

Česká zemědělská univerzita Praha

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Možnosti využití biouhlu k prevenci poškozování
borových sazenic žírem ponrav chrousta**

Bakalářská práce

Autor: Jiří Ehrenberger

Vedoucí práce: Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

Praha 2019

Czech University of Life Sciences Prague

Faculty of Forestry and Wood Sciences
Department of Forest Protection and Entomology



**Possibilities of using biochar to prevent damage to pine
seedlings by eating chews**

Bachelor thesis

Author: Jiří Ehrenberger

Supervisor: Mgr. Karolína Resnerová, Ph.D.

Praha 2019



**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Jiří Ehrenberger
Studijní program:	Lesnictví
Obor:	Lesnictví
Vedoucí práce:	Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra ochrany lesa a entomologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Možnosti využití biouhlu k prevenci poškozování borových sazenic žírem ponrav chrousta
Název anglicky:	Possibilities of usage biochar on the prevention of Scots pine seedlings damages due cockchafer grub
Cíle práce:	<ul style="list-style-type: none">- zhodnotit možnost využití biouhlu k prevenci vzniku škod žírem ponrav chroustů- vybrat nejvhodnější kombinaci biouhlu s dalšími přípravky pro lesnický provoz a ochranu nově založených porostů proti žíru chroustem maďalovým
Metodika:	<ul style="list-style-type: none">- vypracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku ochrany lesa proti chroustům- vybrat vhodnou studijní plochu pro založení terénních pokusů- populační hustoty chroustů na vybrané lokalitě zmapovat pomocí minimálně 10 půdních sond na jaře a 10 půdních sond na podzim- na lokalitě s prokázaným výskytem chroustů <i>M. hippocastani</i> vysadit 200 sazenic <i>Pinus sylvestris</i>- k vysazovaným sazenicím přidat biouhel s různými variantami zabraňujícími žíru chroustů (insekticidy, repelenty)

apod.) a část sazenic ošetřit rovněž mykorrhizním přípravkem
- po čtyřech měsících žíru vyzvednout experimentální sazenice
- kořenové systémy borových sazenic vyhodnotit v programu WinRhizo - parametry kořenových systémů (délka kořenů podle průměru, počty kořenových špiček, počet krátkých zakončení)
- na sazenicích stanovit mykorrhizní charakteristiky
- následně stanovit hmotnost kořenů experimentálních sazenic
- získané výsledky vyhodnotit v programu STATISTICA 12

Doporučený rozsah práce: 35 stran včetně příloh

Klíčová slova: chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, mykorrhiza, repelent, insekticid, kontrola

Doporučené zdroje informací:

1. Kozel A.V., Zvereva E.L., Kozlov M.V. 2017. Impacts of root herbivory on seedlings of three species of boreal forest trees. *Applied Soil Ecology* 117: 203-207.
2. Mayerhofer J., Enkerli J., Zelger R., Strasser H. 2015. Biological control of the European cockchafer: persistence of *Beauveria brongniartii* after long-term applications in the Euroregion Tyrol. *Biocontrol* 60: 617-629.
3. Niemczyk M., Karwanski, M., Grzybowska U. 2017. Effect of Environmental Factors on Occurrence of Cockchafers (*Melolontha* spp.) in Forest Stands. *Baltic Forestry* 23: 334-341.
4. Niemczyk M. 2015. Risk of the mass occurrence of cockchafer (*Melolontha* spp.) grubs in the ecotone of mature stands in Lubaczow Forest District. *Sylvan* 159:326-335.
5. 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.
6. 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.

7. Wagenhoff E., Blum R., Henke L., Delb H. 2015. Aerial spraying of NeemAzal (R)-T/S against the forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*, Col.: Scarabaeidae) in South-West Germany: The effects of two field trials performed in 2007 and 2008 on local populations. *Journal of Plant Diseases and Protection* 122: 169-182.
8. Woreta D. 2015. Control of cockchafer *Melolontha* spp. Grubs - A review of methods. *Folia Forestalia Polonica, series A* 57 (1): 33-41.

Předběžný termín 2018/19 LS - FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 6. 2.
2019
prof. Ing. Jaroslav Holuša,
Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 9. 2.
2019
prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Děkan

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Možnosti využití biouhlu k prevenci poškozování borových sazenic žírem ponrav chrousta vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Karoliny Resnerové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské 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 dne

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí práce Mgr. Karolině Resnerové, Ph.D. za ochotu, vstřícnost, pomoc, trpělivost a cenné rady a připomínky k vedení práce. Děkuji Ing. Michalu Samkovi za trpělivost a pomoc při měření a vyhodnocení sazenic. Ing. Markovi za poskytnutí testovaných přípravků, kolegům Lesní správy Choceň, zejména Ing. Kamilu Beznoskovi za vstřícnost, že jsem mohl k práci využít porosty ve správě Lesní správy Choceň, Romanu Jalčovi, DiS., Kateřině Laburdové, Bc. Lukáši Čefelínovi za pomoc při terénních pracích.

V neposlední řadě děkuji manželce Soně a celé rodině včetně nejmladšího syna Matěje za psychickou a morální podporu při studiu a tvorbě této práce.

Abstrakt

V předložené práci je vyhodnocena účinnost biouhlu s přidanými insekticidními přípravky A, B, repelentním přípravkem C, kombinace insekticidního přípravku A s repelentním přípravkem C a kombinace insekticidního přípravku B s repelentním přípravkem C. Pro srovnání a kontrolu je použit čistý biouhel. Dále jsou posuzovány výše uvedené insekticidní, repelentní přípravky a jejich kombinace při použití biouhlu s přidanou mykorhizou.

Pokus byl proveden v porostu 1B13 na revíru Vysoká, Lesní správa Choceň. Před založením pokusu byla pomocí půdních sond ověřena přítomnost ponrav chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani*, Fabr.). V polovině července byla provedena druhá série půdních sond, pro ověření přítomnosti ponrav chrousta.

Založení pokusu proběhlo v polovině května 2018. Pro účely pokusu bylo použito 186 prostokořenných sazenic borovice lesní. Sazenice byly rozděleny na šest dílů podle jednotlivých variant pesticidních přípravků, tj. 31 sazenic v každé variantě. Každá varianta byla rozdělena na dvě části po 19 kusech a 12 kusech sazenic, z nichž 19 kusů bylo použito pro variantu přípravku čistého biouhlu a 12 kusů pro variantu biouhlu obohaceného o mykorhizu. Sazenice byly vyzvednuty na konci července 2018.

Vlastní vyhodnocení proběhlo v laboratoři ČZU, Fakulty lesnické a dřevařské v prosinci 2018 a lednu 2019. Hlavními parametry vyhodnocení byly stanoveny délka kořenů, plocha povrchu kořenů, objem kořenů a počet špiček. K měření byl použit skener a software WinRhizo.

Vyhodnocením výsledků měření bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot všech posuzovaných parametrů dosáhla varianta kombinace insekticidu A, repelentu C s mykorhizou. Naopak nejnižších hodnot dosahovala v parametrech délka kořenů a plocha povrchu kořenů varianta insekticid B, v parametru objem kořenů varianta insekticidu B s mykorhizou a v parametru počet špiček varianta repelent C.

Klíčová slova: chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, mykorhiza, repelent, insekticid, kontrola

Abstrakt

The present thesis evaluates the efficiency of biochar with the added insecticidal preparations A, B, repellent C, the combination of insecticidal preparation A with repellent C and the combination of insecticide preparation B with repellent C. Clean biochar is used for comparison and control. Furthermore, the above-mentioned insecticidal, repellent preparations and their combinations are used in the use of biochar with added mycorrhiza.

The experiment was carried out in stand 1B13 at the district of Vysoká, the Forest Administration Choceň. Prior to the start of the experiment, the presence of the forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*, Fabr.) Was verified by soil probes. In mid-July, a second series of soil probes was performed to check for the presence of cockchafer.

The experiment was established in mid-May 2018. For the purpose of the experiment, 186 bare-rooted pine trees were used. The seedlings were divided into six parts according to the individual variants of pesticide preparations, ie 31 seedlings in each variant. Each variant was divided into two pieces of 19 pieces and 12 pieces of seedlings, of which 19 pieces were used for the pure biochar variant and 12 pieces for the biochar enriched with mycorrhiza. The seedlings were picked up at the end of July 2018.

The actual evaluation was carried out in the laboratory of the Czech University of Life Sciences, Faculty of Forestry and Wood Sciences in December 2018 and January 2019. The main evaluation parameters were determined by the root length, root surface area, root volume and peak number. The scanner and WinRhizo software were used for the measurement.

By evaluating the measurement results, it was found that the variant of combination of insecticide A, repellent C with mycorrhiza was the highest value of all assessed parameters. On the contrary, the lowest values in the parameters of root length and root surface area were insecticide variant B, in the parameter root volume variant insecticide B with mycorrhiza and in the parameter number of peaks the variant repellent C.

Key words: cockchafer, *Melolontha hippocastani*, mycorrhiza, insecticide, control

Obsah

Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	12
Seznam grafů.....	12
1 Úvod	13
2 Cíl práce.....	15
3 Literární přehled	16
3.1 Chroust maďalový (<i>Melolontha hippocastani</i> Fabr.)	16
3.1.1 Bionomie	16
3.1.2 Areál rozšíření	23
3.2 Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	24
3.2.1 Rod <i>Pinus</i>	24
3.2.2 Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	24
3.2.3 Ekologie a lesní porosty	25
3.2.4 Význam v lesnictví a hospodářské využití	26
3.3 Biouhel, výroba, vlastnosti, uplatnění.....	26
3.3.1 Biouhel	26
3.3.2 Výroba biouhlu.....	26
3.3.3 Vlastnosti a složení biouhlu	27
3.4 Mykorhiza	27
3.4.1 Typy mykorhyzní symbiózy.....	28
3.5 Hydrokoloid	31
4 Metodika.....	32
4.1 Charakteristika revíru Vysoká.....	32
4.2 Výběr lokality.....	35
4.3 Terénní práce.....	36
4.4 Vyhodnocení	38
4.4.1 WinRhizo.....	38
4.4.2 Postup získání obrazu a dat	39
5 Výsledky.....	43
5.1 Populační hustoty ponrav	43
5.2 Analýza sazenic.....	45
5.2.1 Kontrolní varianta – zelená	45
5.2.2 Délka kořenů	47
5.2.3 Plocha povrchu kořenů.....	49

5.2.4	Objem kořenů	51
5.2.5	Počet špiček	52
6	Diskuze	55
7	Závěr	59
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	60
8.1	Literatura	60
8.2	Zdroje	63

Seznam obrázků

Obrázek 1: Chroust maďalový, <i>Melolontha hippocastani</i> , larva, foto Ehrenberger 2018	19
Obrázek 2: Chroust maďalový, <i>Melolontha hippocastani</i> , kukla, foto Matějík, 2010 ...	20
Obrázek 3: Chroust maďalový, <i>Melolontha hippocastani</i> , dospělec, foto Ehrenberger 2012	20
Obrázek 4: Chroust maďalový, <i>Melolontha hippocastani</i> , úživný žír, foto Ehrenberger 2012	21
Obrázek 5: Morfologie hlavních typů mykorhiz (překresleno z Rosypala 2003), (Pešková, 2008)	30
Obrázek 6: Lokalizace revíru Vysoká v ČR, mapy.cz.....	34
Obrázek 7: Lokalizace revíru Vysoká v Pardubickém a Královéhradeckém kraji, mapy.cz	34
Obrázek 8: Výřez porostní mapy revíru Vysoká, LHP 1354 Choceň	35
Obrázek 9: Barevné označení vzorků	37
Obrázek 10: Označení vzorků ošetřených hydrokoloidem s mykorhizou a čistým hydrokoloidem, foto Ehrenberger, 2018.....	37
Obrázek 11: Pokusná plocha s provedenou výsadbou, foto Ehrenberger, 2018.....	38
Obrázek 12: Skener WinRhizo, foto Ehrenberger, 2018	39
Obrázek 13: Uložení vzorku do misky skeneru, foto Ehrenberger, 2018.....	40
Obrázek 14: Zobrazení průběhu skenování, foto Ehrenberger, 2018	40
Obrázek 15: Načtený obraz analyzovaného vzorku, foto Ehrenberger, 2018	41
Obrázek 16: Použití funkce Region shape - lasso, foto Ehrenberger, 2018	41
Obrázek 17: Zobrazení grafické a numerické analýzy, foto Ehrenberger, 2018	42
Obrázek 18: Uložený obraz využitelný k další analýze, foto Ehrenberger, 2018	42

Obrázek 19: Kontrolní sonda v porostu 1B13, z druhé poloviny července, foto Laburdová, 2018	44
---	----

Seznam tabulek

Tabulka 1: Šířka hlavové schránky podle jednotlivých stadií	17
Tabulka 2: Vývojový diagram <i>Melolontha hippocastani</i> (Kapitola, Holuša, 2002).....	22
Tabulka 3: Taxační údaje porostu (LHP Choceň, 2013-2022).....	36
Tabulka 4: Výskyt a stadium chrousta ve vybrané lokalitě	36
Tabulka 5: Zjištěné počty, Ehrenberger, 2018.....	43
Tabulka 6: Srovnání parametrů kontrolní varianty a varianty s mykorhizou	46
Tabulka 7: Srovnání délky kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.	48
Tabulka 8: Kruskal-Wallisovo mnohonásobné porovnání délky kořenů sazenic ošetřených jednotlivými variantami.....	49
Tabulka 9: Srovnání plochy povrchu kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření. ..	50
Tabulka 10: Srovnání objemu kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.	51
Tabulka 11: Srovnání počtu mykorhizních špiček na sazenicích u jednotlivých variant ošetření.....	53
Tabulka 12: Kruskal-Wallisovo mnohonásobné porovnání počtu mykorhizních špiček na sazenicích ošetřených jednotlivými variantami.....	54

Seznam grafů

Graf 1: Srovnání populačních hustot ponrav II. (květen) a III. (červenec) instaru.....	44
Graf 2: Délka kořenů	46
Graf 3: Plocha povrchu kořenů	46
Graf 4: Objem kořenů	46
Graf 5: Počet špiček	46
Graf 6: Srovnání délky kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.	48
Graf 7: Porovnání plochy povrchu kořenů u jednotlivých variant ošetření.....	50
Graf 8: Porovnání objemu kořenů u jednotlivých variant ošetření.....	52
Graf 9: Porovnání počtu špiček kořenů u jednotlivých variant ošetření.....	53

1 Úvod

Lesy pěstované v České republice prošly za posledních 200 velmi výraznou změnou. Z přírodních klimaxových, abiotickým a biotickým škodlivým činitelům odolnější, lesů se staly díky intenzivnímu využívání a obhospodařování, lesy kulturní stejnorodé stejnověké. Tyto kulturní lesy se projevují malou ekologickou stabilitou to znamená, že jsou náchylnější k působení škodlivých činitelů a vzniku škod.

Škodlivé činitele můžeme rozdělit na abiotické a biotické. Mezi abiotické činitele patří vítr, sníh, námraza, ledovka, mráz a v neposlední řadě i sucho. Hlavními biotickými činiteli jsou na jehličnatých porostech podkorní škůdci lýkožrout smrkový, lýkožrout severský, lýkožrout lesklý, lýkohub sosnový, dřevokaz čárkovaný a škůdci jehlic a letorosů bekyně mniška, ploskohřbetka smrková, pilatka smrková, obaleč modřínový, hřebenule borová, píďalka tmavoskvrnák. Na sazenicích jehličnatých dřevin škodí klikoroh borový. Mezi hlavní škůdce na listnatých dřevinách je možno zařadit obaleče dubového, bekyně velkohlavou, bekyně zlatořitnou, píďalku pozimní, píďalku zhoubnou, chrousta maďalového a další. Významnou skupinou škodlivých biotických jsou houbové patogeny, které zastupuje václavka obecná, kořenovník vrstevnatý, ohňovec borový, troudnatec kopitovitý, hnědák Schweinitzův, sypavky, rzi, padlí.

Výjimečným škůdcem je chroust maďalový, který úživný žír provádí na dubech, bucích, břízách a dalších dřevinách a larvy chrousta – ponravy – způsobují škody na sazenicích téměř všech lesnický významných dřevin. Tomuto škůdci a jedné další možnosti snížení škod způsobených ponravami je věnována tato bakalářská práce.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017 uvádí, že žíry ponrav chroustů rodu *Melolontha* byly v roce 2017 zjištěny na rozloze 150 ha. V roce 2016 bylo evidováno cca 15 ha poškozených kultur. Meziroční nárůst vykázané poškozené plochy souvisí s vývojem ponrav v půdě, kdy v kalamitní oblasti na jihovýchodní Moravě v roce 2017 působily poškození ponravy posledního instaru, zatímco ve středních a východních Čechách počaly působit poškození ponravy II. instaru.

V současné době je v rámci Lesů České republiky přemnožení chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani* Fabr.) zaznamenáno na jihovýchodní Moravě (Lesní správa Strážnice přepokládá rojení imág v roce 2019), v Polabí (LS Mělník roce 2019, LS Nymburk, LS Nasavrky a LS Choceň v roce 2020) (Knížek, Liška, 2018). Chrousti rodu *Melolontha* jsou mimořádně významní hmyzí škůdci. Dokážou způsobit

značné škody, které omezují obnovu a mohou vést až k odumření souvislých porostů (Woreta, Sukovata, 2014).

Na snížení používání pesticidů mělo v posledních letech vliv politické úsilí Evropské unie. Evropský parlament zavedl právní předpisy, které zakázaly téměř všechny půdní insekticidy určené k ochraně lesa (Woreta, Sukovata, 2014).

