

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra ochrany lesa a entomologie



## Ověření účinku repelentu na poškozování borových sazenic žírem ponrav chroustů

Diplomová práce

Autor: Bc. Dana Kleinová

Vedoucí práce: doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Dana Kleinová

Lesní inženýrství

Název práce

Ověření účinku repelentu na poškození borových sazenic žírem ponrav chroustů

Název anglicky

Evaluation of repellent effects on the damages of Scots pine seedlings due cockchafer grubs

---

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je zjištění vlivu testovacího repelentního přípravku uvolňujícího se z Biouhlu na poškození kořenových systémů borovic žírem ponrav chroustů.

Metodika

Sazenice borovice lesní (2/0) budou v dubnu vysázeny do truhlíků 10 cm x 50 cm. Před založením pokusu budou u sazenic změřeny kořenové systémy. V průběhu měsíce května bude k experimentálním sazenicím přidán testovaný přípravek a následně ponravy chroustů. Ke kontrolním sazenicím budou přidány pouze ponravy chroustů. Po dvou měsících žíru budou experimentální i kontrolní sazenice vyzvednuty. Kořenové systémy borových sazenic budou následně vyhodnoceny v programu WinRhizo, kde budou zhodnoceny parametry kořenových systémů (délka kořenů podle průměru, počty kořenových špiček, počet krátkých zakončení). Na sazenicích budou stanoveny mykorhizní charakteristiky. Hodnotit se budou počty aktivních a neaktivních mykorhiz na kořenech 5 cm dlouhých o průměru do 1 mm, a to včetně všech postranních kořenů. Rovněž bude stanovena hmotnost kořenů experimentálních a kontrolních sazenic. Získané výsledky budou vyhodnoceny a následně porovnán vliv přípravku na kořenový systém borových sazenic.

**Doporučený rozsah práce**

50-60 stran

**Klíčová slova**

kořen, borovice lesní, sazenice, chroust, žír, mykorhizy, repelenty

---

**Doporučené zdroje informací**

- Gryndler M., Baláž M., Hršelová H., Jansa J., Vosátko M. 2004. Mykorhizní symbióza, o soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- Jeník J. (eds.) 2014. Roots and root system of trees / Kořeny a kořání stromů. Opera rhizologica. Botanická zahrada Liberec: 331 s.
- Kratochvíl J., Landa V., Novák K., Skuhravý V. 1953. Chrousti a boj s nimi. Nakladatelství ČSAV Praha: 156 s.
- Mejstřík V. 1988. Mykorhizní symbiózy. Praha, Academia: 150 s.
- Pešková V., Soukup F. 2006. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. Review. Zprávy lesnického výzkumu 51 (4): 61-68
- Peterson R. L., Massicotte H. B., Melville L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. National research Council of Canada: 173 s.
- Skrzecz I., Sowińska A., Janiszewski W. 2014. Effects of botanical antifeedants on *Melolontha melolontha* grub feeding on Scots pine roots. *Folia Forestalia Polonica, series A* 56 (3): 135-140
- Sukovata L., Jaworski T., Karolewski P., Kolk A. 2015. The performance of *Melolontha* grubs on the roots of various plant species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39 (1): 107-116
- Švestka M. 2012. Chrousti rodu *Melolontha* v lesích České republiky v období 2003 – 2011.
- Woreta D. 2015. Control of cockchafer *Melolontha* spp. Grubs – A review of methods. *Folia Forestalia Polonica, series A* 57 (1): 33-41
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2016

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2017

---

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem diplomovou prací na téma Ověření účinku repelentu na poškozování borových sazenic žírem ponrav chroustů vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Vítězslavy Peškové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne 19. 4. 2017

.....

## **Poděkování**

Velmi ráda bych poděkovala doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D., za vstřícný přístup a odbornou pomoc v průběhu psaní této diplomové práce. Dále děkuji Ing. Petrovi Šenfeldovi, za spolupráci při výsadbě, péči v průběhu pokusu a následné sklizni borových sazenic a Ing. Haně Vanické, za laskavou podporu během finálního zpracování a měření parametrů sazenic.

Můj velký dík patří Lucii Habětínové a Zdeňce Syrovátkové, které se mnou sdílely přípravy na všechny zkoušky po celou dobu studia formou našich báječných konzultací. A především bych ráda poděkovala své rodině, která mi držela palce před každou zkouškou, radovala se z úspěchů a pomáhala překonat neúspěchy. Děkuji vám všem!

## ABSTRAKT

V této diplomové práci je vyhodnocena účinnost preparátu biouhel na sazenice borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), především účinek repelentu, který je obsažený v testovaném preparátu. Repellent je určen k ošetření sazenic proti žíru ponrav chroustů rodu *Melolontha*. Výzkum byl proveden ve Šlechtitelské stanici Truba a Arboreta Kostelec, Fakulty lesnické a dřevařské, která se nachází nedaleko Kostelce nad Černými lesy. V roce 2016 byly založeny 3 varianty po 30 truhlících, v každém truhlíku byly do písku vysázeny vždy 2 sazenice borovice lesní (2/0), jedna ošetřená a druhá bez ošetření. Do písku byl kolem ošetřené sazenice zapraven přípravek biouhel, ve dvou testovaných variantách, první varianta Biouhel+repellent+mykorhiza (BRM), druhá varianta Biouhel+hydrokoloid (BHK) a třetí varianta byla ponechána bez přípravku, označena jako Kontrola (K). Do všech truhlíků byly nasazeny 3 ponravy chrousta I. instaru. Žír ponrav probíhal od konce května do půlky srpna téhož roku, poté byly sazenice vyzvednuty. Na každé sazenici byly změřeny délky nadzemní a kořenové části, tloušťka kořenového krčku, dále byl změřen žír ponrav, na kořenech do průměru 1 mm byly vyhodnoceny počty aktivních a neaktivních mykorhizních špiček a jejich procentuální podíl. Byla zvážena sušina nadzemní i kořenové části a vyhodnocen byl také počet přeživších ponrav.

Výsledky vyhodnoceného pokusu ukázaly, že aplikace biouhlu na sazenice měla repelentní účinky na ponravy chroustů. Ostatní hodnocené růstové parametry, zejména mykorhizní charakteristiky nebyly statisticky průkazné. Pro jednoznačné doporučení přípravků pro využití v lesnické praxi, bude vhodné provést opakované hodnocení testovaného přípravku.

Klíčová slova: kořen, borovice lesní, sazenice, chroust, ponravy, žír, mykorhizy, repelenty

## ABSTRACT

In this thesis is to evaluate the effectiveness of biochar preparation for seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), especially the effect of repellent, which is contained in this preparation. Repellent is intended for the treatment of plants against feeding grubs cockchafer genus *Melolontha*. The research was conducted in Plant Breeding Station Truba and Arboretum Kostelec, Faculty of Forestry and Wood Technology, which is located near to Kostelec nad Černými lesy. In 2016, three variants were established after 30 window boxes, in each crate were planted in the sand always two seedlings of Scots pine (2/0), one treated and one untreated. The sand was about treated seedling incorporation product biochar in two test variants, the first variant Biochar+repellent+mycorrhiza (BRM), the second variant Biochar+hydrocolloid (BHK), and the third option was left without preparation, designated as a Control (K). All boxes were deployed 3 cockchafer grubs I. instar. Feeding grubs took place from late May to mid-August of the same year, then the seedlings were collected. On each seedling were measured and the length of the aerial root portion, the thickness of root collar, was measured further fattening grubs, roots up to 1 mm in diameter were evaluated by the number of active and inactive mycorrhizal peaks and their percentage. Consideration was given solids above and below ground parts and also evaluated the number of surviving grubs.

Results evaluated the experiment showed that the application of biochar seedlings to be repellent against grubs chafers. Other identified growth parameters and in particular mycorrhizal characteristics were not statistically significant. For unambiguous recommendation products for use in forestry practice, it will be advisable to repeat the test product reviews.

Keywords: root, Scots pine, seedlings, cockchafer, grubs, fattening, mycorrhiza, repellents

## Obsah

1 ÚVOD.....	16
2 CÍL PRÁCE.....	18
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	19
3.1 Kořenový systém dřevin .....	19
3.2 Mykorhizní symbióza .....	20
3.3 Ekologie EKM vztahů .....	23
3.4 Aplikace EKM do praxe a její využití při zalesňování.....	24
3.5 Biostimulační a mykorhizní přípravky testované v praxi.....	27
3.6 Biouhel a jeho výroba .....	28
3.7 Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) .....	31
3.8 Chrousti rodu <i>Melolontha</i> .....	33
3.8.1 Chroust obecný <i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus, 1758) .....	36
3.8.2 Chroust maďalový <i>Melolontha hippocastani</i> (Fabricius, 1801).....	36
3.9 Chemické přípravky.....	43
4 METODIKA .....	45
4.1 Lokalita a založení pokusu .....	45
4.2 Odběr sazenic a jejich zpracování .....	46
4.3 Charakteristika použitých přípravků.....	47
4.4 Použité statistické metody .....	50
5 VÝSLEDKY .....	51
5.1 Vliv použitých variant na mykorhizní parametry .....	51
5.2 Analýza vlivu testovaných přípravků BRM a BHK na růstové charakteristiky sazenic borovice lesní .....	53
5.3 Analýza vlivu testovaných přípravků BRM a BHK na růstové charakteristiky sazenic borovice lesní a jejich srovnání s neošetřenou Kontrolou .....	60



6 DISKUZE .....	68
7 ZÁVĚR .....	71
Seznam literatury a použitých zdrojů .....	72

## Seznam tabulek a obrázků

### Tabulky

Tab. 1: Evidovaný výskyt chroustů (ponravy a dospělci) v roce 2015, uveden výskyt poškození (ha) (zdroj: KNÍŽEK et al. 2016)

Tab. 2: Rozlišení stádií ponrav chrousta obecného a chrousta maďalového (KRATOCHVÍL et al. 1953)

Tab. 3: Doba života a trvání žíru jednotlivých vývojových stádií chrousta obecného (*Melolontha melolontha*) (KRATOCHVÍL et al. 1953)

Tab. 4: Dávkování přípravku Biouhel, varianty a množství

Tab. 5: Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku Lovoflor NPK 4-2,5-3 (LOVOCHEMIE a.s.)

Tab. 6: Mykorhizní parametry zjištěné na sazenicích borovice lesní pro variantu BRM, BHK a Kontrola

Tab. 7: Mnohonásobné porovnání procentuálních podílů aktivních mykorhizních špiček (%AM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

Tab. 8: Spolehlivost mnohonásobného porovnání procentuálních podílů aktivních mykorhizních špiček (%AM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

Tab. 9: Mnohonásobné porovnání procentuálních podílů neaktivních mykorhizních špiček (%NM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

Tab. 10: Spolehlivost mnohonásobného porovnání procentuálních podílů neaktivních mykorhizních špiček (%NM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

Tab. 11: Hodnoty pro variantu BRM, T-test varianta ošetřená a neošetřená

Tab. 12: Hodnoty pro variantu BHK, T-test varianta ošetřená a neošetřená

Tab. 13: Mnohonásobné porovnání tloušťky krčku vyjádřený v mm zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 2,760145$   $p = ,7369$

Tab. 14: Spolehlivost mnohonásobného porovnání tloušťky krčku vyjádřený v mm zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  
 $H(5, N=180) = 2,760145$   $p = ,7369$

Tab. 15: Mnohonásobné porovnání délky nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 10,00421$   $p = ,0751$

Tab. 16: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 10,00421$   $p = ,0751$

Tab. 17: Mnohonásobné porovnání délky kořene po vyzvednutí zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 23,48903$   $p = ,0003$

Tab. 18: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky kořene po vyzvednutí zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 23,48903$   $p = ,0003$

Tab. 19: Mnohonásobné porovnání délky žíru ponrav zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 20,03036$   $p = ,0012$

Tab. 20: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky žíru ponrav zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 20,03036$   $p = ,0012$

Tab. 21: Mnohonásobné porovnání sušiny kořenů zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 8,172418$   $p = ,1470$

Tab. 22: Spolehlivost mnohonásobného porovnání sušiny kořenů zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 8,172418$   $p = ,1470$

Tab. 23: Mnohonásobné porovnání sušiny nadzemní části na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 6,015965$   $p = ,3047$

Tab. 24: Spolehlivost mnohonásobného porovnání sušiny nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 6,015965$   $p = ,3047$

Tab. 25: Mnohonásobné porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků po aplikaci přípravků BRM, BHK a srovnání s Kontrolou, Kruskal-Wallis test:  $H(2, N=90) = 14,52015$   $p = ,0007$

Tab. 26: Spolehlivost mnohonásobného porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků po aplikaci přípravků BRM, BHK a srovnání s Kontrolou, Kruskal-Wallis test:  $H(2, N=90) = 14,52015$   $p = ,0007$

## **Obrázky**

Obr. 1: Rozdělení kořenového systému dřeviny (zdroj: JENÍK et al. 2014)

Obr. 2: Podélný a příčný řez EKM kořínkem (zdroj: PETERSON et al. 2004)

Obr. 3: Ponravy chrousta I. instaru použité pro pokus s biouhlem (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

Obr. 4: Výsadba sazenic borovice lesní do truhlíků s pískem (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

Obr. 5: Strukturní vzorec Diethyltoluamid, DEET (N,N-diethyl-*meta*-toluamid) (zdroj: WIKIPEDIE 2017)

Obr. 6: Aplikace biouhlu k sazenicím borovice lesní (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

Obr. 7: Procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček na sazenicích borovice lesní, ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými

Obr. 8: Procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček na sazenicích borovice lesní, ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými

Obr. 9: Porovnání tloušťky krčku u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 10: Porovnání tloušťky krčku u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 11: Porovnání délky nadzemní části u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 12: Porovnání délky nadzemní části u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 13: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 14: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 15: Porovnání délky žíru ponravami chrousta u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 16: Porovnání délky žíru ponravami chrousta u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 17: Porovnání hmotnosti sušiny kořenů u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 18: Porovnání hmotnosti sušiny kořenů u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 19: Porovnání hmotnosti sušiny nadzemní části u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 20: Porovnání hmotnosti sušiny nadzemní části u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

Obr. 21: Porovnání tloušťky krčku u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 22: Porovnání délky nadzemní části u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 23: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 24: Porovnání délky žíru ponravami chroustů u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 25: Porovnání sušiny kořenů u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 26: Porovnání sušiny nadzemní části u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 27: Porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Obr. 28: Hodnocení stavu nadzemní části sazenic borovice lesní (zdroj: KLEINOVÁ 2017)

## **Seznam použitých zkratek a symbolů**

EKM – ektomykorhiza, mykorhizní špička (krátký kořínek omezeného růstu)

s ektomykorhizou

HuAM – hustota aktivních mykorhizních špiček

HuNM – hustota neaktivních mykorhiz

%AM – procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček

%NM – procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček

BRM – Biouhel+repelent+mykorhiza

BHK – Biouhel+hydrokoloid

K – Kontrola

# 1 ÚVOD

Velkým problémem současnosti je globální oteplování planety Země, spojené s nadměrným spalováním fosilních paliv a uvolňováním skleníkových plynů do ovzduší. Rovněž dříve úrodné půdy, které jsou nešetrným obhospodařováním náchylnější k erozi, bývají ochuzovány o cenné biogenní prvky, jejichž absence může snižovat ujmavost, zdárný růst rostlin a následný výnos na daném stanovišti. Výzkumy jsou zaměřené na různé způsoby, jak těmto klíčovým problémům čelit. Jedním z možných řešení může být používání přípravků, které jsou šetrné k životnímu prostředí a zároveň by mohly z části vyřešit problém s odpadovým hospodářstvím. Jejich aplikace by měla příznivý vliv na zlepšení kvality půdy, podporu růstu a vývoj rostlin. Mezi tyto přípravky je možné zařadit i biouhel, jehož vliv na ošetřené sazenice a repelentní účinky vůči škůdcům způsobujícím žír kořenového systému zkoumá tato práce.

Biouhel je stabilní sloučenina uhlíku vyráběna zahříváním biomasy na teplotu mezi 300 až 1000 °C s nízkou nebo lépe nulovou koncentrací kyslíku. Cílem koncepce biouhlu je zmírnění celosvětového problému se zvýšeným skleníkovým efektem v ovzduší izolací uhlíku v půdě, při současném zlepšení její kvality. Navržená koncepce, která by aplikací biouhlu do půdy vedla k odlučování uhlíku, je poměrně jednoduchá. Oxid uhličitý z atmosféry je vázán ve vegetaci prostřednictvím fotosyntézy. Biouhel je následně vytvořen pomocí pyrolýzy rostlinného materiálu. Předpokládaná doba rozkladu uhlíku v biouhlu je v rozmezí od stovek do tisíců let, zatímco doba rozkladu uhlíku v rostlinném materiálu, je v rozsahu desítek let. V důsledku toho by docházelo ke snižování uvolňování CO<sub>2</sub> zpět do atmosféry v případě, že by byl uhlík skutečně trvale uložen v půdě (VERHEIJEN et al. 2010). Výsledky většiny pokusů dále ukazují, že aplikace biouhlu výrazně zlepšuje fyzikální vlastnosti písčité půdy a dále má velký potenciál na retenci půdní vody (GŁAB et al. 2016).

Studie týkající se účinků biouhlu na mykorhizu naznačují, že existuje rovněž silný pozitivní vliv na množství mykorhiz spojený s přítomností biouhlu v půdě. Biouhel, bezprostředně po pyrolýze, může mít na svém povrchu celou řadu sloučenin. Na jedné straně mohou zahrnovat právě takové, které jsou snadno metabolizovány mikroorganismy, rychle a snadno se spotřebovávají, jako jsou např. cukry a aldehydy, na druhé straně mohou také obsahovat látky, které mají baktericidní a fungicidní vlastnosti, jako je např. formaldehyd. Nicméně, bylo prokázáno, že doba rozkladu těchto



látek se pohybuje v rozmezí jednoho až dvou období, a tudíž dlouhodobé účinky těchto látek na půdní organismy jsou nepravděpodobné. Struktura biouhlu rovněž poskytuje útočiště pro malé prospěšné půdní organismy, jako jsou symbiotické mykohizní houby, které mohou proniknout hluboko do pórů prostoru biouhlu a extraradikální houbové hyfy (houbové hyfy, které se nacházejí mimo kořeny), které sporulují v mikropórech biouhlu, tam kde je menší konkurence ze strany saprofytů (VERHEIJEN et al. 2010).

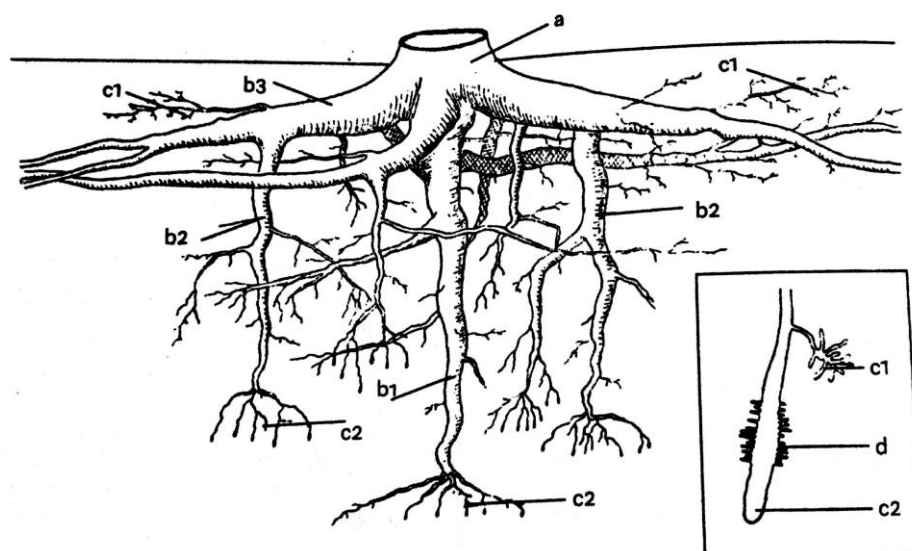
## 2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je ověření účinku repelentu v přípravku biouhel ve variantách Biouhel+repellent+mykorhiza (BRM) a Biouhel+hydrokoloid (BHK) na poškozování borových sazenic žírem ponrav chroustů a porovnání s neošetřenými sazenicemi varianta Kontrola (K). Sledovanými parametry u vysazených sazenic jsou délka kořenového systému, délka nadzemní části, tloušťka kořenového krčku a průměrná hodnota zjištěného počtu aktivních a neaktivních mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene a jejich procentuální podíl, hmotnost sušiny nadzemní a kořenové části sazenic. Vyhodnocen bude žír ponrav na kořenech sazenic borovice lesní i počet přeživších ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Kořenový systém dřevin

Kořeny jsou převážně orgány podzemní, zajišťují výživu rostlinného organismu a jeho zakotvení v substrátu a tvoří zároveň vodivé cesty pro živiny a asimiláty a rezervoár zásobních látek. Výzkum kořenů rostlin v přirozených podmínkách je programem mladé botanické disciplíny, kterou počátkem 20. století nazval ruský badatel Vysockij rhizologií. Nejobecnější pojem, který se v rhizologii používá, je pojem „kořenový systém“. Kořenový systém dřeviny (Obr. 1) rozdělujeme na tři hlavní typy orgánů, lišících se hrubě od sebe anatomicko-morfologickou stavbou a funkcí; jsou to: kosterní kořeny, koncové kořínky a kořenové vlášení (JENÍK et al. 2014).



**Rozdělení kořenového systému dřeviny**  
a) kořenové náběhy, b1) vertikální kosterní kořen – kúlový kořen, b2) vertikální kosterní kořeny – kotevní kořeny, b3) horizontální kosterní kořeny, c1) koncové kořínky omezeného růstu, c2) ztlustlé (prodlužovací) koncové kořínky, d) kořenové vlášení

Obr. 1: Rozdělení kořenového systému dřeviny (zdroj: JENÍK et al. 2014)

Kosterní kořeny jsou pokročile druhotně ztlustlé kořeny nižších řádů, jejichž fyziologickou funkcí je vedení živin i asimilátů a shromažďování zásobních látek, a kromě toho statické zakotvení nadzemních orgánů dřeviny. Koncové kořínky jsou kořenové větvičky nejvyšších (posledních) řádů, které jsou dosud ve stadiu primární anatomické stavby nebo právě v počátcích druhotného tloušťnutí (rozlišovacím znakem je prezenze živého primárního korového parenchymu); tyto kořínky jsou hlavními orgány

sorpce a bioorganominerální výživy. Kořenové vlášení (kořenové vlásky) jsou vesměs jen vychlípeniny pokožkových buněk (rhizodermis nebo exodermis) kořene primárně anatomicky stavěného; zvětšují podstatně styčný povrch kořene s půdním prostředím a tím i jeho absorpční funkci. Kořenový vlásek je tedy orgán již řádově mikroskopický, na rozhraní okulární rozlišitelnosti (JENÍK et al. 2014).

