaci by měl mít pozemek kvalitně připravený povrch bez hrud a bez velkého množství organické hmoty na povrchu, jinak hrozí špatná účinnost těchto herbicidů. Pokud dojde ke zpoždění preemergentní aplikace a jsou tyto přípravky aplikovány na již vzešlý porost, může dojít k herbicidnímu poškození vzešlých rostlin (Kazda a kol., 2010). K herbicidnímu stresu může dojít i při větších srážkách a splavení reziduí naaplikovaných přípravků hlouběji do půdy k uloženým semenům. Takový stres se poté projevuje pomalejším růstem, deformacemi, ztrátou barviv a nakonec odumřením rostliny hrachu (Bittner a Spáčil, 2001).

Proti trávovitým plevelům je možno použít široký výběr postemergentních graminicidů, které mají při vyšších dávkách také spolehlivý účinek na pýr plazivý (Kazda a kol., 2010). Hrách je taktéž možné odplevelovat mechanicky branami. Kromě potlačování plevelů je výhoda tohoto nechemického zásahu v rozrušení půdního škraloupu a tím dosažení lepšího

růstu, v neposlední řadě se touto operací vyhneme nežádoucímu herbicidnímu stresu (Houba a kol.,2009).

### 3.3.2.4 Ochrana proti chorobám

Během vzcházení a v počátcích růstu jsou rostlinky hrachu ohroženy širokou škálou půdních patogenních organismů. Ty způsobují odumírání vzešlých rostlin hrachu nebo dokonce napadnou a zničí hrách dříve než vzejde. Konkrétně jde o půdní organismy z rodu *Pythium*, *Rhizoctonia* a *Fusarium*. Ochrana proti těmto chorobám je spíše preventivního rázu a to především týkající se půdního prostředí. Především důležité je mít půdu s optimálním vodním i vzdušným režimem, neutuženou a nepřemokřenou s optimální půdní reakcí. Další možnosti ochrany je například dodržení odstupu v osevním postupu v pěstování hrachu na pozemku v případě výskytu onemocnění minimálně 4 roky. Zdravé a vitální namořené osivo by mělo být pro intenzivní pěstování samozřejmostí (Kazda a kol., 2010).

K dispozici jsou mořidla s fungicidními účinnými látkami *fludioxonyl* + *metalaxyl-M* a *carboxin* + *thiram*. Současně je k dispozici insekticidní mořidlo s účinnou látkou thiamethoxam proti listopasům a kyjatce jakožto přenašeči viróz (Katalog přípravků na ochranu rostlin, 2017).

Další snahou pěstitele by měla být ochrana proti virovým chorobám luskovin. Příznaky virových chorob se objevují již na počátku května. Ochrana spočívá v časném ošetřování porostu hrachu proti vektorům těchto viróz (Kazda a kol., 2010). V posledních letech se pěstování luskovin velmi rozšířilo po celé Evropě. Svůj podíl na tom má především rozmach ekologického zemědělství a politika “rozmanitých osevních postupů”, při kterých se podíl ploch pěstovaných luskovin zvyšuje. Při nárůstu ploch luskovin se nutně zvyšuje populace škodlivých organismů, jako jsou například původci houbových chorob, především však přemnožení škůdců, to potvrzuje časný a masivní nálet listopasů v počátku vegetace. Přemnožení se týká především vektorů virových onemocnění jako je kyjatka hrachová, černá mšice bobová, mšice broskvoňová atd. V Německu byly zaznamenány plošné výskyty nejen žluté mozaiky hrachu ale také málo prozkoumaného RNA nanoviru. K šíření virových onemocnění přispívá také pěstování luskovin jako meziplodin, které tvoří tzv. zelený most. Současně je třeba dávat pozor na přezimující porosty ozimého hrachu a ozimého bobu. Na těchto plochách se uzavírá cyklus mnoha vektorů a virů, tudíž problém s virózami a přenašeči je ještě masivnější. Zakládání porostů luskovin po zimě v sousedství ozimých porostů luskovin by nemělo být z těchto důvodů dovoleno (Schönberger, 2016d).

V dubnu se projevují na hrachu příznaky napadení hrachu plísní hrachu (*Perenospora pisi*). U této choroby je výskyt spíše lokálního významu závislý především na ročníku. K ošetření není registrována žádná účinná látka, avšak dobrý účinek poskytují fungicidy proti rodu *Perenospora* například *azoxystrobin*.

V dalším měsíci květnu se můžeme setkat s napadením hrachu kořenovými hnilobami doprovázené většinou patogenem *Fusarium* spp., proti těmto chorobám je možné se chránit především správnou pěstitelskou praxí. Fungicidní ošetření je většinou zbytečné a nerentabilní (Kazda a kol., 2010).

V červnu se výrazněji projevují choroby, které mají na svědomí *Ascochyta pisi*, *Mycosphaerella pinodes* a *Phoma medicaginis*. Jde o skvrnitosti nadzemních částí rostliny hrachu. Při dlouhodobějším ovlhčení listů v porostu začíná škodit také *Botriotynia fuckeliana*. Proti těmto chorobám taktéž nemáme registrovanou žádnou účinnou látku. Účinná je však preventivní aplikace, či aplikace při počátku napadení. Jde o látky *carbendazim*, *chlorothalonil*, *iprodione*, *fludioxonil*, *vinclozolin*, *thiophanate-methyl* a *benomyl* (Kazda a kol, 2010).

Mezi poslední patogeny patří také padlí (*Erysiphe pisi*), které se masivněji vyskytuje v obdobích s větším množstvím rosy a s výrazným kolísáním denních a nočních teplot. Proti této chorobě jsou k dispozici, avšak neregistrované, některé azoly, či registrovaná elementární síra k preventivnímu ošetření. Ke konci vegetace se v porostu může objevit i rzivost (*Uromyces pisi*), jde ale v našich podmínkách o vzácnou a nevýznamnou chorobu, že se ošetření nevyplatí provádět (Kazda a kol., 2010).

Hrách setý je také hostitelem hlízenky obecné (*Sclerotinia sclerotiorum*). Jedinná povolená ochrana proti hlízence v hrachu je použití biologického přípravku Contans WG (Katalog přípravků na ochranu rostlin, 2017). Ten se doporučuje aplikovat v osevních postupech preventivně před setím či po sklizni hostitelské plodiny v rámci celého osevního postupu. Primárně jde o osevní postupy s vysokým podílem řepky, kde nám přípravek dovolí udržovat interval pěstování hostitelských rostlin v krátkých odstupech (Schönberger, 2016b).

### **3.3.2.5 Ochrana proti škůdcům**

Hrách je jako většina plodin napadán škůdci od počátku vegetace. Podle Kazdy a kol. (2010) je prvním hmyzím škůdcem jsou dospělci listopasů (*Sitona*). Listopas provádí na vzešlých rostlinách hrachu okrajový žír listů. Pokud je růst hrachu nějakým vnějším vlivem omezován,

jako je například sucho, málo slunečního záření apod., je hrách zranitelnější. Pokud má naopak dobré podmínky k růstu a dokáže “růst rychleji než ho listopas dokáže žrát”, je poškození listopasem zanedbatelné a poškození tak nemá velký negativní výnosový vliv. Ošetření proti listopasům můžeme provést nějakým z registrovaných jednoduchých pyrethroidů. Konkrétně jde o účinné látky *zeta-cypermethrin* a *lambda-cyhalothrin* (Katalog přípravků na ochranu rostlin, 2017).