Vzhledem k vysoké toxicitě pesticidů a k jejich schopnosti hromadit se v živých organismech a jejich celkovému negativnímu dopadu na životní prostředí došlo k omezení jejich použití. Díky omezení využívání pesticidů získaly výhodu alternativní metody na hubení chroustů (Sukovata et al., 2015).

Legislativní omezení v ochraně lesa, resp. v použití insekticidních přípravků na ochranu lesa v souvislosti se škodami způsobenými ponravami chrousta se omezuje na dva přípravky. Actara 25 WG s účinnou látkou Thiamethoxam a dobou povoleného užívání do 30.4.2019, Force 5 G s účinnou látkou Tefluthrin a dobou povoleného užívání do 31.12.2019 (Registr přípravků na ochranu rostlin).

Jedna z nových možností, jak snížit škody chrousty, by mohlo být využití specifických vlastností biouhlu. Biouhel je stabilní sloučenina uhlíku vyráběna zahříváním biomasy na teplotu mezi 300 až 1000 °C s nízkou nebo lépe nulovou koncentrací kyslíku. 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 (Verheijen et al. 2010).

2 Cíl práce

- zhodnotit možnost využití biouhlu k prevenci vzniku škod žírem ponrav chroustů
- vybrat nejvhodnější kombinaci biouhlu s dalšími přípravky pro lesnický provoz a ochranu nově založených porostů proti žíru chroustem maďalovým

3 Literární přehled

3.1 Chroust maďalový (*Melolontha hippocastani* Fabr.)

3.1.1 Bionomie

Chroust maďalový je morfologicky podobný chroustu obecnému. Je však poněkud menší (20 až 29 mm), je silněji ochlupený a téměř celý hnědě zbarvený, s tmavšími bočními okraji krovek. Tykadlový vějířek samců je delší než hlava. Pygidium je černé, dosti krátké a u samců delší než u samic. U samců je pygidium na konci knoflíkovitě rozšířené a postavené téměř kolmo k podélné ose těla. U samic je pygidium dlátovité a směřující spíše šikmo k podélné ose těla (Křístek, Urban, 2004).

Chroust maďalový se od chrousta obecného bionomicky v mnoha směrech liší. Jeho areál na severu Evropy značně přesahuje areál chrousta obecného a na východě sahá až k Tichému oceánu. Na severu se ponravy vyvíjejí hlavně v osluněné půdě nezarostlé stromy a keři, na jihu hlavně v půdě zastíněné dřevinami. V České republice nemá tak souvislé rozšíření jako chroust obecný a je více adaptován na suché klima. Patří ke druhům prosvětlených nížinných lesů na písčitých půdách, s převahou dubu a lípy a do vyšších poloh nevystupuje. Je také stálezší než chroust obecný a od místa vylíhnutí se obvykle příliš nevzdaluje. V našich přírodních podmínkách se rojí o 1 až 2 týdny dříve než chroust obecný (Křístek, Urban, 2004).

Podle řady autorů se hromadné rojení uskutečňuje při teplotě dosahující 20 ° C, kdy průměrná denní teplota dosáhne 15° C a součet průměrných teplot od 1. března až do začátku rojení je 355° C (Švestka M., 2006).

Oba druhy chroustů se často vyskytují společně a pravděpodobně vytvářejí křížence, kteří se, až na pygidium, podobají spíše chroustu obecnému. Úživný žír probíhá na stromech v blízkosti místa vylíhnutí a samice kladou vajíčka v blízkosti žírovišť a jen při přemnožení do polí přiléhajících k lesům. K hlavním hostitelským dřevinám patří dub, habr, modřín, osika, bříza a buk. Žírem ponrav chrousta maďalového nejvíce trpí smrkové a borové sazenice ve školkách a mladých výsadbách (Křístek, Urban, 2004).

Vajíčka chroustů nalezneme v půdě ve skupinách po 10 až 36 od začátku května až do začátku července. Průměrná hloubka, do které samice klade vajíčka je mezi 10 až 40 cm pod povrchem. Pokusy Jankeho (1928) ukázaly, že hloubka, do které samice kladou vajíčka je ovlivněna hlavně jakostí a typem půdy. Ve velmi tvrdé půdě bylo podle jeho šetření nalezeno přes 50 % vajíček jen 2 cm pod povrchem a nejhlubší snůšky na

tomto místě byly v hloubce 10 cm (4 % vajíček). V sypké pařeništní půdě zalézaly samice ke kladení značně hlouběji a maximální počet vajíček byl nalezen v hloubkách 30 až 40 cm (56 % vajíček). Ještě v hloubce 50 až 60 cm bylo nalezeno 5 % vajíček (Hejda, 2017).

Vajíčka chroustů potřebují ke svému vývoji vhodnou vlhkost a uložení v hloubce, která je chrání proti vyschnutí. Proto samice v půdách sypkých, které snadno vysychají, zalézají ke kladení do větší hloubky. Na půdách uléhavých a držících vlhkost kladou vajíčka blíže k povrchu. Čerstvě nakladená vajíčka jsou špinavě bílá, oválná, dlouhá 3 mm a široká 2 mm. Vajíčka chroustů tak jako i jiných druhů hmyzu přijímají na začátku zárodečného vývoje vodu a zvětšují svůj objem až trojnásobně. Proto jsou v první době svého zárodečného vývoje velmi citlivá na vlhkost a při nedostatečné vlhkosti hynou. Asi po deseti dnech příjem vody končí, vajíčka jsou odolnější proti suchu a pokračuje zárodečný vývoj (Kratochvíl et al., 1953).

Vývoj ponrav je závislý na klimatických podmínkách. U chrousta maďalového trvá 3 až 5 vegetačních období. Podle délky trvání jednotlivých instarů rozlišujeme cyklus pokolení tříletý, čtyřletý nebo pětiletý. Koncem června a v červenci se z vajíček, nakladených na konci dubna a v květnu, líhnou larvy I. instaru. Z počátku zůstávají pohromadě a živí se humusovými součástkami v půdě a jemnými kořínky rostlin. Ke konci léta se rozlézají dále za potravou. V dalším víceletém vývoji se dvakrát svlékají, takže rozeznáváme tři instary ponrav chroustů, které poměrně snadno rozeznáme podle šířky hlavové schránky (tab. 1). (Kratochvíl et al. 1953).

Stadium ponravy (instar)	Šířka hlavové schránky v mm
1. instar	2,1 - 2,58 - 3,0
2. instar	3,7 - 4,19 - 4,8
3. instar	5,7 - 6,49 - 7,1

Tabulka 1: Šířka hlavové schránky podle jednotlivých stadií

Při tříletém vývojovém cyklu se larvy svlékají ještě v témže roce po vylíhnutí. Svlékání probíhá obvykle v srpnu nebo září. Přezimuje již tedy druhý instar a k druhému svlékání dochází v červnu nebo červenci příštího tedy druhého roku, vzniká poslední třetí instar ponravy neboli dospělá larva. Tato ponrava přezimuje a na jaře až počátkem léta se dotváří a dorůstá. Kuklí se v červenci nebo srpnu třetího roku. Koncem léta se líhne

z kukly dospělý brouk, který přezimuje v půdě a na jaře se prohrabe k povrchu a vylétá (Kratochvíl et al. 1953).

V čtyřletém vývojovém cyklu se larva poprvé svléká až v druhém vegetačním období života ponravy, a to v červnu nebo červenci. Přezimuje ponrava v prvním instaru. K dalšímu, druhému svlékání, dojde opět v červnu nebo červenci třetího roku a dospělá ponrava, zimuje a kuklí se počátkem léta čtvrtého roku. Stadium kukly trvá pouze 3 až 4 týdny, takže dospělý brouk se líhne již koncem léta, přezimuje a na jaře vyleze z půdy a vylétá (Kratochvíl et al. 1953).

U pětiletého vývojového cyklu je vývoj stejný jako u předchozího cyklu, avšak ponravy III. instaru dvakrát přezimují a kuklí se teprve v červenci čtvrtého roku. (Kapitola, Holuša, 2002).

Ponravy přezimují v hloubce asi 30 až 60 cm pod povrchem. V letním období, kdy vyhledávají potravu, ožirají kořínky rostlin v hloubce 5 až 20 cm, pokud není příliš sucho. Jestliže je svrchní vrstva půdy příliš vysušena, ponravy zalézají i v létě hlouběji do půdy (Hůrka, 1955).

Podle Schwerdtfegera (1939) vystupují na jaře ponravy chroustů k povrchu tehdy, jestliže půda, v níž ponravy přezimovaly, se oteplí na +7 až +10 °C. Sestup ponrav na podzim nastává, když teplota půdy klesne na +10 až +11 °C (Kratochvíl et al. 1953).

Vliv nízkých teplot na ponravy chroustů sledovali Schwerdtfeger (1939) a Ené Mircea (1942). Schwerdtfeger zjistil, že spodní teplotní hranice pro aktivní pohyb ponrav leží dosti vysoko, neboť ponravy v prvního instaru ztrácely možnost aktivního pohybu již při teplotě +6,3 °C. Z toho lze soudit, že při zaujetí místa k přezimování, nastanou-li tuhé mrazy, nemá již ponrava možnost zalézt hlouběji. Smrt chladem nastává podle doby trvání mrazu již při teplotách -3,2 °C až -5,2°C. Obecně lze mít za to, že letální teplotou je zmrazení asi na -4 °C. Této teploty v normálních přezimovacích hloubkách ponrav, tj. průměrně v hloubce 40 cm pod povrchem, není nikdy dosaženo. Proto jsou larvy po celou dobu zimy chráněny v zemi a nelze počítat s tím, že by za tužších zim byla populace ponrav zničena mrazy, kdy i poměrně malá pokrývka sněhu působí jako výborný izolátor (Kratochvíl et al. 1953).

V průběhu svého vývoje se ponravy živí kořínky rostlin, ponravy prvního instaru i humusovými částicemi půdy. Největší škody působí ponravy druhého, a hlavně třetího

instaru. Jsou schopny sežírat kořínky až do tloušťky obilné slámy. Z tlustších kořenů ohlodávají kůru. Množství potravy, kterou ponrava spotřebuje během celého svého vývoje, odhaduje Ené Mircea (1942) na 100 g, tedy množství relativně velmi malé, což může vést k pochybnostem (Kratochvíl et al. 1953).



Obrázek 1: Chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, larva, foto Ehrenberger 2018

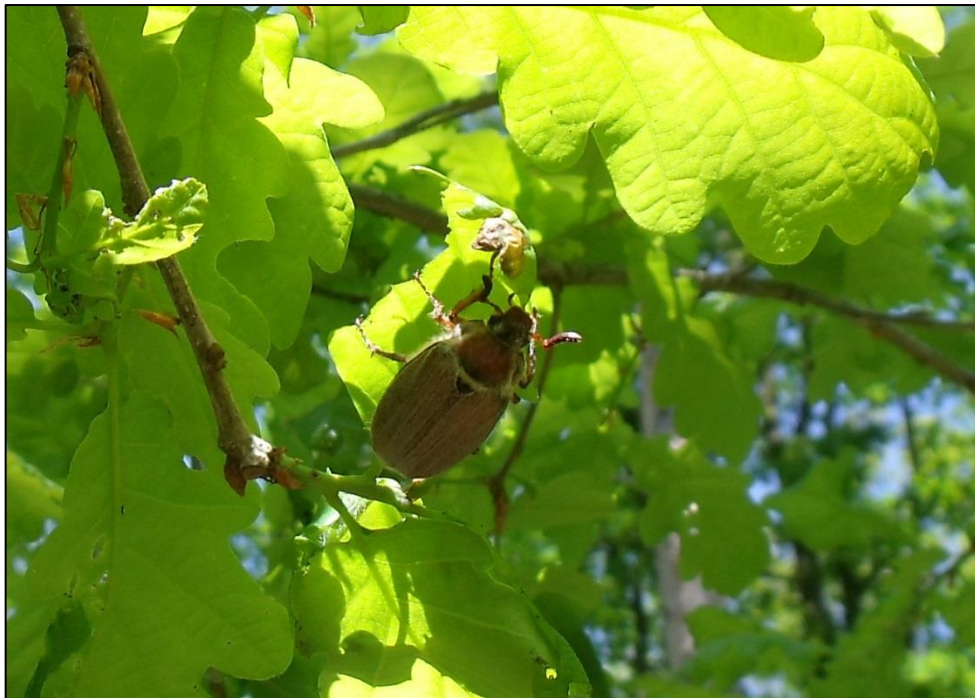
Co se týká druhů živných rostlin, jsou ponravy chroustů poměrně málo vybíravé. Z lesních dřevin jsou to kořeny borovic, smrků, dubů a jiných lesních dřevin. Obecně platí, že zemědělské kultury jsou více poškozovány chroustem obecným a lesní školky chroustem maďalovým. Toto zjištění vyplývá z faktu, že samice chrousta obecného odlétají klást snůšky na pole, kdežto samice chrousta maďalového kladou nedaleko místa svého úživného žíru (Kratochvíl et al. 1953).

Dospělá ponrava třetího instaru se kuklí obvykle v červenci a v srpnu třetího, čtvrtého či pátého roku podle svého vývojového cyklu. Před kuklením zalézají ponravy hlouběji do půdy, hloubka kuklení je 30 až 40 cm vyjímečně až 1,5 m. Hloubka kuklení je značně ovlivněna kvalitou a prostupností půdy. V místě kuklení si ponrava zhotovuje oválnou dutinku s upěchovanými stěnami. Před kuklením je ponrava velmi měkká a její zadeček dostává špinavě žlutou barvu. Tělo se narovná, takže jen hlava a konec zadečku jsou zahnuty. Ke kuklení pak dochází asi čtyři dny po narovnání. Délka trvání kukly je asi 3 týdny. Doba kuklení závisí na teplotě. Dospělý brouk je po opuštění kukly nejprve špinavě bílý a měkký, pak chitinový pancíř pozvolna tvrdne a dostává normální zbarvení (Kratochvíl et al. 1953).



Obrázek 2: Chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, kukla, foto Matějčík, 2010

Brouci zimující v zemi v místě líhnutí a počátkem jara příštího roku se vyhrabávají k povrchu. Názory a zkoumání teploty, kdy se začínají rojit chrousti, jsou různé. Schuch (1953) pozoroval ještě v první polovině dubna chrousty velmi často přímo v kukelních komůrkách, nebo zcela nedaleko od svlečené exuvie kukly. V té době byla průměrná teplota v 5 cm hloubky 6 °C a v 50 cm hloubky 7,2 °C. Teprve když průměrná teplota v 5 cm hloubky byla 10 °C a v 50 cm 9,2 °C, nastal hromadný výstup chroustů k povrchu (Kratochvíl et al. 1953).

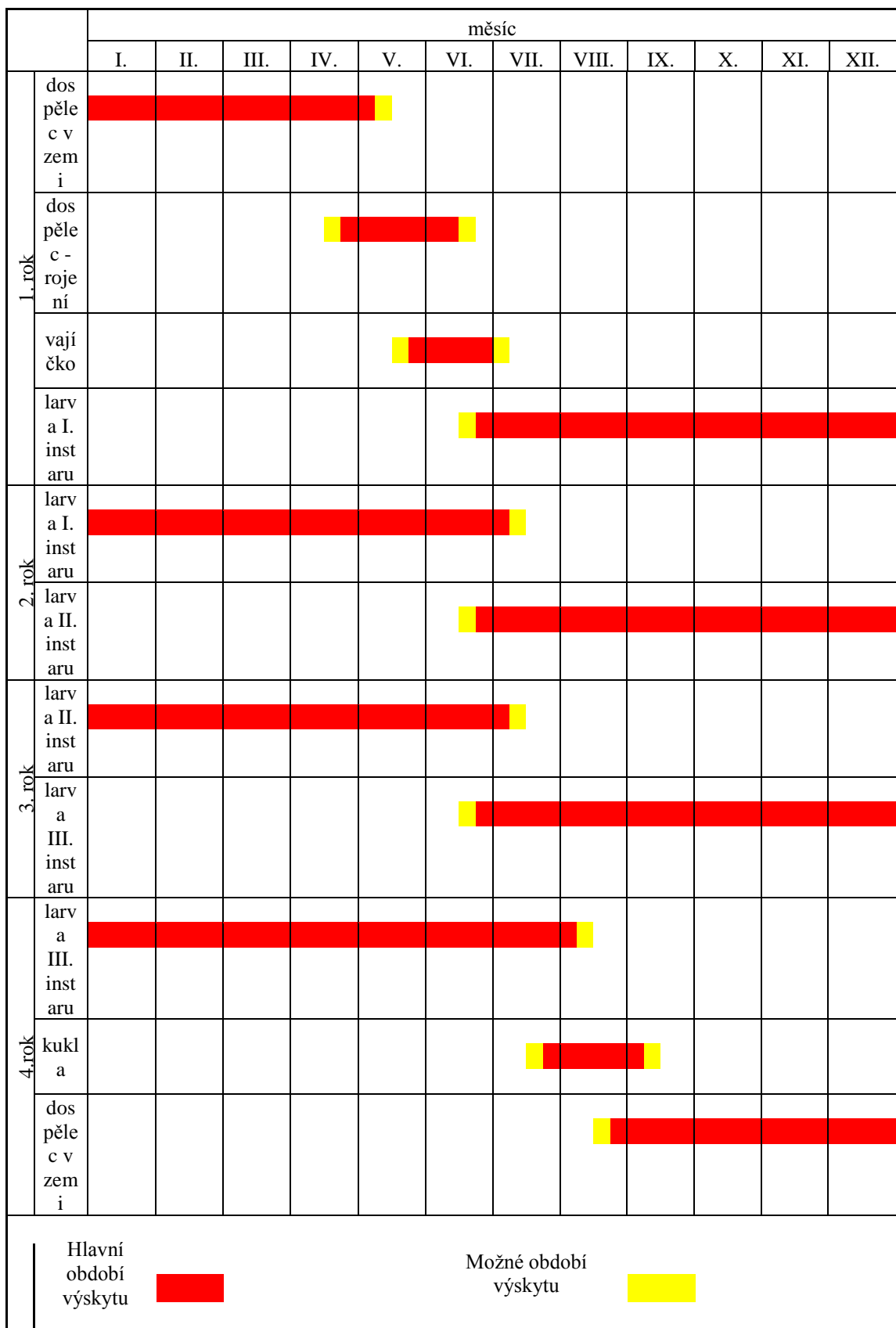


Obrázek 3: Chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, dospělec, foto Ehrenberger 2012

Při rojení nejdříve vylézají z půdy samci a pak teprve samice. Na žirovištích tedy převládají z počátku samci a až v době kulminace se poměr pohlaví vyrovnává. Tato skutečnost je významná pro stanovení doby zásahu proti dospělým chroustům. Při teplém počasí má je průběh rojení vzestupný. Za chladného počasí se rojení přerušuje. Bylo pozorováno, že během nepříznivých podmínek k rojení zalézají chrousti zpět do půdy a pokračují v rojení až za příznivějších teplot (Kratochvíl et al. 1953).