Kosterní kořeny lze dělit např. dle jejich polohy v půdním prostoru na kořeny vodorovné (horizontální) a svislé (vertikální). Mezi horizontálními kořeny vzniká obvykle zřetelně systém povrchových horizontálních kořenů; mezi vertikálními kořeny nutno rozlišovat střední vertikální kořen – tzv. kůlový kořen, a soustavu vedlejších (okrajových) vertikálních kořenů – kořeny kotevní. Koncové kořínky omezeného růstu jsou velmi často přeměněny na ektotrofní či ektoendotrofní mykorhizy; jsou to vesměs specializované orgány pro bioorganominerální výživu dřeviny. V lesnické praxi bývá převažujícím hlediskem přiřazení dřeviny k určitému typu (tvaru) kořenové kostry. Dosavadní typologie se omezuje na dva typy: hlubokokořenné a mělkokořenné dřeviny. Optimálně se rozlišují u dřevin tři typy kořenových systémů: talířovitý, srdčitý a kůlový kořenový systém. Proměnlivost kořenové kostry je dána stářím dřeviny a půdními podmínkami. Proto např. paušální označování borovice jako hlubokokořenné dřeviny neobstojí, protože tentýž druh vytváří velmi často plochý systém kosterních kořenů na skeletovitých a rašelinných půdách (JENÍK et al. 2014).

### 3.2 Mykorhizní symbióza

Termínu symbióza se původně užívalo k pojmenování těsného a dlouhodobého soužití dvou různých organismů a tento termín pokrýval velké spektrum vzájemných vztahů od symbiózy oboustranně prospěšné (mutualistické) po symbiózu parazitickou, kdy jeden ze zúčastněných organismů žije na úkor druhého. Příkladem mutualistické spolupráce je soužití kořenů rostlin s některými půdními houbami označované jako mykorhizní symbióza (GRYNDLER et al. 2004).

Slovo mykorhiza je složeno z řeckých slov *mykés*, *mykétas* (houba, hřib) a *rhíza*, *ríza* (kořen) a doslova znamená „houbokořen“. Mykorhizní symbiózy se vyskytují u více než 95 % všech rostlinných druhů na planetě. U všech typů mykorhizní symbiózy platí, že má-li vzniknout, musí půda obsahovat živé mykorhizní houby. Ty mohou být přítomny ve formě klidových stádií (spor) nebo již symbioticky rostoucí či vegetativní mycelium dočasně přežívající bez hostitele (GRYNDLER et al. 2004).

Existuje několik typů mykorhizní symbiózy. Mezi endomykorhizní typy patří arbuskulární, erikoidní (arbutoidní, monotropoidní) a orchideoidní, druhým typem je ektomykorhizní symbióza. Přejedem mezi ektomykorhizní a endomykorhizní symbiózou je ektendomykorhizní symbióza (PETERSON et al. 2004). Endomykorhizy jsou významné především pro většinu zemědělských plodin. Ektomykorhizy (EKM) jsou nezbytné pro rychlý a zdravý růst a vývoj hospodářsky významných lesních stromů. V běžných lesních půdách jsou krátké kořinky stromů po kontaktu s houbou přeměněny ve specifický mykorhizní orgán – mykorhizní kořen, který je tvořen kořenem hostitelské rostliny, Hartigovou sítí, hyfovým pláštěm a bohatým extramatrikálním hyfovým spojením mezi okolní půdou a povrchem kořene svého hostitele (MEJSTRÍK 1988).

Mykorhizní houby se řadí do hub stopkovýtrusných (Basidiomycota), vrčkovýtrusných (Ascomycota) a spájivých (Zygomycota) (GRYNDLER et al. 2004). Mykorhizní houba nekolonizuje kořen chaoticky, ale omezuje se na některé jeho části, které označujeme termínem kořenová pokožka (rhizodermis) a (primární) kořenová kůra, které jedinečným způsobem pozměňuje. Distribuce jemných kořenů lesních dřevin je limitována dostupností vody a živin. To znamená, že pro rozvoj jemných kořenů a ektomykorhiz jsou vhodné zejména vrstvy nadložního humusu a svrchní minerální horizont (MEJSTRÍK 1988, GRYNDLER et al. 2004).

### **Fáze vývoje EKM orgánu**

Pro život houby jsou důležité především spory jakožto výsledek pohlavního procesu – meiospory, u stopkovýtrusných označovaných jako bazidiospory a vrčkovýtrusných jako askospory. Pro vznik životního cyklu houby musí vzniknout podhoubí tzv. mycelium. Pokud se mycelium v půdě dostane do kontaktu s povrchem kořene hostitelské rostliny, může ho kolonizovat (GRYNDLER et al. 2004).

Celý vývoj EKM orgánu lze rozložit do sedmi fází. V prvé fázi probíhá selektivní stimulace mykorhizní houby látkami vylučovanými kořeny vyšších rostlin. Dochází k rychlejšímu růstu hyf (hyfa – vlákno houby, součást mycelia), zejména u pomalu rostoucích druhů hub, výsledkem je zpravidla navázání přímého kontaktu mezi mykorhizní houbou a kořeny hostitelské rostliny. V druhé fázi vytváří mykorhizní houba velmi řídké hyfové sítivo na povrchu kořinek rostliny. Hostitelská rostlina vylučuje stimulační látky způsobující agregaci hyf v těsné blízkosti kořinek, současně se tvoří přípravná houbová struktura nezbytná k infekci. Třetí fázi je časně pronikání hyf do kořene hostitelské rostliny. Houba zcela mechanicky proniká do mezibuněčných

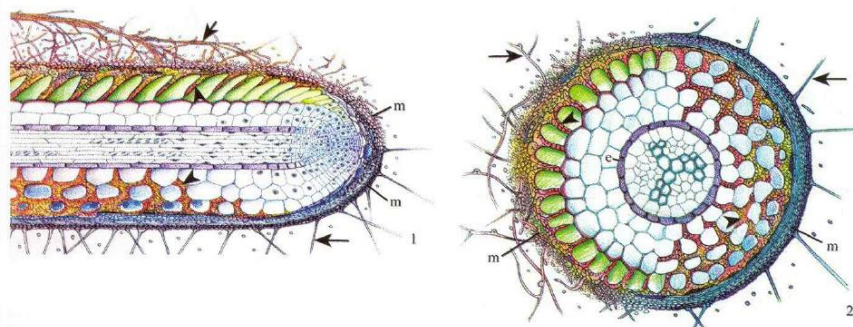
prostorů epiblému a kořenové kůry. Výsledkem je ovlivnění metabolismu hostitele. Ve čtvrté fázi dochází k vývoji Hartigovy sítě. Přítomnost hyf v mezibuněčných prostorech kořene hostitele vyvolává možnost ovlivňování morfogeneze houby. Na ovlivnění reaguje symbiotický organismus tvorbou dalšího labyrintního pletiva. Výsledek toho procesu je označován jako mykorhiza, speciální orgán, jehož struktura a společná fyziologie je přizpůsobena pro účinnou výměnu živin mezi mykobiontem a hostitelskou rostlinou. V páté fázi vývoje se vytváří kompaktní hyfový plášť. Nadále trvá difúze a translokace látek ovlivňujících morfogenezi houby. Labyrintní růst je indukován u všech hyf, které jsou ve fyziologickém kontaktu s hostitelskou rostlinou. Důsledkem je oddělení povrchových pletiv hostitele od přímého kontaktu s půdou vytvořeným hyfovým pláštěm. V šesté fázi dochází k vzájemnému soutěžení kořenů a mykorhizního orgánu, ke zpomalenému růstu kořínků a k jejich větvení. Hyfy se v této fázi rozrůstají do mezibuněčných prostor, pokud nejsou vytvořeny strukturální nebo fyziologické bariéry. Mezi oběma partnery vznikne rovnovážný vztah a veškerý příjem látek z půdy do hostitelské rostliny prochází hyfami mykobionta. V sedmé fázi mykorhizní orgán zaniká. Nastává odumírání buněk kořenové kůry, houba není hostitelem zásobována sacharidy a enzymatické systémy houby nejsou pod kontrolou. Dochází více méně k saprofytismu, houbový symbiont odumírá, ale střed kořene je stále živý. Životnost ektomykorhizního útvaru je různá, závisí na mnoha vnějších, ale i vnitřních činitelích. Předpokládá se maximální životnost dva roky (MEJSTRÍK 1988).

### **Hyfový plášť**

Hyfový plášť různé tloušťky a barvy je tvořen na povrchu kořínků. Je to orgán, který je v bezprostředním styku jak s půdou, tak i s kořenem, a proto má ve výživě rostliny důležitou úlohu. Poměrně často lze rozeznat jeho vnitřní a vnější vrstvu (Obr. 2). Vnitřní vrstva pláště se skládá z velmi hustě propletených hyf s větším počtem cytoplazmatických organel a granulí. Plášť vytvářejí hyfy basidomycetů nebo jiných mykorhizních druhů hub. Z povrchu pláště vyrůstají štětiny a cysty a jednotlivé hyfy nebo celé svazky, které mají mimořádný význam při transportu a příjmu minerálních živin z okolní půdy k hostiteli (MEJSTRÍK 1988).

Množství jednotlivých hyf vyrůstajících z povrchu hyfového pláště je různé, závisí především na druhu symbiotické houby a pravděpodobně i druhu symbiotické rostliny a na stanovištních podmínkách. Hyfy prorůstající půdou mají i další významnou funkci. Ta spočívá v tom, že mohou „svazovat“ částice půdy a ovlivňovat tak pozitivně

její strukturu a fyzikální vlastnosti. Mohutný rozvoj mycelia EKM hub v nejsvrchnějších vrstvách lesních půd tvoří „vychytávací a zadržovací systém“ pro živiny, které jsou vymývány a uvolňovány z opadu při velkých deštích, a tím se umožní jejich zapojení do uzavřeného koloběhu živin v lesním ekosystému (MEJSTRÍK 1988).



Obr. 2: Podélný a příčný řez EKM kořínkem (zdroj: PETERSON et al. 2004)

### Hartigova síť

Při normálním pozorování se nám jeví Hartigova síť jako nepřiliš složitý orgán, tvořený přehrádkovými hyfami, ovšem při použití elektronového mikroskopu vypadá jako orgán připomínající labyrint. Tím se vytváří nesmírně velký povrch pro úzký kontakt mezi buňkami mykobionta a hostitele, který umožňuje obrovský objem vzájemné výměny látek. Pro mykorhizní houby jsou uhlíkaté látky, především sacharidy (fruktóza a glukóza), velmi důležitými zdroji energie a výživy, které získávají od svého hostitele (MEJSTRÍK 1988).

### 3.3 Ekologie EKM vztahů

EKM je jednotný orgán tvořený dvěma partnery – symbiotickou houbou a kořeny vyšší rostliny, má charakteristickou fyziologickou funkci, proto i jeho ekologie je poněkud odlišná od ekologie obou partnerů. V přírodních podmínkách prakticky neexistují keře a stromy, které by mohly růst bez mykorhizní symbiózy, ta může do jisté míry ovlivňovat i sukcesi rostlin. V půdách chudých na mykorhizní houby budou růst jen rostliny, které nebudou na mykorhize závislé a naopak (MEJSTRÍK 1988).

Hyfy vytvářejí mimořádně velký povrch pro příjem živin, což mykorhizním druhům rostlin dává značnou výhodu v konkurenci s druhy bez mykorhizy. Mykorhizní infekce je závislá především na rozptření a množství inokula v půdě v době, kdy může dojít k infekci. Hyfy i spory jsou zdrojem mykorhizního inokula. Pokud chceme, aby se mykorhiza vytvořila, je třeba za určitých okolností stimulovat růst hostitelské rostliny. V lesích mírného pásma převládají obligátně EKM druhy stromů (MEJSTRÍK 1988).

Lepší výživa rostliny může být zajištěna jedině tehdy, jestliže její houbový partner má optimální podmínky i vlastnosti pro čerpání živin z okolní půdy a jejich předávání hostitelské rostlině. Výsadba lesních stromů se provádí na lesních půdách, ale i na stanovištích a půdách pro výsadbu nevhodných (zemědělské, devastované i toxické půdy). Ektomykorhizní inokulum ani kořínky nejsou v těchto půdách rovnoměrně rozprostřeny v půdním profilu. Největší množství hyf je na lesních stanovištích v nejsvrchnějších vrstvách půdy (GRYNDLER et al. 2004).

Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nerozpustné formě nebo v nízkých koncentracích. Mykorhizy mají ještě jednu významnou schopnost a to, že dovedou kumulovat přijaté minerální látky a v období nedostatku živin je uvolňují a předávají hostiteli. Rostlina naopak zásobuje mykorhizní houbu cukry, především monosacharidy. Důležitými faktory jsou obsah vody v půdě a půdní kyselost. Optimální hodnota pH půdy je pro většinu EKM druhů hub v rozmezí 4-5 (MEJSTRÍK 1988, GRYNDLER et al. 2004).

### **3.4 Aplikace EKM do praxe a její využití při zalesňování**

Lesní porosty chřadnou, příčinou je celá řada stresových faktorů, jako jsou klimatické a povětrnostní vlivy (opakovaná suchá období, celkový nedostatek srážek a jejich nerovnoměrné rozložení v čase, mimořádné mrazy nebo naopak mírné zimy, nedostatek vegetačního klidu, prudké zvraty počasí). Dále hrají roli i změny podmínek na stanovišti, související jak s vlivy klimatickými (zrychlený odtok a následný dlouhodobý deficit půdní vláhy, pokles hladiny spodní vody atd.), tak i s vlivy antropogenními (zejména imise se všemi následnými vlivy jako např. acidifikace půd, změny chemismu půdy, vyplavování bází, ukládání toxických látek atd.) i antropickými (přímá kontaminace a devastace přírodního prostředí, nerespektování ekologických nároků a požadavků dřevin na stanoviště, nesprávné a nedostatečné hospodaření v lesích). Dalšími nepříznivými faktory mohou být i zvýšené stavy zvěře a tím způsobené poškození lesních porostů ohryzem, okusem, a zejména loupáním. Oslabené dřeviny jsou citlivější k napadení houbovými či hmyzími škůdci a dochází k destrukci a rozpadu mykorhizních vztahů (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Širší využití a uplatnění mykorhizy v lesnictví nemůže vyřešit všechny tyto výše popsané problémy, ale může některé z nich částečně odstranit nebo alespoň trochu zmírnit.



Umělá inokulace (očkování) se stává výhodnou při introdukci dřeviny mimo oblast jejího přirozeného rozšíření, ale využívá se i při rekultivaci poškozených ekosystémů (úložiště popílku, požářiště, výsypky, zalesňování nelesních půd, rekultivace skládek a odpadů z průmyslových činností). Velmi často se používá při kontejnerové výrobě např. ovocných a okrasných dřevin a květin. Pozitivní vliv inokulace byl popsán mnoha autory, ale výsledky se ne vždy se dají srovnávat. Je třeba si uvědomit, že oproti umělým substrátům půdy na zalesňovaných plochách obsahují autochtonní mykorhizní houby s potenciálními symbiotickými vztahy (PEŠKOVÁ 2008).

Je třeba si uvědomit i to, že umělá inokulace mykorhizním přípravkem dokáže na jedné straně pozitivně ovlivnit rozvoj aktivních mykorhiz, ale může zcela opačně ovlivnit růstové charakteristiky, jako jsou výška nadzemní části, délka kořene, sušina nadzemní a kořenové části. Samozřejmě při vyhodnocování výsledků musíme přihlídnout k tomu, že na rozvoji mykorhiz a růstu sazenic má vliv spousta faktorů, které se s ohledem na čas a stanoviště mění. Výsledky pokusů proto mohou přinášet nejednoznačné výsledky, ale zatím nejsou důvodem pro vyloučení aplikace umělé inokulace v lesnické praxi. Důležitým aspektem je ekonomická stránka použití přípravků a také to, že do prostředí distribuujeme nekontrolovatelnou měrou organismy, které v dané lokalitě nejsou autochtonní (PEŠKOVÁ, TUMA 2010).

Chceme-li získat zdravý a dobrý sadební materiál z lesní školky, musíme věnovat pozornost nejen inokulaci půdy vhodným druhem mykorhizní houby, ale současně vytvořit vhodné stanovištní podmínky pro houbu a sazenice. Je potřeba upravit pH půdy, dodat vyvážený a správný poměr živin, upravit obsah vzduchu a vody v půdě, popřípadě dodat organickou hmotu. Je nutné si uvědomit, že činnost mykorhizních hub může ať už žádoucím nebo nežádoucím způsobem ovlivňovat i používání pesticidů ve školkách. Obecně platí, že jakákoliv chemikálie může způsobit smrt organismu, záleží jen na dávce a době působení. Inhibiční účinky má zejména aplikace fungicidů (MEJSTRÍK 1988).

Dezinfekce substrátu je jednou z nevyhnutelných rutinních činností procesu výroby sadebního materiálu, účelem je potlačit výskyt škůdců a chorob a zároveň růst buřeneš. Tím se zvýší výtěžnost osiva a přežití semenáčků, a naopak se sníží následné náklady na ochranná opatření proti škodlivým činitelům. V současnosti je používána chemická dezinfekce, při které se se přípravek (tekutý, práškový) zapracuje do substrátu nebo se substrát zalije vodným roztokem chemické látky. V minulosti se často používala metoda termické dezinfekce spalováním pevných látek na záhonech. Z praktického

hlediska je nejvhodnější termín pro dezinfekci před výsevem, kdy je možné použít i fytotoxické pesticidy, které ze substrátu vyprchají nebo se rozloží a nepřijdou tak do styku se sadebním materiálem (REPÁČ 2012).

V lesnické praxi se používá tři základních způsobů očkování půd lesních školek EKM druhy hub: a) pomocí půdy odebrané na stanovištích porostů příslušného druhu lesní dřeviny, b) pomocí EKM sazenic, c) pomocí čistých kultur EKM hub. Každá z metod má své výhody i nevýhody a použití je závislé na lokálních podmínkách. Jako nejlépe použitelná se jeví právě poslední zmíněná metoda. S pokrokem biotechnologických metod je vcelku snadné vyrobit velké množství EKM inokula a aplikovat je na sazenice ve školkách. Principem je separovat izoláty EKM druhů hub a ty pak nechat růst na tekutých živných půdách. Po určitém čase jsou promíchány se sterilním substrátem (rašelina, perlit, vermikulit, sláma, jehličí, piliny, alginát a jiné) a tento substrát po určitém čase inkubace použit k inokulaci půdy v lesní školce. Nevýhodou metody je potřeba značného množství substrátu, zachování částečné sterility substrátu či půdy, aby se zabránilo rozmnožení saprofytických druhů hub, které by celý proces inokulace znesnadnily (MEJSTRÍK 1988).

V poslední době se používá k produkci mycelia fermentorů, v nich vyrobené mycelium se mísí s vhodným substrátem (některé soli kyseliny alginové, ale i jinými materiály). Velmi obtížný je výběr vhodného EKM symbionta pro určitý druh dřeviny. Musí hlavně splňovat dvě podmínky, snadno a rychle vytvořit s hostitelem ektomykorhizní vztah a rovněž dobrá přizpůsobivost stanovištním podmínkám, zejména aby odolával stresům, kterým bude vystaven a zajistil dobrý růst (MEJSTRÍK 1988).

V současnosti se ve školkách produkuje velké množství sazenic, ale je potřeba dbát na to, aby tyto sazenice byly kvalitní a měly dostatečně vyvinuté EKM kořínky. Sazenice mající EKM lépe odolávají stresu plynoucímu z přesazení, rychleji a lépe se přizpůsobují novému stanovišti a mohou díky dobře vyvinutým EKM kořínkům ihned zásobovat hostitelskou rostlinu živinami, na které má rostlina v době přesazení zvýšené požadavky. EKM rostliny lépe přežívají a jejich mortalita je nižší. Rovněž bylo dokázáno, že takto ošetřené sazenice lépe odolávají nepříznivému vlivu imisí, kyselému dešti a kořenovým chorobám než sazenice neošetřené. Rostliny s EKM jsou odolnější k napadení škůdci a lépe odolávají i dalším stresovým faktorům, kterým jsou vystaveny, jako je sucho, nízké teploty, imise, toxiny a podobně (MEJSTRÍK 1988).

### 3.5 Biostimulační a mykorhizní přípravky testované v praxi

Přípravky Bio-Algeen<sup>®</sup>, obsahují látky působící na všechny zelené rostliny urychlením jejich životních funkcí, zvýšením látkové výměny a fotosyntézy. Přitom se rostliny vyvíjejí harmonicky a plně využívají svůj genetický potenciál. Molekulární sítě polyuronových kyselin jsou upraveny tak, že se stávají součástí polopropustných membrán kořenových systémů. Při nanesení přípravku na kořeny jsou polopropustné membrány otevřeny pro průchod živin a vody do rostlinných šťáv kořenů s vyšší iontovou koncentrací. Rostlina ošetřená přípravky Bio-Algeen<sup>®</sup> po zasazení okamžitě pokračuje v růstu s minimálním šokem z přesazení. Vedle tohoto principu působí přípravek v těsné blízkosti kořenových vlásků jako šedá huminová kyselina při pufrování, akumulaci vody, tvorbě půdní struktury a jako živná půda pro mykorhizu. Principem účinnosti je stimulace příjmu živin, tvorby chlorofylu, fotosyntézy a transportu asimilátů s efektem zvýšení tvorby biomasy, kořenových systémů a délky přírůstků až o 100 %. Přípravky zvyšují úrodnost všech půd a substrátů, zpřístupňují rostlinám i těžko dostupné živiny (výsadby ve špatných půdních podmínkách, zalesňování, rekultivace, dálniční tahy). Upravují vodní režim, zvyšují odolnost proti erozi a vysychání, pomáhají rozvoji půdních mikroorganismů (rekultivace, městská zeleň, zalesňování, regenerace historicky či geneticky cenných stromů). Přípravky je možno používat i pro ošetření porostů v pastevním režimu a v režimu ekologického zemědělství (BERGMAN et al. 2013, web PŘÍPRAVKY BIO-ALGEEN). Kromě přípravků řady Bio-Algeen<sup>®</sup> byly v lesnictví testovány a v praxi využívány i jiné preparáty.