Významným škůdcem hrachu a přenašečem viróz je mšice kyjatka hrachová. Kyjatka škodí sáním a při přenosu virového onemocnění hrách žloutne a nasazuje menší počet lusků (Kazda a kol., 2010). Jelikož je kyjatka málo migrující druh, v některých případech stačí provést ošetření pouze okrajů pozemku. Proti kyjatce můžeme ošetřovat jednoduchými pyrethroidy. Ale vzhledem k tomu, že jde o kontaktní insekticidy, jejich účinnost bývá nedostatečná. Proto je na místě ošetření systemickými insekticidy na bázi organofosfátů (*chlorpirifos*) nebo neonikotinoidů (*thiacloprid*). Vhodný je taktéž vysoce selektivní insekticid *pirimicarb* (Katalog přípravků na ochranu rostlin, 2017). Trásněnka hrachová, která škodí také sáním, saje především na poupatech a květech. Ošetření proti trásněnkám je vhodné spojit s ošetřením proti kyjatkám (Kazda a kol., 2010).

Generativní orgány napadá škůdce zrnokaz hrachový. Tento škůdce je rozšířen hlavně v teplejších oblastech jako je jižní Morava a nebo Polabí. V porostu se začíná vyskytovat už v průběhu kvetení a začíná klást vajíčka, ze kterých se zanedlouho začínají líhnout larvy, ty se poté vyvíjejí skrytě v lusku. Je to karanténní škůdce, který přežívá v semenech, jeho odstranění se provádí zplynováním osiva. Škůdce významně snižuje hmotnost semen a klíčivost. Na ochranu proti tomuto škůdci je povolen pouze kontaktní pyrethroid *lambda-cyhalotrin*, tudíž je ošetření nutné provést už na začátku kvetení, kdy máme šanci zasáhnout v porostu brouka, nebo poté použít jiný systemický přípravek, který má na zrnokaze významnou vedlejší účinnost (Kazda a kol., 2010).

Podle (Kazda a kol., 2010) je podobným škodlivým hmyzem taktéž napadající generativní orgány motýlek obaleč hrachový. Dospělec se objevuje v porostech hrachu na konci kvetení a na počátku tvorby lusků. Jejich nálet lze monitorovat pomocí feromonových lapačů. Pokud nejsou lapače k dispozici, provede se ošetření při dokvétání porostu. Motýlek po náletu začíná klást v porostu vajíčka. Líhnoucí se housenky se vyvíjejí uvnitř lusku a vyžírají rostoucí semena. Výrazně znehodnocuje úrodu, snižuje klíčivost a hmotnost semen.

### **3.3.2.6 Sklizeň**

Sklizeň hrachu je nejnáročnější operací. Při nestejném dozrání je vhodné do porostu aplikovat desikant. Hrách se sklízí nejčastěji přímo a z důvodů častého poléhání hrachu sklízíme s nasazenými zvedáky na liště sklízecí mlátičky. Z důvodů rozpadávání semen na půlky je kvůli zachování kvality hlavně osivářské produkce vhodné sklízet při vyšší vlhkosti pohybující se v rozmezí 15 – 18 % i vyšší. Sklizeň vlhčího hrachu je poté odkázána na dosoušení (selgen.cz, 2016).

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Pokusná lokalita

Parcely pro tento pokus se nacházely na pozemku v katastrálním území Dolní Borek v obci Neustupov s nadmořskou výškou zhruba 535 m n. m. Na tomto pozemku je lehčí hlinitopísčité půda s výrazným podílem většího skeletu. Hloubka ornice je kolem 0,3 m a podorničí je písčité. Zpracování na tomto pozemku je více než deset let bezorebné se střídáním hloubky kypření. Výsledky agrochemického zkoušení půdy (AZP) na pokusném pozemku z roku 2016 dokumentuje tabulka č. 5:

Tab. 5: Výsledky agrochemického zkoušení půdy (AZP) na pokusném pozemku z roku 2016.

pH	Ca (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
5,8	885	45	25	168

Úhrny srážek a teploty jsou převzaty z meteorologické stanice v Ješeticích vzdálené od pokusného pozemku vzdušnou čarou 6,5 km. Naměřené hodnoty z let 2013 – 2016 jsou zdokumentovány v tabulce č. 6 a 7:

Tab. 6: Úhrny ročních srážek v jednotlivých měsících v letech 2013 – 2016 (mm).

rok/měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	celkem
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

Tab. 7: Průměrné teploty v jednotlivých měsících v letech 2013 – 2016 (°C).

rok/měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
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
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
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
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



## 4.2 Schéma pokusu, zpracování půdy a agrotechnika porostů

Velikost pokusné parcely činila 200 x 18 m, tak aby v pokusné parcele nebyly kolejové řádky od postřikovače (záběr 24 m). Šířka parcely odpovídá dvěma záběrům sklízecí mlátičky. Pokusné parcely neměly opakování. V rámci pokusů byly hodnoceny tři systémy základního zpracování půdy, jak znázorňuje tabulka 8. První variantu představovalo základní zpracování půdy bez obracení do hloubky 0,25 m. Pro zpracování půdy bylo využito dlátového kypřiče Horsch Tiger 4 MT (Horsch, D). Druhou variantou bylo bezorebné zpracování půdy do hloubky 0,12 – 0,15 m, radličkový kypřič Terrano 6 FG, radličky ClipOn (Horsch, D). Kontrolní variantou byla orba do hloubky 0,25 m (čtyř radličný pluh, Jupiter II 120, Opall agri, CZ).

Na pozemku, kde byly pokusy založeny, byla předplodinou pšenice ozimá. Průměrný výnos zrna na pokusné lokalitě v roce 2015 činil 7,6 t/ha. Sláma byla rozdrvena a ponechána na pozemku. Následně proběhla podmítka na hloubku  $\pm 0,10$  m strojem Terrano 6 FG osazený radličkami s definovaným rovným dnem ClipOn. Výdrol a ostatní plevelné druhy rostlin byly likvidovány neselektivním herbicidem mezi podmítkou a základním zpracováním půdy 540 g glyfosátu ve 150 l vody na hektar.

Základní zpracování půdy bylo pro každou variantu rozdílné a proběhlo 4. listopadu 2015. Na jaře byla předseťová příprava půdy vynechána. Seť hrachu proběhlo 2. dubna 2016 traktorem John Deere 7700 a radličkovým secím strojem Horsch 4 CO do hloubky 30 mm o výsevku 270 kg hrachu (odrůda Abarth) na hektar. Pokusné varianty byly po vzejití hrachu ošetřovány podle stavu porostů a výskytu škodlivých organismů shodně.

Tab. 8: Způsoby zakládání porostů jednotlivých variant.

Označení variant	předplodina	zpracování půdy po sklizni (podmítka)	podzimní aplikace herbicidu	základní zpracování půdy	Seť bez předseťové přípravy
ORBA	pšenice oz.	Terrano 6 FG 10 cm	glyfosát 540 g/ha +150 l vody	orba Jupiter II 120 25 cm	Horsch 4 CO
TER	pšenice oz.	Terrano 6 FG 10 cm	glyfosát 540 g/ha +150 l vody	mělké kypření Terrano 6 FG 12 -15 cm	Horsch 4 CO
TIG25	pšenice oz.	Terrano 6 FG 10 cm	glyfosát 540 g/ha +150l vody	hluboké kypření Tiger 4 MT 25 cm	Horsch 4 CO

## **4.3 Hodnocené charakteristiky**

### **4.3.1 Penetrometrický odpor půdy**

Penetrometrický odpor byl stanovován přístrojem PN 10 (ČZU Praha) na podzim po zpracování půdy (16.11.2015) a na jaře po zasetí 3.4.2016. Měření penetrometrického odporu bylo vždy provedeno kolmo na směr pracovní jízdy na všech hodnocených variantách. Každý vpich penetrometrem byl proveden 0,10 m od sebe. Celkem bylo vyhodnoceno na záběr 4 metrů 40 vpichů penetrometrem. Odpor v MPa byl zaznamenáván po každých 0,04 m hloubky půdního profilu. Měření penetrometrem po zasetí hrachu proběhlo na shodném místě pozemku jako při podzimním hodnocení. Hodnoty z penetrometru byly převedeny do programu Excel a poté vyhodnoceny.