Obrázek 4: Chroust maďalový, *Melolontha hippocastani*, úživný žír, foto Ehrenberger 2012



Tabulka 2: Vývojový diagram *Melolontha hippocastani* (Kapitola, Holuša, 2002)

3.1.2 Areál rozšíření

Areál *Melolontha hippocastani* zahrnuje lesní a lesostepní oblasti Ruska směrem na západ až do střední a severní Evropy (Lisov, 1984). Ve střední Evropě je častější druh *M. melolontha* L., kdežto *M. hippocastani* žije v ohraničených lesních územích s písčitou půdou (Hase, 1984). Na území Polska se střídavě vyskytují oba škodlivé druhy chroustů (Sierpiňská, 2008). Bylo zde popsáno pět hlavních kmenů *M. melolontha*, z toho čtyři kmeny se čtyřletým vývojovým cyklem, jeden kmen s pětiletým cyklem a devět kmenů *M. hippocastani*, z toho čtyři se čtyřletým vývojovým cyklem a pět s pětiletým vývojovým cyklem. Obdobně i v Dánsku, severním Německu a Švédsku mají oba druhy chroustů čtyřletý až pětiletý vývoj (Christensen, 1986). V jižnějších částech Evropy (jižní Německo, Rakousko, Švýcarsko) mají oba dva druhy chroustů čtyřletý nebo tříletý vývojový cyklus (Bulmer, 1977). Ve středoevropské oblasti působí *M. hippocastani* významné škody v Německu, kde např. v Hesensku v posledních desetiletích je druh přemnožen na 10 000 až 15 000 ha lesní půdy (Rohde, 1996). Také v Baden-Württembersku a Porýní se předmětný druh po roce 1980 přemnožil na více než 22 000 ha (Delb, 2004). V Polsku ponravy chroustů škodí v lesních školkách i výsadbách v takovém rozsahu, že je lokálně ohroženo zalesnění i obnova lesa (Sierpiňská, 2008).

V České republice se *Melolontha hippocastani* vyskytuje v několika izolovaných lesních komplexech v teplých polohách s písčitou půdou. V současnosti je monitorován na majetku Lesů České republiky v několika lesních správách (dále LS). Na LS Strážnice je zvýšený až kalamitní stav chrousta maďalového na příhodných lokalitách v území o rozloze cca 5 000 ha. Centrum výskytu je v revírech Vracov, Bzenec, Ratíškovice, Dubňany a Mistřín. V Polabí je centrum výskytu chrousta maďalového na území LS Mělník v revírech Pojizeří a Zelená Bouda, kde se vyskytuje na 1 500 ha. K těmto lokalitám přibyla LS Choceň s revírem Vysoká. Na LS Lipník, která spadá pod Vojenské lesy a statky ČR, je zvýšený až kalamitní stav na lokalitách příhodných pro chrousta v území o rozloze cca 2 500 ha. Populace chrousta maďalového se čtyřletým vývojovým cyklem (stejná jako na jihovýchodní Moravě) je přemnožena také na sousedním Slovenském Záhoří (Šaštín-Stráže, Malacky), kde vznikají významné hospodářské ztráty na cca 800 ha (Švestka, Balek, 2006).

3.2 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

3.2.1 Rod *Pinus*

Borovice, je jeden z lesnický nejvýznamnějších druhů konifer. Zahrnuje vždyzelené stromy, méně často keře, s přeslenitým větvením. Jehlice vyrůstají na brachyblastech ve svazečku, obvykle po 2, 3, 5, výjimečně i po 1, 4, 6-8. Rod *Pinus* je z nahosemenných rostlin nejpočetnějším rodem, je popsáno na 100 druhů borovic, které téměř všechny rostou jen na severní polokouli. V České republice jsou autochtonní jen 3 druhy: borovice lesní *Pinus sylvestris*, borovice blatka *Pinus rotundata* Link. a borovice kleč, kosodřevina *Pinus mugo* Turra (Musil, Hamerník, 2003).

3.2.2 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je velmi odolná, rychle rostoucí dvou jehličná eurasijská borovice. Mezi stromovitými dřevinami má nejrozsáhlejší areál s největší ekologickou amplitudou, těžiště areálu je v severní Asii. Borovice lesní je to strom až 40 m vysoký s výčetní tloušťkou až 1 m. Na extrémních stanovištích může dosahovat podstatně menších rozměrů, někdy dokonce bývá jen keřovitého vzrůstu. Borovice lesní dosahuje věku 300-580 roků. V severní a severovýchodní části evropského areálu je koruna stromu spíše štíhlá s jemnými větvemi, ve střední a jižní oblasti areálu rozšíření přibývají a posléze i převažují jedinci s klenutou až deštníkovou korunou se silnými větvemi. Jehlice opadávají po (2)-3-(4) letech. Kmen je přímý větvený v horní čtvrtině, na extrémních stanovištích bývá často křivolaký. V dolní části je krytý silnou rozpukanou borkou, v horní části se tenká borka odlupuje v rezavě červených či oranžových papírovitých lístcích. Hrubší borka bývá úzce šupinovitá, lasturovitá až široce deskovitá. Dřevo borovice je měkké s výrazným jádrem (Musil, Hamerník, 2003).

Kořenový systém je mohutný, většinou se zachovalým křovitým kořenem jdoucím 1,5-3 m hluboko, v suchých písčitých půdách ještě hlouběji, časté jsou i boční kořeny, obračející 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 borovice lesní ji velmi dobře kotví 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).

Kvete v měsíci květnu až počátkem měsíce června. Základy samčích šištic jsou vytvořeny již v pozdním létě předchozího roku na bázi pupenu připraveného k prodlužovacímu růstu. Nejčastěji vyrůstají v dolní část koruny na krátkých větvičkách.

Základy samičích šištice jsou také vytvořeny v předchozím létě. Jsou umístěny po 1-3 ve špičce pupenů připravených k prodlužovacímu růstu. Samičí šištice jsou mikroskopické velikosti. Vyrůstají na nejvitálnějších výhonech, obvykle v horní části koruny nebo jejich osluněných částech. Krátce po opylení semenné šupiny samičích šištice tloustnou, pylová zrna klíčí a vysílají krátkou pylovou láčku. V té době samičí šištice přestávají směřovat dopředu, ve směru růstu letorostu, ale 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 rostou. 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 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).

3.2.3 Ekologie a lesní porosty

Borovice lesní je výrazně světlomilnou dřevinou, intolerantní k zastínění. V preborálu rychle ovládala střední Evropu, později byla z výhodných stanovišť vytlačena expanzí dřevin více tolerujících zastínění. Zachovala se pouze na (reliktních) extrémnějších stanovištích, méně příznivých pro růst náročnějších, zastínění snášejících dřevin. Borovice lesní 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, sušších, písčitých až kamenitých půdách, 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 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 štěrbinách holých skal. Obecně se řadí mezi pionýrské dřeviny, schopné osídlovat nejrůznější volné plochy (Musil, Hamerník, 2003).

3.2.4 Význam v lesnictví a hospodářské využití

Borovice lesní svým lesnickým významem stojí mezi druhy hned za smrkem. Na extrémních stanovištích je schopna plnit půdo ochranné a rekultivační úlohy. Využívá se i v sadovnictví a k výsadbám podél komunikací, nesnáší prostředí větších měst a průmyslových oblastí. Dřevo je ve vodě trvanlivé, na suchu poněkud méně. Využití je podobné jako u smrku na vláknu a pilařskou kulatinu, mladé borovice jsou žádané jako vánoční stromky. Speciálním využitím je smolaření – těžba pryskyřice na terpentýn, kalafunu apod. (Musil, Hamerník, 2003).

3.3 Biouhel, výroba, vlastnosti, uplatnění

3.3.1 Biouhel

Biouhel je zuhelněná biomasa, která vznikla termickou přeměnou (nizkoteplotní pyrolýza, karbonizace). V podstatě jde formu dřevného uhlí, které je však vyrobené ze zbytkové a odpadní biomasy. Základní složkou je chemicky stabilní uhlík, který nepodléhá dalšímu rozkladu ani oxidaci (Fojtíková, 2017).

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 17 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 mykorhizní houby, které mohou proniknout hluboko do pórů 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. Studie týkající se účinků biouhlu na mykorhizu naznačují, že existuje rovněž silný pozitivní vliv na množství mykorhiz spojený s přítomností biouhlu v půdě (Verheijen et al. 2010).

3.3.2 Výroba biouhlu

Výchozí surovinou pro přípravu biouhlu je biomasa pocházející z různých zdrojů např. hovězí a vepřové mrvy, slámy, slupek z rýže a burských ořechů, kukuřice, sóje, dřevního odpadu, kalů z ČOV. Po fermentaci biomasy, která má za cíl výrobu bioplynu,

zůstává zbytek tzv. digestát, většinou obsahující část tuhou (separát) a část kapalnou (fugát). Separát lze upravit pyrolýzou při teplotě 300 - 600 °C za omezeného přístupu vzduchu nebo i bez něj. Teplota rozkladu může být snížena tzv. hydrotermální pyrolýzou (mokrou pyrolýzou), kde hlavní probíhající reakcí je hydrolýza celulózy, hemicelulózy a ligninu vedle dekarboxylace, aromatizace a kondenzace. Pyrolýzou či hydrotermální pyrolýzou se získává porézní uhlíkatý produkt s určitým obsahem kyslíku a vodíku charakterizovaný poměry C/O a C/H (Fojtíková, 2017).

3.3.3 Vlastnosti a složení biouhlu

Biouhel je především drobný porézní uhlíkatý materiál černé barvy s kompaktním hydrofobním jádrem převážně aromatické struktury opláštěné skořápkou vykazující hydrofilní a chemicky aktivní vlastnosti (povrchové skupiny: -OH, C=O, -COOH) (Fojtíková, 2017).

Jeho složení je velmi heterogenní, obsahuje stabilní i labilní složky. Uhlík (50 – 90 %), těkavé složky (0 – 40 %), minerální látky (0,5 - 5 %) a vlhkost (1 – 15 %) jsou obecně považovány za jeho hlavní složky. Množství látek je závislé na výchozí surovině biomasy a způsobu pyrolýzy (Fojtíková, 2017).

Biouhel je schopný pojmout a udržet vodu v půdě a uchovat ji pro období sucha. Přítomnost biouhlu v půdě zlepšuje její schopnost zadržovat ve vodě rozpuštěné živiny a 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 (Marek et al. 2015).

Výsledky většiny pokusů dále ukazují, že aplikace biouhlu výrazně zlepšuje fyzikální vlastnosti písčitých půd a dále má velký potenciál na retenci půdní vody (Glab et al. 2016).

3.4 Mykorhiza

Vedle hub saprofytických existuje v půdě velké množství druhů s přímým vztahem k cévnatým rostlinám, od pozitivních symbióz až po silnou patogenitu. Mykorhizní symbióza je zvláštní formou interakce. Kombinací kořenů rostlin s houbovými organismy vznikají specifické útvary (mykorhizy) s fyziologickou aktivitou

odvozenou od obou zúčastněných složek. Vzhledem ke své stavbě a fyziologii mají mykorhizy mnoho společných vlastností, jak s kořeny rostlin, tak i s houbami. Mykorhizní symbióza se vyskytuje u více než 95 % cévnatých rostlin. Jedna z prvních zmínek o mykorhizní symbióze je z roku 1899 v práci O. Kramáře. Již v roce 1910 se J. Peklo zabýval významem mykorhiz pro lesní hospodářství. Patogenní působení hub je známo podstatně delší dobu (Pešková, 2008).

3.4.1 Typy mykorhizní symbiózy

Existuje několik forem mykorhizní symbiózy, které se v zásadě dělí na dva typy – ektomykorhizní a endomykorhizní. Endomykorhizní symbióza se dále dělí na podtypy arbuskulární, erikoidní a orchideoidní. Přechodným typem mezi ektomykorhizní a endomykorhizní symbiózou je ektendomykorhizní symbióza (Pešková, 2008).

U všech typů mykorhizní symbiózy platí, že má-li vůbec vzniknout, je třeba, aby půda obsahovala živé mykorhizní houby. Ty mohou být přítomny ve formě klidových stadií (spor) nebo jako již symbioticky rostoucí či vegetativní mycelium (dočasně přežívající bez hostitele) (Pešková, 2008).

3.4.1.1 Ektomykorhizní symbióza

Kořeny dřevin v oblastech mírného pásma vytvářejí mykorhizu se specifickými druhy hub. Převážná většina ektomykorhizních (EKM) kořinek má velmi charakteristickou anatomickou stavbu. Krátké EKM kořinky postrádají kořenové vlášení, které je charakteristické pro nemykorhizní kořinky nebo kořinky s endomykorhizou. EKM kořinky rostou pomaleji a delší dobu v porovnání s nemykorhizními. Vyskytují se především na kořenech v nejsvrchnějších vrstvách půdy s vysokým obsahem surového humusu (Pešková, 2008).

Na povrchu kořinek infikovaných mykorhizní houbou se vytváří hyfový plášť, růst kořinek se zpomalí a dochází k jejich charakteristickému větvení. Tloušťka pláště je závislá na druhu symbionta, délce vývoje EKM, stanovištních podmínkách i na druhu hostitelské dřeviny. Z povrchu pláště často vyrůstají do půdního prostředí další myceliální struktury (extramatrikální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy). Do nitra kořene houba mechanicky proniká prostory mezi buňkami primární kůry, kde vytváří tzv. Hartigovu síť, která je jedno i vícevrstevná. V době optimálního rozvoje vzniká velmi rozsáhlá kontaktní plocha vzájemného styku mezi mykobiontem, hostitelem, ale i

prostředím. Tento velký povrch umožňuje i značný objem vzájemné výměny látek (Pešková, 2008).

Základní morfologická stavba EKM kořinek i jejich anatomické složení je v podstatě jednotné, bez ohledu na druhovou příslušnost dřevin a hub. Pouze mezi různými rody jsou patrné určité rozdíly ve větvení (u dubu, buku jsou monopodiálně větvené i nevětvené formy, u borovice jsou vidličnatě větvené atd.). Morfologie EKM kořinek není charakteristická pro určitého houbového symbionta (proto je velmi obtížné přímé určení druhu houby), spíše je ovlivněna hostitelskou dřevinou. Životnost EKM kořinek je různá a je závislá na mnoha vnějších i vnitřních faktorech. Předpokládaná maximální životnost je dva roky (Pešková, 2008).