Přípravek VAMBAC<sup>®</sup> byl vyvinutý firmou Biotechnology a.s. Chomutov, nabízel se např. pro inokulaci listnatých dřevin při výsadbě na Slovensku. O tomto přípravku Repáč (2001) vyjádřil své pochybnosti. Rozpor spočíval v tom, že přípravek byl vyvinut pro endomykorhizní rostliny, ale nabízený byl i pro ektomykorhizní typy lesních dřevin (buk, duby), ovšem tyto dřeviny z preparátu nemohly profitovat, jelikož VAMBAC<sup>®</sup> neobsahoval ektomykorhizní houby ani jejich zárodky. Navíc preparát obsahoval patogenní houby, které mohly být potenciálně zdrojem infekce substrátu a v některých případech obsahoval i hnojivo Osmocote, rašelinu nebo vermikulit, což ani nebylo uváděno v reklamních materiálech (REPÁČ 2001).

Dále byl použit přípravek ECTOVIT<sup>®</sup> (výrobce Symbiom, s.r.o.), který obsahuje 4 druhy mykorhizních hub na tekutém nosiči, 2 druhy mykorhizních hub na rašelinovém nosiči s obsahem přírodních složek podporujících rozvoj mykorhizní symbiózy (humáty, výtažky z mořských organismů, mleté horniny), biologicky rozložitelné granule

absorpčního gelu. Jedná se o tekutý přípravek, který má snadné použití, v něm obsažené mykorrhizní houby se napojí na kořeny stromů a budou čerpat živiny z půdy, růst a podporovat rostliny po celý jejich život (web SYMBIOM, s.r.o.).

Dnes již víme, že neexistuje univerzální symbiont pro určitý druh dřeviny, a proto se neustále zkouší další preparáty, které by mohly rozšířit škálu možností aplikace vhodného inokula pro konkrétní dřevinu (MEJSTRÍK 1988).

Z dosud provedených terénních inokulačních experimentů vyplývá, že aplikace ektomykorrhizního inokula velmi zřídka vede k inhibici růstu rostlin. Vyhodnocení experimentu aplikace mykorrhizního přípravku VAMBAC<sup>®</sup> přineslo nejednoznačné výsledky. Zkreslení výsledků mohlo být způsobeno kvalitou inokula, variabilitou mikroorganismů v přírodním substrátu, půdních podmínkách, neopakovatelnosti klimatických podmínek a případných rozdílů mikroklimatu. Ošetřené sazenice měly významně vyšší podíl aktivních mykorrhiz ve srovnání s kontrolními neošetřenými. Pro zbývající charakteristiky růstu sazenic vyjma tloušťky krčku sazenic významné rozdíly nebyly prokázány (HOLUŠA et al. 2015). K prokazatelné stimulaci došlo zhruba jen v polovině dosud provedených pokusů (CASTELLANO 1996). Jedním z důvodů nejednoznačnosti některých výsledků experimentů může být zejména nemožnost srovnání mykorrhizních rostlin s čistě nemykorrhizními kontrolovanými rostlinami, které lze v terénu obtížně získat, protože kontaminující „divoké“ ektomykorrhizní houby jsou často a ve velkém množství přítomny jak v lesních půdách, tak i v školkařských substrátech (GRYNDLER et al. 2004).

### **3.6 Biouhel a jeho výroba**

Biouhel, běžně nazývaný anglickým termínem „biochar“, je produkt bohatý na uhlík, který se získává tepelným rozkladem organického materiálu, např. dřevní nebo rostlinné biomasy, ale i hnoje či digestátu, bez přístupu vzduchu za vysokých teplot. Termochemický proces rozkladu různých typů organických materiálů je označován jako pyrolýza. Do reaktoru je vkládán vstupní materiál, ten je následně zahříván a rozkládán na menší a jednodušší molekuly plynu, oleje a pevného zbytku – biouhlu. Tyto produkty se dále využívají jako hodnotná biopaliva, přičemž biouhel díky svým specifickým vlastnostem nachází využití jako půdní aditivum (BŘENDOVÁ et al. 2015).

Uplatnění biouhlu jako prostředku pro cílené vylepšení půdy z hlediska zvýšené odolnosti půdy a rostlin vůči suchu, chorobám a nedostatku živin, je známo již z předminulého století. Biouhel je porézní nasákavý materiál, který je schopný pojmout

a udržet vodu v půdě a uchovat ji pro období sucha. Jeho přítomnost v půdě zlepšuje její schopnost zadržovat ve vodě rozpuštěné živiny a obecně minerální látky. Biouhel může díky vnitřní porézní struktuře zadržovat a propouštět vzduch, čímž výrazně odlehčuje a provzdušňuje půdu, a tím přispívá k efektivní činnosti půdních mikroorganismů. Vzhledem k tomu, že se v přírodě velmi pomalu rozkládá, přispívá jako účinný prostředek pro ukládání uhlíku do půdy, což v současné době globálního oteplování napomáhá snižování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře (MAREK et al. 2015).

Dle rychlosti ohřevu a finální teploty procesu, rozeznáváme dva základní typy pyrolýzy: rychlou a pomalou. Rychlá pyrolýza se vyznačuje rychlým teplotním nárůstem, krátkou dobou zdržení v reaktoru (v řádech sekund) a vysokou finální teplotou (1200 °C), vzniká při ní 60-75 % hm. pyrolytického oleje, 15-25 % hm. biouhlu a také 10-20 % hm. pyrolýzního plynu. Naopak při pomalé pyrolýze je vzrůstající teplota povolná a finální teplota se pohybuje do 800 °C, vzniká 30 % hm. oleje, 30 % hm. plynu, a 35 % hm. biouhlu. Chemické i fyzikální vlastnosti vzniklých produktů jsou silně ovlivněny vstupním materiálem a zvolenými podmínkami pyrolýzy, zejména finální teplotou procesu, a tak biouhel nelze přesně definovat. Lze zobecnit, že jde o materiál, jenž obsahuje až 90 % uhlíku a skládá se z aromatických sloučenin charakterizovaných šesti atomy uhlíku. Toto aromatické uspořádání struktury biouhlu inhibuje rozklad v půdě, protože mikroorganismy takto složité sloučeniny dokážou využít jen s obtížemi (BŘENDOVÁ et al. 2015).

Způsob výroby přípravku na bázi biouhlu pro podporu růstu rostlin spočívá v aplikaci biouhlu společně s mykorhizními houbami a dalšími komponentami na bázi hydrokoloidů, organických nebo anorganických hnojiv a rhizosferních bakterií v kombinaci s podsevem leguminózními rostlinami. Jako zdroj vhodné fytohmoty pro přípravu biouhlu se používají např. dřevní štěpky měkkých i tvrdých dřev, především smrku a borovice, seno, sláma, odpadní fytohmota z potravinářského průmyslu a mnoho jiných vybraných komponent v závislosti na velikosti jejich částic, obsahu vlhkosti a hodnotě pH vodného výluhu ze získaného biouhlu (MAREK et al. 2015).

Připravený biouhel se před zapravením do půdy obohacuje hnojivem anorganického původu ve formě nanohnojiva nebo hnojiva organického původu jako je prasečí kejda, močůvka, melasa, výpalky apod., tím se zabrání možnosti dočasného odčerpání živin z půdy do biouhlu a v případě hnojiv organického původu eliminuje jejich nežádoucí odér. Aplikací biouhlu společně s mykorhizními houbami při pěstování rostlin se využívá symbiózy mykorhizních hub s pěstovanými rostlinami, přičemž

biouhel pomáhá fixaci hub v blízkosti kořenů vysazovaných, resp. pěstovaných rostlin. Při vlastní výsadbě a pěstování rostlin se biouhel přidávaný do půdy obohacuje přídatkem ektomykorhizních nebo endomykorhizních hub, kterými se pěstované rostliny inokulují bezprostředním kontaktem s kořenovým systémem těchto rostlin. Ektomykorhizní houby se zpravidla přidávají k výsadbě jehličnanů, zatímco endomykorhizní houby nalézají uplatnění u listnatých stromků a jiných rostlin. Biomasa ektomykorhizních hub (např. rodu *Boletus*, *Paxillus*, *Suillus*, *Laccaria*, *Russula* a další) se připravuje kultivací za aerobních podmínek ve sladidlovém tekutém médiu nebo bramborovo-sójovém bujónu při teplotě 15-25 °C po dobu 14 dnů v temnu. Nakultivovaná biomasa ektomykorhizních hub se použije přímo ve formě kultivačního média s narostlou biomasou, nebo se převede do suché formy v sušárně nebo lyofilizací. V případě endomykorhizních hub se použije příslušné mycelium hub, např. rodu *Globus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* nebo *Sclerocystis*, pěstuje se na hostitelské rostlině, např. na kukuřici, kultivované hydroponicky ve směsi perlitu a písku s přídatkem biouhlu v hmotnostním poměru 40:10:1 až 10:30:10 po přídatku spor nebo inokula pěstovaných endomykorhizních hub, a vytvořené mycelium se ve formě substrátu s fragmenty kořenů hostitelské rostliny s hyfami a sporamai endomykorhizních hub použije jako přídatek k vysazovaným nebo pěstovaným rostlinám (MAREK et al. 2013).

Biouhel se společně s nakultivovanými mykorhizními houbami přidává k výsadbovému materiálu ve školkách, k vysazovaným stromkům a pěstovaným rostlinám společně s hydrokoloidem na bázi syntetického hydrogelu, přírodních polysacharidů nebo huminových látek ve formě fixačního gelu. Tato aplikace je výhodná nejenom z důvodu podpory ujímání vysazovaných rostlin a jejich následnému růstu v důsledku probíhající symbiózy s mykorhizními houbami, ale přítomnost biouhlu s hydrogelem (fixuje až 80 % vody) zajišťuje pro pěstované rostliny potřebné množství vody. Obalení kořenů fixačním gelem zabraňuje vysychání rostlin, což výrazně napomáhá udržování kvalitního výsadbového materiálu po vytěžení ve školkách během dopravy, případně i skladování před vlastní výsadbou (MAREK et al. 2015).

### 3.7 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

#### Rod *Pinus*

Rod *Pinus* – borovice, je jeden z lesnický nejvýznamnějších druhů konifer. Zahrnuje vždyzelené stromy, méně často keře, s přeslenitým větvením. Jehlice vyrůstají ve svazečku na malých zkrácených výhonech (brachyblastech), obvykle po 2, 3, 5, výjimečně i po 1, 4, 6-8. Rod *Pinus* je nejpočetnějším rodem rostlin nahosemenných, popsáno je na 100 (-120) druhů borovic rostoucích prakticky jen na severní polokouli. V České republice rostou autochtonně jen 3 druhy: borovice lesní *P. sylvestris*, borovice blatka *P. rotundata* a borovice kleč, kosodřevina *P. mugo*, hojněji se ještě vyskytuje hybrid posledních dvou (*P. x pseudopumilio*). Rod *Pinus* dělíme obvykle na 2 podrody (subgenus *Pinus* a subgenus *Strobus*), eventuálně dále na sekce a série. Podrod *Pinus* (synonym *Diploxylon*); tzv. „tvrdé (smolnaté či žluté) borovice“. Jehlice jsou po 2-3 na brachyblastu, přechod mezi jarním a letním dřevem je náhlý a podrod *Strobus* (synonymum *Haploxylon*); tzv. „měkké borovice“. Jehlice jsou převážně po 5 na brachyblastu, přechod mezi jarním a letním dřevem je pozvolný (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

#### Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Borovice lesní, sosna je velmi odolná, rychle rostoucí 2 jehličná eurasijská borovice. Mezi stromovitými dřevinami má nejrozsáhlejší areál s největší ekologickou amplitudou, těžiště areálu je v s. Asii. Je to vyšší strom až 40 m vysoký,  $d_{1,3}$  až 1 m. Na extrémních stanovištích může být i podstatně nižší, někdy dokonce bývá jen keřovitého vzrůstu. Borovice lesní dosahuje věku 300-584 roků. Koruna stromu je v severní a severovýchodní části evropského areálu spíše štíhlá s jemným ovětvením, v části střední a jižní přibývají a posléze i převažují jedinci s klenutou až deštníkovou korunou (dědičný znak!) se silnými větvemi. Jehlice opadávají po (2)-3-(4) letech. Kmen je přímý především v severní a severovýchodní části areálu, větvený bývá až v horní čtvrtině, na extrémních stanovištích bývá často křivolaký. V dolní části je krytý silnou rozpukanou borkou, v části horní se tenká borka odlupuje v papírovitých lístcích a má rezavě červenou či oranžovou barvu. Hrubší borka bývá úzce šupinovitá, lasturovitá či široce deskovitá. Dřevo borovice je měkké s jádrem (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

Kořenový systém je mohutný, většinou se zachovalým kúlovým kořenem jdoucím 1,5-3 m hluboko (v suchých písčítých půdách ještě hlouběji), časté jsou i boční kořeny, obracející se posléze dolů, horizontální kořeny rostou ve vrstvě do 20 cm pod půdním

povrchem. Na pohyblivých písčích mohou vznikat i tzv. chůdovité kořeny. Kořenový systém dřeviny velmi dobře kotví její nadzemní část v zemi, což znamená, že borovice netrpí vývraty a je proto považována za zpevňovací dřevinu. Ektotrofní či endotrofní mykorrhiza s kořeny borovice byla pozorována u více než 120 druhů hub (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

K odkvětu dochází v měsíci květnu až počátkem měsíce června. Základy (primordia) samčích šištic jsou vytvořeny již v pozdním létě předchozího roku na bázi pupenu připraveného k prodlužovacímu růstu v roce následujícím. Nejčastěji vyrůstají v dolní část koruny na krátkých větvičkách. Základy (primordia) samičích šištic jsou také vytvořeny v předchozím létě. Jsou jen mikroskopické velikosti, umístěné po 1-3 ve špičce pupenů připravených k prodlužovacímu růstu následujícího roku. Vyrůstají na nejvitálnějších výhonech, obvykle v horní části koruny nebo jejích osluněných částech. Krátce po opylení semenné šupiny samičích šištic tloustnou: pylová zrna klíčí a vysílají krátkou pylovou láčku. V té době samičí šištice přestávají směřovat dopředu (ve směru růstu letorostu) a obracejí se nazpět. Do podzimu dorůstají velikosti lískového ořechu. V tomto stadiu bývají označovány jako „konelety“. Naklíčený pyl zůstává po 12 měsících dormantní. Během té doby konelety povyrostou. Teprve po více než 12 měsících po opylení obnovuje klíčící pyl svůj růst a oplodní vajíčko. Krátce na to (v červnu 2. roku) se celý útvar začne rychle zvětšovat a počátkem léta dosahuje konečně velikosti šišky, tj. 3-6 cm délky. Začátkem října druhého roku dospívá semeno a šišky dozrávají. K hlavnímu otevírání šišek dochází až v předjaří třetího roku. Semena jsou hnědá až černá opatřená „kleštičkovitě“ objímavým křídlem. Dobré úrody se vyskytují v průměru každý 3. až 6. rok (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

### **Ekologie, lesní porosty**

Borovice lesní je výrazně světломilnou dřevinou, intolerantní k zastínění. V preborálu rychle ovládala střední Evropu (doba borová), později byla z lepších stanovišť vytlačena expanzí dřevin více tolerujících zastínění. Zachovala se pouze na (reliktních) extrémnějších stanovištích, méně příznivých pro růst náročnějších, zastínění snášejících druhů. Borovice lesní (jako druh) je adaptována na velmi široký klimatický rozsah. Roste na územích s délkou vegetační doby 90-200 dnů (výjimečně i méně), s průměrnými ročními srážkami 200-1780 mm. Převážnou část areálu je možno charakterizovat jako kontinentální nebo alespoň kontinentálně laděnou. Borovice roste na mělkých, chudých půdách písčitých až kamenitých, sušších, vzniklých na horninách



silikátových, ale i na vápencích a také na hadcích (tam často jako hlavní či dokonce jediná stromovitá dřevina). Vyskytuje se rovněž na půdách bažinných a rašelinných, avšak zde roste obvykle hůře, mnohdy zakrsle. Často vytváří silnější vrstvu opadu a surového humusu. Potřeba vody u borovice lesní může být kryta z větších hloubek než u jiných dřevin, proto může růst i na stanovištích (na povrchu) extrémně suchých. Nejúspěšnější obnova vzniká na holé nebo jen velmi málo zastíněné ploše s odkrytou minerální půdou, bez souvislé vrstvy surového humusu. Náletové porosty mohou vznikat také v devastovaných lesích po požárech. Borovice je však schopna klíčit a růst i ve šterbinách holých skal. Obecně se řadí mezi pionýrské dřeviny, schopné osídlivat nejrůznější volné plochy (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

### **Význam v lesnictví a hospodářské využití**

Borovice lesní svým lesnickým významem stojí mezi koniferami hned za smrkem. Na extrémních stanovištích je schopna plnit půdoochranné a rekultivační úlohy. Využívá se i v sadovnictví a k výsadbám podél komunikací, nesnáší však prostředí větších měst a průmyslových oblastí. Dřevo je trvanlivé ve vodě, poněkud méně na suchu. Zpracovává se podobně jako smrk na vláknu a pilařskou kulatinu, borovice je žádaná jako vánoční stromky. Speciálním využitím je smolaření – těžba pryskyřice na terpentýn, kalafunu apod. (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

### **3.8 Chrousti rodu *Melolontha***

Chrousti rodu *Melolontha* se systematicky řadí do řádu brouků (Coleoptera), čeledi vrubounovitých (Scarabaeidae). Lesnický významné jsou u nás dva druhy: chroust obecný – *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758) a chroust maďalový – *Melolontha hippocastani* (Fabricius, 1801). Chroust obecný se vyskytoval hojně na celém území Čech, Moravy a Slezska s výjimkou podhorských a horských poloh (o jeho opakovaných masových rojeních se hovořilo jako o chroustích záplavách). Působil rozsáhlé ztráty v zemědělství i lesnictví až do 60. let 20. století. Pravděpodobně v důsledku rozsáhlého používání pesticidů v zemědělství u nás během posledních desetiletí téměř vymizel. V případě chrousta maďalového, který je vázán převážně na lesní biotopy, nebyl takový pokles početnosti zaznamenán (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

Teprve v poslední době jsou pozorována lokální přemnožení chroustů. V roce 2012 bylo očekáváno silnější rojení chroustů rodu *Melolontha* (hlavně *M. hippocastani*, okrajově také *M. melolontha*) v souvislosti s dlouhodobě sledovanými vývojovými cykly

v oblasti jejich kalamitního výskytu ve středních Čechách (střední Polabí a dolní Pojizeří ve Středočeském kraji). Předpoklad se potvrdil a ve druhé polovině dubna a v květnu došlo v ohrožených zejména borových oblastech k silnému rojení brouků chrousta maďalového. Následně v této oblasti vznikly vrcholové světlostní žíry na vtroušených listnácích, především byly napadeny duby na okrajích porostů, které rojící se imága (dospělci) preferují za účelem zralostního žíru. Proti imágům nebyly provedeny žádné obranné zásahy (KNÍŽEK, MODLINGER 2013).

V roce 2013 a 2014 se nepředpokládalo silnějšího rojení chroustů v oblastech jejich kalamitního výskytu ve středních Čechách a na jihovýchodní Moravě, což se v plném rozsahu potvrdilo (KNÍŽEK et al. 2015). V roce 2015 se očekávalo silné, respektive kalamitní rojení chroustů rodu *Melolontha* (hlavně *M. hippocastani*, okrajově také *M. melolontha*) v oblastech jejich škodlivého výskytu na jihovýchodní Moravě a částečně také ve středních Čechách. K hromadnému rojení brouků a k vzniku silných žírů a holožírů v listnatých skupinách přítomných v místech rojení chroustů, došlo zejména na území okresu Hodonín v rámci Jihomoravského kraje. Celkový rozsah poškození listnatých porostů byl odhadnut na zhruba 400-500 ha. (Tab. 1). Proti rojícím se chroustům nebylo provedeno plánované letecké ošetření, a to z důvodů neschválení žádosti o zásah příslušnými pracovišti KÚ Jihomoravského kraje. V roce 2016 bylo očekáváno silné rojení brouků v oblasti kalamitního výskytu v Pojizeří a Polabí, ve středních a východních Čechách (především okresy Mladá Boleslav, Nymburk, Pardubice) (KNÍŽEK et al. 2016). Hlášení lesního provozu za rok 2016 a výhled na rok 2017, který zpracovává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., zatím nebyl zveřejněn.

V poslední době nabývá na významu poškození kultur ponravami chroustů, jedná se především o chrousta maďalového – *M. hippocastani*. Vzniklé ztráty jsou především v nejteplejších oblastech Čech a Moravy (Jihomoravský a Středočeský kraj), kde se na písčitých půdách v borových oblastech tento druh přemnožuje. V roce 2012 bylo poškození evidováno na ploše cca pouhých 10 ha (v roce 2011 se jednalo o 44 ha, v roce 2010 o 46 ha). Výše poškozené plochy nebyla moc vysoká s ohledem na fázi vývoje ponrav v půdě (poslední rojení chroustů proběhlo na jižní Moravě v roce 2011, ve středních Čechách v roce 2012) z čehož vyplynula prognóza, že poškození ponravami bude narůstat především v roce 2013 na Moravě a v roce 2014 v Čechách (KNÍŽEK, MODLINGER 2013). Tento předpoklad se potvrdil. V roce 2013 bylo poškození evidováno na ploše 34 ha a v roce 2014 bylo poškozeno 105 ha (KNÍŽEK et al. 2015).