### **4.3.2 Vývoj porostů hrachu**

Fenologický vývoj hrachu byl stanoven na základě stupnice BBCH. Stanovení BBCH bylo provedeno v následujících termínech: 2.4.2016, 5.4.2016, 10.4.2016, 13.4.2016, 24.4.2016, 3.5.2016, 16.5.2016, 31.5.2016, 2.6.2016, 5.6.2016, 10.6.2016, 28.6.2016, 15.7.2016, 28.7.2016, 3.8.2016.

### **4.3.3 Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy**

Odběry vzorků biomasy byly provedeny 24.4.2016, 16.5.2016, 5.6.2016 a bezprostředně před sklizní, 3.8.2016. Při prvních dvou odběrech se odebíraly celé rostliny hrachu setého, tzn. jak nadzemní biomasa, tak kořeny. Rostliny byly vykopány a poté se rostlina i s kořenovým systémem dala namočit do vody, aby došlo k rozplavení zeminy a ulehčení odběru. U třetího a čtvrtého odběru se vzhledem k mohutnosti kořenového systému vzorek podzemní biomasy již neodebíral.

U všech variant a odběrů byla stanovována hmotnost 100 % sušiny. Rostliny byly dosušeny v sušičce s teplotou 105 °C. Po vysušení vzorků, se provádělo vážení na digitálních vahách. U všech variant byla stanovována hmotnost nadzemní biomasy, u prvních dvou odběrů i hmotnost kořenové biomasy a u posledního odběru, byl stanovován i počet větví na rostlině, počet lusků na rostlině, počet semen na rostlině a hmotnost semen na rostlině.

Rostliny se odebíraly ze čtyř míst v rámci jednotlivých parcel vždy po zhruba 25 – 30 metrech od sebe. Pomyslná přímka protnutá místy odběru odpovídá rovnoběžce s kolejovým řádkem. Počet odebraných rostlin na odběr a variantu byl v rozmezí 12 – 20 kusů.

Jelikož byly pokusy založené secím strojem Horsch Concord 4 CO, nejednalo se o výsev do řádků, ale o plošný výsev. Proto se vyhodnocovalo nikoli metodou počet rostlin/řádek, ale metodou počet rostlin/plocha. Počet rostlin byl stanovován po vzejití v rámečku o ploše 1/9 metru čtverečního na přibližně totožných místech, jako probíhaly odběry rostlin pro hodnocení biomasy.

#### **4.3.4 Výnos semen**

##### **4.3.4.1 Výnos semen stanovený výpočtem**

Rostliny pro stanovení výnosu semen byly odebrány z pokusné parcely při posledním odběru 3.8.2016. Rostliny byly dosušeny v sušičce o teplotě 105 °C a poté byla na digitálních vahách stanovena hmotnost semen na rostlině (100% čistota a 100% sušina). Poté byl podle počtu rostlin na metr čtvereční a hmotnosti semen na rostlinu vypočítán výnos semen na hektar.

##### **4.3.4.2 Výnos semen stanovený sklízecí mlátičkou**

Porost hrachu setého byl sklizen sklízecí mlátičkou NH CR 9090 se záběrem lišty 9,15 metru rovnoběžně s kolejovým řádkem tak, aby kolejový řádek nebyl sklizen a zahrnut do vyhodnocení. Pracovní jízda sklízecí mlátičky byla vedena podle zabudovaného navigačního systému vždy tam a zpět po pokusné parcele. Po sklizení varianty byl obsah zásobníku mlátičky vysypán na vůz, který byl zvážen i se sklizeným produktem na váze. Z hmotnosti sklizeného hrachu a z výměry sklizené pokusné parcely (18 x 200 m) byl stanoven výnos v t/ha. Jde o výnos se zahrnutými nečistotami a při dané aktuální vlhkosti semen, která se podle čidel sklízecí mlátičky pohybovala v rozmezí 12 – 14 %.

## 5 Výsledky

### 5.1 Zpracování půdy a agrotechnika porostů

Základní zpracování půdy proběhlo 4.11.2015. Stav povrchu pozemků po základním zpracování půdy (9.11.2015) je zdokumentován na obrázcích 1 - 5. Je patrné, že při zpracování půdy minimalizačními technologiemi zůstává část posklizňových zbytků na povrchu půdy a u orby nikoliv.

Obr. 1: Profil ornice při orbě.



Obr. 2: Povrch orby.



Obr. 3: Povrch hlušího kypření.



Obr. 4: Povrch mělkého kypření.



Obr. 5: Fotografie pokusného pozemku se zpracovanými variantami.



Následující tabulka 9 znázorňuje veškeré agrotechnické zásahy po zasetí v porostech hrachu. Složení tank-mixů a termíny aplikací byly pro všechny varianty shodné.

Tab. 9: Termíny agrotechnických zásahů během vegetace v roce 2016.

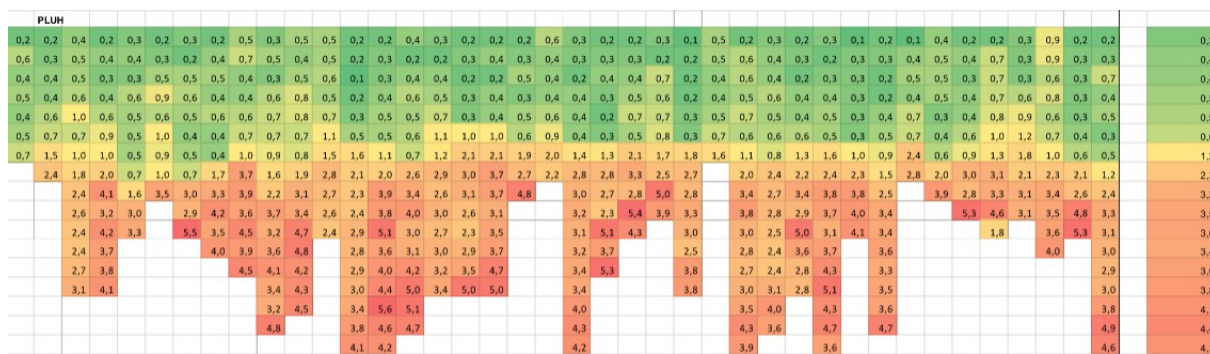
datum + růstová fáze BBCH	přípravky	účinné látky/prvky	cíl aplikace nebo škodlivý organismus	dávka/ha
6.5. (BBCH 13)	Escort Nový	<i>pendimethalin+imizamox</i>	regulace plevelů	2,7 l
	Karate se Zeon technologíí 5 CS	<i>lambda-cyhalothrin</i>	listopas	0,1 l
	Borosan forte	B	mimokořenová výživa	0,5 l ve 200 l vody
20.5. (BBCH 32)	Borosan forte	B	mimokořenová výživa	0,5 l
	Molytrak	Mo	mimokořenová výživa	0,1 l
	Fertiactyl starter	N, P, K	mimokořenová výživa	1,0 l
	hořká sůl	Mg, S	mimokořenová výživa	2,0 kg
	močovina	N	mimokořenová výživa	5,0 kg ve 150 l vody
30.5. (BBCH 34)	Nurelle D	<i>chlorpirifos+cypermethrin</i>	kyjatka hrachová	0,6 l
	Borosan forte	B	mimokořenová výživa	0,5 l
	Molytrak	Mo	mimokořenová výživa	0,1 l
	Fertiactyl starter	N, P, K	mimokořenová výživa	1,0 l
hořká sůl	Mg, S	mimokořenová výživa	2,0 kg ve 150 l vody	

## 5.2 Penetrometrický odpor půdy

Hodnoty penetrometrického odporu půdy (MPa) jsou vyznačeny na obrázcích 6 - 11. Barevná škála od zelené po červenou znázorňuje narůstající odpor v MPa. Jednotlivé vpichy jsou od sebe vzdáleny 0,10 m a odpor je zaznamenán vždy po 0,04 m hloubky. Pravý sloupec na obrázcích ukazuje průměrnou hodnotu z dané hloubky v rámci celého půdního profilu. Prázdná místa zachycená na obrázcích znamenají, že této hloubky nebylo dosaženo ať už z důvodu velmi náročné penetrace či přítomnosti kamenů.