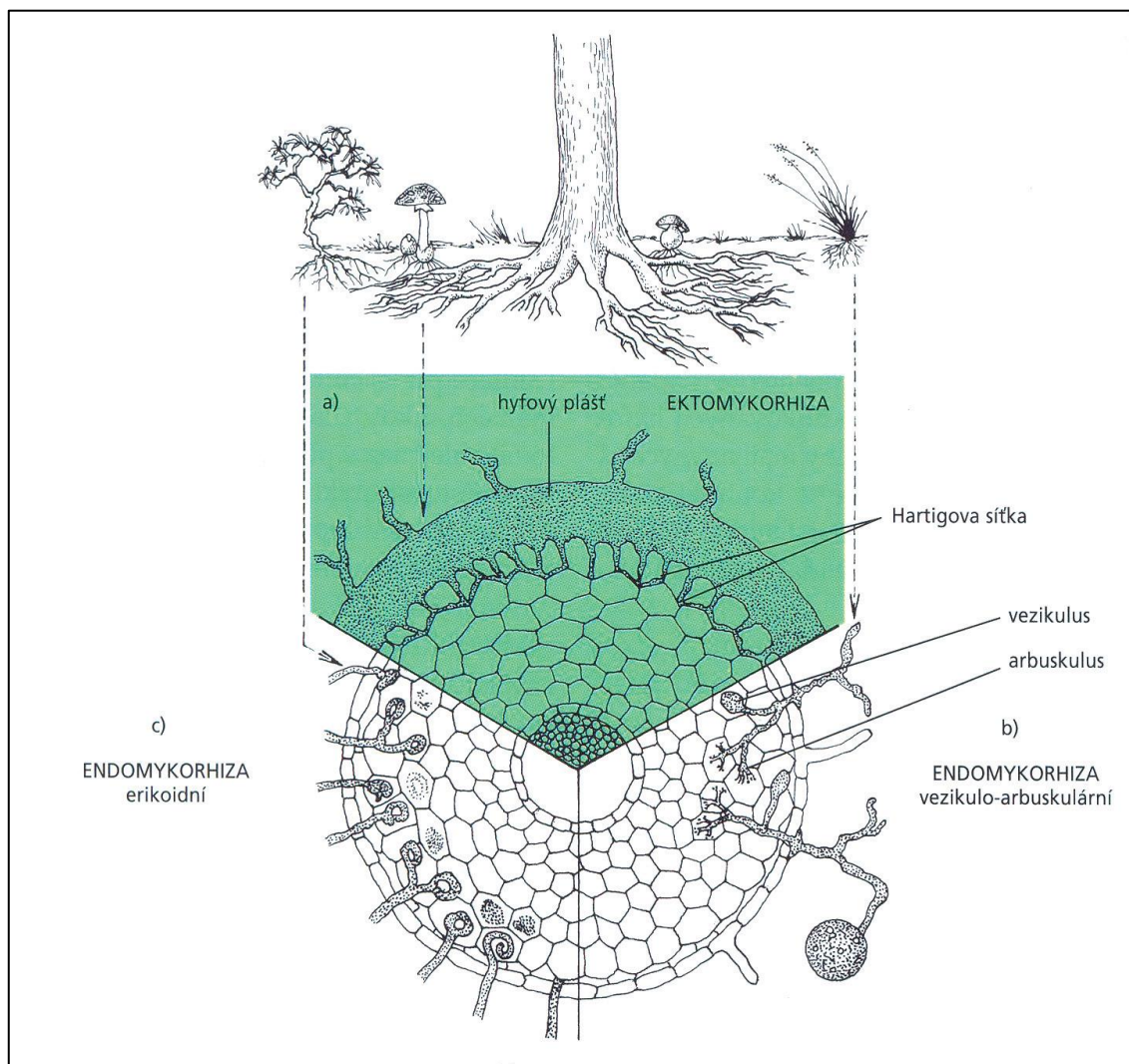
Ektomykorhizní symbióza byla zatím popsána asi u 2000 druhů rostlin. V přírodních ekosystémech hraje významnou roli, protože mezi EKM druhy patří všechny důležité dřeviny (smrk, borovice, jedle, dub, buk, bříza atd.) a čeleď dvoukřídlačovité (Dipterocarpaceae). Některé listnaté dřeviny mohou vytvářet jak ektomykorhizy, tak i endomykorhizy (olše, vrba, lípa aj.). Předpokládá se, že kolem pěti tisíc druhů hub může vytvářet EKM, přičemž největší počet druhů hub patří do třídy stopkovýtrusých (Basidiomycetes) a vřekovýtrusých (Ascomycetes) (Pešková, 2008).

3.4.1.2 Endomykorhizní symbióza

Endomykorhizní symbióza reprezentuje symbiózu hub a rostlin uvnitř struktury kořenů, a proto není na rozdíl od EKM na kořenech rostlin prostým okem patrná. Houbová vlákna pronikají z okolní půdy do kořenů, nejen do mezibuněčných prostorů, ale i do buněk vnitřní kůry. Nikdy se nevytváří hyfový plášť ani Hartigova síť, nedochází k morfologickým změnám ve stavbě kořinek a kořeny mají většinou kořenové vlášení. Nejběžnějším typem je arbuskulární mykorhiza. Ta vytváří charakteristické rozvětvené útvary (arbuskuly), které mají funkci vstřebávací; později se tvoří v buňkách kořenů kulovité útvary (vezikuly), které mají funkci zásobní. Arbuskulární mykorhiza byla zjištěna u většiny cévnatých rostlin. Erikoidní mykorhiza představuje soužití mezi houbou a kořeny rostlin z čeledi *Ericaceae*. Charakteristickou anatomickou strukturou jsou tenké, tzv. vlasové kořinky. Je výhodná především pro přežití rostlin v podmínkách s nízkým obsahem minerálních látek v půdě, vysokým poměrem C:N nebo nízkým pH (např. rašeliniště, vřesoviště). Do orchideoidní mykorhizy vstupují houby a rostliny z čeledi *Orchidaceae*. Houbová vlákna pronikají do buněk primární kůry kořene a tvoří v

nich klubička hyf. Zcela závislé na mykorhizní houbě jsou heterotrofní nezelené orchideje a klíčící stadia všech druhů orchidejí (Pešková, 2008).

Endomykorhizní symbióza byla zatím popsána u asi 1000 rodů rostlin patřících do 200 čeledí, avšak soudí se, že se vyskytuje asi u 300 000 druhů rostlin, mezi něž patří převážná většina zemědělských plodin. Naopak počet druhů endomykorhizních hub je malý. Většinou patří do třídy *Zygomycetes* (Pešková, 2008).



Obrázek 5: Morfologie hlavních typů mykorhiz (překresleno z Rosypala 2003), (Pešková, 2008)

3.5 Hydrokoloid

Hydrogel (hydrokoloid) je práškový koncentrát, který ve vodním prostředí silně bobtná a vytváří stabilní gel. Částice hydrogelu mají vázat minimálně 250násobek vody a po obalení kořenů rostlin je zásobovat vodou. Tím se zmenšují ztráty při přesazování, přepravě a skladování rostlin. Po přesazení rostliny do půdy zajišťuje hydrogel lepší kontakt kořenů rostlin s půdou. Hydrogel se používá k přimíchání se substrátem nebo se zeminou (Hydrogel).

4 Metodika

4.1 Charakteristika revíru Vysoká

Revír Vysoká se nachází čtyři kilometry jihovýchodně od Hradce Králové na hranici Královéhradeckého a Pardubického kraje, podél silnice I/35, mezi obcemi Hradec Králové, Vysoká nad Labem, Borek, Býšť, Hoděšovice (LHP Choceň).

Organizačně v rámci LČR přísluší revír Vysoká Lesní správě Choceň, Krajskému ředitelství Choceň se sídlem v Týništi nad Orlicí, Generální ředitelství Hradec Králové. Revír Vysoká je jedním ze sedmi revírů LHC Choceň (1354), jehož platnost je od 2013 do 2022. Celková výměra revíru je 1344,02 ha. Působnost státní správy lesů je rozdělena mezi tři obce s rozšířenou působností, z nichž největší část zahrnuje Hradec Králové, následují Holice a Pardubice (LHP Choceň).

Průběh počasí je po většinu roku ovlivňován zejména západním prouděním vzduchu. Koncem zimy bývá počasí ovlivněno východním prouděním vzduchu se suchými mrazy a bořivými větry. Průměrná teplota na revíru Vysoká je mezi 7° C a 9° C. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od 500 do 700 mm. Průměrná délka vegetačního období je 155 – 180 dní (LHP Choceň).

Na revíru Vysoká pramení několik vodních toků menšího významu, jenž se v západní části revíru vlévají Labe (LHP Choceň).

Revír Vysoká je převážně rovinatého charakteru s nejvyšším bodem 293 m n.m. (Triangl) a nejnižším 240 m n.m. (LC Perkmistr) (LHP Choceň).

Podle geomorfologického členění se revír Vysoká rozkládá v severní části na Třebechovické tabuli a v jižní části na Pardubické kotlině. Třebechovická tabule je součástí celku Orlická tabule, Pardubická kotlina je součástí celku Východolabská tabule. Obě zmíněné tabule spadají do oblasti Východočeská tabule, subprovincie Česká tabule, provincie Česká vysočina, subsystému Hercynská pohoří, systému Hercynský, a je tvořen horninami z období druhohorní křídly (Regionální geomorfologické členění České republiky).

Z pedologického hlediska je revír Vysoká tvořen zejména kyselými, chudšími, propustnými hlinitopísčnými až písčitohlinitými půdami, které jsou mírně vlhké až vysychavé. V blízkosti vodních toků přechází ve vlhké až mokré jílovité půdy. Na části

revíru jsou půdy tvořeny terasami pleistocenních a holocenních štěrkopísků s překryvy váťých písků (PR Přesypy u Rokytna) (LHP Choceň).

Revír Vysoká je celý začleněn do PLO Polabí. 96 % revíru je zařazeno do kategorie lesa hospodářského, zbývajících 4 % je zařazeno do kategorie lesa zvláštního určení. Zastoupení LVS na revíru Vysoká odpovídá nadmořské výšce a klimatickým podmínkám. Převládajícím LVS je 2. LVS – bukodubový se zastoupením 86 %, 12 % je zařazeno do 3. LVS – dubobukového, zbývajících 2 % je 1. LVS – dubový (LHP Choceň).

Vzhledem ke geologickým a klimatickým podmínkám je na revíru Vysoká zastoupeno 15 HS, z nichž jsou nejvíce zastoupeny HS 27 (52%) a 23 (23%). V rámcových směrnících hospodářství zařazených do HS 273, 275, 233, 235 (LHP Choceň).

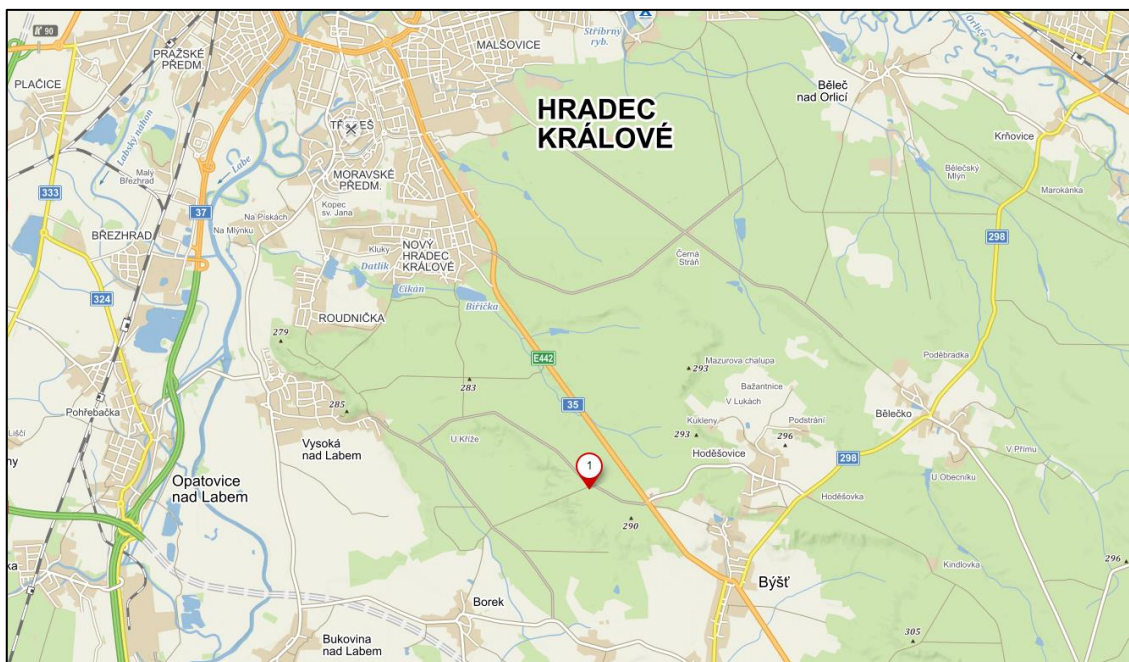
Podle údajů uvedených v LHP je na revíru Vysoká zastoupeno 18 dřevin, z toho 5 druhů jehličnatých což představuje 65 % a 13 druhů listnatých dřevin, což je zbývajících 35 %. Nejvíce je zastoupena borovice lesní 47 % z celkové výměry revíru, následuje dub letní (20 %), smrk ztepilý (17 %) (LHP Choceň).

Plošné zastoupení věkových stupňů na revíru Vysoká je značně nerovnoměrné. Nepoměr zastoupení je zejména ve 4. až 8. věkovém stupni. Tento nepoměr byl způsoben větrnými kalamitami v 40-tých až 70-tých letech minulého století (LHP Choceň).

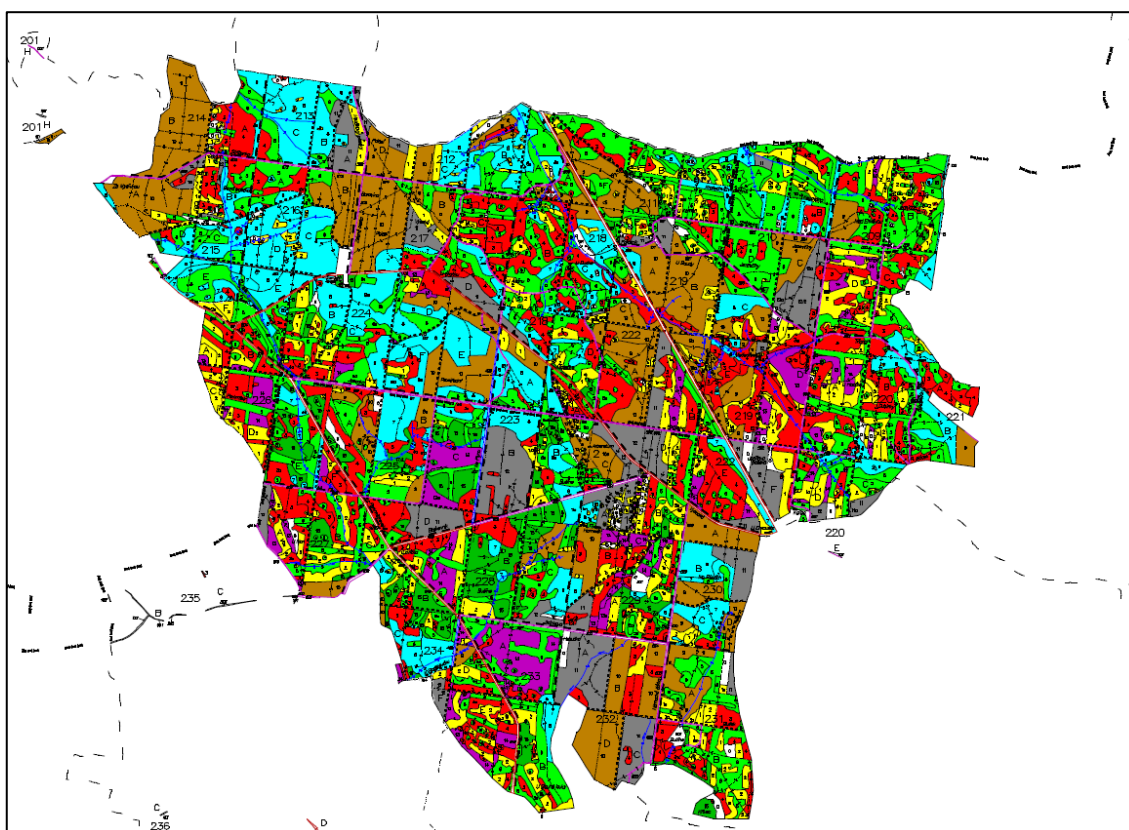
Historie revíru Vysoká sahá do období působení prvního českého arcibiskupa Arnošta z Pardubic, jenž byl vlastníkem rozsáhlých pozemků ve Východních Čechách. V polovině 16. století se stal součástí tzv. Pardubického panství, které spravoval a vlastnil nejvyšší hofmistr království českého Vilém z Pernštejna. Za vlády císaře a krále Ferdinanda I. Habsburského bylo Pardubické panství prodáno právě Ferdinandovi I., který tento majetek koupil pro svého syna Maxmiliána II. V dalších letech byl majetek rozprodáván a často prodáván. V té době koupil část Pardubického panství, velkostatek Pardubice, jehož součástí byl i revír Vysoká, markrabě Alexandr Pallavicini. Ten jej vlastnil až do konce I. světové války, kdy byl při pozemkových reformách tento majetek zestátněn. V novodobé historii tento revír spravoval Lesní závod Vysoké Chvojno (Ehrenberger, 2012).



Obrázek 6: Lokalizace revíru Vysoká v ČR, mapy.cz



Obrázek 7: Lokalizace revíru Vysoká v Pardubickém a Královéhradeckém kraji, mapy.cz



Obrázek 8: Výřez porostní mapy revíru Vysoká, LHP 1354 Choceň

4.2 Výběr lokality

V současné době je výskyt chrousta monitorován v dílcích 1A, 1B, 1C, 2A, 2C, 219F, 222B, 222E, 229A, 229B. V těchto dílcích dochází ke škodám zejména na melioračních a zpevňujících dřevinách.

V návaznosti na předchozí vývoj populace byla vybrána k výzkumnému účelu lokalita porostu 1B13 (GPS 50°8'39.414"N, 15°53'0.168"E). Jedná se o porost v poslední fázi obnovy. Plocha bezprostředně sousedí s mateřským porostem a byla vytěžena v roce 2016 a je oplocena.

Porostní skupina 1B13 je mezernatá kmenovina v pruhu, na mírně zvlněné plošině, taxační data jsou uvedena v tabulce 3.

Věk	Zakmenění	SLT	LVS	HS	CHS	Plocha
133	7	3K5	3	423	23	0,38
Dřevina	Zkratka dřeviny	% zastoupení	tloušťka	výška	AVB	
Borovice lesní	BO	70	39	27	26	
Dub letní	DB	20	34	24	22	
Smrk ztepilý	SM	5	28	26	24	
Buk lesní	BK	5	50	30	28	

Tabulka 3: Taxační údaje porostu (LHP Choceň, 2013-2022)

Počet a stadium vývoje chrousta maďalového v půdních sondách v období 2011–2018 v lokalitě vybrané k uskutečnění pokusu. Půdní sondy byly kopány v porostech bezprostředně sousedících s vybranou lokalitou a výsledky jsou shrnuty v tabulce 4.

rok		počet v sondě	stadium vývoje
2011		6	dospělci
2012	rojení	14	I. instar
2013		44	II. instar
2014		16	III. instar
2015		48	dospělci
2016	rojení	16	I. instar
2017		20	II. instar
2018		24	III. instar

Tabulka 4: Výskyt a stadium chrousta ve vybrané lokalitě

4.3 Terénní práce

Pro zjištění stavu populace v roce 2018 bylo vykopáno 10 půdních sond před zahájením pokusu v první polovině května. A 10 sond ve druhé polovině července před vyzvednutím sazenic. Kopány byly sondy 50 x 50 cm do hloubky 40 cm a zjištěný počet přítomných ponrav byl přepočítán na plochu 1 m².