V roce 2015 bylo poškození výsadeb a kultur evidováno na ploše cca 250 ha (Tab. 1). Nejvíce v kraji Královéhradeckém (139 ha), dále pak v krajích Pardubickém (106 ha), Středočeském (9 ha), Jihomoravském (3 ha) a Zlínském (1 ha). Nárůst vykázané poškozené plochy souvisel s vývojem ponrav v půdě v širší oblasti Polabí, kde po posledním silném rojení v roce 2012 dokončovaly žír ponravy posledního instaru. Situace v této gradační oblasti se dále zhoršuje. Prognóza pro rok 2016 očekávala postupný nárůst poškození v oblasti jihovýchodní Moravy (okres Hodonín), kde měly začít žír ponravy druhého instaru (kalamitní rojení brouků proběhlo dominantně v roce 2015). V Polabí mělo dle předpokladu naopak poškození krátkodobě ustoupit, neboť většina ponrav zde měla prodělávat vývoj prvního instaru a kořeny dřevin by neměly být významněji ohroženy. Obecně lze uvést, že situace je v postižených oblastech dlouhodobě vážná, na mnoha místech se nedaří kultury zajistit (KNÍŽEK et al. 2016).

chroust - ponravy ( <i>Melolontha</i> spp.)	Hodonín	3,0
	<b>Jihomoravský kraj</b>	<b>3,0</b>
	Hradec Králové	134,8
	Jičín	1,2
	Rychnov nad Kněžnou	2,6
	<b>Královéhradecký kraj</b>	<b>138,6</b>
	Pardubice	105,6
	<b>Pardubický kraj</b>	<b>105,6</b>
	Kolín	1,4
	Kutná Hora	0,3
	Mladá Boleslav	0,4
	Nymburk	6,7
	<b>Středočeský kraj</b>	<b>8,8</b>
	Uherské Hradiště	0,4
	<b>Zlínský kraj</b>	<b>0,4</b>
<b>Celkový součet (total)</b>	<b>256,4</b>	
chroust - dospělci ( <i>Melolontha</i> spp.)	Hodonín	190,0
	<b>Jihomoravský kraj</b>	<b>190,0</b>
	<b>Celkový součet (total)</b>	<b>190,0</b>

Tab. 1: Evidovaný výskyt chroustů (ponravy a dospělci) v roce 2015, uveden výskyt poškození (ha) (zdroj: KNÍŽEK et al. 2016)

Dospělci chroustů (imága) škodí především ožíráním listů dřevin. Jsou polyfágní, živí se listy většiny listnatých dřevin, z nichž preferují dub, z jehličnanů konzumují jehličí modřínu a samčí květy smrků a borovic (KRATOCHVÍL et al. 1953). Časněji se rojící chroust maďalový začíná svůj žír na dřevinách rašících dříve než dub (např. bříza). Při masovém rojení vznikají holožíry v listnatých porostech, stromořadích a v ovocných sadech v případě chrousta obecného. Mnohem větší škody než imága, způsobují larvy chroustů – ponravy. Žijí v půdě a jsou široce polyfágní, živí se kořeny nejrůznějších bylin

a dřevin. Nejmladší larvy se živí hlavně humusem a jemnými kořínky, starší ponravy mohou ohryzávat i silnější kořeny. V oblastech s opakovanými kalamitním přemnožením patří ponravy chroustů k nejdůležitějším škůdcům v lesních školkách a výsadbách. Dokážou zničit odrostlé sazenice (někdy až desetileté stromky) v kulturách, náletech či nárostech i na větších souvislých plochách zejména u borovice a dubu. Ponravy chrousta maďalového na rozdíl od svého příbuzného druhu poškozují navíc podsadby, nálety a nárosty zpravidla po celých plochách mezernatých porostů. Sazenice poškozené ponravami přestávají přirůstat, mění barvu jehličí či listů a postupně usychají. Po vytažení stromku z půdy je na kořenech viditelný žír, patrná je zejména absence tenčích kořínků, silnější kořeny včetně hlavního jsou ohryzány a často zbývají jen jejich pahýly. Sazenice, které žír přežily, v následujících letech stagnují v přírůstu a postupně odumírají (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

### **3.8.1 Chroust obecný *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758)**

Brouk je dlouhý asi 22,5-31,5 mm, černé barvy, jeho krovky, pygidium, nohy, tykadla a makadla jsou červenohnědá. Hrudní štít mají samci pokryty hustými světlými chloupky, u samic se tak často tento znak nevyskytuje. Směrem ke středu štítu má lysá místa s jemnými důlky, na zadečku bílé skvrny ve tvaru trojúhelníku. Každá krovka má 4 žebra, pole mezi žebry jsou jemně vrásčité a rostou na nich žlutošedé chloupky. Tělo je zakončeno pygidiem a protaženo v dlátovitý výběžek. U samců je dlouhý a široký, samice mají spíše zašpičatělý a kratší. Chroust obecný má velmi proměnlivé zbarvení, odchylky jsou v barvě nohou a těla. Je rozšířen v největší části Evropy, najdeme ho nejčastěji od konce dubna do poloviny června na okrajích lesů obrácených k otevřeným polím. Ponravy nacházíme ve vyhráté půdě polí, kde se živí především kořínky rostlin (KRATOCHVÍL et al. 1953).

### **3.8.2 Chroust maďalový *Melolontha hippocastani* (Fabricius, 1801)**

Tento brouk je menšího vzrůstu než předešlý, dosahuje délky 20,5-29,0 mm, je červenohnědé barvy, temeno hlavy je načernalé, čelní štítek černý. Barva vnějších krajů krovek, pygidia, postranní i spodní části těla je rovněž černá. Nohy jsou červenohnědé, vějířek má temnější, ne tak lesklý jako chroust obecný. Třetí článek tykadel je na konci rozšířen a opatřen ostrým zubem. Štít hrudi s jemnými důlky na stranách je pokrytý hustými světlými chloupky. Pygidium je protaženo v úzký výběžek, na konci má okrouhlou plošku. Samice toto rozšíření nemají. Pohlaví se rozlišují

stejně jako u chrousta obecného. Zbarvení je rozmanitější než u předešlého druhu. Chroust maďalový je rozšířený v Evropě i Asii. Vyskytuje se v severnějších oblastech od poloviny května do konce června, na jihu od poloviny dubna do počátku června. Preferuje listnaté lesy, zejména dub, lípa nebo ho nalezneme v řídkých jehličnatých porostech s roztroušenými listnáči. Ponravy upřednostňují písčité půdy, na severu v osvětlených stanovištích, na jihu vyhledávají plochy zastíněné lesními porosty. Je to významnější škůdce lesních porostů než předchozí druh (KRATOCHVÍL et al. 1953).

### Vývojová stádia chroustů

Oba druhy jsou si morfologicky velmi podobné. Vajíčko je bělavé, oválného tvaru, čerstvě po naklazení má velikost 3x2 mm. Larva (tzv. ponrava) je bělavá až žlutavá, masitá, zahnutá do tvaru písmene C, s rozšířeným zadečkem, v dospělosti až 50 mm dlouhá (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Hlava je chráněná pevnou chitinovou hnědožlutou nebo načervenalou schránkou. Kousací ústní ústrojí je mohutné. Ostatní tělo ponravy je masité, bělavě nažloutlé, pokryté měkkou pokožkou. Má tři články hrudní a deset článků zadečkových. Hrudní články nesou tři páry noh. Délka noh od prvního ke třetímu páru vzrůstá, což souvisí se způsobem pohybu larvy (KRATOCHVÍL et al. 1953). Během vývoje prochází ponrava třemi vývojovými stupni (instary). Jednotlivé instary se od sebe liší velikostí, která však v době svlékání není spolehlivá (Tab. 2). Bezpečně se rozeznávají podle šířky hlavové schránky. Ponravy chrousta obecného a maďalového nelze prakticky od sebe rozlišit. Kukla je zbarvená do žluta a orgány dospělého brouka jsou na ní již patrné (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

Stadium ponravy	Chroust maďalový	Chroust obecný
I.	2,1-3,0 mm	2,1-3,1 mm
II.	3,7-4,8 mm	3,7-5,0 mm
III.	5,7-7,1 mm	6,2-7,6 mm

Tab. 2: Rozlišení stádií ponrav chrousta obecného a chrousta maďalového (KRATOCHVÍL et al. 1953)

### Způsob života

Oba druhy chroustů mají podobný způsob života, délka vývoje je závislá na klimatických podmínkách – rozeznáváme tříletý, čtyřletý u chrousta maďalového i pětiletý vývojový cyklus (Tab. 3). Populace chroustů, která vykazuje pravidelně po delší dobu se opakující roky silného výskytu brouků tzv. chroustí roky, se nazývá kmen. Rojení je závislé na počasí a nadmořské výšce v období od druhé poloviny dubna do začátku

května, kulminuje do dvou týdnů od výskytu prvních brouků. Na začátku rojení převažují samci, v době kulminace rojení se poměr pohlaví vyrovnává. Brouci po vylíhnutí nalétávají do listnatých porostů, kde se během úživného žíru páří. Pro chrousta obecného je charakteristický hromadný večerní nálet na porostní okraje, stromořadí aj. na rozdíl od něj úživný žír chrousta maďalového probíhá na stromech nedaleko místa vylíhnutí a po celé ploše porostu. Oplodněné samičky se zralými vajíčky ustávají dočasně v žíru a poté kladou do půdy vajíčka, obvykle do hloubky 10-30 cm, v písčitých půdách může hloubka dosahovat až 50 cm i více (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

Stadium	Délka života (týdny)		Působení škod (týdny)	
	4letý vývoj	3letý vývoj	4letý vývoj	3letý vývoj
vajíčko	6-8	5-6	-	-
I. instar	50-52	7-8	13-14	7-8
II. instar	52-54	44-45	16-17	10-11
III. instar	56-57	56-57	19-20	20-21
kukla	3,5-4,5	3-4	-	-
brouk	41-42	40-42	4-5	4-5

Tab. 3: Doba života a trvání žíru jednotlivých vývojových stádií chrousta obecného (*Melolontha melolontha*) (KRATOCHVÍL et al. 1953)

Jako nejvýznamnější činitel ovlivňující lokalizaci kladení vajíček a následný výskyt ponrav se jeví teplota v době kladení vajíček a míra zastínění půdního povrchu korunami stromů. Nadprůměrné teploty v době kladení vajíček vyvolávají vykladení většího podílu vajíček do stínu pod zapojené lesní porosty. Orientace na zastíněné plochy je tím výraznější, čím vyšší jsou teploty v době kladení vajíček. Naopak je předpoklad, že v chladnějším počasí s podprůměrnými teplotami v období kladení vajíček samičky vyhledávají plochy méně zastíněné, tj. ve větší míře mladé lesní kultury, kde ponravy žírem na kořenech mohou způsobit citelné ztráty (ŠVESTKA 2012).

Kladení první vaječné snůšky trvá v průměru 2 dny (KRATOCHVÍL et al. 1953). Poté samičky vylézají ze země a odlétají k druhému úživnému žíru. Následuje druhé kladení, část samic po dalším žíru může klást i třetí. Jedna snůška obsahuje cca 10-30 vajíček, ale jedna samice může naklást až 60 i více vajíček. Další vývoj chroustů je popsán na příkladu čtyřletého vývojového cyklu. Koncem června a v červenci se z vajíček líhnou larvy I. instaru (Obr. 3), zpočátku zdržují pohromadě, ale v pozdním létě se rozlézají do okolí. V říjnu ponravy zalézají do hlubších vrstev půdy, přezimují nejčastěji v hloubce 30-60 cm. K povrchu vylézají na jaře příštího roku, zpravidla koncem dubna a v květnu, v hloubce 5-20 cm pokračují v žíru. V červnu nebo červenci se ponravy I. instaru svlékají.

Žír ponrav II. instaru trvá obvykle do začátku října, opět zalézají do hloubky k zimování, v následujícím roce probíhá obdobný vývoj zakončen přeměnou II. instaru ve III. Další rok ponravy III. instaru po přezimování opět vylézají do povrchových vrstev k žíru. V červenci až srpnu ponravy zalézají do hloubky 20-50 cm, někdy i více, a v této době se kuklí. Po 3-4 (popř. až 5) týdnech se začínají líhnout noví brouci, v kukelné komůrce zůstávají až do jara. Při tříletém cyklu se ponravy I. instaru svlékají v tomtéž roce po vylíhnutí, a to koncem srpna nebo v září, takže přezimují larvy II. instaru. Pětiletý vývojový cyklus chrousta maďalového probíhá stejným způsobem jako cyklus čtyřletý, s tím rozdílem, že ponravy III. instaru přezimují dvakrát a kuklí se teprve v červenci čtvrtého roku (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).



Obr. 3: Ponravy chrousta I. instaru použité pro pokus s biouhlem (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

### Přirození nepřátelé

Populace chroustů jsou ve všech vývojových stádiích do značné míry redukovány řadou biotických činitelů. Obecně lze říci, že savci jako přirození nepřátelé chroustů z praktického hlediska nemají rozhodující úlohu s výjimkou stád prasat a krtka. Ptáci patří k nejdůležitějším hubitelům chroustů i ponrav, a to zejména racek chechtavý a dále ptáci zatupující čeled' krkavcovití (*Corvidae*), zejména vrány, havrani, kavky, straky a sojky (KRATOCHVÍL et al. 1953). Z bakteriálních patogenů je to především *Bacillus septicus insectorum* Krass. (vajíčka, dospělci) a *Bacillus popilliae* Dutky (ponravy). K nejdůležitějším houbovým patogenům infikujících vajíčka, ponravy, kukly i dospělé patří *Beauveria bassiana* (Bals.) a *Beauveria brongniartii* (Sacc.) (= *B. tenella* (Delacr.)

Siem. = *B. densa* Pic.), dále houby rodu *Metarhizium*, *Paecilomyces* atd. Z dalších mikroorganismů je významná např. *Rickettsiella melolonthae* (Krieg) Philip (především na ponravách). Z háďátek parazitujících na ponravách lze uvést např. rod *Heterorhabditis*. Z hmyzích parazitoidů ponrav se nejvíce uplatňují kuklicovití (*Tachinidae*) z řádu dvoukřídlých. V mnoha zemích se zkoumá využití organismů v boji proti chroustům, nejúspěšněji se zatím jeví pokusy s entomopatogenními houbami *Beauveria brongniartii* a *B. bassiana*, případně i s entomopatogenními háďátko (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

### **Kontrola**

Kontrola chroustů se provádí v oblastech jejich trvalého výskytu. Kontrolují se jednak ponravy i dospělí brouci. Při kontrole výskytu brouků se zaznamenává rok jejich výletu, intenzita rojení a mapují se jejich žiroviště. Ponravy se kontrolují půdními sondami nejlépe od poloviny srpna do konce září (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Nejvhodnější termín pro kontrolu abundance ponrav je druhá polovina května, kdy jsou ponravy po zimování soustředěny v hloubce do 30 cm pod povrchem půdy. Později ve vegetačním období může být kontrola ovlivněna horizontální i vertikální migrací ponrav (ŠVESTKA 2012). Sondy o ploše 1x1 m se v uvedeném termínu kopou do hloubky 50 cm, v případě pozdějšího termínu kontroly (říjen nebo až duben, kdy jsou larvy zalezlé hlouběji v půdě), je třeba sondy kopat až do hloubky 1 m. Podle charakteru a velikosti plochy se doporučuje 2-5 sond na hektar. Zjištěný počet ponrav v půdní sondě se porovná s tzv. kritickým počtem (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Kritický počet – populační hustota hmyzího škůdce, při které dochází k vážným hospodářským škodám. Zjišťuje se empiricky nebo výpočtem (disponibilní potrava x spotřeba potravy jedincem škůdce). Dnes se tento termín nahrazuje komplexněji pojatým prahem hospodářské škodlivosti (ZAHRADNÍK 2006). Kritické počty ponrav chroustů na 1 m<sup>2</sup>, resp. sondu (dolní hranice pro školku, horní pro mladou kulturu): 0,5-1 ponrava III. instaru, 1-2 ponravy II. instaru a 2-4 ponravy I. instaru; pro starší kulturu je počet vyšší, zhruba dvojnásobný. Na takový pozemek se nedoporučuje vysazovat sazenice nebo se má přikročit k hubení ponrav. Uvedené údaje představují průměrné hodnoty, kritický počet závisí na druhu dřeviny, na stáří, zdravotním stavu a sponu sazenic, na půdních a povětrnostních poměrech a dalších faktorech (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).



## Ochrana

Ochranná opatření proti chroustům se provádějí zejména v oblastech školek a kultur ohrožených žírem ponrav, nebo kde je žádoucí ochránit dřeviny před žírem brouků, např. v semenných sadech. Ochrana proti chroustům a ponravám je obtížná a problematická. Preventivní opatření mají hlavně vytvořit optimální podmínky pro rozvoj sazenic. Patří sem zejména kvalitní příprava půdy (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Nejvhodnější z hlediska účinnosti pro přípravu půdy k zalesnění ploch se zvýšeným výskytem ponrav chrousta je nasazení frézy s hloubkovým účinkem do 60 cm a možnost zničení kořenových systémů čerstvých pařezů, na kterých se ponravy mohou vyvíjet v období mezi vytěžením a výsadbou lesa (KULA 2015).

K dalším ochranným opatřením patří výběr sadebního materiálu s dobře rozvinutým kořenovým systémem, pečlivé provádění výsadby, zejména vysazování většího počtu sazenic. Zakládání kultur jen v roce rojení (je-li v oblasti jen jeden silný kmen chroustů), jelikož vysazené sazenice nebudou žírem ponrav I. instaru tolik ohroženy. Ponechávání buřeně v kulturách v maximální možné míře, což snižuje tlak ponrav na sazenice. Je doporučeno podle možností využívat zejména podrostní způsob hospodaření (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

## Obranná opatření

Z přímých obranných opatření proti ponravám lze v praxi použít metody mechanické, pěstební a chemické; metody biologického boje nejsou dosud běžně využitelné v provozním měřítku. Hlavním mechanickým a pěstebním způsobem je především hluboká orba v roce před zalesněním. Ponravy jsou mechanicky poškozeny a vyzvednuty na povrch, kde se stávají kořistí ptáků a savců. Část ponrav hyne také vlivem nepříznivých podmínek, především sucha. Doporučuje se udržovat černý úhor během jedné vegetační sezóny před zalesněním a orbu do hloubky 15-20 cm provádět několikrát během sezóny. Je vhodné snížit příležitost potravy pro ponravy odstraňováním buřeně a jiného rostlinstva. Ve školkách je doporučeno pokládat síť s jemnými oky před rojením až do doby jeho skončení. Samicím vylézajícím z půdy je tímto opatřením znemožněno vykonat úživný žír a ty, které přilétávají odjinud, nemohou do půdy naklást vajíčka (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

Chemické metody hubení ponrav půdními insekticidy jsou problematické z hlediska ochrany přírodního prostředí, a navíc mohou být málo efektivní, zejména proti ponravám I. a II. instaru. V odůvodněných případech se může aplikovat granulovaný

insekticidní přípravek nejlépe jeho vsypáním do jamky pod každou sazenici (při zalesňování) nebo se zapraví do půdy k již zakořeněným sazenicím. Přípravky jsou nejvíce účinné na larvy I. instaru naopak dospělé ponravy jsou vůči nim značně odolné. Reziduální účinnost insekticidů je omezena na jednu vegetační sezónu. Ponravy, které v roce aplikace nebyly zasaženy, přelezou k sazenicím až v roce následujícím už nebudou přípravkem ohroženy. V současné době však není pro použití v lesním hospodářství registrován žádný půdní insekticid, takže je v případě potřeby nutno požádat o jednorázovou výjimku Ministerstva zemědělství ČR. Hubení dospělců leteckou aplikací insekticidních přípravků představuje nejefektivnější způsob obrany proti chroustům, ale je zakázán (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Výjimka může být udělena odpovědným orgánem, a to pouze v případě, že neexistuje žádná jiná alternativa zamezení gradace škůdce a vzniku rozsáhlých škod (ZAHRADNÍK 2012).

Pro případnou aplikaci insekticidů je nutné správné načasování zásahu. Tím se jeví období prvního úživného žíru samic, tj. období kdy samicím dozrávají vajíčka, trvá cca 8-14 dní. Pro načasování chemického nebo jiného zásahu je tato doba nejvýhodnější zejména proto, že samice nestihnou odletět klást vajíčka. Další období už nejsou tak účinná, jelikož první snůška vajíček je nejpočetnější (KRATOCHVÍL et al. 1953).

Signálem pro zahájení zásahu je poměr pohlaví 1:1, na začátku rojení převládají samci v poměru přibližně 3:1 až 2:1. Poměr pohlaví se zjišťuje denně od začátku rojení ze vzorku alespoň 400 chroustů. K tomuto účelu lze využít i světelné lapače, do kterých chrousti hromadně nalétávají (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). Jeden světelný lapač zabezpečí spolehlivý podklad pro prognózu abundance v následujícím období. Pro zjištění aktuálního poměru pohlaví potřebná doplňková terénní kontrola, jelikož do světelného lapače přilétá zpravidla více samců než samic (ŠVESTKA 2012).

Orientačním kritériem pro zahájení ošetření je takový početní stav, kdy se na ploše 10 m<sup>2</sup> setřese nejméně 40 chroustů. Doba vhodná pro zásah trvá obvykle jen 3-10 dnů, podle průběhu počasí. Jestliže hrozí holožír ještě před ukončením náletu brouků, je v odůvodněných případech např. v semenných porostech nutno zahájit ošetření dříve a případně jej po ukončení náletu ještě opakovat. Proti chroustu obecnému, který se soustřeďuje na okrajích porostů, se porosty ošetřují jen do hloubky 50-100 m, a to ve večerních hodinách. Neplatí to pro chrousta maďalového, který nalétává na listnaté stromy po celé ploše porostů (KAPITOLA, HOLUŠA 2002).