Na obrázku č. 6 je znázorněn profil na orané variantě. Je patrné, že zpracovaná část ornice je rovnoměrně nakypřená s jasně viditelným přechodem do nezpracovaného podorničí.

Obr. 6: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě ORBA (16.11.2015)



Zatímco podzimní nakypření je i po zasetí stále patrné, přejetím traktoru po pozemku se secím strojem vznikly v ornici utuženější koleje, jak zachycuje následující obrázek č. 7.

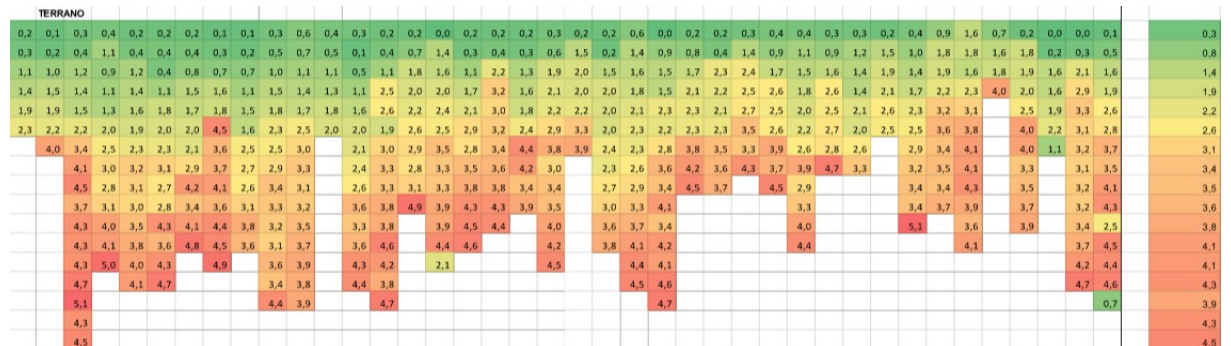
Obr. 7: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě ORBA po zasetí (3.4.2016).





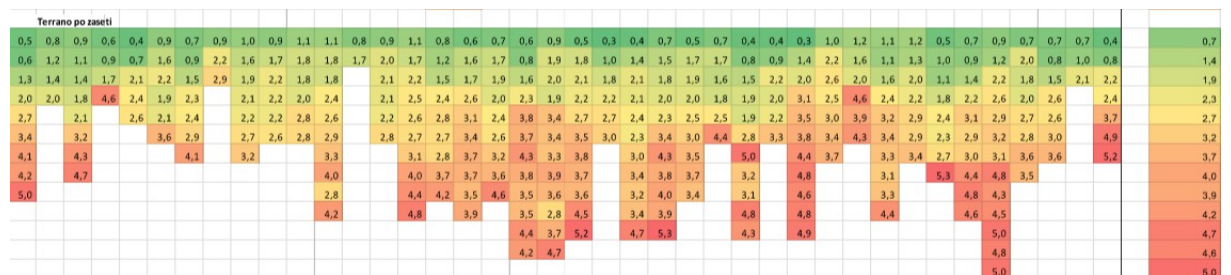
Na rozdíl od orby je na variantě TER patrné zřetelné nakypření vrchních 0,12 - 0,16 m půdy s málo zřetelným přechodem do podorniči (Obr. 8).

Obr. 8: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě TER (16.11.2015).



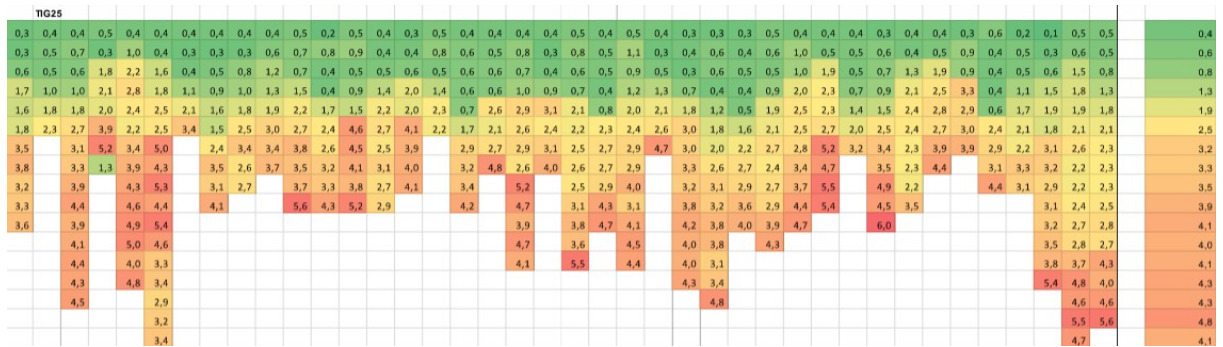
Na dalším obrázku č. 9 nejsou nijak výrazně zřetelné koleje od secího stroje jako u varianty s orbou. Zřetelné je však stejně jako u orby zvýšení penetrometrického odporu vrchních vrstev z důvodu ulehnutí půdy přes zimu.

Obr. 9: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě TER po zasetí (3.4.2016).



U varianty TIG25 je jasně viditelné nakypření po pracovních dlátech (9 ks dlát po 0,45 m) (obrázek č. 10). Oproti variantě s mělkým kypřením zde jde výrazněji rozeznat, kde stroj prováděl práci a kde nikoliv.

Obr. 10: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě TIG25 (16.11.2015).



Na posledním obrázku penetrometrického odporu č. 11 je hluboké kypření po ulehnutí a po zasetí. Zde již nelze jednoznačně určit hloubku zpracování půdy. Taktéž je patrné výrazné ulehnutí půdy mezi oběma měřeními.

Obr. 11: Penetrometrický odpor půdy (MPa) na variantě TIG25 po zasetí (3.4.2016).





V následující tabulce 10 je statistické vyhodnocení rozdílů v jednotlivých hloubkách a variantách. Podle vyhodnocených dat penetrometrického odporu z podzimu 2015 se ORBA jako varianta výrazně lišila od mělkého a hlubokého kypření ve všech hloubkách, kde byla provedena práce pluhem. U varianty ORBA byl statisticky prokazatelně nejnižší penetrometrický odpor v ornici oproti variantám s kypřením. Hluboké kypření se od mělkého také prokazatelně lišilo až do hloubky 0,2 m, ve větší hloubce již statisticky průkazné rozdíly nebyly. Podorničí bylo u všech variant při podzimním měření bez statisticky průkazných rozdílů. Podle naměřených hodnot je znatelný nárůst penetrometrického odporu v ornici po zasetí u všech variant.