Pro výzkumné účely byly použity prostokořenné sazenice borovice lesní. Jedná se o dvouleté sazenice pěstované na záhoně a ve věku 1,5 roku podříznuté, osivo bylo získáno z uznané jednotky CZ-2-2B-BO-3210-17-2-H-G002H7. Sazenice byly vypěstované ve školce Albrechtice nad Orlicí. Základní parametry sazenic: tloušťka

kořenového krčku 5 mm, výška sazenic 26–35 cm, věk 2 roky. Sazenice nevykazovaly zjevné známky poškození.

Založení pokusu bylo zahájeno 18. května 2018 na vybrané lokalitě. Sazenice byly rozděleny na dvě části, a to pro variantu čistého hydrokoloidu 114 sazenic a variantu s mykorhizou obohacným hydrokoloidem 72 sazenic. Pro variantu s čistým hydrokoloidem bylo použito 19 sazenic v každé variantě insekticidu, resp. repelentu a jejich kombinace. Pro variantu s hydrokoloidem obohacným o mykorhizu bylo použito 12 sazenic v každé variantě insekticidu resp. repelentu a jejich kombinace. Řady výsadeb jednotlivých variant byly označeny obarveným kolíkem a všechny sazenice v jednotlivých variantách byly označeny stužkou. Barvy kolíků a stužky se shodovaly. Barevné označení sazenic ošetřených hydrokoloidem s mykorhizou bylo shodné jako u čistého hydrokoloidu s tím, že stužka i kolík byly navíc označeny hnědou barvou (obr. 9, 10).

Barevné označení vzorků		
biouhel		biouhel + mykorhiza
insekticid A		insekticid A + mykorhiza
insekticid B		insekticid B + mykorhiza
repelent C		repelent C + mykorhiza
insekticid + repelent AC		insekticid + repelent AC + mykorhiza
insekticid + repelent BC		insekticid + repelent BC + mykorhiza

Obrázek 9: Barevné označení vzorků



Obrázek 10: Označení vzorků ošetřených hydrokoloidem s mykorhizou a čistým hydrokoloidem, foto Ehrenberger, 2018

Jelikož byly sazenice ošetřeny hydrokoloidem a k sazenicím bylo nutno aplikovat biouhel, byla pro výsadbu zvolena jamková sadba o standardní velikosti jamky 25 x 25 cm. Spon sazenic byl 1,4 x 1,2 m.



Obrázek 11: Pokusná plocha s provedenou výsadbou, foto Ehrenberger, 2018

4.4 Vyhodnocení

Vyhodnocení a měření bylo provedeno pomocí technologie WinRhizo. WinRhizo je systém pro analýzu obrazů specificky navržený pro automatické měření kořenů v různých formách. Může být použit pro zjištění morfologických znaků (průměr, plocha povrchu, objem atd.), topologickou architekturu a barevné analýzy kořenů. Systém je tvořen počítačovým programem a komponenty pro pořízení obrazu, které lze kombinovat tak, aby splňovaly různé potřeby (WinRhizo™).

4.4.1 WinRhizo

WinRhizo je systém tvořen počítačovým programem a skenerem pro pořízení obrazu, které lze kombinovat tak, aby splňoval různé potřeby. WinRhizo zobrazuje analýzu obrazu. Data měření analyzovaného vzorku jsou shrnuta na obrazovce a podrobně k dispozici v datových souborech, které mohou být následně převedeny do souborů, jenž k porovnání využívají tabulky a grafy.



Obrázek 12: Skener WinRhizo, foto Ehrenberger, 2018

4.4.2 Postup získání obrazu a dat

Pro správnou funkci systému WinRhizo je potřeba provést nastavení, a to zejména nastavení souboru, do kterého budou data získaná ukládána. Nastavení tloušťkového intervalu zobrazovaného v grafické ploše okna obrazovky a ve kterém jsou data ukládána. Nakonec je nastavena cesta a název složky, kam budou ukládány jednotlivé obrazové soubory (jpeg, tiff), které lze následně využít pro opakované nebo další analýzy.

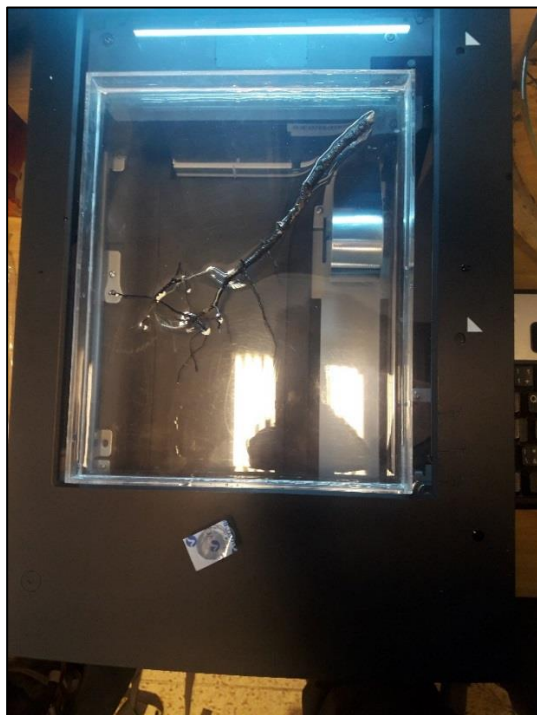
Před započítím analýzy je nutno analyzované vzorky promýt v čisté vodě, aby se odstranily zbytky půdy. Následně je analyzovaný kořen volně rozložen do misky skeneru naplněné destilovanou vodou (obr. 13) a zavřen kryt skeneru.

Po uzavření skeneru je spuštěna funkce skenování (obr. 14).

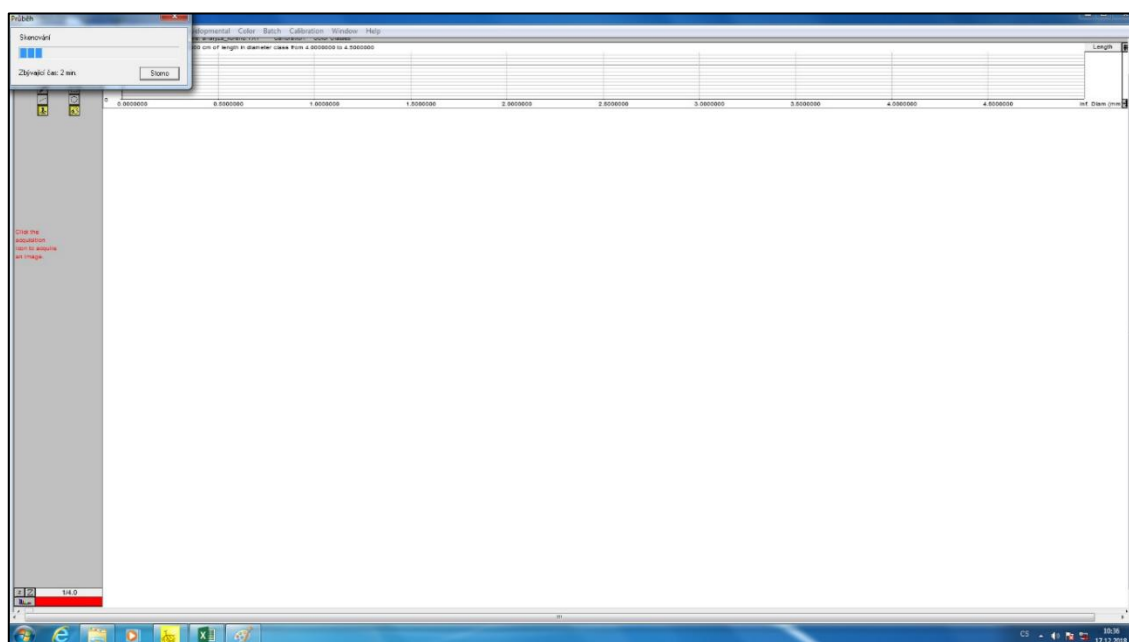
Po načtení a zobrazení obrazu (obr. 15), se pomocí funkce *Region shape lasso* vybere oblast analýzy (obr. 16).

Následně software vyhodnotí vybranou oblast a barevně rozdělí analyzovaný vzorek podle nastaveného tloušťkového intervalu. Toto rozdělení je zobrazeno nad zobrazením analyzovaného vzorku a jsou zobrazeny hodnoty vybraného parametru. Jednotlivé zobrazení parametrů lze libovolně měnit. V levé části okna jsou zobrazeny sumární numerické hodnoty jednotlivých parametrů (obr. 17). Základní zobrazované parametry 1) délka kořene, 2) plocha povrchu, 3) promítaná plocha, 4) objem, 5) počet

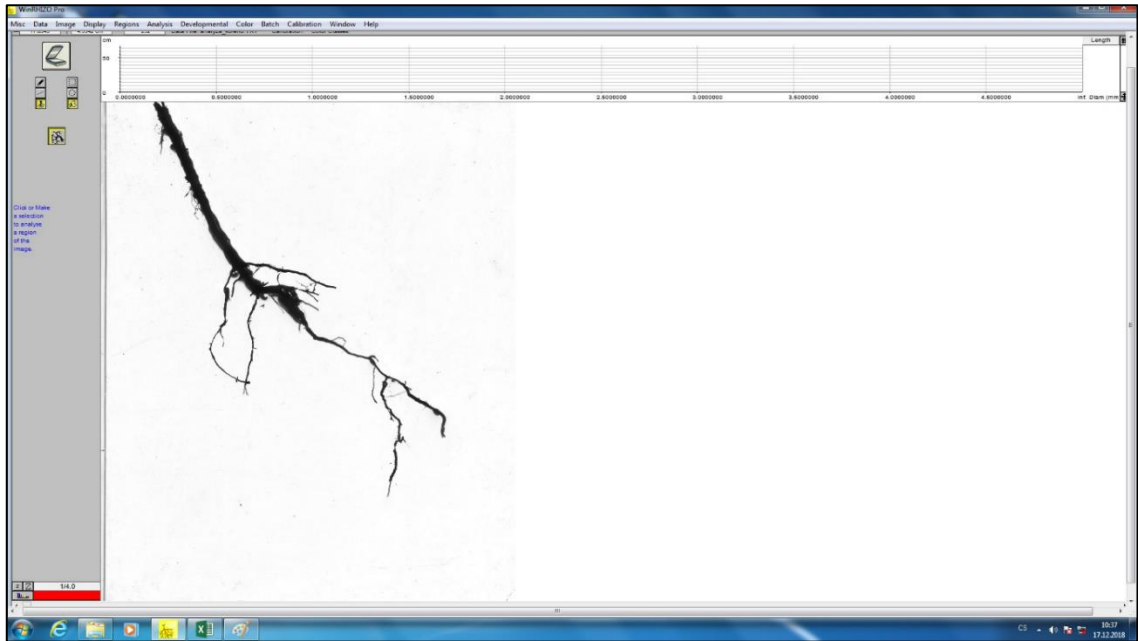
špiček. Po kontrole analýzy na monitoru je obraz uložen do složky PC ve formátu jpeg nebo tiff. Takto uložené obrázky lze následně načíst do programu WinRhizo a použít k další analýze (obr.18).



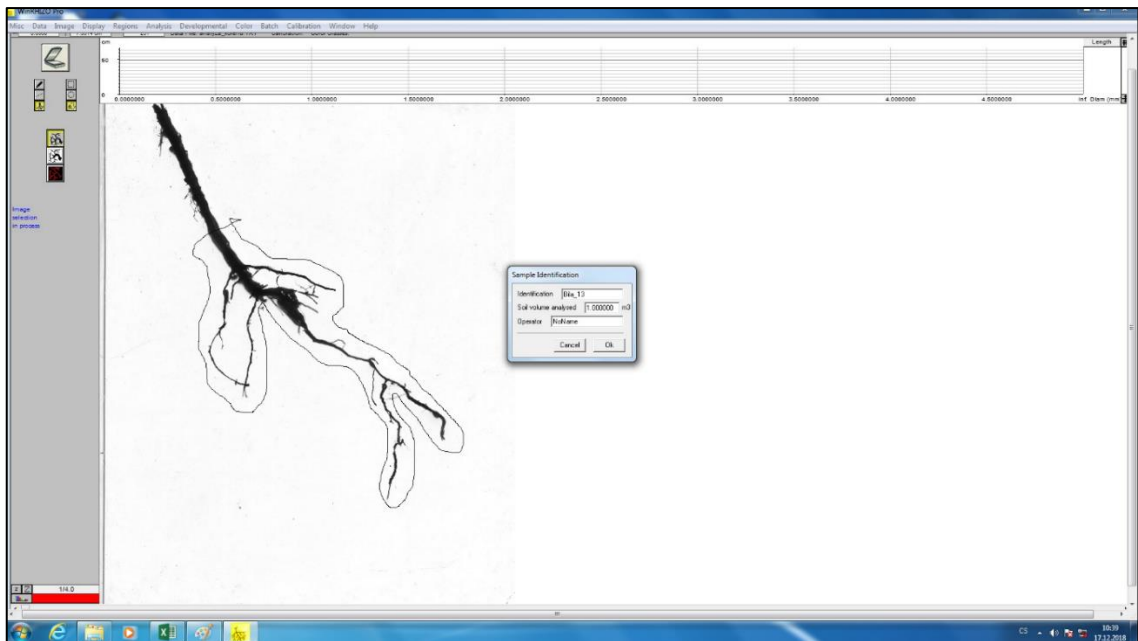
Obrázek 13: Uložení vzorku do misky skeneru, foto Ehrenberger, 2018



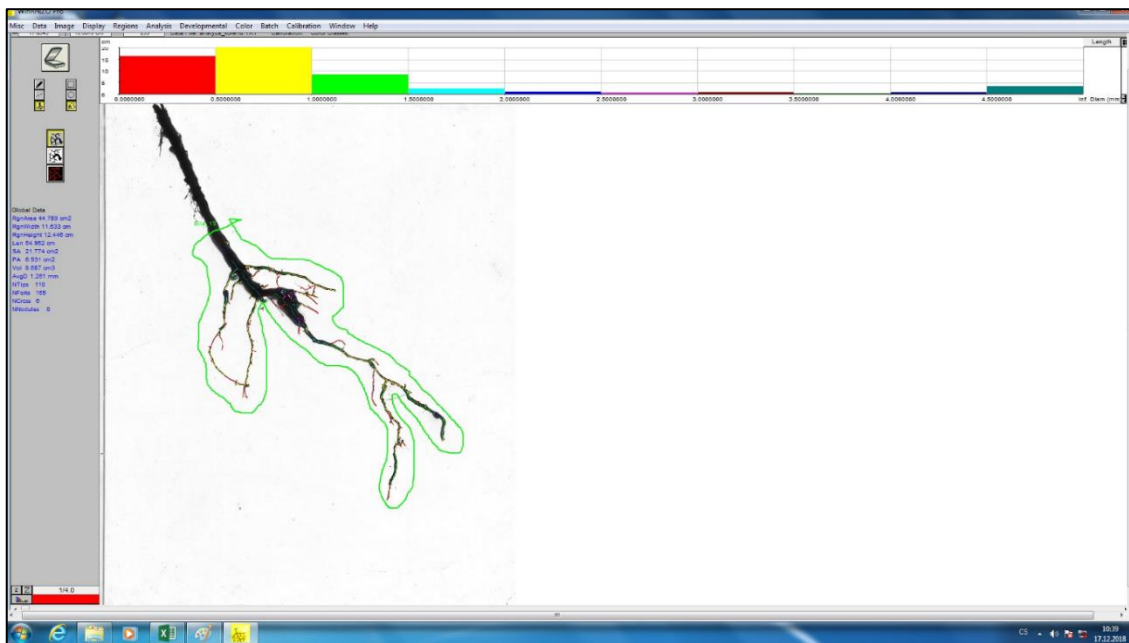
Obrázek 14: Zobrazení průběhu skenování, foto Ehrenberger, 2018