### 3.9 Chemické přípravky

Cílený rozvoj pesticidů započal krátce před druhou světovou válkou a byl paradoxně podpořen válečným úsilím. Chlorované uhlovodíky (DDT a HCH) podstatnou měrou pomohly vyhrát válku v tropických oblastech (např. zásahy proti moskytům), byl veden úspěšný boj proti vším šatnám, které v první světové válce způsobily více ztrát než střelba nepřátel. Byly objeveny některé typy herbicidů, antikoagulanty proti obtížným hlodavcům apod. Když válčení skončilo, bylo do Československa v rámci pomoci UNRRA, vedle potravin z vojenských přebytků spojeneckých armád dodáno také dosti značné množství DDT, HCH a jeho ušlechtilé formy, tj. lindanu. Spolu s těmito pesticidy byly dodány také poprašovače (PULSFOG), které posloužily v lesním hospodářství a zemědělství proti různým škůdcům (kůrovcům a klikorohu v lesích, proti mandelince bramborové v zemědělství). V současné době řada velkých chemických koncernů zkoumá každoročně okolo 10 000 chemických individuí. Jsou to látky, vyvíjené ve vlastních laboratořích cíleně, nebo jsou to meziprodukty při jiných chemických syntézách, případně to jsou chemická individua, dodávaná rozmanitými vědeckými pracovišti (MENTBERGER, JANČAŘÍK 1998).

V ochraně lesa, stejně jako v ochraně rostlin obecně, se smějí používat pouze schválené přípravky, přičemž tyto přípravky musí být použity v souladu s podmínkami registrace, zejména pak nesmí být překročena maximální dávka při aplikaci. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský plní každý rok vydáním Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin svoji zákonnou povinnost (§ 39 odst. 2 Zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění), informovat veřejnost o přípravcích na ochranu rostlin a dalších prostředcích, které jsou povoleny v České republice a mohou tedy být uváděny na trh a používány (ÚKZÚZ 2017).

#### Aplikační technika

Ochrana lesa se neobejde bez použití přípravků na ochranu rostlin. Aplikace těchto přípravků je nedílnou součástí integrované ochrany lesa za splnění podmínek, kterými jsou aplikace přípravků pouze v nejnútnejším případě, použití registrovaných přípravků v registrovaných dávkách a koncentracích, aplikace přípravků v optimálním termínu s ohledem na citlivost a vývojová stadia škůdce a za odpovídajícího počasí. V neposlední řadě je důležité volit správné technologické postupy a vhodnou aplikační techniku (ZAHRADNÍK 2012).

Mechanizační prostředky se dělí na aplikátory kapalných přípravků, mořičky osiva, poprašovače a rozmetadla a ostatní zdroje. V ochraně lesa je možné dělit způsoby aplikace na leteckou, strojní, ruční a zádovou techniku. Letecká technika, dříve využívaná např. k potlačování rozsáhlých gradací listožravého hmyzu, je dnes zakázána. Výjimka může být udělena odpovědným orgánem, a to pouze v případě, že neexistuje žádná jiná alternativa zamezení gradace škůdce a vzniku rozsáhlých škod. Ruční a zádové přístroje jsou nejrozšířenější prostředky aplikační techniky v ochraně lesa a jsou využívány proti celému spektru škůdců. Tyto prostředky je možno využít i při aplikaci hnojiv (ZAHRADNÍK 2012).

## 4 METODIKA

### 4.1 Lokalita a založení pokusu

Šlechtitelská stanice Truba a Arboretum Kostelec Fakulty lesnické a dřevařské, místo, kde byl pokus založen, se nachází nedaleko Kostelce nad Černými lesy, Truba 839 GPS 50.0058281N, 14.8359539E.

Dne 14. dubna 2016 zde bylo do 90 ks plastových truhlíků o rozměrech 10x50 cm, vysázeno celkem 180 ks sazenic borovice lesní (2/0). Do každého truhlíku byl nasypán jako substrát písek a vysazeny vždy dvě sazenice. Tyto sazenice byly označeny písmeny A (dále sazenice neošetřená bez aplikace preparátu) a B (dále sazenice ošetřená, aplikován preparát). Sazenice B byla označena papírovou lepicí páskou. Zálivka probíhala cca po týdnu ručně pomocí konve o objemu 20 l, což vystačilo cca pro 5 truhlíků a bylo tak zajištěno dobré uchycení sazenic v substrátu (Obr. 4).



Obr. 4: Výsadba sazenic borovice lesní do truhlíků s pískem (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

### Aplikace ponrav a testovaných přípravků

Dne 23. května 2016 byly k sazenicím přidány ponravy chroustů prvního instaru. Zapravení do vlhkého písku probíhalo pomocí sázecího kolíku. Byla vyhloubena dostatečně hluboká jamka, vždy doprostřed mezi sazenice a do této jamky byly do každého truhlíku vloženy vždy 3 ks ponrav. Celkem se použilo 270 ks ponrav chrousta prvního instaru, aplikace proběhla do všech 90 ks truhlíků.

Dne 27. května 2016 byl k sazenicím a ponravám aplikován testovaný preparát biouhel, vždy pouze k sazenici B (označena papírovou páskou), a to ve dvou variantách,

jedna varianta byla ponechána jako kontrolní, nebyl k ní přidán žádný z přípravků. Podrobný přehled variant a množství dávkovaného preparátu je uveden v tabulce (Tab. 4). Po aplikaci přípravku dále probíhala jen zálivka, cca každých 14 dní, 1 konev 20 l na 5 truhlíků.

Truhlíky označení	Varianta a dávkování	Označení varianty
1-30	Biouhel+repelent+mykorhiza dávkování cca 100 g	<b>BRM</b>
31-60	Biouhel+hydrokoloid dávkování cca 150 g	<b>BHK</b>
61-90	Kontrola, bez přípravku	<b>K</b>

Tab. 4: Dávkování přípravku Biouhel, varianty a množství

#### 4.2 Odběr sazenic a jejich zpracování

V období od 17. do 18. srpna 2016 byly sazenice vyzvednuty z truhlíků, každá sazenice byla označena číslem truhlíku, variantou A/B a uložena do černého igelitového pytle k dalšímu zpracování. Dále byly ze všech truhlíků odebrány přeživší ponravy chroustů a uloženy do očíslovaných zkumavek, tyto byly posléze zmrazeny. V laboratoři Fakulty lesnické a dřevařské, byly sazenice šetrně očištěny od zeminy a dále byly měřeny následující morfologické, respektive anatomické znaky, charakterizující jejich stav a vzrůst. Byly hodnoceny parametry: tloušťka kořenového krčku – průměrná tloušťka kořenového krčku (mm), výška nadzemní části – měřená od kořenového krčku po vrchol terminálního pupenu (cm) a délka hlavního kořene – měřená od kořenového krčku po špicí nebo konec záměrně upravené části kořene (cm). Měřené parametry byly vybrány podle metodiky PEŠKOVÁ, TUMA (2010). Také byla zjišťována vitalita nadzemní část dle jejího vzhledu a hodnocena škálou 1 – sazenice zelená, 2 – sazenice alespoň z poloviny zelená, 3 – sazenice suchá nebo zcela bez jehlic. Dále byly posuzovány mykorhizní poměry na kořenech sazenic. Hlavní jednotkou, při stanovení počtu mykorhiz, byl segment kořenu 5 cm dlouhý o průměru do 1 mm, kde se ektomykorhizy vyskytují především. Právě tyto kořeny jsou považovány za jednu z neadaptabilnějších složek kořenových systémů, pokud jde o přizpůsobování měnícím se stanovištním podmínkám (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Byly tak zjištěny parametry hustota aktivních mykorhizních špiček (HuAM) – počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu aktivních mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene ( $\text{cm}^{-1}$ ), hustota neaktivních mykorhiz (HuNM) – počítána

jako průměrná hodnota zjištěného počtu neaktivních mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene ( $\text{cm}^{-1}$ ), procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček (%AM) a procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček (%NM) – poměr aktivních a neaktivních mykorhiz (%) (PEŠKOVÁ, TUMA 2010).

Determinace mykorhiz byla prováděna detailní prohlídkou vybraných částí kořenů pod mikroskopem. Počty mykorhizních špiček byly určovány na kořenech do 1 mm v průměru pod binokulární lupou při 40x zvětšení podle následujících diagnostických znaků: za typické byly považovány špičky s vyvinutým houbovým pláštěm, Hartigovou sítí, vysokým turgorem, postrádající kořenové vlášení, na povrchu hladké, světlejší barvy – tyto byly řazeny do společné skupiny „aktivních mykorhiz“. Naproti tomu špičky, u nichž byla patrná výrazná ztráta turgoru, byly na povrchu svraskalé, chyběl jim houbový plášť a Hartigova síť, se řadily do skupiny „neaktivních mykorhiz“. Některé aktivní mykorhizní špičky mohou být též svraskalé a částečně vypadat jako odumřelé, ale přesto si mohou podržet svou fyziologickou funkci (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Úroveň mykorhizních vztahů byla hodnocena s využitím několika parametrů: hustota aktivních a neaktivních špiček a jejich procentuální podíl. Hustota aktivních a neaktivních mykorhiz byla počítána jako průměrná hodnota počtu mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene. Procentuální podíl mykorhiz byl kalkulován jako poměr aktivních a neaktivních mykorhiz. Dalším hodnotícím parametrem bylo zjištění hmotnosti sušiny kořenů (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Kořenové systémy i nadzemní části odebraných sazenic byly usušeny v sušárně při 105 °C a zváženy. Byly tak stanoveny poslední dva parametry hmotnost sušiny kořene (g) a hmotnost sušiny nadzemní části (g) (PEŠKOVÁ, TUMA 2010).

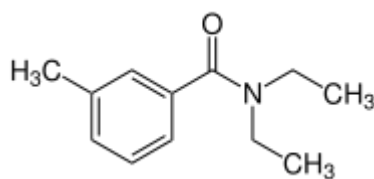
### 4.3 Charakteristika použitých přípravků

Byly hodnoceny sazenice ošetřené přípravky biouhel, byla testována varianta Biouhel+repellent+mykorhiza (BRM) a varianta Biouhel+hydrokoloid (BHK) a jako poslední varianta bez přidání přípravku tzv. Kontrola (K).

Při aplikacích byl použit biouhel v kombinaci s repelentem zvaným Diethyltoluamid, též *N,N*-diethyl-*meta*-toluamid či DEET, jeho systematický název je *N,N*-diethyl-3-methylbenzamid, který byl na biouhel aplikován ve formě postřiku v koncentraci účinné látky 160 g/kg. Biouhel byl také obohacen hnojivem firmy Lovochemie a.s. typ Lovoflor NPK 4-2,5-3 též ve formě postřiku.

## Diethyltoluamid

Diethyltoluamid (Obr. 5), taktéž označovaný jako DEET, jehož strukturní vzorec je N,N-diethyl-*meta*-toluamid, je jednou z nejčastěji používaných účinných složek v repelentech proti hmyzu. DEET byl poprvé registrován ve Spojených státech v roce 1957. Vzhledem ke své účinnosti, se vyrábí v relativně velkém objemu a používá na celém světě jako účinná složka repelentů proti komárům, ale nebyl nikdy použit ve velkém měřítku v komerčních aplikacích, jako je např. hubení škůdců v zemědělství (WEEKS et al. 2011). Ani v České republice není tato látka aktuálně zahrnutá mezi povolené přípravky na ochranu rostlin (ÚKZÚZ 2017).



Obr. 5: Strukturní vzorec Diethyltoluamid, DEET (N,N-diethyl-*meta*-toluamid) (zdroj: WIKIPEDIE 2017)

DEET je mírně toxický pro ptáky, ryby, a vodní bezobratlé živočichy a prakticky netoxický pro savce, nejsou provedena kvantitativní ekologická rizika, protože jeho využití je především pro humánní účely jako repelent proti savému hmyzu, zejména komárům (WEEKS et al. 2011). DEET je obvykle dávkován do rozpouštědel (např. ethanol, isopropanol nebo voda) pro použití v komerčních produktech jako jsou aerosolové spreje, pleťové vody, krémy, tyčinky, pěny, a ubrousky proti savému hmyzu (ROY et al. 2017)

DEET je nažloutlá olejovitá kapalina. Může být použit jako látka zabraňující žíru hmyzu na plodinách, ale pro zemědělství není DEET v současné době využíván. V USA se jeho použití uplatňuje např. jako repelent pro psy, kočky a koně, ale může být použitý i na hospodářských zvířatech jako jejich ochrana před onemocněními způsobenými savým hmyzem (ARONSON et al. 2011).



### **Lovoflor NPK 4-2,5-3**

Lovoflor NPK 4-2,5-3 je kapalné vícesložkové hnojivo, obsahující draslík v bezchloridové formě. Jedná se o hnědou kapalinu. Surovinami pro výrobu jsou dusičnan amonný, fosforečnan draselný a humát. Hnojivo zaručuje zdravý a bujný růst. Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5). Výrobce hnojiva je Lovochemie a.s., Terežinská 57, Lovosice (LOVOCHEMIE a.s.).

Znak jakosti	Hodnota
Celkový dusík jako N v %	4,0
Amonný dusík jako N v %	2,0
Dusičnanový dusík jako N v %	2,0
Fosfor jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> v %	2,5
Draslík jako K <sub>2</sub> O v %	3,0
pH zředěného roztoku (1:5)	6,3-7,3
Hustota v kg/l při 20 °C	cca 1,15

Tab. 5: Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku Lovoflor NPK 4-2,5-3 (LOVOCHEMIE a.s.)

### **Přípravek Tesomykor a hydrokoloid**

Společnost TESORO Spin off, s.r.o. využívá při výsadbě a pěstování rostlin postup vyvinutý ve spolupráci s Vysokou školou chemicko-technologickou v Praze, který spočívá v aplikaci mycelia mykorhizních hub společně s biouhlem, a s živinami pro mykorhizní houby i pěstované rostliny. Pro dobrou fixaci tohoto biologického materiálu na kořenech pěstovaných rostlin, je výhodná přítomnost hydrokoloidu (fixačního gelu), který je vytvářen vhodným druhem polysacharidů a huminových látek (MAREK, 2017 in verb).

Aplikace biouhlu je zvláště výhodná v kombinaci s hnojivem anorganického nebo organického původu. Přídavek hnojiva k aplikovanému biouhlu jednak zabrání možnosti dočasného odčerpání živin z půdy do biouhlu a v případě hnojiv organického původu eliminuje nežádoucí odér. Půda, do které byl zapraven biouhel s příslušným hnojivem (Obr. 6), s výhodou po předešlém použití jako sorbentu v zemědělské živočišné výrobě, má vysokou retenční kapacitu, nevyplavují se z ní minerální hnojiva, není ohrožena erozí a vykazuje nízké hodnoty emisí skleníkových plynů. Zároveň je úrodnější a zdravější díky přítomnosti půdní mikroflóry (MAREK, 2017 in verb).

V praxi se svazek sadebního materiálu nebo jednotlivé rostliny ponoří před výsadbou do fixačního gelu s biouhlem, který velmi snadno ulpívá na kořenech vysazovaných rostlin, a poté se provádí vlastní výsadba. Ošetření sadebního materiálu

fixačním gelem společně s biouhlem je zvláště výhodné bezprostředně po vytažení rostlin z půdy ve školkách, kdy obalení kořenů fixačním gelem zabraňuje vysychání rostlin. Uvedená aplikace přípravku dodávaného pod obchodním názvem Tesomykor společně s biouhlem a hydrogelem tedy rovněž napomáhá udržování kvalitního sadebního materiálu po vyzvednutí sazenic ve školkách během dopravy, případně i skladování před vlastní výsadbou. Aplikace biomasy mykorhizních hub společně s biouhlem a fixačním gelem obsahující uvedené komponenty je výhodná nejenom z důvodu podpory ujímání vysazovaných rostlin a jejich následného růstu v důsledku vzniku symbiózy s mykorhizními houbami, ale přítomnost biouhlu a hydrogelu fixujícího až 80 % vody zajišťuje pro pěstované stromky potřebné množství vody (MAREK, 2017 in verb).



Obr. 6: Aplikace biouhlu k sazenicím borovice lesní (zdroj: KLEINOVÁ 2016)

#### 4.4 Použité statistické metody

Všechny analýzy zjištěných výsledků, stejně jako grafy, byly provedeny v programu Statistica 12.0. I když soubory dat neměly Gaussovo normální rozdělení, byl použit pro srovnání ošetřených a neošetřených variant robustní párový t-test. Pro vícenásobná srovnání souborů dat byl použit Kruskal-Wallisův t-test.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Vliv použitých variant na mykorhizní parametry

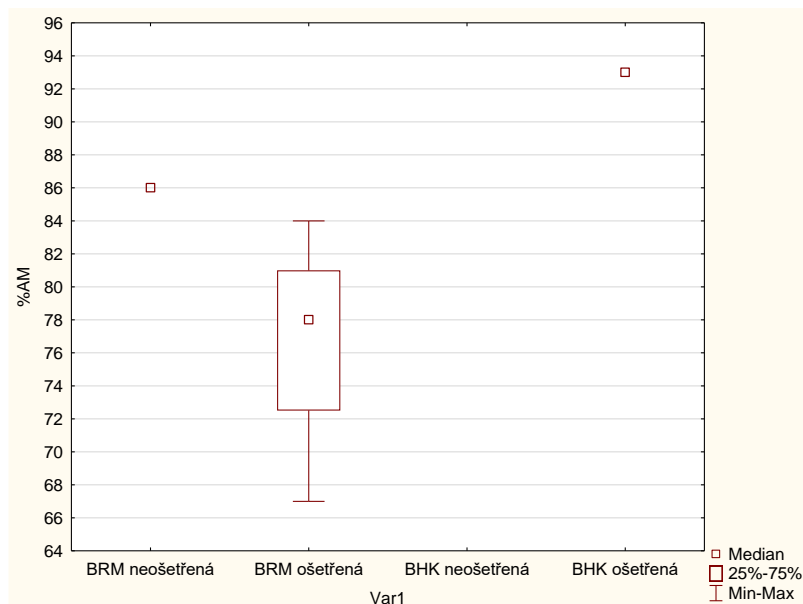
V tabulce xy jsou uvedené průměrné hodnoty mykorhizních parametrů sazenic varianty BRM, BHK a Kontrola. Jedná se o hodnoty hustota aktivních mykorhiz (HuAM) a hustota neaktivních mykorhiz (HuNM) v  $\text{cm}^{-1}$ , procentuální podíl aktivních mykorhiz (%AM) a procentuální podíl neaktivních mykorhiz (%NM).

	BRM ošetřená	BRM neošetřená	BHK ošetřená	BHK neošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
HuAM ( $\text{cm}^{-1}$ )	9	3	7	0	16	0
HuNM ( $\text{cm}^{-1}$ )	2	0,5	0,5	0	8	0
%AM (%)	78	86	93	0	100	0
%NM (%)	22	14	7	0	0	0

Tab. 6: Mykorhizní parametry zjištěné na sazenicích borovice lesní pro variantu BRM, BHK a Kontrola

#### Procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček

Procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček vyjadřuje poměr aktivních a neaktivních mykorhiz. Z grafu (Obr. 7) je patrné, že nejvyšší %AM (93 %) byl zjištěn u sazenic ošetřených přípravkem varianty BHK, ale počet všech vytvořených mykorhizních špiček byl velmi nízký. U sazenic ošetřených přípravkem varianty BRM bylo největší množství zjištěných AM, (mediánová hodnota) 78 %.



Obr. 7: Procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými

%AM	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,195229		0,377964		
BRM ošetřená	1,195229			1,673320		
BHK neošetřená						
BHK ošetřená	0,377964	1,673320				
Kontrola levá						
Kontrola pravá						

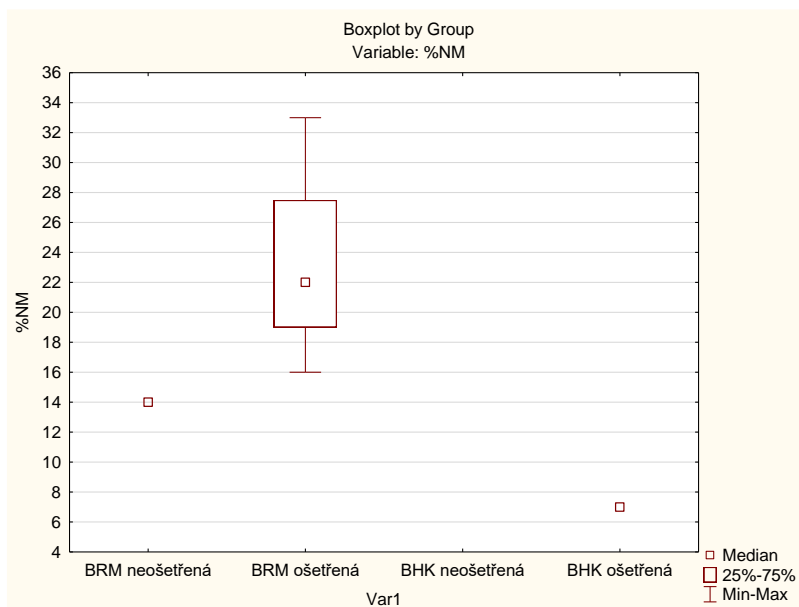
Tab. 7: Mnohonásobné porovnání procentuálních podílů aktivních mykorhizních špiček (%AM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

%AM	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000		1,000000		
BRM ošetřená	1,000000			1,000000		
BHK neošetřená						
BHK ošetřená	1,000000	1,000000				
Kontrola levá						
Kontrola pravá						

Tab. 8: Spolehlivost mnohonásobného porovnání procentuálních podílů aktivních mykorhizních špiček (%AM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

### Procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček

Procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček vyjadřuje poměr aktivních a neaktivních mykorhiz. Z grafu (Obr. 8) je patrné, že nejnižší %NM (7 %) dosáhly sazenice ošetřené přípravkem varianty BHK. U sazenic ošetřených přípravkem varianty BRM bylo zjištěno 22 % NM.



Obr. 8: Procentuální podíl neaktivních mykorhizních špiček na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými

%NM	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,195229		0,377964		
BRM ošetřená	1,195229			1,673320		
BHK neošetřená						
BHK ošetřená	0,377964	1,673320				
Kontrola levá						
Kontrola pravá						

Tab. 9: Mnohonásobné porovnání procentuálních podílů neaktivních mykorhizních špiček (%NM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

%NM	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000		1,000000		
BRM ošetřená	1,000000			1,000000		
BHK neošetřená						
BHK ošetřená	1,000000	1,000000				
Kontrola levá						
Kontrola pravá						

Tab. 10: Spolehlivost mnohonásobného porovnání procentuálních podílů neaktivních mykorhizních špiček (%NM) vyjádřený v % zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=6) = 0,000000$   $p = 1,000$

## 5.2 Analýza vlivu testovaných přípravků BRM a BHK na růstové charakteristiky sazenic borovice lesní

### Přehled hodnot pro variantu BRM a BHK

Tabulky se statistickými výsledky pro variantu BRM (Tab. 11) a pro variantu BHK (Tab. 12) uvádí hodnocení pro jednotlivé parametry růstových charakteristik ošetřených a neošetřených sazenic borovice lesní. Jedná se o tloušťku krčku (mm), délku nadzemní části (mm), délku kořene (cm), délku žíru ponravami chroustů (cm), sušinu kořenů (g) a sušinu nadzemní části (g). Z těchto hodnot vycházejí následující grafy.