Tab. 10: Hodnoty penetrometrického odporu půdy (MPa) na hodnocených variantách. Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  (ANOVA, Tukey).

Varianta																					
hloubka (m)		0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40										
		penetrometrický odpor (MPa)																			
ORBA	podzim	0,3	a	0,4	a	0,4	a	0,5	a	0,5	a	0,6	a	1,2	a	2,3	a	3,2	a	3,5	a
TER	podzim	0,3	ab	0,8	b	1,4	c	1,9	c	2,2	c	2,6	b	3,1	b	3,4	b	3,5	a	3,6	a
TIG25	podzim	0,4	b	0,6	a	0,8	b	1,3	b	1,9	b	2,5	b	3,2	b	3,3	b	3,5	a	3,9	a
		penetrometrický odpor (MPa)																			
ORBA	po zasetí	0,6	a	0,8	a	0,9	a	1,0	a	1,1	a	1,1	a	2,0	a	2,9	a				
TER	po zasetí	0,7	a	1,4	b	1,9	b	2,4	b	2,7	b	2,7	b	3,7	b	4,0	b				
TIG25	po zasetí	1,2	b	1,8	c	2,5	c	3,2	c	3,6	c	3,6	c	3,9	b	4,2	b				

### 5.3 Vývoj porostů hrachu

Hrách na pokusných variantách se vyvíjel jednotně, byl vyrovnaný. Mezi variantami nebyly pozorovány žádné rozdíly. Tabulka 11 dokumentuje vývoj porostů v čase.

Tab. 11: Fenologický vývoj hrachu na pokusných variantách v čase.

Datum odběru	BBCH fáze	Datum odběru	BBCH fáze
2.4.2016	1	2.6.2016	51
5.4.2016	5	5.6.2016	59
10.4.2016	8	10.6.2016	61
13.4.2016	9	28.6.2016	69
24.4.2016	11	15.7.2016	79
3.5.2016	13	28.7.2016	89
16.5.2016	32	3.8.2016	99
31.5.2016	34		

### 5.4 Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy

Průměrný počet rostlin na metr čtvereční, který je základem dalších výpočtů, je roven hodnotám uvedeným v tabulce č. 12.

Tab. 12: Počet rostlin na metr čtvereční (kusy)

varianta	ORBA	TER	TIG25
počet rostlin na m <sup>2</sup>	95	90	90

Při prvním odběru na variantě ORBA a TIG25 nebyly prokázány statisticky průkazné rozdíly ve hmotnosti sušiny nadzemní, ani podzemní biomasy. Porost na variantě TER byl se statistickou průkazností horší v nárůstu podzemní a nadzemní biomasy než orba a hluboké kypření. Současně na variantách ORBA a TIG25 převažovala hmotnost kořenového systému nad hmotností nadzemní biomasy. U varianty TER tomu bylo naopak. Celkový výnos biomasy se pohyboval v rozmezí 79 kg/ha u mělkého kypření a 108 kg/ha u orby. Výnos biomasy u hlubokého kypření činil při prvním odběru, které se konalo 3 týdny po zasetí, 106 kg/ha. Stav rostlin při tomto odběru dokumentuje obrázek 12.

Obr. 12: Stav rostlin hrachu při prvním odběru. Černobílá hloubková stupnice po levé straně na obrázku je odstupňována po 0,1 m. Nalevo 3 rostliny z varianty ORBA, uprostřed TIG25, vpravo TER.



Při druhém odběru již nebyla statistická průkaznost rozdílů hmotností nadzemní biomasy prokázána. Varianta TER vykazovala stejně jako u prvního odběru stále nejnižší hodnoty pro hmotnost biomasy nadzemní i podzemní. Zde již výrazně převyšovala hmotnost nadzemní biomasy vůči hmotnosti kořenů u všech variant. Varianta mělkého kypření i přes statisticky neprokázaný rozdíl stále nepatrně vykazovala vyšší poměr nadzemní biomasy vůči podzemní. Výnos celkové biomasy na hektar byl nejmenší na variantě TER (330 kg/ha) a nejvyšší na TIG25 (390 kg/ha).

Hodnoty třetího odběru hmotností nadzemní biomasy také nevykazovaly žádné statisticky průkazné rozdíly. Jednotlivé rostliny dosahovaly průměrné hmotnosti na všech variantách kolem 3 g sušiny. Hmotnost nadzemní biomasy na plochu byla u tohoto odběru více než 13x vyšší než při druhém odběru, který proběhl o tři týdny dříve.

Při čtvrtém, před sklizňovém odběru dosahovaly rostliny se semeny hmotnosti kolem 11 g. Nejvyšší průměrná hmotnost semen na rostlině se vytvořila na variantě TIG25 a to 7,2 g. U mělkého kypření a orby se vytvořila na jednotlivé rostlině průměrně téměř shodná hmotnost semen: 6,54 g resp. 6,55 g. Hmotnost nadzemní biomasy i se semeny se pohybovala mírně nad hodnotou 10 t na hektar. Z toho semena tvořila nejmenší podíl u varianty TER (58 %) a nejvyšší u TIG25 (64 %). Mezi variantami se neprokázaly statisticky významné rozdíly. Následující tabulka č. 13 znázorňuje naměřené hodnoty z odběrů 1 - 4 doplněné o hodnocení statistické průkaznosti.

Tab. 13: Hodnoty biomasy (mg) naměřené u hrachu ve všech čtyřech odběrech.

Varianta	první odběr 24.4.2016		druhý odběr 16.5.2016		třetí odběr 5.6.2016		čtvrtý odběr 3.8.2016				
hmotnost nadzemní biomasy na rostlinu (sušina v mg)										z toho semen	
ORBA	54,294	b	227,30	a	3077,00	a	10930	a	6550	a	
TER	45,333	a	218,58	a	2962,22	a	11230	a	6540	a	
TIG25	55,217	b	245,67	a	3028,89	a	11170	a	7200	a	
hmotnost podzemní biomasy na rostlinu (sušina v mg)											
ORBA	58,471	b	155,50	ab							
TER	42,500	a	146,83	a							
TIG25	62,696	b	186,33	b							
poměr nadzemní/podzemní biomasy											
ORBA	0,938	a	1,48	a							
TER	1,113	b	1,51	a							
TIG25	0,894	a	1,34	a							
nadzemní biomasa (sušina v t/ha)										z toho semen	
ORBA	0,052	b	0,22	a	2,92	a	10,38		6,22	a	
TER	0,041	a	0,20	a	2,67	a	10,11		5,88	a	
TIG25	0,050	b	0,22	a	2,73	a	10,05		6,48	a	
podzemní biomasa (sušina v t/ha)											
ORBA	0,056	b	0,15	ab							
TER	0,038	a	0,13	a							
TIG25	0,056	b	0,17	b							
Odlišné indexy (a,b) mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (ANOVA, Tukey).											

Podle výsledků uvedených v tabulce 14 rostliny na orebné variantě vytvořily větší množství větví než na ostatních variantách. Současně je podle výsledků patné, že ORBA vytvořila na rostlině i větší počet lusků. Jak dokumentuje tabulka, i přes vyšší počet větví a lusků se na orbě vytvořilo podobné množství semen jako na variantách s kypřením. Hmotnost semen na rostlinu však nebyla na orbě nejvyšší. Z toho je patné, že variantách s kypřením se vytvořily semena s vyšší hmotností (HTS) než na orbě.

Tab. 14: Stav rostlin při před sklizňovém odběru 3.8.2016.