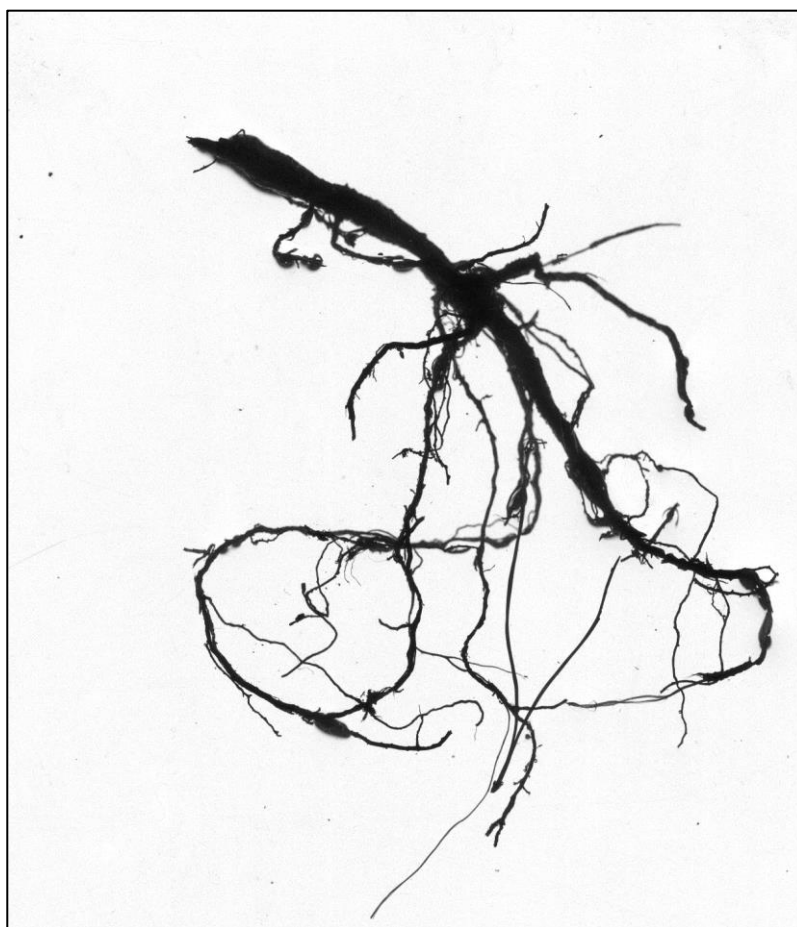
Obrázek 15: Načtený obraz analyzovaného vzorku, foto Ehrenberger, 2018



Obrázek 16: Použití funkce Region shape - lasso, foto Ehrenberger, 2018



Obrázek 17: Zobrazení grafické a numerické analýzy, foto Ehrenberger, 2018



Obrázek 18: Uložený obraz využitelný k další analýze, foto Ehrenberger, 2018

5 Výsledky

5.1 Populační hustoty ponrav

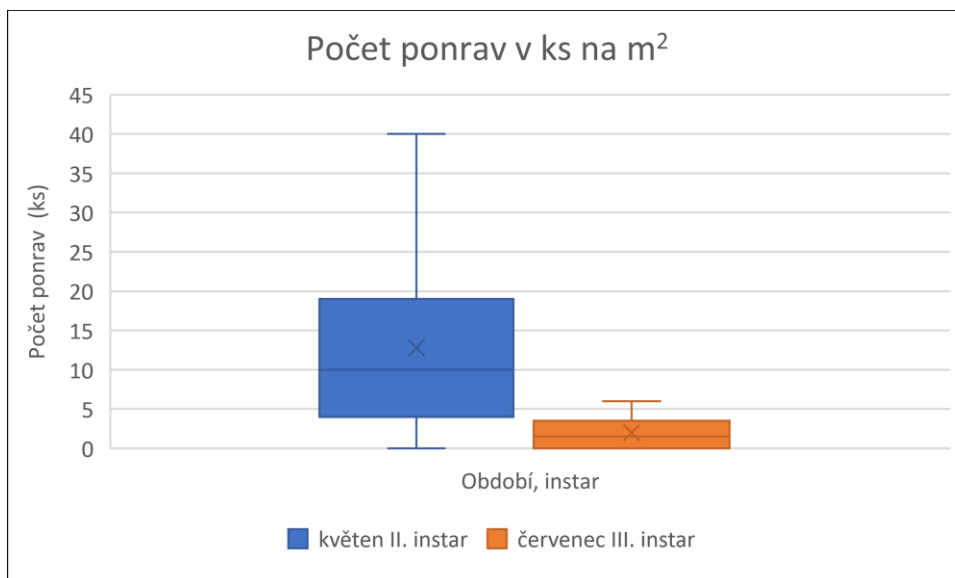
V půdních sondách byly v roce 2018 zjištěny ponravy II. a III. instaru. V půdních sondách kopaných v polovině května (obr. 19) bylo v průměru nalezeno 12,8 ponrav na 1 m² II. instaru. Průměrný počet ponrav v červencových sondách byl 8 ks/m².

Následující tabulka znázorňuje počty ponrav v sondách kopaných v bezprostředním okolí výzkumné plochy (tab. 5). Mezi počty ponrav květnových a červencových sondách nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly (t-test: $t=1,69$, $p<0,05$; graf 1).

Zjištěný počet ponrav v půdní sondě byl porovnán s tzv. kritickým počtem (počet jedinců škůdce, při kterém může vzniknout hospodářsky významné poškození). Na pozemek se nedoporučuje vysazovat sazenice nebo se má přikročit k hubení ponrav, jestliže byly zjištěny následující kritické počty ponrav chroustů na 1 m², 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. (Uvedené údaje představují průměrné hodnoty, neboť kritický počet závisí na druhu dřeviny, na stáří, zdravotním stavu a sponu sazenic, na půdních a povětrnostních poměrech a dalších faktorech) (Kapitola, Holuša, 2002).

Porost	Absolutní počet ponrav		Počet ponrav na 1m ²		Kritický počet	Násobek kritického počtu ponrav III. instaru
	květen	červenec	květen	červenec		
	II. instar	III. instar	II. instar	III. instar		
1B13	10	6	40	24	1-2 ponravy II. instaru; 0,5-1 ponrava III. instaru	24
1B00	2	2	8	8		8
1A00	0	3	0	12		12
1A01a	4	0	16	0		0
1A11	3	1	12	4		4
2C15	7	5	28	20		20
1C01e	1	2	4	8		8
229A14a	3	0	12	0		0
219F12	1	1	4	4		4
222B01a	1	0	4	0		0
Průměr	3,2	2	12,8	8		8

Tabulka 5: Zjištěné počty, Ehrenberger, 2018



Graf 1: Srovnání populačních hustot ponrav II. (květen) a III. (červenec) instaru.

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), \pm směrodatná chyba, svorka vymezuje hodnotu $1,69 \times$ směrodatná chyba.



Obrázek 19: Kontrolní sonda v porostu IB13, z druhé poloviny července, foto Laburdová, 2018

5.2 Analýza sazenic

Podle nastaveného plánu průběhu pokusu, byly sazenice vyzvednuty po necelých čtyřech měsících dne 30. července 2018. Vzhledem k pozdnímu termínu výsadby a průběhu počasí bylo přistoupeno ke zkrácení termínu. Sazenice ve většině případů vykazovaly známky uschnutí nadzemní části. S ohledem na zdravotní stav sazenic a odklad měření na prosinec 2018 bylo upuštěno od vážení jednotlivých sazenic. Vážení takovýchto sazenic by nebylo relevantní. U jednotlivých vzorků byla měřena délka kořenů v cm, plocha povrchu kořenů v cm², objem kořenů v cm³ a počet špiček (zakončení) v kusech. V následujících kapitolách jsou popsány výsledky měření a jejich rozdíly mezi jednotlivými posuzovanými variantami.

Pro porovnání výsledků jednotlivých variant bylo ošetřeno 19 sazenic borovice lesní čistým hydrokoloidem a biouhlem a 12 sazenic hydrokoloidem obohaceným o mykorhizu a biouhlem.

5.2.1 Kontrolní varianta – zelená

Porovnání kontrolní varianty biouhlu bez mykorhizy a biouhlu s mykorhizou je zobrazeno níže (tab. 6), v grafech jsou průměrné hodnoty označeny křížkem.

Průměrná délka kořenů sazenic ošetřených čistým biouhlem je 59,3 cm, což je o 19,8 cm méně než průměrná délka kořenů sazenic ošetřených biouhlem s mykorhizou. Střední hodnota délky kořenů je 44,1 cm u čistého biouhlu a 65,8 cm u biouhlu s mykorhizou. Směrodatná odchylka je 42,3 resp. 41,5 (graf 2).

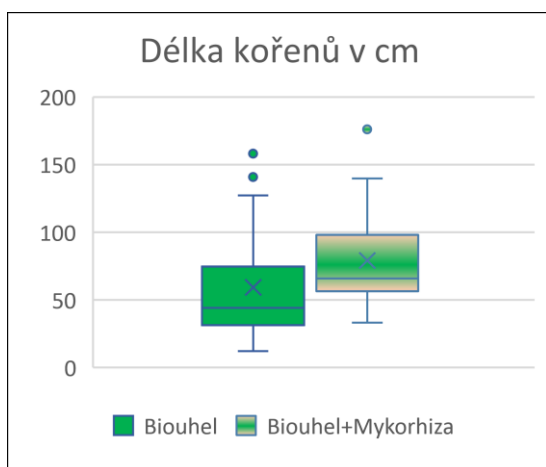
Průměrná plocha povrchu kořenů je 25 cm² u sazenic ošetřených čistým biouhlem a 31,4 cm² u sazenic ošetřených biouhlem s mykorhizou. Střední hodnota povrchu kořenů je 21,7 cm² u čistého biouhlu a 29,0 cm² u biouhlu s mykorhizou. Směrodatná odchylka je 29,6 resp. 35,9 (graf 3).

Průměrný objem kořenů sazenic ošetřených čistým biouhlem je 0,90 cm³, to je o 0,13 cm³ méně než u sazenic ošetřených biouhlem s mykorhizou. Medián je 0,92 cm³ u biouhlu a 1,01 cm³ u biouhlu s mykorhizou. Směrodatná odchylka je 0,29 resp. 0,41 (graf 4).

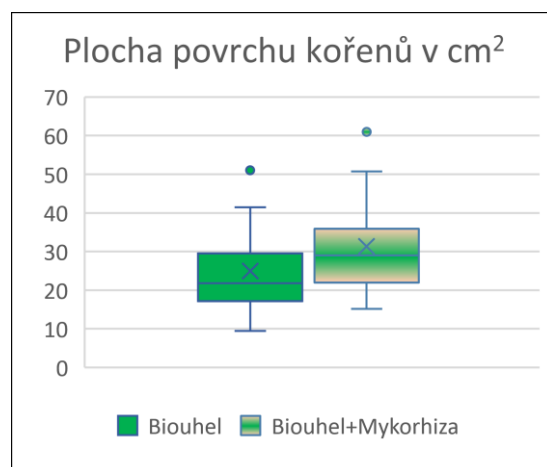
Průměrný počet špiček je 112 ks u sazenic ošetřených čistým biouhlem a 104 ks u sazenic ošetřených biouhlem s mykorhizou. Střední hodnota je 65 ks u čistého biouhlu a 84 ks u biouhlu s mykorhizou. Směrodatná odchylka je 114,2 resp. 68,4 (graf 5).

	Délka kořenů v cm		Plocha povrchu kořenů v cm ²		Objem v cm ³		Počet špiček v ks	
	Biouhel	Biouhel + Mykorrhiza	Biouhel	Biouhel + Mykorrhiza	Biouhel	Biouhel + Mykorrhiza	Biouhel	Biouhel + Mykorrhiza
Průměr	59,299	79,073	24,967	31,377	0,895	1,028	112,056	104,364
Medián	44,086	65,750	21,780	29,025	0,917	1,013	65,000	84,000
Kvartil 25%	31,387	56,432	17,138	21,945	0,699	0,681	44,250	66,000
Kvartil 75%	74,693	98,031	29,555	35,891	1,075	1,163	142,500	113,000
Směrodatná	42,338	41,583	12,233	12,948	0,296	0,405	114,158	68,375

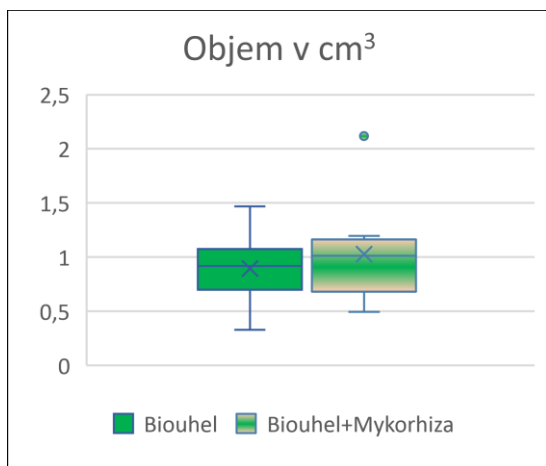
Tabulka 6: Srovnání parametrů kontrolní varianty a varianty s mykorrhizou



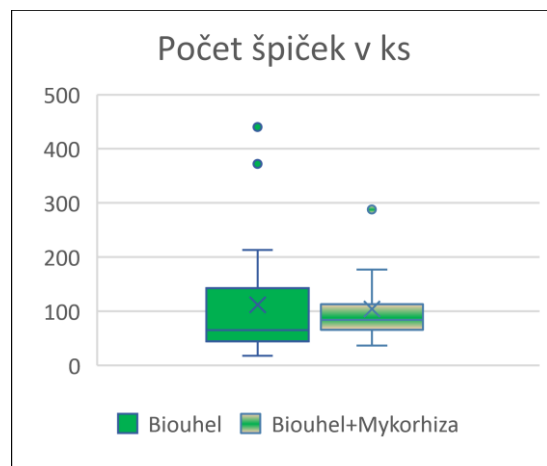
Graf 2: Délka kořenů



Graf 3: Plocha povrchu kořenů



Graf 4: Objem kořenů



Graf 5: Počet špiček

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), ± 25-75 % kvartil, svorka vymezuje rozsah neodlehých hodnot, odlehlé hodnoty (jednotlivé body)

5.2.2 Délka kořenů

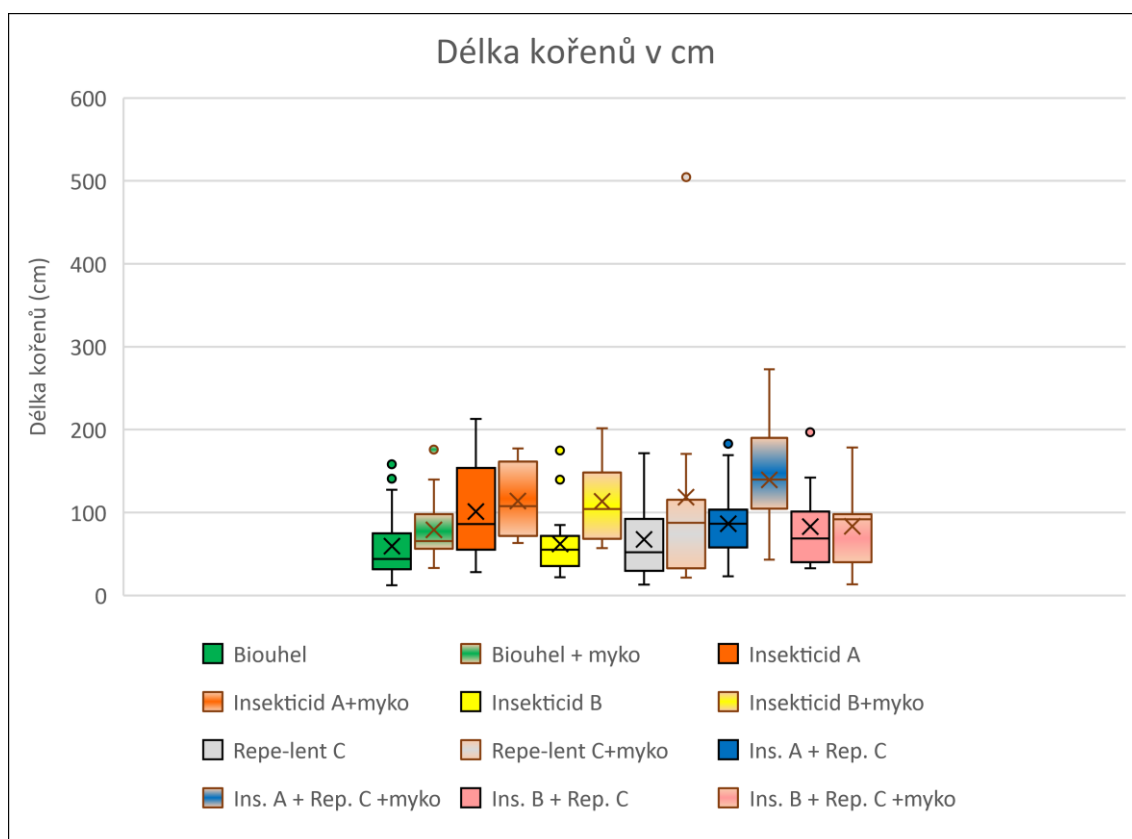
Průměrné délky kořenů jednotlivých testovaných variant použitých insekticidů, repelentu a jejich kombinací v biouhlu, jsou v porovnání s kontrolní variantou (K) z hlediska ochrany lesa významné. Průměrná délka kontrolního vzorku je 59,3 cm a střední hodnota 44,1 cm (směrodatná odchylka je $\pm 42,34$). Ve výsledcích insekticidu A a repelentu C s mykorhizou (AC+M), kde je průměrná délka kořenů 139,4 cm a medián 139,6 cm ($\pm 61,5$). U varianty Varianta s repelentem C a mykorhizou (C+M) má průměrnou délku kořenů 118,6 cm a střední hodnotu 87,4 cm ($\pm 129,8$). Varianty insekticidu A s mykorhizou (A+M), insekticidu B s mykorhizou (B+M) a mají téměř totožné výsledky. Varianta A+M má průměrnou délku kořenů 113,9 cm a varianta B+M 113,4 cm. Medián varianty A+M je 107,7 cm ($\pm 39,58$) a B+M je 104,2 cm ($\pm 43,10$). Varianta insekticidu A (A) má průměrnou délku 101,2 cm a střední hodnota 86,0 cm ($\pm 56,0$). Varianty kombinace insekticidu A + repelentu C (AC), insekticidu B + repelentu C (BC) a insekticidu B + repelentu C s mykorhizou (BC+M) jsou ve srovnání s kontrolním vzorkem na srovnatelné úrovni, průměrná délka AC je 86,5 cm, BC 83,0 cm a BC+M 83,3 cm. Střední hodnoty jsou však výrazně odlišné u AC 86,5 cm a BC 68,6 cm a BC+M 91,8. U varianty AC je průměrná délka totožná s mediánem (86,5 cm) směrodatná odchylka je 39,1. Směrodatná odchylka varianty BC je $\pm 49,3$ a BC+M je $\pm 46,0$. Průměrná délka kořenů kontrolního vzorku s mykorhizou (K+M) je 79,1 cm a střední hodnota 65,8 cm ($\pm 41,58$). Varianta repelentu C (C) dosáhla průměrné délky 67,4 cm a medián 52,1 cm ($\pm 47,59$). Nejméně pozitivní výsledky jsou zjištěny u varianty insekticidu B (B), kde je průměrná délka 62,3 cm a medián 55,0 cm ($\pm 38,22$).