Variable	Mean neosetrena	Mean osetrena	t-value	df	p	Valid N neosetrena	Valid N osetrena	Std.Dev. neosetrena	Std.Dev. osetrena	F-ratio Variances	p Variances
Tloušťka krčku (mm)	4,00000	4,30000	-0,911224	58	0,365949	30	30	1,286535	1,263547	1,036717	0,923317
Délka nadzemní části (cm)	26,97667	25,79333	0,842733	58	0,402840	30	30	5,868894	4,970529	1,394143	0,376155
Kořen délka (cm)	13,43667	11,21667	1,784795	58	0,079524	30	30	4,669304	4,961026	1,128856	0,746350
Délka žíru (cm)	5,38667	2,08000	2,990333	58	0,004085	30	30	5,179451	3,139449	2,721828	0,008779
Kořeny sušina (g)	0,49667	0,53767	-0,666540	58	0,507709	30	30	0,181969	0,283545	2,428010	0,019745
Nadzemní část (g)	3,522000	3,937333	-2,10787	58	0,039375	30	30	0,932939	0,542554	2,956788	0,004683

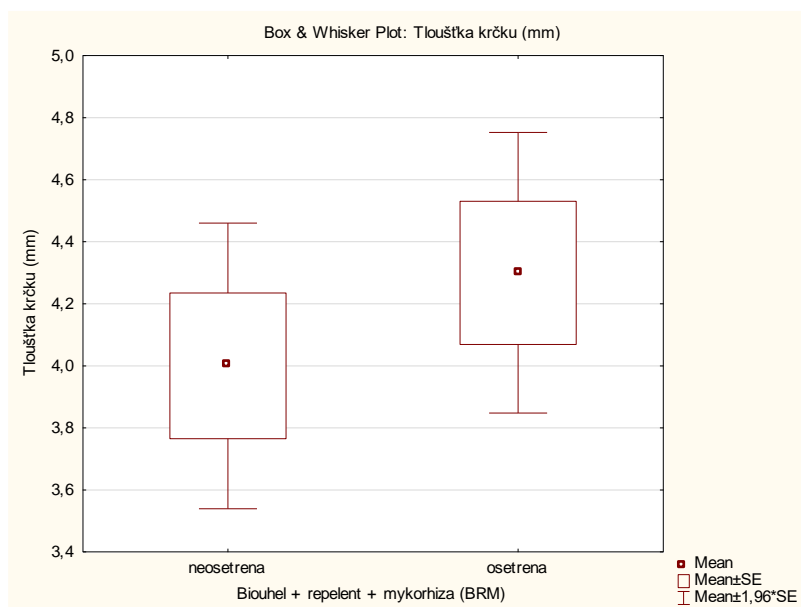
Tab. 11: Hodnoty pro variantu BRM, T-test varianta ošetřená a neošetřená

Variable	Mean neosetrena	Mean osetrena	t-value	df	p	Valid N neosetrena	Valid N osetrena	Std.Dev. neosetrena	Std.Dev. osetrena	F-ratio Variances	p Variances
Tloušťka krčku (mm)	3,96667	4,06667	-0,34562	58	0,730881	30	30	1,066200	1,172481	1,209302	0,612198
Délka nadzemní části (cm)	23,70000	23,64667	0,04278	58	0,966027	30	30	4,877535	4,779679	1,041366	0,913839
Kořen délka (cm)	9,62000	9,32000	0,38999	58	0,697972	30	30	2,190481	3,599176	2,699773	0,009321
Délka žíru (cm)	5,61667	3,86000	1,52807	58	0,131931	30	30	4,422987	4,481579	1,026670	0,943986
Kořeny sušina (g)	0,45100	0,57900	-1,76702	58	0,082485	30	30	0,247670	0,309965	1,566315	0,232894
Nadzemní část (g)	3,907000	3,625333	1,079832	58	0,284687	30	30	1,230739	0,725571	2,877213	0,005782

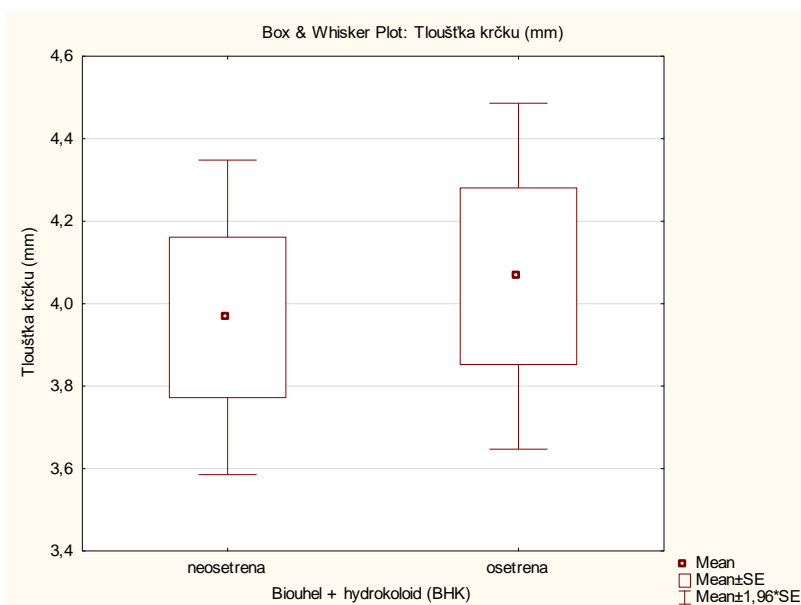
Tab. 12: Hodnoty pro variantu BHK, T-test varianta ošetřená a neošetřená

## Tloušťka krčku

Sledovaným parametrem byla tloušťka krčku sazenic. Z grafů (Obr. 9 a Obr. 10) je patrné, že dosažená střední (mediánová) hodnota, je u varianty BRM, tak u varianty BHK, u ošetřených sazenic vyšší než u sazenic neošetřených.



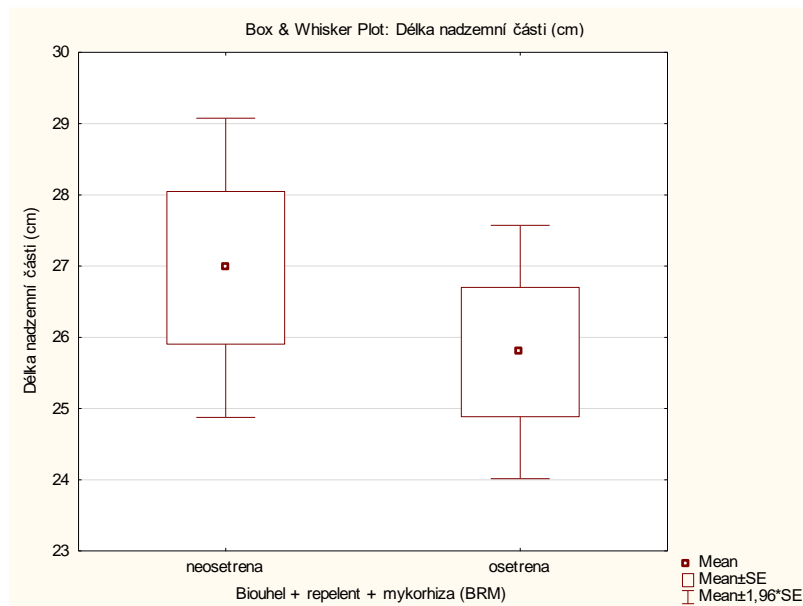
Obr. 9: Porovnání tloušťky krčku u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených



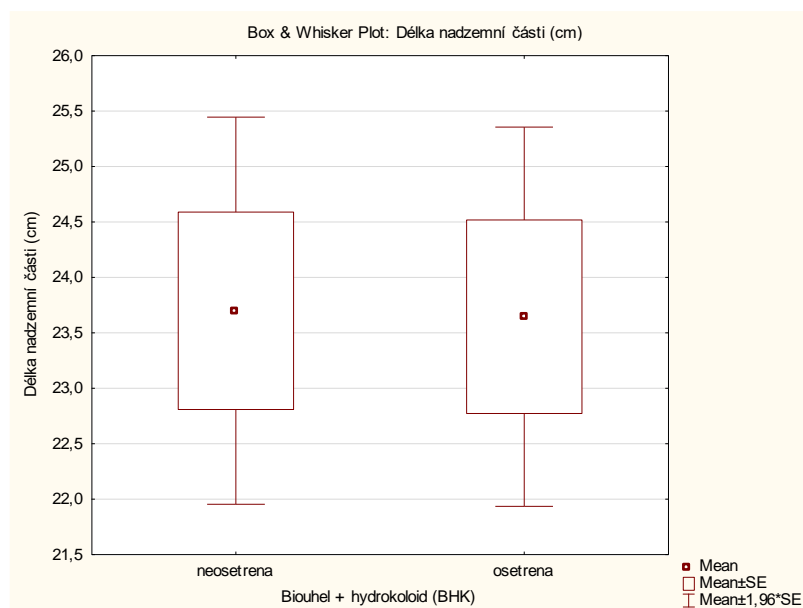
Obr. 10: Porovnání tloušťky krčku u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

## Délka nadzemní části

Na Obr. 11 a Obr. 12 je graficky vyjádřena délka nadzemní části pro jednotlivé varianty ošetření sazenic, měřené od kořenového krčku po vrchol terminálního pupenu. Střední (mediánová) hodnota, které bylo dosaženo, je v případě varianty BRM u neošetřené varianty vyšší než u varianty ošetřené. Varianta BHK dosahovala v případě ošetřených i neošetřených sazenic srovnatelných hodnot.



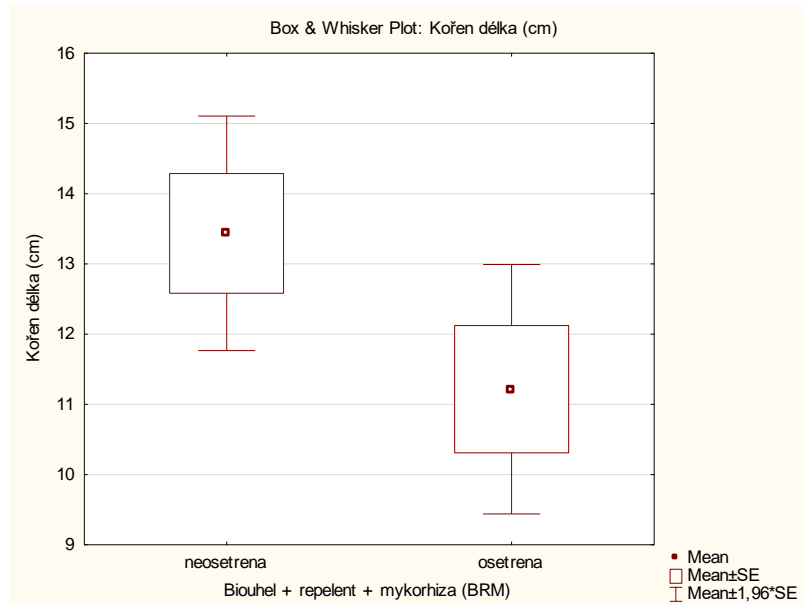
Obr. 11: Porovnání délky nadzemní části u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených



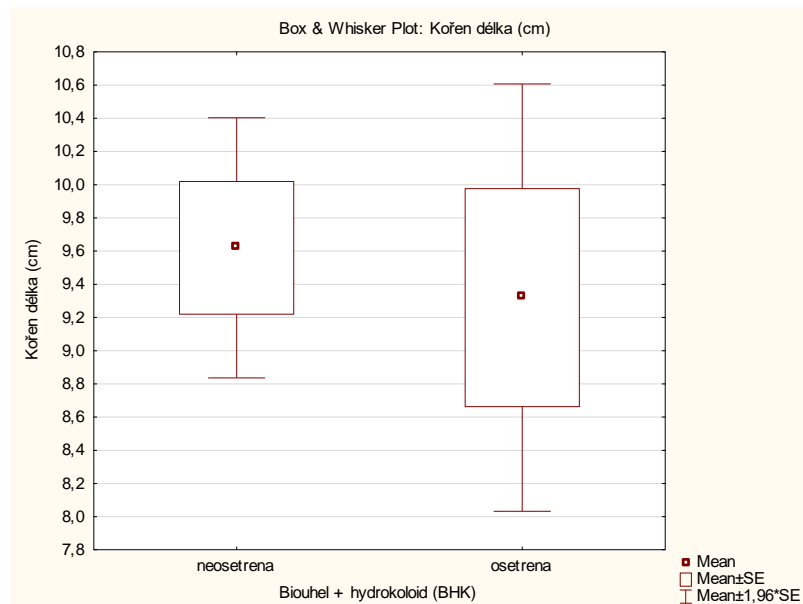
Obr. 12: Porovnání délky nadzemní části u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

## Délka hlavního kořene

Délka hlavního kořene, měřená od kořenového krčku po špičku kořene, dosahovala střední (mediánové) hodnoty u varianty BRM u neošetřených sazenic vyšší hodnoty než u sazenic ošetřených (Obr. 13). U varianty BHK měly rovněž neošetřené sazenice vyšší střední (mediánové) hodnoty hlavního kořene než sazenice ošetřené (Obr. 14).



Obr. 13: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

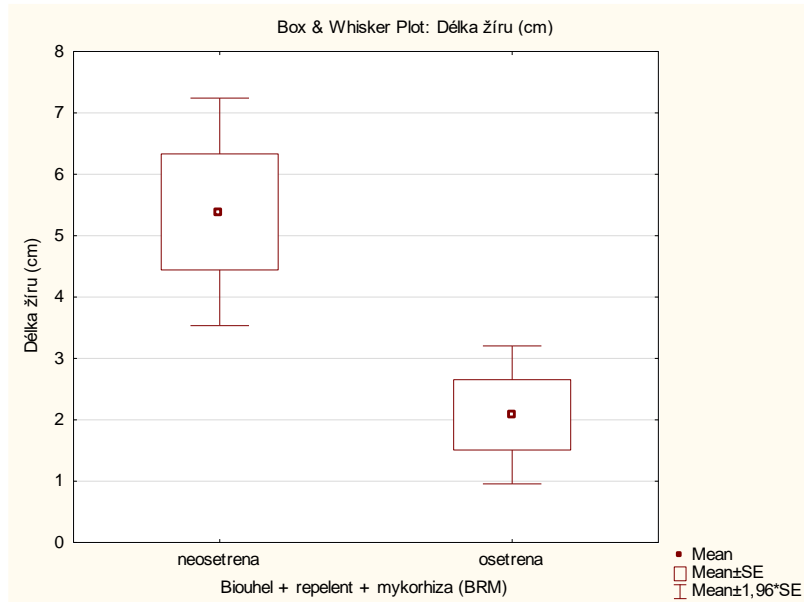


Obr. 14: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

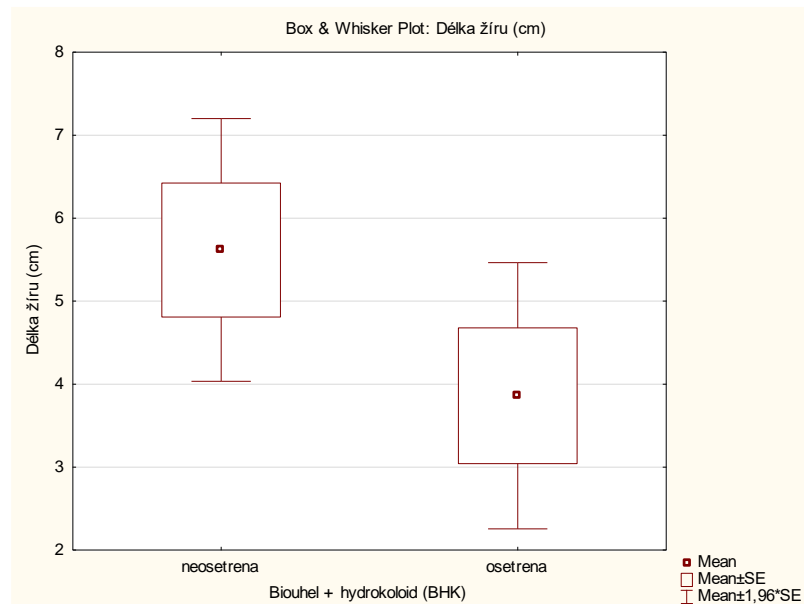


## Délka žíru ponravami chroustů

Z grafů (Obr. 15 a Obr. 16) je patrné, že délka žíru ponravami chroustů dosahovala střední (mediánové) hodnoty pro variantu BRM i pro variantu BHK u neošetřených sazenic výrazně vyšší než u sazenic ošetřených.



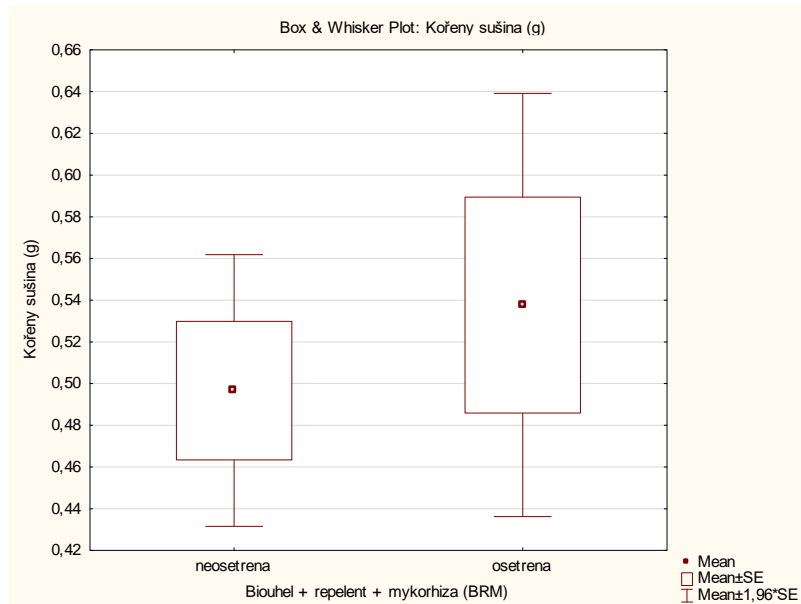
Obr. 15: Porovnání délky žíru ponravami chrousta u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených



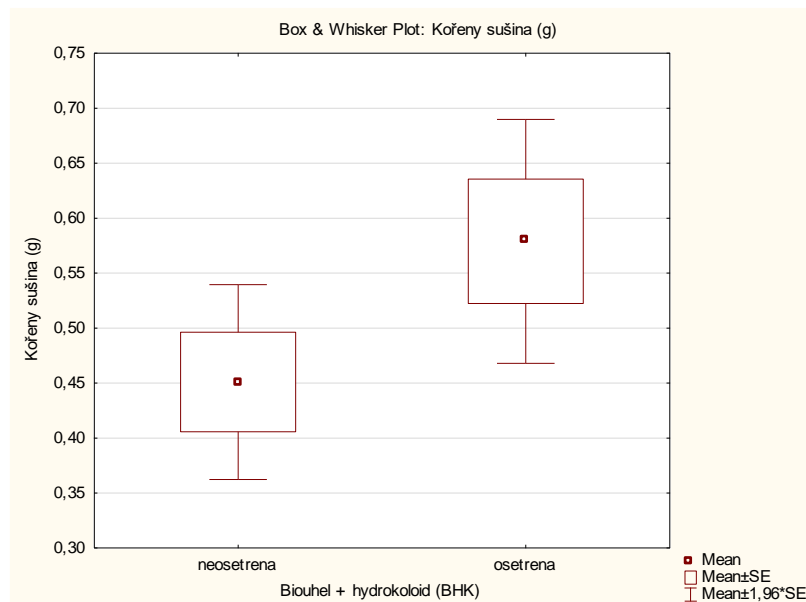
Obr. 16: Porovnání délky žíru ponravami chrousta u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

## Hmotnost sušiny kořenů

Hmotnost sušiny kořenů u varianty sazenic BRM dosahovala střední (mediánové) hodnoty vyšší u sazenic ošetřených (Obr. 17). Rovněž v případě varianty sazenic BHK dosáhly vyšší hodnoty sazenice ošetřené (Obr. 18).