Varianta	průměrný počet větví na rostlině (kusy)		Varianta	průměrná suchá hmotnost celé rostliny (g)	
ORBA	0,5	a	ORBA	10,93	a
TER	0,4	a	TER	11,23	a
TIG25	0,2	a	TIG25	11,17	a
průměrný počet lusků na rostlině (kusy)			průměrná suchá hmotnost semen na rostlině (g)		
ORBA	9,5	a	ORBA	6,55	a
TER	9,1	a	TER	6,54	a
TIG25	8,3	a	TIG25	7,20	a
průměrný počet semen na rostlině (kusy)			hmotnost tisíce semen (g)		
ORBA	33,83	a	ORBA	193,6	
TER	31,17	a	TER	209,8	
TIG25	33,67	a	TIG25	213,8	
Odlišné indexy (a,b) mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha=0,05$ (ANOVA, Tukey).					

## 5.5 Výnos semen

Výnosy semen dokumentuje následující tabulka č. 15. První sloupec hodnot pro výnos ukazuje průměrný výnos semen stanovený výpočtem z hmotnosti semen na rostlině a počtu rostlin na plochu. V druhém sloupci je již výnos semen sklizený sklízecí mlátičkou. Zde je v naměřených hodnotách zahrnuta i sklizňová vlhkost 12 - 14 % a také blíže neurčený podíl nečistot. V posledním sloupci je rozdíl mezi oběma hodnotami výnosů.

Tab. 15: Výnos semen.

varianta	průměrný výnos semen stanovený výpočtem (t/ha) (100% sušina, 100% čistota)		výnos semen dle sklizně sklízecí mlátičkou (t/ha) (vlhkost 12 -14 %, blíže nespecifikovaný podíl nečistot)	rozdíl (t/ha)
ORBA	6,22	a	5,208	1,012
TER	5,88	a	5,356	0,524
TIG25	6,48	a	5,422	1,058

Odlišné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  (ANOVA, Tukey).

## 6 Diskuze

### 6.1 Penetrometrický odpor půdy

Zpracování půdy proběhlo pozdě na podzim, aby se zamezilo vzcházení plevelů před nástupem zimy. Současně byl kladen důraz, a to hlavně u orby, na dokonale rovné provedení základního zpracování půdy. Z těchto důvodů nebylo nutné provádět předseťovou přípravu, která by zásadně ovlivnila hodnoty penetrometrického odporu na pokusných parcelách. Na orebné variantě byl podle výsledků výrazně nižší penetrometrický odpor půdy v ornici než na variantách s kypřením, tento rozdíl potvrzují také další autoři (Javůrek a Vach 2008; Hůla a kol., 2008).

Jelikož se jednalo o jednoroční pokus, nebylo možné pozorovat rozdíly v penetrometrickém odporu v podorničí mezi konvenčním zpracování půdy a minimalizačními technologiemi. Na konvenčním zpracování půdy je obecně penetrometrický odpor v podorničí vyšší než u minimalizačních technologií. Dokonce podle autorů narůstá hodnota penetrometrického odporu na konvenčních systémech zpracování půdy v podorničí strměji než na technologiích minimalizačních (Hůla a kol., 2008, Javůrek a Vach 2008). Pokud by šlo o dlouhodobý pokus, byly by zřejmě znatelnější rozdíly mezi jednotlivými variantami, především v podorničí, a to nejen z hlediska penetrometrického odporu, ale zřejmě i z hlediska vývoje porostů hrachu. To by bylo v souladu s tvrzením Lhotského (2000), který uvádí, že vyšší utužení znamená horší pronikání kořenů do hloubky a to má negativní vliv na růst rostliny.

Podle Javůrka a Vacha (2008) je maximální limitní hodnota pro penetrometrický odpor na písčitohlinité půdě při vlhkosti 12 % hmotnosti půdy až 5,5 MPa. To kromě několika málo výjimek naměřeno nebylo, tudíž lze půdu hodnotit jako neutuženou a růst hrachu by tedy neměl být nikde výrazně omezen.

Za zmínku stojí zřetelný nárůst penetrometrického odporu v kolejích po traktoru se secím strojem na orebné variantě. V kolejích po traktoru bylo zřetelně vyšší utužení než mimo ně. To znamená, že rostliny mimo koleje mají odlišné podmínky pro růst než rostliny v kolejích. U minimalizačních technologií, nebyly rozdíly u hodnot odporu v kolejích po traktoru se secím strojem nijak výrazně pozorovány.

## 6.2 Vývoj porostů hrachu

Hrách byl na všech variantách zaset stejným způsobem. Prostředí, do kterého byla semena zasetá, se ale na všech variantách podstatně lišilo. Na orbě byl hrách uložen do vrstvy půdy bez jakýchkoliv rostlinných zbytků z předplodiny. Ty byly na dně ornice, kde vytvořily slámovou deku. Na variantách s kypřením bylo semeno uloženo do směsi půdy a posklizňových zbytků pšenice. Rozvrstvení organické hmoty je v souladu s tvrzením Maliny (2014), který dále uvádí, že výraznější rozdíly na rozdílných systémech se projeví až po více letech uplatňování těchto technologií.

Po zasetí hrachu na počátku dubna přišly srážky, konkrétně podle vlastního pozorování ve dnech 5., 10. a 13. dubna 2016, které pravděpodobně smazaly rozdíly ve vzcházení na všech variantách z důvodů dostatečného přísunu vody k semenům. Srážky však nebyly tak velké, aby vytvořily půdní škraloup a znesnadnily vzcházení. Hrách po těchto srážkách vzcházel bez problémů na všech variantách. To je v souladu s tvrzením podle Schönbergera (2011), kdy se po zasetí nesmí vytvořit půdní škraloup a současně musí být alespoň 2 - 3 dny pěkné počasí. To může mít za následek příliš vysoké ztráty klíčnicích rostlin a může to vést k mezerovitému a nerovnoměrně vzešlému porostu náchylného k poléhání. Tento jev tak v tomto pokusu nebylo možné pozorovat a zřejmě z těchto důvodů nebyly pozorovány ve fenologickém vývoji porostů hrachu žádné viditelné rozdíly.

## 6.3 Hmotnost podzemní a nadzemní biomasy a výnos semen

První odběry biomasy po prvních třech týdnech vegetace statisticky prokázaly pomalejší vegetativní růst rostlin na variantě s mělkým kypřením (jak je patrné na obrázku č. 12) a to pravděpodobně ze dvou důvodů:

První důvod je zřejmě kvůli vyššímu podílu pšeničné slámy a možné dusíkové deprese, jak je uvedeno podle následujícího zdroje (Richter, 2004). Možný druhý problém způsobující zpomalený růst byl zřejmě způsoben horším pronikáním kořenů do nezpracované spodní vrstvy ornice. Vyšší utužení půdy může mít za následek podle Lhotského (2000) horší pronikání kořenů do hloubky. Podle Schönbergera (2004) má z počátku vegetace na vývoj hrachu vliv také provzdušnění, které s nakypřením nebo s rozplavením povrchu půdy souvisí. Provzdušnění má významný vliv na tvorbu hlízek a funkci hlízkových bakterií, které jsou vysoce aerobní. To podle dosažených výsledků z pokusu může být důvodem statisticky

prokazatelného pomalejšího startu rostlin na variantě mělkého kypření z počátku vegetace na rozdíl od variant s intenzivnějším kypřením a orbou.

Rok 2016 se srážkově pro hrách v pokusné lokalitě jevil jako velice příznivý. Sucho téměř nenastalo a tak nebylo možné pozorovat případné rozdíly v nárůstu biomasy z důvodu rozdílné dostupnosti vody na pokusných variantách. V době plnění lusků (červen a červenec) byly srážky podle Meteorologické stanice v Ješeticích nadprůměrné (105 resp. 157 mm).