Nejdelší kořeny vykazovaly sazenice ošetřené insekticidem A, repelentem C a mykorhizou, jak vyplývá z tabulky 7, graf 6 zobrazuje statistické hodnoty měření.

Výsledky mnohonásobného porovnání délek kořenů všech variant jsou uvedeny v tabulce 8.

	Průměr	Medián	Kvartil 25 %	Kvartil 75 %	Sm.odchylka
Biouhel	59,30	44,09	31,39	74,69	42,34
Biouhel + mykorhiza	79,07	65,75	56,43	98,03	41,58
Insekticid A	101,17	85,97	55,03	153,81	55,97
Insekticid A+mykorhiza	113,91	107,74	71,57	161,55	39,58
Insekticid B	62,25	55,03	35,46	71,91	38,22
Insekticid B+mykorhiza	113,36	104,25	68,41	148,37	43,10
Repelent C	67,44	52,14	29,42	92,38	47,59
Repelent C+mykorhiza	118,58	87,43	32,77	115,62	129,80
Ins. A + Rep. C	86,52	86,51	58,02	103,45	39,12
Ins. A + Rep. C+mykorhiza	139,41	139,61	104,52	190,10	61,50
Ins. B + Rep. C	83,01	68,61	40,08	101,03	49,34
Ins. B + Rep. C+mykorhiza	83,34	91,76	40,13	98,01	45,99

Tabulka 7: Srovnání délky kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.



Graf 6: Srovnání délky kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), \pm 25-75 % kvartil, svorka vymezuje rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty (jednotlivé body)

Depend: Délka kořenů (cm)	Multiple Comparisons p values (2-tailed); Délka kořenů (cm) (Spreadsheet29) Independent (grouping) variable: Varinta Kruskal-Wallis test: H (11, N = 175 = 34,36616 p = 0,003											
	Biouhel R:56,667	Biouhel+mykorhiza R:84,273	Insekticid+repelent AC R:93,500	Insekticid+repelent AC+mykorhiza R:132,45	Insekticid+repelent BC R:84,833	Insekticid+repelent BC+mykorhiza R:87,455	Insekticid A R:101,39	Insekticid A+mykorhiza R:122,91	Insekticid B R:62,833	Insekticid B+ mykorhiza R:119,64	Repelent C R:66,000	Repelent C+mykorhiza R:84,333
Biouhel				0,006121				0,04186				
Biouhel+mykorhiza	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent AC	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent AC+mykorhiza	0,006121	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	0,021758	n.s.	0,04021	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent BC	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent BC+ mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid A+mykorhiza	0,04186	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid B	n.s.	n.s.	n.s.	0,21758	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid B+ mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.
Repelent C	n.s.	n.s.	n.s.	0,04021	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.
Repelent C+mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabulka 8: Kruskal-Wallisovo mnohonásobné porovnání délky kořenů sazenic ošetřených jednotlivými variantami.

5.2.3 Plocha povrchu kořenů

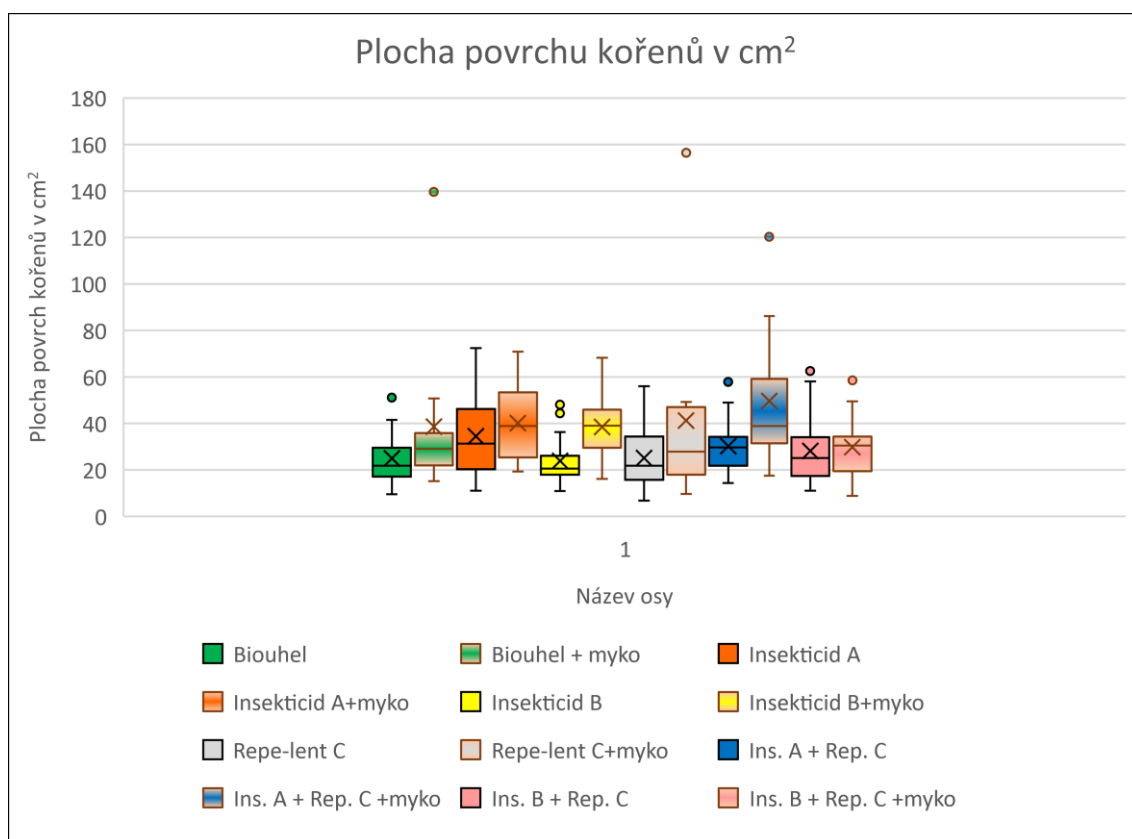
Průměrná plocha povrchu kořenů varianty K je 25,0 cm² a střední hodnota 21,8 cm² (±12,2). Varianta AC+M má nejvyšší průměrnou plochu kořenů, a to 49,7 cm², střední hodnota je 38,9 cm² (±28,4). U varianty C+M je průměrná plocha povrchu kořenů 41,2 cm² a medián 27,9 cm² (±38,1). Varianta A+M má průměrnou plochu povrchu kořenů 40,2 cm² a střední hodnotu 38,9 cm² (±38,9). Průměrná plocha povrchu kořenů vzorku K+M je 31,4 cm² a střední hodnota je 29,0 cm² (±33,2). Varianta B+M má průměrnou plochu povrchu kořenů 38,5 cm² a medián 29,02 cm² (±33,2). Varianta A má průměrnou plochu povrchu kořenů 34,5 cm² a medián je 31,2 cm² (±15,9). U varianty AC je průměrná plocha kořenů 30,2 cm² a medián 29,7 cm² (±10,25). Varianta BC+M má průměrnou plochu kořenů 29,8 cm² a medián 30,4 cm² (±14,1). U varianty BC je průměrná plocha kořenů 28,1 cm² a medián 25,1 cm² (±13,8). Varianta C má průměrnou plochu kořenů 25 cm² a medián 21,8 cm² (±12,85). Varianta insekticidu B má průměrnou plochu kořenů 23,8 cm² a medián 20,6 cm² (±9,7).

Největší plocha povrchu kořenů byla naměřena u varianty kombinace insekticidu A, repelentu C s mykorhizou (tab.9).

Vícenásobným srovnáním jednotlivých variant pomocí Kruskal-Wallisova vícenásobného testu, nebyly zjištěny signifikantní rozdíly (H = 16,28; p > 0,05; graf 7).

	Průměr	Medián	Kvartil 25 %	Kvartil 75 %	Sm.odchylka
Biouhel	24,97	21,78	17,14	29,56	12,23
Biouhel + mykorhiza	38,53	29,02	21,94	35,89	33,21
Insekticid A	34,49	31,25	20,21	46,24	15,87
Insekticid A+mykorhiza	40,18	38,90	25,34	53,35	15,64
Insekticid B	23,83	20,56	17,96	25,98	9,67
Insekticid B+mykorhiza	38,49	38,97	29,51	45,96	13,08
Repe-lent C	25,04	21,79	15,72	34,35	12,85
Repe-lent C+mykorhiza	41,21	27,86	17,87	47,03	38,61
Ins. A + Rep. C	30,20	29,66	21,83	34,21	10,25
Ins. A + Rep. C +mykorhiza	49,66	38,93	31,41	59,18	28,37
Ins. B + Rep. C	28,09	25,07	17,37	34,09	13,83
Ins. B + Rep. C +mykorhiza	29,79	30,44	19,43	34,34	14,06

Tabulka 9: Srovnání plochy povrchu kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.



Graf 7: Porovnání plochy povrchu kořenů u jednotlivých variant ošetření

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), ± 25-75% kvartil, svorka vymezuje rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty (jednotlivé body).

5.2.4 Objem kořenů

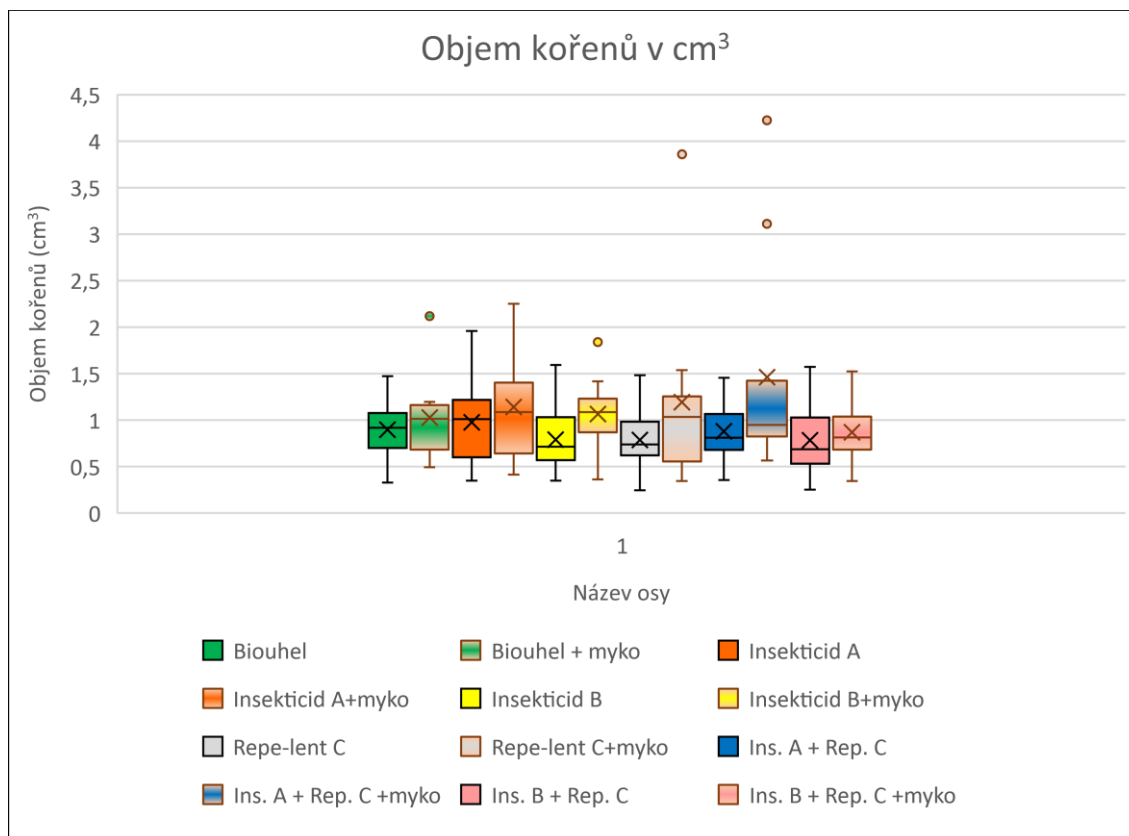
Průměrný objem kořenů kontrolního vzorku K je $0,90 \text{ cm}^3$ a střední hodnota $0,92 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$. U varianty AC+M je průměrný objem kořenů $1,46 \text{ cm}^3$ a medián $0,95 \text{ cm}^3 (\pm 1,1)$. Varianta C+M má průměrný objem kořenů $1,19 \text{ cm}^3$ a medián $1,03 \text{ cm}^3 (\pm 0,9)$. Průměrný objem varianty A+M je $1,14 \text{ cm}^3$ a medián $1,07 \text{ cm}^3 (\pm 0,51)$. U varianty B+M je průměrný objem kořenů $1,07 \text{ cm}^3$, medián $1,09 \text{ cm}^3 (\pm 0,4)$. Průměrný objem kořenů varianty K+M je $1,03 \text{ cm}^3$ a střední hodnota $1,01 \text{ cm}^3 (\pm 0,4)$. Varianta A má průměr objemu kořenů $0,97 \text{ cm}^3$ a střední hodnota $1,01 \text{ cm}^3 (\pm 0,4)$. U varianty AC je průměrný objem kořenů $0,88 \text{ cm}^3$ a medián $0,81 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$. Průměrný objem kořenů varianty BC+M je průměr $0,87 \text{ cm}^3$ a medián $0,81 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$. Varianta B má průměrný objem kořenů $0,79 \text{ cm}^3$ a medián $0,72 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$. U varianty C je průměrný objem kořenů $0,78 \text{ cm}^3$ a medián $0,74 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$. Varianta B+C má průměrný objem kořenů $0,78 \text{ cm}^3$ a medián $0,69 \text{ cm}^3 (\pm 0,3)$.

Největší objem kořenů byl naměřen u varianty kombinace insekticidu A, repelentu C s mykorhizou (tab.10).

Vícenásobným srovnáním jednotlivých variant nebyly zjištěny významné rozdíly v objemech kořenů sazenic (Kruskal-Wallisův test: $H = 15,23$; $p > 0,05$; graf 8).

	Průměr	Medián	Kvartil 25 %	Kvartil 75 %	Sm.odchylka
Biouhel	0,89	0,92	0,70	1,08	0,30
Biouhel + mykorhiza	1,03	1,01	0,68	1,16	0,40
Insekticid A	0,97	1,01	0,60	1,22	0,40
Insekticid A+mykorhiza	1,14	1,09	0,64	1,40	0,51
Insekticid B	0,79	0,72	0,57	1,03	0,32
Insekticid B+mykorhiza	1,07	1,09	0,87	1,23	0,37
Repe-lent C	0,78	0,74	0,62	0,98	0,31
Repe-lent C+mykorhiza	1,19	1,03	0,56	1,26	0,91
Ins. A + Rep. C	0,88	0,81	0,68	1,07	0,28
Ins. A + Rep. C+mykorhiza	1,46	0,95	0,82	1,42	1,10
Ins. B + Rep. C	0,78	0,69	0,53	1,03	0,34
Ins. B + Rep. C+mykorhiza	0,87	0,81	0,68	1,04	0,34

Tabulka 10: Srovnání objemu kořenů sazenic u jednotlivých variant ošetření.



Graf 8: Porovnání objemu kořenů u jednotlivých variant ošetření.

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), \pm 25-75 % kvartil, svorka vymezuje rozsah neodlehých hodnot, odlehlé hodnoty (jednotlivé body).