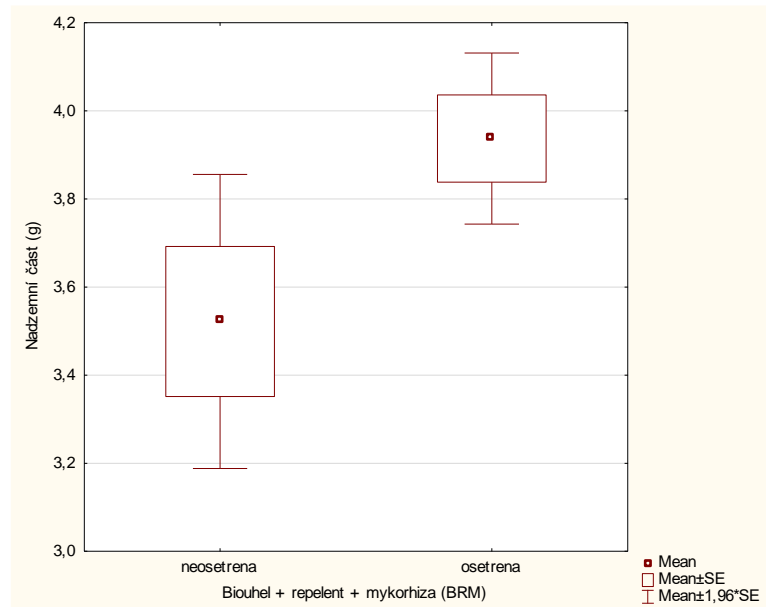
Obr. 17: Porovnání hmotnosti sušiny kořenů u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených



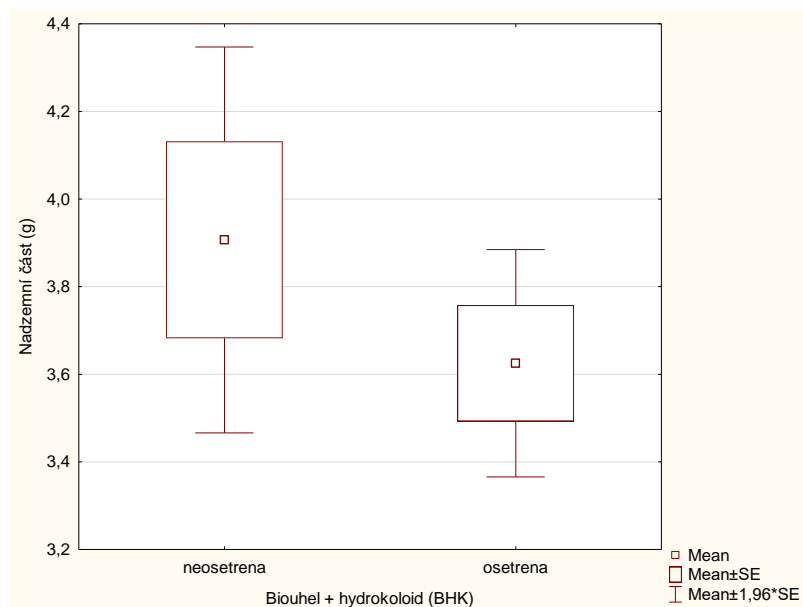
Obr. 18: Porovnání hmotnosti sušiny kořenů u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

## Hmotnost sušiny nadzemní části

Hmotnost sušiny nadzemní části dosahovala střední (mediánové) hodnoty u varianty BRM pro ošetřenou variantu sazenic vyšší než u sazenic neošetřených (Obr. 19). Naopak u varianty BHK byla střední (mediánová) hodnota hmotnosti sušiny nadzemní části u sazenic ošetřených nižší na rozdíl od sazenic neošetřených (Obr. 20).



Obr. 19: Porovnání hmotnosti sušiny nadzemní části u varianty BRM u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených



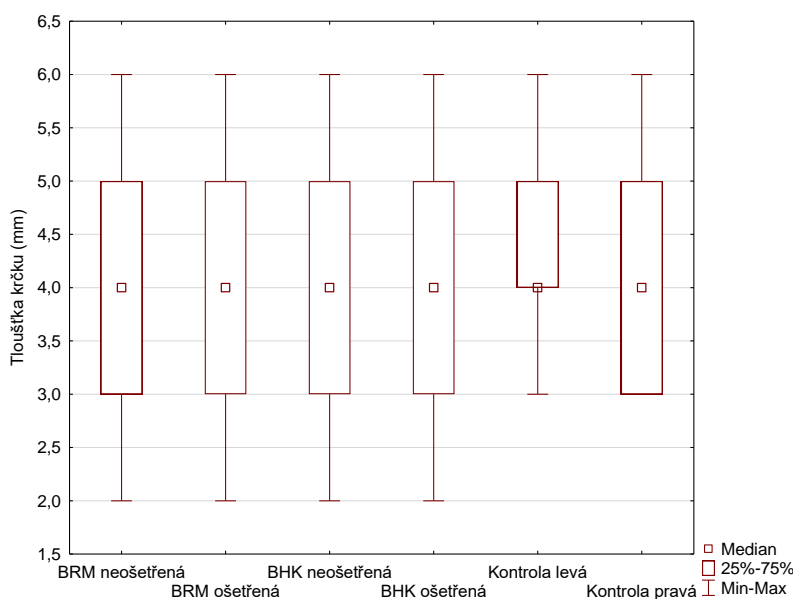
Obr. 20: Porovnání hmotnosti sušiny nadzemní části u varianty BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených

### 5.3 Analýza vlivu testovaných přípravků BRM a BHK na růstové charakteristiky sazenic borovice lesní a jejich srovnání s neošetřenou Kontrolou

Názorné srovnání vlivu testovaných přípravků BRK, BHK a varianty Kontrola. Jednotlivé parametry jsou porovnány v následujících grafech.

#### Tloušťka krčku srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Z grafu (Obr. 21) je patrné, že všechny sazenice měly vyrovnanou střední (mediánovou) hodnotu pro měřenou hodnotu tloušťka krčku. Srovnatelný byl i rozptyl naměřených hodnot. Nejnižšího rozptylu hodnot dosazovala varianta Kontrola levá.



Obr. 21: Porovnání tloušťky krčku u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Tloušťka krčku (mm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,109986	0,064419	0,309706	0,867177	0,143704
BRM ošetřená	1,109986		1,045567	0,800280	0,242809	1,253689
BHK neošetřená	0,064419	1,045567		0,245287	0,802758	0,208122
BHK ošetřená	0,309706	0,800280	0,245287		0,557471	0,453409
Kontrola levá	0,867177	0,242809	0,802758	0,557471		1,010880
Kontrola pravá	0,143704	1,253689	0,208122	0,453409	1,010880	

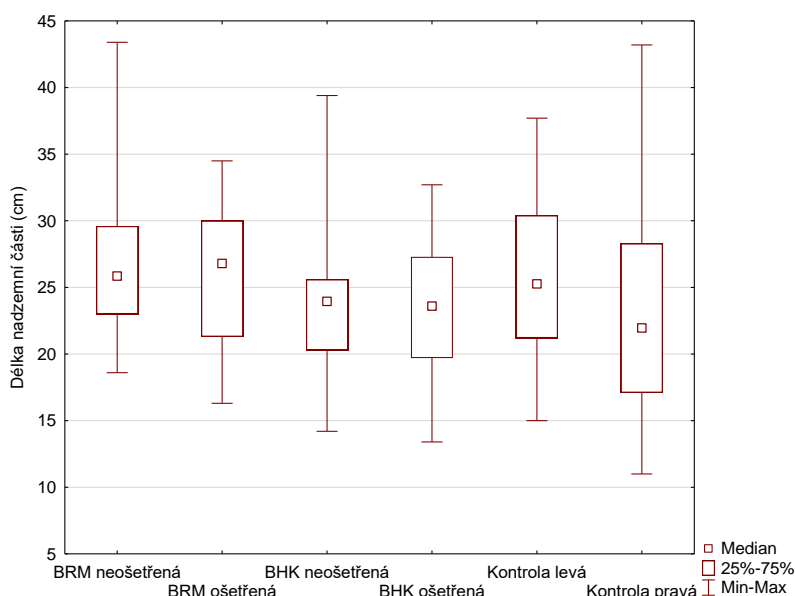
Tab. 13: Mnohonásobné porovnání tloušťky krčku vyjádřený v mm zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 2,760145$   $p = 0,7369$

Tloušťka krčku (mm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BRM ošetřená	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BHK neošetřená	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BHK ošetřená	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
Kontrola levá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
Kontrola pravá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Tab. 14: Spolehlivost mnohonásobného porovnání tloušťky krčku vyjádřený v mm zjištěný na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 2,760145$   $p = 0,7369$

## Délka nadzemní části srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Z grafu (Obr. 22) je patrné, že střední (mediánová) hodnota délky nadzemní části, byla poměrně vyrovnaná u varianty BHK pro ošetřené i neošetřené sazenice, varianta BRM dosahovala mírně vyšší hodnoty u ošetřených sazenic. Varianta Kontrola pravá dosáhla nejnižší střední (mediánové) hodnoty pro měřený parametr délka nadzemní části (cm) oproti všem ostatním variantám.



Obr. 22: Porovnání délky nadzemní části u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Délka nadzemní části (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		0,391468	2,010611	1,866907	0,882042	2,519767
BRM ošetřená	0,391468		1,619142	1,475439	0,490574	2,128299
BHK neošetřená	2,010611	1,619142		0,143704	1,128568	0,509156
BHK ošetřená	1,866907	1,475439	0,143704		0,984865	0,652860
Kontrola levá	0,882042	0,490574	1,128568	0,984865		1,637725
Kontrola pravá	2,519767	2,128299	0,509156	0,652860	1,637725	

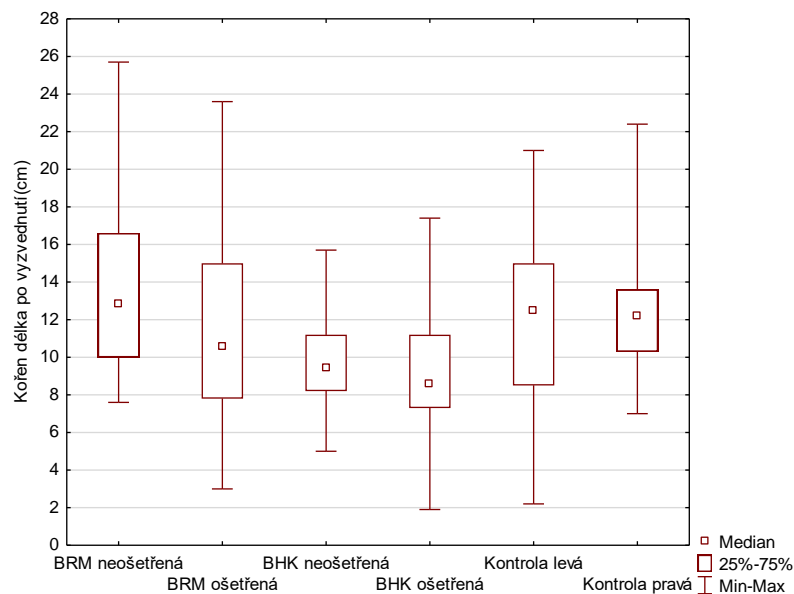
Tab. 15: Mnohonásobné porovnání délky nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 10,00421$   $p = 0,0751$

Délka nadzemní části (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000	0,665499	0,928718	1,000000	0,176149
BRM ošetřená	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,499685
BHK neošetřená	0,665499	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BHK ošetřená	0,928718	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
Kontrola levá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
Kontrola pravá	0,176149	0,499685	1,000000	1,000000	1,000000	

Tab. 16: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 10,00421$   $p = 0,0751$

## Délka hlavního kořene srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Z grafu (Obr. 23) je patrné, že nejvyšších středních (mediánových) hodnot délky hlavního kořene, dosahuje varianta BRM neošetřené sazenice a sazenice Kontrola. Oproti tomu nejnižších hodnot dosahuje varianta BHK a to ošetřené i neošetřené sazenice.



Obr. 23: Porovnání délky hlavního kořene u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Kořen délka po vyzvednutí (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,943714	3,347301	3,706560	0,771787	0,607024
BRM ošetřená	1,943714		1,403587	1,762846	1,171927	1,336691
BHK neošetřená	3,347301	1,403587		0,359259	2,575514	2,740278
BHK ošetřená	3,706560	1,762846	0,359259		2,934773	3,099537
Kontrola levá	0,771787	1,171927	2,575514	2,934773		0,164764
Kontrola pravá	0,607024	1,336691	2,740278	3,099537	0,164764	

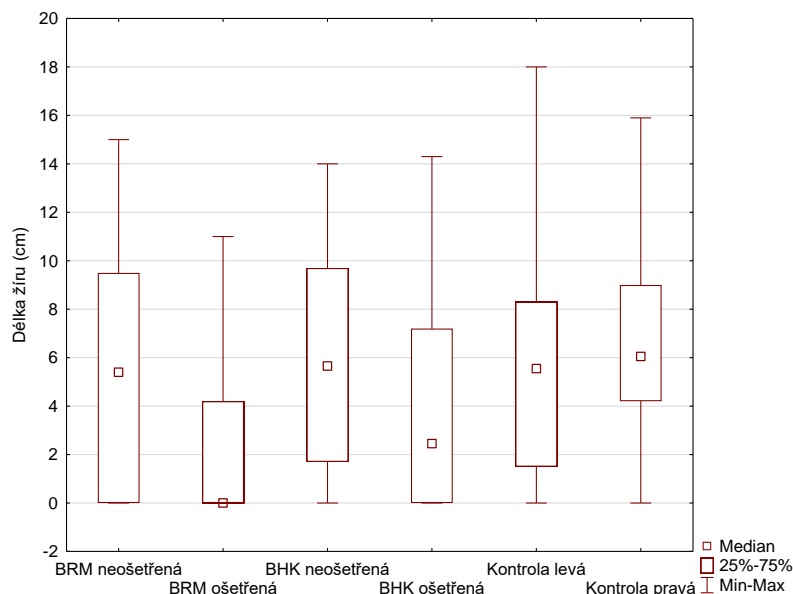
Tab. 17: Mnohonásobné porovnání délky kořene po vyzvednutí zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 23,48903$   $p = ,0003$

Kořen délka po vyzvednutí (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		0,778949	0,012240	0,003151	1,000000	1,000000
BRM ošetřená	0,778949		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BHK neošetřená	0,012240	1,000000		1,000000	0,150137	0,092081
BHK ošetřená	0,003151	1,000000	1,000000		0,050069	0,029074
Kontrola levá	1,000000	1,000000	0,150137	0,050069		1,000000
Kontrola pravá	1,000000	1,000000	0,092081	0,029074	1,000000	

Tab. 18: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky kořene po vyzvednutí zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 23,48903$   $p = ,0003$

## Délka žíru ponravami chroustů srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Z grafu (Obr. 24) je jasně patrné, že střední (mediánová) hodnota délky žíru ponravami chroustů (cm) je u ošetřených sazenic borovic jak u varianty BRM, tak i BHK výrazně nižší než u neošetřených sazenic a zároveň nižší než u sazenic varianty Kontrola.



Obr. 24: Porovnání délky žíru ponravami chroustů u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Délka žíru (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		2,662232	0,524022	1,189271	0,481902	1,106269
BRM ošetřená	2,662232		3,186254	1,472961	3,144134	3,768501
BHK neošetřená	0,524022	3,186254		1,713293	0,042120	0,582247
BHK ošetřená	1,189271	1,472961	1,713293		1,671173	2,295540
Kontrola levá	0,481902	3,144134	0,042120	1,671173		0,624367
Kontrola pravá	1,106269	3,768501	0,582247	2,295540	0,624367	

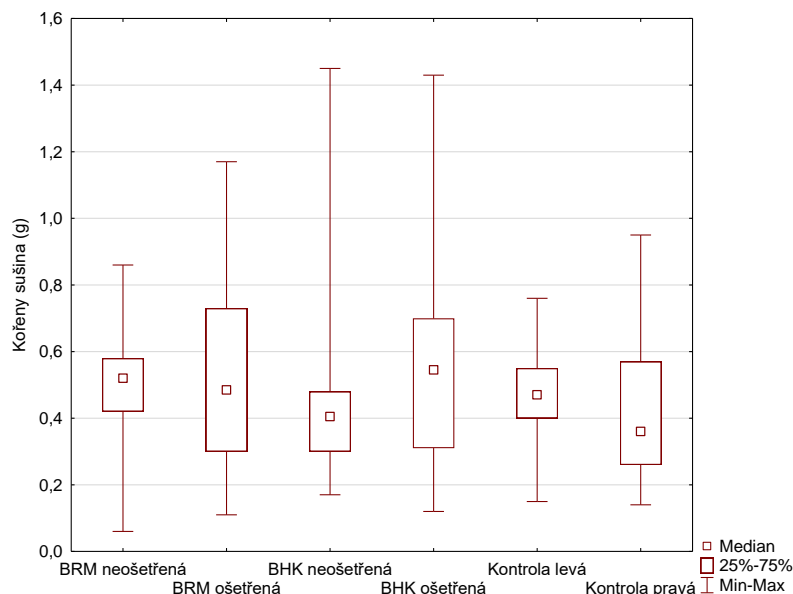
Tab. 19: Mnohonásobné porovnání délky žíru ponrav zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 20,03036$   $p = ,0012$

Délka žíru (cm)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		0,116437	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BRM ošetřená	0,116437		0,021619	1,000000	0,024987	0,002463
BHK neošetřená	1,000000	0,021619		1,000000	1,000000	1,000000
BHK ošetřená	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,325533
Kontrola levá	1,000000	0,024987	1,000000	1,000000		1,000000
Kontrola pravá	1,000000	0,002463	1,000000	0,325533	1,000000	

Tab. 20: Spolehlivost mnohonásobného porovnání délky žíru ponrav zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 20,03036$   $p = ,0012$

## Sušina kořeny srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Z grafu (Obr. 25) můžeme vidět srovnání střední (mediánové) hodnoty naměřeného parametru sušina kořenů. U všech variant je poměrně vyrovnaná hodnota. Největšího rozptylu hodnot dosahovaly ošetřené sazenice varianty BRM a BHK.



Obr. 25: Porovnání sušiny kořenů u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Kořeny sušina (g)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		0,065658	1,674889	0,365453	0,592158	1,764085
BRM ošetřená	0,065658		1,609232	0,431111	0,526500	1,698427
BHK neošetřená	1,674889	1,609232		2,040342	1,082732	0,089195
BHK ošetřená	0,365453	0,431111	2,040342		0,957611	2,129538
Kontrola levá	0,592158	0,526500	1,082732	0,957611		1,171927
Kontrola pravá	1,764085	1,698427	0,089195	2,129538	1,171927	

Tab. 21: Mnohonásobné porovnání sušiny kořenů zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 8,172418$   $p = ,1470$

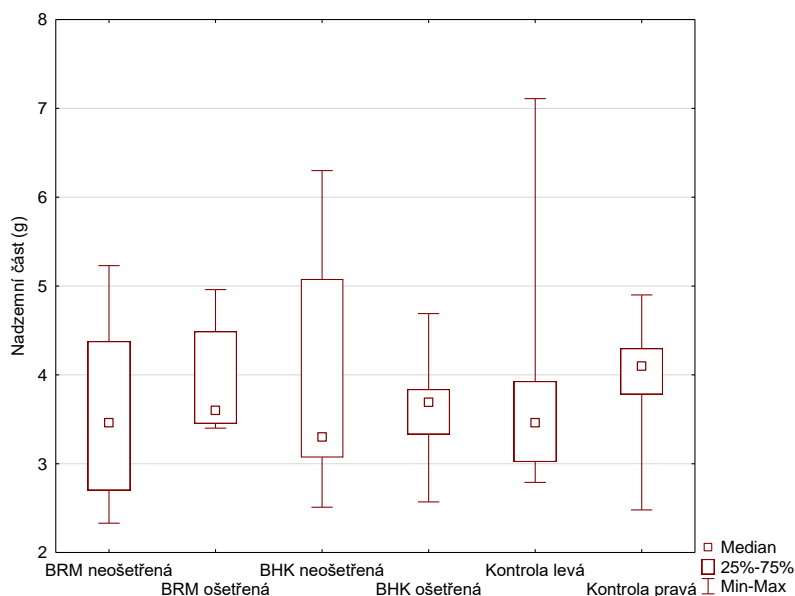
Kořeny sušina (g)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BRM ošetřená	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BHK neošetřená	1,000000	1,000000		0,619743	1,000000	1,000000
BHK ošetřená	1,000000	1,000000	0,619743		1,000000	0,498147
Kontrola levá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
Kontrola pravá	1,000000	1,000000	1,000000	0,498147	1,000000	

Tab. 22: Spolehlivost mnohonásobného porovnání sušiny kořenů zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 8,172418$   $p = ,1470$



## Sušina nadzemní části srovnání variant BRM, BHK a Kontrola

Graf (Obr. 26) vyjadřuje srovnání střední (mediánové) hodnoty naměřeného parametru sušina nadzemní části. Z grafu je patrné, že u všech variant jsou poměrně vyrovnané hodnoty. Největšího rozptylu hodnot dosahovaly neošetřené sazenice varianty BRM a BHK.



Obr. 26: Porovnání sušiny nadzemní části u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Nadzemní část (g)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,828504	0,847355	0,433588	0,388991	1,823548
BRM ošetřená	1,828504		0,981148	1,394915	1,439513	0,004955
BHK neošetřená	0,847355	0,981148		0,413767	0,458365	0,976193
BHK ošetřená	0,433588	1,394915	0,413767		0,044598	1,389960
Kontrola levá	0,388991	1,439513	0,458365	0,044598		1,434558
Kontrola pravá	1,823548	0,004955	0,976193	1,389960	1,434558	

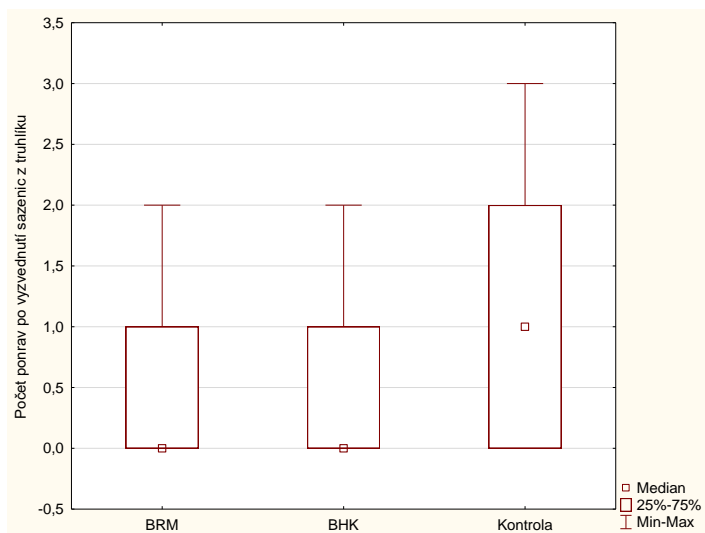
Tab. 23: Mnohonásobné porovnání sušiny nadzemní části na sazenicích borovice lesní ošetřenými přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 6,015965$   $p = ,3047$

Nadzemní část (g)	BRM neošetřená	BRM ošetřená	BHK neošetřená	BHK ošetřená	Kontrola levá	Kontrola pravá
BRM neošetřená		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BRM ošetřená	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
BHK neošetřená	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
BHK ošetřená	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
Kontrola levá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
Kontrola pravá	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

Tab. 24: Spolehlivost mnohonásobného porovnání sušiny nadzemní části zjištěné na sazenicích borovice lesní ošetřených přípravky BRM a BHK a srovnání se sazenicemi neošetřenými a variantou Kontrola Kruskal-Wallis test:  $H(5, N=180) = 6,015965$   $p = ,3047$

## Počet ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků

Graf (Obr. 27) uvádí srovnání střední (mediánové) hodnoty počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků. Jak je patrné, u variant BRM a BHK je hodnota rovna 0. Největšího rozptylu naměřených hodnot dosahovala varianta Kontrola, jejíž střední (mediánová) hodnota je vyšší než v truhlících, kde byly aplikovány přípravky BRM a BHK.