Hrách je podle Houby a kol. (2009) málo konkurenčně a kompenzačně schopná rostlina. Nízký počet rostlin na plochu podle uvedeného zdroje nedokáže kompenzovat vzniklý prostor mezi rostlinami z důvodů slabého větvení. Poté tak vzniká znatelná ztráta ve výnosu semen. Podle pokusu se ale ukázalo, že jistá míra kompenzace výnosotvorných prvků u hrachu může existovat. Pro uvedení konkrétního příkladu se na variantě ORBA vyskytovalo na rostlině průměrně více lusků (9,5 ks) než na variantě TIG25 (8,3 ks). Na těchto rostlinách o větším počtu lusků, se však průměrně nevyskytovalo více semen, ale bylo jich na obou variantách přibližně shodné množství (necelých 34 ks). Naopak v případě hmotnosti semen na rostlinu předčilo hluboké kypření orbu o téměř 10 %. Tato skutečnost se projevila i na hmotnosti tisíce semen, kdy bylo hluboké kypření s HTS 213,8 g v porovnání s orbou o více než 20 g lepší. Tato skutečnost je naprosto v rozporu s tvrzením Schönbergera (2013), že vyšší počet lusků úzce koreluje s hustotou zrna na metr čtvereční a tím pádem je i vyšší výnos zrna. To se při posledním odběru a jeho vyhodnocení neprokázalo. Závěrem nutno dodat, že rozdíly v pokusu nebyly statisticky průkazné.

Dalším zajímavým příkladem může být skutečnost, že i přes nepříznivý vývoj porostu hrachu na variantě s mělkým kypřením se nakonec ve výnose neprojevil žádná statisticky prokazatelná ztráta. Při prvním měření biomasa podzemní i nadzemní byla statisticky horší než na ostatních variantách. Při druhém odběru již byly rozdíly menší a ve třetím a čtvrtém měření nadzemní sušiny biomasy nebyly pozorovány téměř žádné. Důvodem může být zřejmě velice příznivý průběh vegetace bez povětrnostních extrémů na vývoj a růst porostu hrachu setého na pokusných plochách, který pravděpodobně zapříčinil vyrovnání porostů.

Rozdíl výnosu semen byl při kombajnové sklizni o 0,5 – 1,0 t nižší (pokud se pomine rozdílná vlhkost a čistota u obou výnosových hodnot) než u výnosu stanoveného výpočtem. Zčásti byl rozdílný výnos zapříčiněn, jak už bylo uvedeno, rozdílnou vlhkostí a podílem nečistot



u uváděných hodnot a zčásti byl zapříčiněn ztrátami při kombajnové sklizni. Výše ztrát, která se při sklizni lišila mezi variantami, byla zřejmě způsobena rozdílným stavem povrchu jednotlivých variant, který mohl mít taktéž vliv na průběh sklizně.

Hodnoty skutečně sklizené hmotnosti semene sklízecí mlátičkou jsou následující: 5,208 t/ha (ORBA), 5,356 t/ha (TER), 5,422 t/ha (TIG25). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším výnosem tedy činí 4 %. Rozdíly ve výnose semen ani biomasy tedy nejsou nijak významné a nejsou ani statisticky prokazatelné. Z tohoto pokusu lze usoudit, že vliv zpracování půdy měl v klimaticky příznivém roce 2016 na pokusném pozemku pouze zanedbatelný, statisticky neprokázaný vliv na výnos jak biomasy, tak semen.

## 7 Závěr

- Rozdíly v penetrometrickém odporu mezi variantami v orniční vrstvě prokázány byly, u podorničí z důvodu jednoletého pokusu nelze vyvodit závěr.
- Rozdíly ve fenologickém vývoji porostů hrachu nebyly prokázány.
- Hrách zpočátku vegetace reagoval na zvýšený penetrometrický odpor sníženým nárůstem kořenové hmoty na variantě mělkého kypření.
- V pozdějších fázích vegetace nebyly pozorovány mezi jednotlivými variantami statisticky průkazné rozdíly ve hmotnosti nadzemní biomasy a hmotnosti semen i přes pomalejší počáteční vývoj na variantě TER.
- Statisticky průkazné rozdíly ve výnosech semen hrachu v závislosti na zpracování půdy nebyly prokázány.

## 1 Seznam literatury

Alexander, M. 1984. Biological Nitrogen Fixation. Plenum Press. New York. 242 p.  
ISBN:978-1-4612-9701-7.

Armstrong, R.D., Millar, G., Halpin, N.V., Reid, D.J., Standley, J. 2003. Using zero tillage, fertilisers and legume rotations to maintain productivity and soil fertility in opportunity cropping systems on a shallow Vertosol. Australian Journal of Experimental Agriculture. 43 (2). 141-153.

Bailey, K. L., Mortensen, K., Lafond, G. P. 1992. Effects of tillage systems and crop rotations on root and foliar diseases of wheat, flax, and peas in Saskatchewan Canadian Journal of Plant Science. 72(2). 583-591.

Baur, A., Estler, M., Schmidt, D. 1995. Technik der Bodenbearbeitung. Maschinen und Geräte zur Bodenbearbeitung. 1995 (1026). 9-26.

Blevins, R. L., Thomas, G. W., Smith, M.S., Frye, W. W., Cornelius, P.L. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. Soil and tillage research. (3). 135-146.

Brussaard, L., Bouwman, L.A., Geurs, M., Hassink, J., Zwart, K.B. (1990) Biomass composition and temporal dynamics of soil organism of a silt loam soil under conventional and integrated management. Netherland Journal of Agriculture Science. 38. 283-302.

Dou, Z., Fox, R. H., Toth, J. D. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. Plant and Soil. 162(2). 203-210.

Gill, K. S., Arshad, M., 1995. Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada. Soil and Tillage Research. 33 (1). 65-79.

HORSCH Maschinen GmbH. 2011. Dlouhodobý pokus zpracování půdy. Horsch značkový magazín. 2011 (11). 30-32.

Horsch Maschinen GmbH. Zukunft – Grunddüngung bei Bodenbearbeitung? Terra Horsch. 2013 (06). 8-10.

Horsch, M. 2016. Wer spielt verückt? Der Verbraucher, das Klima oder wir selbst? Terra Horsch. 2016 (12). 28-29.

Houba, M. Hochman, M. Hosnedl, V. 2009. Luskoviny pěstování a užití. Kurent. České Budějovice. 134s. ISBN: 978-80-87111-19-2.

Hůla, J., Mayer, V. 1999. Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR v Praze. 35s. ISBN: 80-7105-187-X.

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. 248s. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Javůrek, M., Vach, M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 24s. ISBN: 978-80-87011-57-7.

Kalina, M. 2016. Hnojení půdy a kompostování v zahradě. Grada Publishing. Praha. 128s. ISBN:978-80-247-5848-0.

Katalog přípravků na ochranu rostlin. 2017. Kurent. České Budějovice. 360s. ISBN: 9788087111628.

Kazda, J., Mikulka, J., Prokinová, E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press. Praha. 400s. ISBN: 978-80-86726-34-2.

Kincl, L., Kincl, M., Jarklová, J. 2008. Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií. Fortuna. Praha. 256s. ISBN 80-7168-736-7.

Lhotský, J. 2000. Zhutňování půd a opatření proti němu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 61s. ISBN: 80-7271-067-2.