Obr. 27: Porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků u varianty BRM a BHK u sazenic borovice lesní ošetřených přípravkem a neošetřených a varianty Kontrola

Počet ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíku	BRM	BHK	Kontrola
BRM		0,088950	3,024297
BHK	0,088950		2,935347
Kontrola	3,024297	2,935347	

Tab. 25: Mnohonásobné porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků po aplikaci přípravků BRM, BHK a srovnání s Kontrolou, Kruskal-Wallis test:  $H(2, N=90) = 14,52015$   $p = 0,0007$

Počet ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíku	BRM	BHK	Kontrola
BRM		1,000000	0,007476
BHK	1,000000		0,009995
Kontrola	0,007476	0,009995	

Tab. 26: Spolehlivost mnohonásobného porovnání počtu ponrav po vyzvednutí sazenic z truhlíků po aplikaci přípravků BRM, BHK a srovnání s Kontrolou, Kruskal-Wallis test:  $H(2, N=90) = 14,52015$   $p = 0,0007$

### Vzhled nadzemní části sazenic po vyzvednutí z truhlíků

Posledním hodnoceným parametrem byl celkový vzhled nadzemní části sazenic po jejich vyzvednutí z truhlíků (Obr. 28). Jako nejvitálnější (zelená barva nadzemní části sazenice, nezaschlé jehlice) byly vyhodnoceny sazenice v truhlících, kde byl zapraven přípravek BRM. Při posouzení stavu nadzemní části ošetřených a neošetřených sazenic, byly více zelené sazenice neošetřené. Sazenice v truhlících ošetřených variantou BHK byly vyhodnoceny jako nejpoškozenější (zcela zaschlé jehlice, barva nadzemní nebyla zelená), a to jak ošetřená i neošetřená sazenice. Sazenice varianty K byly suché z 50 %.



Obr. 28: Hodnocení stavu nadzemní části sazenic borovice lesní (zdroj: KLEINOVÁ 2017)

## 6 DISKUZE

V této diplomové práci byl hodnocen účinek preparátu biouhel. YAO et al. (2017) testovali po dobu tří let účinky aplikace biouhlu do půdy typu černozem v oblasti severovýchodní Číny. Ve své práci uvádějí, že biouhel je hodnocen jako slibná strategie pro zlepšení kvality půdy, většina pokusů provedených v laboratořích nebo v krátkodobých polních podmínkách umožní jen v omezené míře pochopit dlouhodobé účinky biouhlu na kvalitu půdy a půdního prostředí. Očekává se, že doba držení biouhlu v půdě může být stovky až tisíce let. Svým pokusem potvrdili, že biouhel může pozitivně ovlivňovat výskyt nežádoucích houbových patogenů v půdě a tím zlepšovat kvalitu pěstovaných plodin, ale především může ovlivňovat zejména úpravu půdní vlhkosti, pH prostředí a upravovat celkový obsah uhlíku, dusíku a draslíku v půdě.

Práce byla zaměřena zejména na ověření biouhlu s přidavkem repelentu proti ponravám chroustů. WORETA (2015) ve své práci shrnula aktuální přehled kontrolních opatření sloužící k zabránění poškození rostlin ponravami chroustů *Melolontha* spp. v evropských zemích včetně Polska. Popsala metody mechanického a chemického ošetření, včetně novodobých výsledků výzkumu. V minulosti byly ponravy odstraňovány z půdy manuálně po orbě. Později byla proti škůdcům aplikována chemická ochrana. Insekticidy byly buď aplikovány přímo na rostliny nebo se přidávaly do sázecího řádku. Práškové nebo granulované formy insekticidních přípravků se mísily s horními vrstvami půdy, kapalné insekticidy byly nality do půdy v okolí sazenic. Pro ochranu rostlin v Polsku byla užívána chemikálie jako např. lindan (organochlorový neurotoxin), která prokázala vysokou účinnost. Nicméně, chlorované organické výrobky byly staženy z trhu a na řadu se dostaly přípravky méně škodlivé životnímu prostředí. V důsledku progresivních omezení týkajících se nadměrného používání chemických látek v přírodě jsou v současnosti vyhledávána i alternativní řešení. Aktuální studie ukazují jistý potenciál obrany proti ponravám chroustů i v biologických metodách jako jsou např. insekticidní schopnosti bakterií, hub a hlístic.

Z výsledků naměřených v rámci našeho výzkumu vyplývá, že všechny sazenice, a to ošetřené preparáty biouhel (Biouhel+repellent+mykorhiza a Biouhel+hydrokoloid) i sazenice neošetřené (Kontrola), měly srovnatelné hodnoty tloušťky krčku, délky nadzemní části, délky kořene, sušiny kořene a sušiny nadzemní části.

PEŠKOVÁ, TUMA (2010), kteří ověřovali účinky mykorhizního přípravku ECTOVIT<sup>®</sup> zjistili, že po použití přípravku byl pozorován v hodnocení růstových

charakteristik (výška nadzemní části, délka kořene, sušina nadzemní a kořenové části) dokonce mírně opačný efekt u ošetřených sazenic.

Stejně tak TUČEKOVÁ et al. (2009) ve své práci, kterou věnovala ověření účinků přípravku VAMBAC<sup>®</sup> – Mix (6 izolátů) ve smrkových porostech rekonstruovaných na kalamitních holinách Slovenska uvádí, že na zkoumaných stanovištích oblasti Kysúc, Oravy, Nízkých Tater a Spiše, byly přípravkem ošetřené sazenice zcela bez zjištěného pozitivního účinku anebo zaznamenala jen mírný pozitivní vliv.

VOSTRÁ, HOLUŠA (2009), ve své studii, uvádějí lepší účinky přípravku ECTOVIT<sup>®</sup> nejen při ujímavosti, ale i růstu a rozvoje sazenic ošetřených přípravkem. Lze se tedy domnívat, že mykorhizní preparáty mohou pozitivně ovlivňovat růstové parametry až po delší době od jejich aplikace.

LORENC et al. (2016) ve výsledcích pokusu se stimulačním přípravkem z mořských řas Bio-Algeen<sup>®</sup> uvádějí jeho pozitivní vliv na růstové charakteristiky sazenic. Přípravek byl testován na sazenicích smrku ztepilého. Bylo zjištěno, že nejvýrazněji byla pozitivně ovlivněna výška nadzemní části sazenic. Na rozvoj mykorhizních parametrů neměl přípravek inhibiční účinek.

V našem pokusu byly u testovaných sazenic borovice lesní hodnoceny mykorhizní parametry na kořenovém systému. Hlavní jednotkou, při stanovení počtu mykorhiz byl segment kořenu 5 cm dlouhý o průměru do 1 mm, na každé sazenici bylo vyhodnoceno 20 segmentů (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). V případě naměřených mykorhizních poměrů nebyly, vzhledem ke krátké době založeného pokusu, výsledky zcela průkazné, a to zejména z důvodu, že nebylo k dispozici dostatečné množství kořínků s již rozvinutými mykorhizními špičkami.

Další příčinou nedostatku mykorhizních špiček a jemných kořínků mohlo být, že kořínky v průběhu pokusu uhnilý v důsledku vysokého obsahu závlivkové vody v truhlíku, která neměla kam odtéct. Rovněž absence drobných kořínků mohla být právě způsobená žírem ponrav. Ponravy I. instaru, které byly k sazenicím aplikovány, se živí hlavně humusem a jemnými kořínky rostlin (KAPITOLA, HOLUŠA 2002). K ověření účinnosti preparátu obsahujícího mykorhizní houby, by tedy bylo nutné vyloučit negativní faktory, které se mohly podílet na odumření kořenů a vyhodnotit sazenice za delší časové období. Pozitivní vliv by mohla mít úprava použité metodiky, a to zejména zpracování přípravků k sazenicím již při jejich výsadbě, určitě však nejspíše před samotnou aplikací ponrav. Další z možností je výsadba ošetřených sazenic zcela bez aplikace ponrav což zajistí dostatečné množství drobných kořínků, kde se mykorhiza

vyskytuje, ale také zvážit možnost nechat preparát na sazenice účinkovat déle, než působil v tomto pokusu. Zároveň by bylo potřeba regulovat zálivku podle teploty a vlhkosti okolního prostředí, aby nedocházelo k přílišnému vysušení písku nebo naopak k uhnívání kořenového systému nadměrnou zálivkou.

Jako nejvýznamnější zjištěný parametr celého pokusu se jeví žír ponrav na borových sazenicích. Z dosažených výsledků vyplývá, že sazenice ošetřené přípravky biouhel obou testovaných variant, byly poškozeny významně méně než sazenice neošetřené. Podpůrným ukazatelem tohoto tvrzení je i vyšší mortalita ponrav v truhlících, kam byly přípravky aplikovány. Na druhou stranu ani tento ukazatel není dostatečně průkazný. SUKOVATA et al. (2015) zkoumala vývoj ponrav na kořenech různých druhů dřevin s ohledem na jejich chemické složení. Výsledky studie ukázaly, že například na kořenech sazenic borovice lesní dosahovala mortalita ponrav až 40 % a to zejména u ponrav I. instaru, které byly aplikovány i v pokusu s biouhlem.

WORETA, SUKOVATA (2014) ve své studii zkoumaly růst a přežití ponrav chroustů rodu *Melolontha* na kořenech významných lesních dřevin. Jejich výzkum ukázal, že sazenice borovice preferují jako svou potravu především ponravy II. instaru. Dále zjistily, že nejvyšší mortality dosahovaly ponravy právě v době přechodu do dalšího vývojového stádia.

SKRZECZ et al. (2014) zkoumali účinky botanických repelentů proti žíru ponrav chroustů *Melolontha melolontha* na kořenech borovice lesní. Použili látky rutin, quercetin a extrakt z listů olše černé ve směsi s řepkovým olejem. Dvouleté sazenice borovice byly ošetřeny směsí testovaných látek a vysázeny do nádob 20 cm širokých a 30 cm vysokých, směs rašeliny a písku v poměru 1:1. K sazenicím byly aplikovány ponravy II. instaru. Pokus probíhal od května do září téhož roku. Zkoumala se mortalita sazenic i ponrav, váha sušiny kořenové části i váha ponrav před započítáním i po ukončení pokusu. Výsledky však neprokázaly žádné pozitivní účinky výše uvedených botanických repelentů proti žíru ponrav chroustů na testovaných sazenicích.

Z hlediska průkaznosti repelentního účinku přípravku biouhel by bylo vhodné zvážit ověření aplikace s ponravami II. instaru, eventuálně přípravek aplikovat i k jiným dřevinám než jen k borovici lesní. Dále by bylo vhodné simulovat přirozené půdní prostředí a nepoužívat jen písek jako tomu bylo v případě tohoto pokusu.

## 7 ZÁVĚR

Pokus s aplikací přípravků biouhel s dalšími přísadami, měl ověřit jeho repelentní účinky na poškozování borových sazenic žírem ponrav chroustů, ale také zjistit jeho vliv na růstové charakteristiky a mykorhizní poměry.

Statistické vyhodnocení naměřených výsledků ukázalo, že všechny testované sazenice měly srovnatelné naměřené hodnoty parametrů tloušťka krčku, délka nadzemní části, délka kořene, sušina kořene a sušina nadzemní části. To bylo pravděpodobně zapříčiněno i kratším obdobím trvání pokusu, takže nemohly být zaznamenány výraznější změny v růstu sazenic.

Rovněž v případě statistického hodnocení mykorhizních poměrů nebyly výsledky zcela průkazné, a to zejména z důvodu, že nebylo k dispozici dostatečné množství kořínků, na kterých by mykorhizy bylo možné nalézt. Negativní dopad mohlo mít vyšší množství zbytkové vody ze zálivky v truhlících, která neměla kam odtékat a kořeny, tak mohly uhnít. Další příčinu lze nalézt právě v žíru ponrav I. instaru na koříncích do průměru 1 mm, na kterých se mykorhizní špičky hodnotí a kratší doba pro rozvoj mykorhiz na kořenech sazenic.

Z celého pokusu se jako statisticky nejvýznamnější parametr jeví žír ponrav. Z dosažených výsledků vyplývá, že sazenice ošetřené přípravky obou testovaných variant (Biouhel+repelent+mykorhiza a Biouhel+hydrokoloid) byly poškozeny významně méně než sazenice neošetřené. Podpůrným ukazatelem tohoto tvrzení by mohla být i prokazatelně vyšší mortalita ponrav v truhlících, kam byly přípravky aplikovány. Je tedy možné uvést, že přípravky biouhel mohly mít na ponravy chrousta repelentní účinky. Na druhou stranu by bylo vhodné pro jednoznačné doporučení přípravku provést opakovaná testování s vyloučením již zmíněných vlivů, které mohly pokus negativně ovlivnit. Tím by mohlo být dosaženo ještě více průkazných výsledků, které by sloužily jako objektivní podklady k doporučení přípravku pro širší využití v lesnické praxi.

Problém s místně přemnoženými populacemi chroustů poškozujícími lesní porosty dosud nebyl uspokojivě vyřešen. Dokud nebude nalezen účinný, k přírodnímu prostředí co nejvíce šetrný preparát, budou lokální gradace chroustů lesní porosty i nadále poškozovat. Biouhel má potenciál se tímto šetrným přípravkem stát i se svými bonusy jakými jsou např. dříve zmíněný pozitivní vliv na skleníkový efekt a zlepšení kvality půdy, ale tyto hypotézy bude potřeba ještě ověřit dalšími experimenty.

## Seznam literatury a použitých zdrojů

- ARONSON, D., WEEKS, J., MEYLAN, B., GUINEY, P.D, HOWARD, P.H Environmental Release, Environmental Concentrations, and Ecological Risk of N,N-Diethyl-m-Toluamide (DEET), Integrated Environmental Assessment and Management, 2011, 8 (1): 135-166
- BERGMAN, J., HANZAL, V., GJUROV, V. Ověření možnosti stimulace sazenic smrku ztepilého pomocí Bio-Algeen v lesní školce Obrovce Vojenské lesy a statky s. p., 2013: 7 s.
- CASTELLANO, M. A. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji K. G. (ed.): Concepts in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publishers B. V., The Netherlands, 1996: 223-301
- GLĄB, T., PALMOWSKA, J., ZALESKI, T., GONDEK, K. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil, Geoderma 281, 2016: 11-20
- GRYNDLER, M., BALÁŽ, M., HRŠELOVÁ, H., JANSÁ, J., VOSÁTKO, M. Mykorhizní symbióza, O soužití hub s kořeny rostlin. Academia Praha, 2004: 366 s.
- HOLUŠA, J., PEŠKOVÁ, V., LORENC, F. The impact of artificial mycorrhizal inoculation on the growth of common oak seedlings and development of mycorrhiza: Inoculation may not positively affect growth of seedlings, Periodicum Biologorum, 2015, Vol. 117 (4): 519-526
- JENÍK, J., (eds.) Roots and root system of trees: Kořeny a kořání stromů. Opera rhizologica. Botanická zahrada Liberec, 2014: 331 s.
- KAPITOLA, P., HOLUŠA, J. Chrousti rod *Melolontha* F., Lesnická práce 81 (12): 4 s.
- KNÍŽEK, M., MODLINGER, R. Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2013, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2013: 68 s.
- KNÍŽEK, M., LIŠKA, J., MODLINGER, R. Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2015, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2015: 78 s.
- KNÍŽEK, M., LIŠKA, J., MODLINGER, R. Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2016: 70 s.
- KRATOCHVÍL, J., LANDA, V., NOVÁK, K., SKUHRAVÝ, V. Chrousti a boj s nimi, Nakladatelství ČSAV Praha, 1953: 156 s.



- KULA, E. Vliv technologie přípravy půdy na míru ohrožení výsadby borovice lesní ponravou chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani* Fabr.) v požáříšti Bzenec (LS Strážnice), Zprávy lesnického výzkumu, 2015, 60 (4): 239-248
- LORENC, F., PEŠKOVÁ, V., MODLINGER, R., PODRÁZSKÝ, V., BALÁŠ, M., KLEINOVÁ, D. Effect of Bio-Algeen® preparation on growth and mycorrhizal characteristics of Norway spruce seedlings, Journal of Forest Science, 2016, 62 (6): 285-291
- MAREK, M., HORSÁKOVÁ, I., KRCHOV, R., PUDIL, F., MAREK, A. Způsob výroby přípravku na bázi biouhlu pro podporu růstu rostlin, CZ Pat. č. 305666, 2015
- MAREK, M., HORSÁKOVÁ, I., VRBA, P., MAREK, A. Způsob remediace a rekultivace kontaminovaných ploch pomocí mikroorganismů a mykorhizních hub, CZ Pat. č. 304147, 2013
- MEJSTRÍK, V. Mykorhizní symbiózy. Academia Praha, 1988: 150 s.
- MENTBERGER, J., JANČAŘÍK, V. Pesticidy v ochraně lesa. Česká zemědělská univerzita v Praze, 1998: 51 s.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J., Lesnická dendrologie 1., Jehličnaté dřeviny, Přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003: 177 s.
- PEŠKOVÁ, V. Houby na kořenech lesních dřevin Mykorhizy. Lesnická práce, 2008, 12: 4 s.
- PEŠKOVÁ, V., SOUKUP, F. Houby vázané na kořenové systémy: metodické přístupy ke studiu. Review. Zprávy lesnického výzkumu, 2006, 51 (4): 279-286
- PEŠKOVÁ, V., TUMA, M. Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic. Zprávy lesnického výzkumu, 2010, 55 (3): 211-219
- PETERSON, R. L., MASSOCOTTE, H. B., MELVILLE, L. H. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. National Research Council of Canada, 2004: 173 s.
- REPÁČ, I. VAMBAC Prírodné riešenie prírodných problémov? Les 5-6 časopis lesníkov, lesomajiteľov a priateľov lesa, 2001: 15-16
- REPÁČ, I. Vplyv dezinfekcie a inokulácie substrátu symbiotickými hubami na tvorbu ektomykoríz a rast semenáčikov smreka obyčajneho (*Picea abies* (L.) Karst.). Zprávy lesnického výzkumu, 2012, 57 (3): 207-216

- ROY, D. N., GOSWAMI, R., PAL, A. The insect repellents: A silent environmental chemical toxicant to the health, *Environmental Toxicology and Pharmacology* 50, 2017: 91-102
- SKRZECZ, I., SOWIŃSKA, A., JANISZEWSKI, W. Effects of botanical antifeedants on *Melolontha melolontha* grub feeding on Scots pine roots, *Folia Forestalia Polonica*, series A, 2014, 56 (3): 135-140
- SUKOVATA, L., JAWORSKI, T., KAROLEWSKI, P., KOLK, A. The performance of *Melolontha* grubs on the root systems of various plant species, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2015, 39 (1): 107-116
- ŠVESTKA, M. Chrousti rodu *Melolontha* v lesích České republiky v období 2003-2011, *Zprávy lesnického výzkumu*, 2012, 57 (3): 217-229
- TUČEKOVÁ, A., SLAMKA, M., HALÁK, A., TAKÁČOVÁ, E. Overovanie mykorízneho biopreparátu VAMBAC v rámci rekonštrukcie smrečín na Slovensku, *Výskumná štúdia*, Národné lesnícke centrum, 2009: 33 s.
- ÚKZÚZ, Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin 2017, *Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského*, Odbor přípravků na ochranu rostlin, 2017, XIV/1: 524 s.
- VERHEIJEN, F., JEFFERY, S., BASTOS, A.C., VAN DER VELDE, M., DIAFAS, I. Biochar Application to Soils, A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions, 2010: 166 s.
- VOSTRÁ, L., HOLUŠA, J. Stav smrkových kultur po aplikaci mykorhizního přípravku. In.: *Mykorhiza v lesích a možnosti její podpory*. Sborník referátů z odborného semináře 15.-16. 4. 2009, Frýdek-Místek, 2009: 38-42
- WEEKS, J., GUINEY, P., NIKIFOROV, A. Assessment of the Environmental Fate and Ecotoxicity of N,N-Diethyl-*m*-Toluamide (DEET), *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2011, 8 (1): 120-134
- WORETA, D. Control of cockchafer *Melolontha* spp. Grubs – a review of methods, *Folia Forestalia Polonica*, 2015, series A 57 (1): 33-41
- WORETA, D., SUKOVATA, L. Survival and growth of the *Melolontha* spp. grubs on the roots of the main forest tree species, *Leśne Prace Badawcze*, 2014, 75 (4): 375-383

YAO, Q., LIU, J., YU, Z., LI, Y., JIN, J., LIU, X., WANG, G. Three years of biochar amendment alters soil physiochemical properties and fungal community composition in a black soil of northeast China, *Soil Biology & Biochemistry*, 2017, 110: 56-67

ZAHRADNÍK, P. Ruční a zádové mechanizační prostředky v ochraně lesa, *Lesnická práce*, 2012, 10: 4 s.

ZAHRADNÍK, P. Základy ochrany lesa v praxi, *Lesnická práce, s.r.o.*, 2006: 128 s.

### **Internetové zdroje**

BŘENDOVÁ, K., TLUSTOŠ, P., SZÁKOVÁ, J., BOHUNĚK, M. Využití biouhlí (biocharu) k úpravě půdních vlastností. *Biom.cz* [online]. 2015 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biouhli-biocharu-k-uprave-pudnich-vlastnosti>

LOVOCHEMIE a.s., LOVOFLOR NPK 4-2,5-3, [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.lovochemie.cz/cs/produkty/detail-produktu/lovochlor-npk-4-2-5-3-3>

PŘÍPRAVKY BIO-ALGEEN. [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.bioalgeen.cz/lesni-hospodarstvi.html>

SYMBIOM, s.r.o. Ectovit [online]. 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/cs/p-5-ectovit>

WIKIPEDIE, Diethyltoluamid [online]. 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Diethyltoluamid>