- Neuberg, J., Jedlička, J., Červená, H. 1995. Výživa a hnojení plodin. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 64s. ISSN: 0231-9470.
- Pelikán, J., Hýbl, M. 2012. Rostliny čeledi Fabaceae LINDL. (bobovité) České republiky. Ing. Petr Baštan. Olomouc. 230s. ISBN 978-80-905080-2-6.
- Petříková, K., Malý, I. 2000. Základy pěstování luskové zeleniny. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR. Praha. 23s. ISBN: 80-7105-207-8.
- Petr, J. (eds.). 1974. Hrách a bob. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 168s.
- Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Amfi Kreativ AS. Olomouc. 23s. ISBN 978-80-8731-02-2.
- Roldán, A., Caravaca, F., Hernández, M.T., 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(1). 65-73.
- Slavík, B. 1995. Květena České republiky 4. Academia. Praha. 529s. ISBN 80-200-0384-3.
- Schönberger, H. 2016a. Hnojení řepky a ozimého ječmene fosforem. Info - NU Agrar GmbH. 2016 (17). 198 – 200.
- Schönberger, H. 2016b. Potřeba vápnění v závislosti na podílu jílu a pH. Info - NU Agrar GmbH. 2016 (14). 165 - 168.
- Schönberger, H. 2016c. Špatná struktura půdy a vlhké a chladné počasí omezují příjem fosforu. Info - NU Agrar GmbH. 2016 (23). 198 – 200.
- Schönberger, H. 2016d. Virové choroby v leguminózách. 2016 (16). 186.
- Schönberger, H. 2013. Setí hrachu na zrno. Info - NU Agrar GmbH. 2013 (3). 27 – 28.

Schönberger, H. 2011. Hrách na zrno – výběr odrůd a plánování setí. Info – NU Agrar GmbH. 2011 (22). 261 – 263.

Schönberger, H. 2004. Pěstování hrachu 2005. Info – NU Agrar GmbH. 2004 (24). 273 – 275.

Smatanová, M., Sušil, A., 2016. Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2010 – 2015. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. 106s. ISBN: 978-80-7401-131-3.

Sprague, M.A., Aldrich, R.D., Ilnicki, R.D., Kates, A.H., Evrard, T.O., Chase, R.W. 1962. Pasture Improvement and Seedbed Preparation with Herbicides Based on 12 Years of Research. New Jersey Agricultural Experiment Station. 801-811.

Sweeney, D.W., Moyer, J.L. 1995. Legume and tillage effects on prairie soil nitrogen and penetration resistance. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26(1-2). 155–168.

Šabatka, J. 1999. Co zásadně ovlivní odpověď na otázku orat nebo neorat? Úroda. 47 (12). 8-9.

Šabatka, J. 2014. Zpracování půdy pro mák. Labris. Dobré. 33s.

Úlehlová, B. 1989. Koloběh dusíku v travních ekosystémech. Československé nakladatelství akademie věd. 112 s. ISBN:80-200-0192-1.

Vach, M., Javůrek, M. 2010. Předpoklady pro netradiční technologie zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 32s. ISBN: 978-80-7427-050-5.

Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 26s. ISBN:978-80-7427-079-6.

Waldorf, N., Brimm, S., Schmid, W. 2003. Informationen für die Pflanzenproduktion. Landesanstalt für Planzenenbau. Forchheim. 98s. ISSN: 0937-6712.

Würfel, T., Vetter, R., Unterseher, E. 2002. Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen. Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung. 2002 (30). Landesanstalt für Planzenbau. 1-8.

### **Internetové zdroje:**

Badalíková, B., Hrubý J. Fyzikální stav půdy u různých systémů jejího zpracování [online]. Výzkumný ústav pícninářský s.r.o. Troubsko . 21. března 2001 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z <<http://uroda.cz/fyzikalni-stav-pudy-u-ruznych-systemu-jejeho-zpracovani/>>.

Bittner, V., Spáčil, D., Poškození polních plodin herbicidy [online]. Profi Press. 15. března 2001 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z <<http://uroda.cz/poskozeni-polnich-plodin-herbicidy/>>.

Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Prikner, P., Škeříková, M., Modráček, J., Řehák, V. Utužení půdy při předsetové přípravě a seti kukuřice [online]. 12. prosince 2016 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/utuzeni-pudy-pri-predsetove-priprave-a-seti-kukurice>>.

Frid, M. Stroje a zařízení pro zpracování půdy [online]. České Budějovice. Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích. 31. října 2008. [cit. 2017-01-04] Dostupné z <[http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani\\_pudy.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy.pdf) 28-Nov-2013>.

Hezký, P. Luskoviny české pěstitele nelákají [online]. Profi Press. 26. ledna 2009 [cit. 2016-29-12]. Dostupné z <<http://uroda.cz/luskoviny-ceske-pestitele-nelakaji/>>.

Malina, V. Organická hmota a zpracování půdy bez orby [online]. Horsch Landwirtschaft aus Leidenschaft. 13. ledna 2014 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z <[http://produktiv.cz/horsch/bezorebne/german/g-indexeee9.html?id=1152&action=news\\_cz](http://produktiv.cz/horsch/bezorebne/german/g-indexeee9.html?id=1152&action=news_cz)>.

Mezuliáník, M. Význam vápnění ve vztahu k půdní úrodnosti [online]. Profi Press. 11. ledna 2001 [cit. 2016-29-12]. Dostupné z <<http://uroda.cz/vyznam-vapneni-ve-vztahu-k-pudni-urodnosti/>>.

Ministerstvo zemědělství ČR. Vývoj základních agrochemických vlastností zemědělských půd v České republice [online]. Ministerstvo zemědělství. [cit. 2016-29-12]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/publikace/agroch-zkouseni-zemedelskych-pud/vyvoj-zakladnich-agrochemickych.html>>.

Řepková, J. Symbiotická fixace dusíku u rostlin [online]. 2015 [cit. 2017-01-03] Dostupné z <[https://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/Bi7240/um/2015\\_Symbioticka\\_fixace\\_dusiku\\_Text.pdf?lang=en](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/Bi7240/um/2015_Symbioticka_fixace_dusiku_Text.pdf?lang=en)>.

Richter, R. Asimilace dusíku [online]. Brno. Ústav agrochemie a výživy rostlin. 23.01.2004 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z <[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/biogenni\\_prvky/nasimilace.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/nasimilace.htm)>.

Richter, R. Hrách [online]. Brno. Ústav agrochemie a výživy rostlin. 17. ledna.2005 [cit. 2017-01-04]. Dostupné z <[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/html/luskoviny/hrach.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/luskoviny/hrach.htm)>.

Richter, R. Sorpční schopnost půdy [online]. Brno. Ústav agrochemie a výživy rostlin. 26. ledna 2004 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z <[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/sorpce.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/sorpce.htm)>

Selgen. Hrách setý [online]. KOIA! KOIA! [cit. 2016-12-12]. Dostupné z <<http://selgen.cz/agrotechnicka-doporuceni-2/hrach-sety/>>.

Torma, S., Vilček, J. Rastlinné zvyšky poľnohospodárskych plodín po zbere úrody - zdroj organickej hmoty [online]. Kurent. 07. listopadu 2016 [cit. 2016-28-12]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/rastlinne-zvysky-polnohospodarskych-plodin-po-zbere-urody-zdroj-organickej-hmoty>>.

Torma, S., Vilček, J. Množstvo makroživín v rastlinných zvyškoch poľnohospodárskych plodín po zbere úrody [online]. Kurent. 25. listopadu 2016 [cit. 2016-28-12]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/mnozstvo-makrozivin-v-rastlinnych-zvyskoch-polnohospodarskych-plodin-po-zbere-urody>>.



University of Washington. Microbe Fixes Nitrogen At A Blistering 92 C, May Offer Clues To Evolution Of Nitrogen Fixation [online]. Science Daily. 15 of December 2016. [cit. 2016-29-12] Dostupné z

<<https://www.sciencedaily.com/releases/2006/12/061215091006.htm>>.