5.2.5 Počet špiček

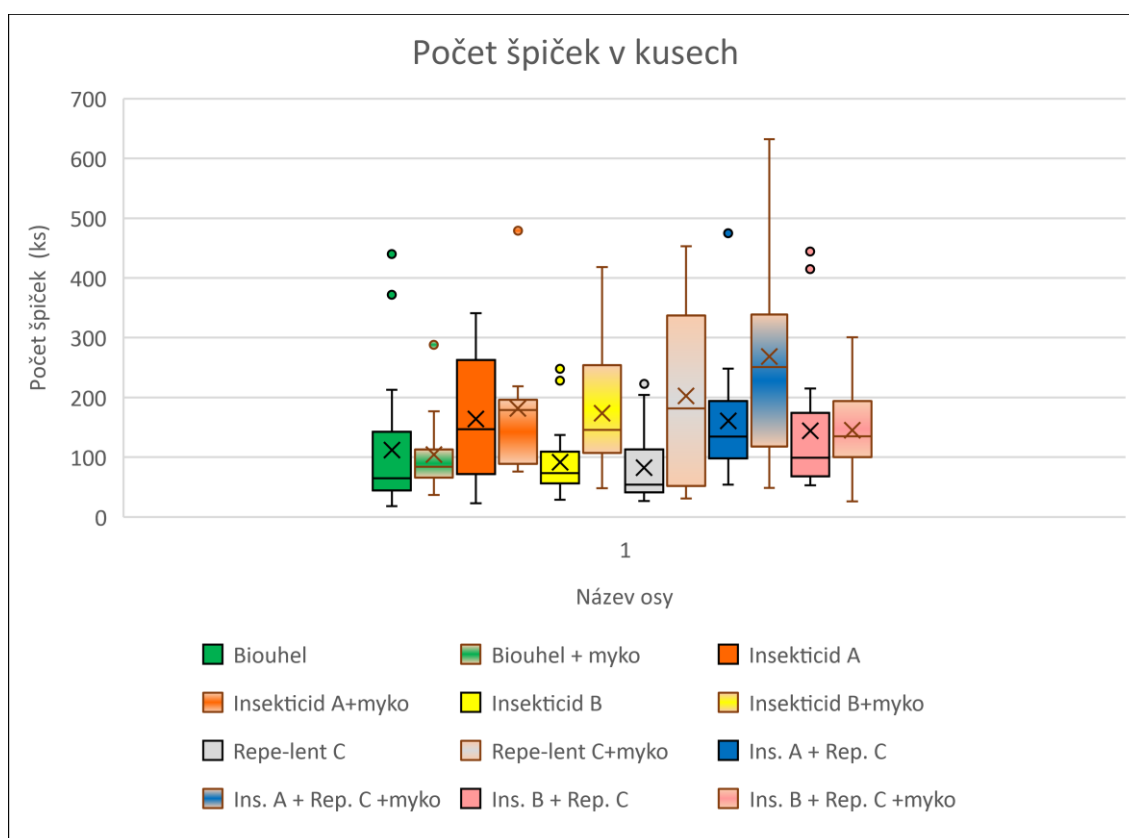
Průměrný počet špiček kontrolního vzorku K je 112 ks a střední hodnota 65 ks (\pm 114,2). Nejvyšších hodnot dosahuje varianta AC+M, a to průměru 268 ks a mediánu 251 ks (\pm 156,2). U varianty C+M je průměrný počet špiček 203 ks a medián je 182 ks (\pm 136,7). Varianta A+M má průměrný počet špiček 182 ks a medián 179 ks (\pm 105,3). U varianty B+M je průměrný počet špiček 174 ks a medián je 146 ks (\pm 105,2). Varianta s insekticidem A má průměrný počet špiček 164 ks a medián 147 ks (\pm 103,2). U varianty AC průměrný počet špiček 161 ks a medián 135 ks (\pm 94,1). Průměrný počet špiček u varianty BC+M je 145 ks a medián 135 ks (\pm 73,0). U varianty BC je průměr špiček 144 ks a medián 99 ks (\pm 112,4). Průměrný počet špiček vzorku K+M je 104 ks a střední hodnota je 84 ks (\pm 68,4). U varianty B je průměrný počet špiček 91 ks a medián je 74 ks (\pm 59,0). Varianta s repelentem C má průměrný počet špiček 82 ks a medián 54 ks (\pm 58,3).

Jak vyplývá z tabulky 11, nejvyšší počty špiček jsou u kombinace insekticidu A, repelentu C s mykorhizou. Naopak nejnižší počty vykazuje varianta repelentu C.

Výsledky mnohonásobného porovnání počtu špiček kořenů všech variant jsou uvedeny v tabulce 12 a graficky znázorněny v grafu 9.

	Průměr	Medián	Kvartil 25 %	Kvartil 75 %	Sm.odchylka
Biouhel	112,06	65,00	44,25	142,50	114,16
Biouhel+mykorhiza	104,36	84,00	66,00	113,00	68,37
Insekticid A	164,28	147,00	71,75	262,50	103,21
Insekticid A+mykorhiza	182,00	179,00	89,00	196,00	105,30
Insekticid B	91,61	73,50	56,00	109,25	59,03
Insekticid B+mykorhiza	173,91	146,00	107,00	254,00	105,18
Repe-lent C	82,72	54,00	41,00	113,25	58,26
Repe-lent C+mykorhiza	202,73	182,00	52,00	337,00	136,70
Ins. A + Rep. C	160,67	134,50	98,00	194,25	94,07
Ins. A + Rep. C+mykorhiza	268,36	251,00	118,00	339,00	156,22
Ins. B + Rep. C	144,28	99,00	68,25	174,50	112,40
Ins. B + Rep. C+mykorhiza	145,18	135,00	100,00	194,00	72,95

Tabulka 11: Srovnání počtu mykorhizních špiček na sazenicích u jednotlivých variant ošetření.



Graf 9: Porovnání počtu špiček kořenů u jednotlivých variant ošetření.

Krabicový graf tvoří průměr (křížek), medián (příčná čára), \pm 25-75 % kvartil, svorka vymezuje rozsah neodlehých hodnot, odlehle hodnoty (jednotlivé body).

Depend: Počet špiček	Multiple Comparisons p values (2-tailed); Délka kořenů (cm) (Spreadsheet29) Independent (grouping) variable: Varinta Kruskal-Wallis test: H (11, N = 175) = 35,00847 p = 0,0002											
	Biouhel R:61,972	Biouhel+mykorhiza R:71,045	Insekticid+repelent AC R:104,83	Insekticid+repelent AC+mykorhiza R:131,68	Insekticid+repelent BC R:87,639	Insekticid+repelent BC+mykorhiza R:96,591	Insekticid A R:99,444	Insekticid A+mykorhiza R:114,32	Insekticid B R:63,278	Insekticid B+ mykorhiza R:106,50	Repelent C R:53,778	Repelent C+mykorhiza R:100,113
Biouhel				0,21381								
Biouhel+mykorhiza	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent AC	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent AC+mykorhiza	0,021381	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,027633	n.s.	0,003874	n.s.
Insekticid+repelent BC	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid+repelent BC+ mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid A+mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid B	n.s.	n.s.	n.s.	0,027633	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.
Insekticid B+ mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.
Repelent C	n.s.	n.s.	n.s.	0,003874	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.
Repelent C+mykorhiza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabulka 12: Kruskal-Wallisovo mnohonásobné porovnání počtu mykorhizních špiček na sazenicích ošetřených jednotlivými variantami.

6 Diskuze

První záznamy o výskytu chrousta maďalového v oblasti výzkumu se datují do období roku 2008, kdy byly zjištěny první škody na výsadbách vznikajícího arboreta, které je součástí revíru Vysoká a má představit dřeviny mírného pásma severní polokoule (Hejda, 2017).

Do roku 2010 byla přítomnost ponrav zjišťována nesouvisle a nepravidelně, z tohoto období se nezachovaly záznamy o provedených sondách a počtech. Pravidelný monitoring ponrav začal až v roce 2011. První rozsáhlejší výzkum provedl Hejda v roce 2013 a výsledky shrnul v práci z roku 2014 Chroust *Melolontha hippocastani* Fabr. významný škůdce lesních porostů LS Choceň.

Na revíru Vysoká bylo kontrolováno 1020 ha lesních porostů z celkové výměry 1363 ha. Celkem bylo vykopáno 196 sond, přičemž v 65 sondách. Byla potvrzena přítomnost ponrav I. instaru (12 kusů) a II. instaru (1524 ks). Průměrná abundance ponrav dosáhla 7,8 ks/m² (Hejda, 2014).

V následujícím období probíhalo monitorování v rozsahu území s potvrzenou přítomností ponrav. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 4. Z těchto údajů vyplývá, že populace chrousta ve sledovaném území roste. Tyto údaje lze ověřit ve studii monitorující rojení chrousta v roce 2016. Hejda (2017) uvádí, že v porostu 1A11, ten bezprostředně sousedí s porostem 1B13, v němž je prováděn pokus, bylo zachyceno 492 dospělců chrousta maďalového z toho 205 samců a 287 samic.

Protože v průběhu svého vývoje se ponravy prvního instaru živí humusovými součástkami půdy, kořínky trav a dřevin, největší škody v lesním hospodářství působí ponravy druhého instaru, a hlavně třetího instaru. Jsou schopny sežít až do tloušťky obilné slámy (Kratochvíl et al. 1953). Načasování pokusu tedy bylo ideální, jelikož na studované lokalitě byly během výzkumu přítomny ponravy II. a III. instaru

Doposud popsány způsoby ochrany porostů proti škodám jsou popsány v několika studiích. Například Woreta (2015) ve své studii shrnuje aktuální přehled kontrolních opatření sloužící ke snížení poškození rostlin ponravami chroustů *Melolontha* spp. v evropských zemích včetně Polska. Popisuje způsoby mechanického a chemického ošetření, včetně současných výsledků výzkumu. V minulosti byly ponravy sbírány z půdy manuálně po orbě. Později byly proti škůdcům aplikovány chemické prostředky na ochranu rostlin. Insekticidy byly buď aplikovány přímo na rostliny nebo se přidávaly ke

kořenům. Pro ochranu rostlin v Polsku byl používány insekticidy na bázi organochlorových neurotoxinů jako např. Lindan, který prokázal vysokou účinnost. Chlorované organické výrobky byly staženy z trhu a začaly se používat přípravky méně škodlivé životnímu prostředí. V důsledku rozsáhlých 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.

Jako jedna z alternativních možností v ochraně lesa proti škodám způsobených ponravami chrousta by mohlo být využití biouhlu v kombinaci s chemickými prostředky, popřípadě doplněnými o mykorrhizní přípravky, jak ukazují výsledky našeho měření. V minulosti byly na toto téma uskutečněny pouze dva pokusy v poloprovozních podmínkách.

Kleinová (2017) ve své práci testovala samostatný biouhel a biouhel v kombinaci s repelentem. Testy statisticky významně neprokázaly, že samotný biouhel má významný vliv na růst sazenic a ponravy. Naopak statisticky významných rozdílů bylo dosaženo v testování varianty biouhel v kombinaci s repelentem, což odpovídá našim výsledkům, kde nejodolnější variantou byla kombinace biouhlu s insekticidem a repelentem.

Při provádění truhlíkového pokusu ve výzkumné stanici a následném testování preparátů biouhel + repelent + mykorrhiza je konstatováno, že hodnoty sledovaných parametrů jsou srovnatelné. Sledována byla tloušťka krčku, délka nadzemní části, délka kořene, sušina kořene a sušina nadzemní části. Z výsledků je patrný rozdíl střední hodnoty v délce žíru ponravy u preparátu biouhel + repelent + mykorrhiza, která je výrazně nižší než u preparátu biouhel + hydrokloid a současně u neošetřených (kontrolních) sazenic. V případě naměřených mykorrhizních 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 mykorrhizními špičkami. (Habětínová, 2017).

Doc. Pešková (2008) ve své studii uvádí, že mykorrhizní symbióza se vyskytuje u více než 95 % cévnatých rostlin a jedna z prvních zmínek o mykorrhizní symbióze je z roku 1899 v práci O. Kramáře. Kombinací kořenů rostlin s houbovými organismy vznikají specifické útvary (mykorrhizy) s fyziologickou aktivitou odvozenou od obou zúčastněných složek. Vzhledem ke své stavbě a fyziologii mají mykorrhizy mnoho

společných vlastností, jak s kořeny rostlin, tak i s houbami. V téže práci je zmíněn pozitivní vliv očkování mykorhizou, s tím, že porovnávat výsledky testů není vždy snadné. Umělá očkování (inokulace) se stávají výhodnou nejen při introdukci dřevin mimo oblast jejich přirozeného rozšíření, ale využívá se i při rekultivaci poškozených ekosystémů, jako jsou výsypky, úložiště popílku, požářiště, zalesňování nelesních půd, rekultivace skládek a odpadů z průmyslových činností. Velmi často se využívá při kontejnerové výrobě např. okrasných a ovocných dřevin, ale i květin (Pešková, 2008).

V našem případě byl pokus uskutečněn v provozních podmínkách na revíru Vysoká v porostu 1B13. Jak vyplývá z tabulky 5 je populace před založením pokusu 40krát větší, než je kritický počet (ponravy II. instaru 1-2 na m²).

Porovnáním variant čistého biouhlu (K) a biouhlu s mykorhizou (K+M) jsou sice naměřené střední hodnoty sledovaných parametrů vyšší u varianty K+M, ale statistickým testováním nebyla zjištěna významná průkaznost tohoto měření. Toto tvrzení více méně potvrzuje výsledky Habětínové (2017).

Výsledky měření jednotlivých variant biouhlů s insekticidy, repelentem a jejich vzájemnými kombinacemi, ukazují, že střední hodnoty jednotlivých variant se ve sledovaných parametrech liší. Z pohledu měřených hodnot bylo nejvyšších výsledků, ve většině parametrů, zjištěno u varianty insekticidu A (A). Naopak nejnižších hodnot bylo naměřeno u variant repelent C (C) a kombinace insekticidu B a repelentu C (BC). Mnohonásobným Krusal-Wallisovým testem nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly (tab. 8, tab. 12).

Zjištěné střední hodnoty variant biouhlu s insekticidy, repelentem a jejich kombinacemi s přidanou mykorhizou jsou opět rozdílné. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u varianty insekticidu A + repelent C s mykorhizou (AC+M), a to ve všech hodnocených parametrech. Mykorhizou obohacená varianta biouhlu s repelentem C (C+M) má střední hodnoty všech parametrů o 15-24 % nižší. Nejnižších hodnot bylo zjištěno u varianty insekticidu B s mykorhizou (B+M). Mnohonásobným testováním pomocí Krusal-Wallisova testu nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly (tab. 8, tab. 12).

Z hlediska průměrných hodnot a středních hodnot sledovaných parametrů má nejvyšší výsledky měření varianta AC+M (tab. 7, 8, 9, 11). Vzájemným porovnáním všech hodnocených variant byly zjištěny statisticky významné rozdíly v délce kořenů mezi variantami AC+M a K, AC+M a C, AC+M a B, A+M a K (tab. 8). V parametru

počtu špiček byly statisticky významné rozdíly zjištěny mezi variantami AC+M a K, AC+M a C; AC+M a B (tab. 12). V ostatních vzájemných porovnáních nebylo zjištěno statisticky významných rozdílů.

I když sazenice ve většině případů vykazovaly známky uschnutí nadzemní části. Poškození kořenů ponravami bylo zjevné, jak dokazuje měření a mělo velký vliv na mortalitu sazenic, nicméně jistý a neopomenutelný vliv na tento stav měl i průběh počasí a pozdní termín výsadby.

Pro použití v praxi zatím nelze doporučit žádný z přípravků. Pro doporučení je nutno provést ještě další pokusy. Pokusy by měly být zaměřeny na délku účinnosti chemických přípravků aplikovaných do biouhlu, popřípadě na účinnost biouhlu samotného.

Nedostatky pokusu spatřuji zejména v pozdní výsadbě sazenic. Vhodné by bylo posoudit účinnost preparátů při výsadbě v březnu nebo začátkem dubna. Ponravy začínají žít zpravidla koncem dubna a v květnu (Kapitola, Holuša, 2002).

Nevýhodou se může zdát vysoká pracnost při prvním zalesňování vzhledem k použité technologii a vícepracem při aplikaci hydrokoloidu a biouhlu pod sazenice do jamky. Kdy při běžném zalesňování sazenic šterbinovou sadbou jsou náklady 3.645 Kč/tis.ks plus cena sazenic stejných jako byly použité v našem pokusu je 3.539 Kč/tis.ks, celkem 7.184 Kč/tis.ks. Náklady na jamkovou sadbu jsou 6.075 Kč/tis.ks navýšených o 25 %. Navýšení zahrnuje máčení sazenic do hydrogelu a přidání biouhlu do jamky k sazenicím. Celkové náklady na zalesnění by byly 7.594 Kč/tis.ks. plus cena sazenic 3.539 Kč/tis.ks, tj. 11.133 Kč/tis.ks. Rozdíl v nákladech na první zalesnění je 3.949 Kč/tis.ks. Uvedené ceny jsou převzaty ze smlouvy o provádění komplexní lesnické zakázky SÚJ Choceň (LHE Choceň).

Tento rozdíl by byl naplněn, pokud by mortalita neošetřených sazenic po prvním zalesnění byla 55 %, což lze, při zjištěném kalamitním stavu, předpokládat. Při takto vysokém úhynu dojde i ke zpoždění odrůstání a následnému opakovanému zalesnění a posunu termínu zajištění. Pak je na uvážení a rozhodnutí, zda zvýšené náklady investovat.

7 Závěr

Výsledky pokusu, který měl ověřit účinnost biouhlu obohaceného o insekticid, repelent a mykorhizu nelze považovat za jednoznačně průkazné. Výsledky jsou ovlivněny průběhem počasí v průběhu pokusu, kdy došlo ke zjevnému poškození nadzemní velké části rostlin vlivem přísušku. Není zcela jasné, jak velký podíl na poškození se oba zmíněné faktory podílely. Z pohledu výsledků měření kořenů lze konstatovat, že kořeny byly poškozeny žírem ponrav.

Nejprůkaznější pozitivní výsledky vykazuje varianta biouhlu s kombinací insekticidu A, repelentu C a mykorhizy (AC+M) ve srovnání s kontrolní variantou biouhlu (K) bez přidaných přípravků. Zde ve všech měřených parametrech sledujeme statisticky významné rozdíly. V pořadí druhá varianta má výsledky měřených parametrů vždy o 15 % až 24 % nižší.

Lze konstatovat, že varianty s mykorhizou vykazují pozitivnější výsledky ve srovnání s variantami bez mykorhizy, výsledky tohoto srovnání však nejsou statisticky průkazné.

Pro ověření a možnost použití přípravku v praxi je nutno provést další kontrolní pokus, kdy výsadba bude provedena v období březen, začátek dubna, z důvodu větší pravděpodobnosti ujímavosti sazenic.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

8.1 Literatura

- Bulmer, M. G. (1977). Periodical insects. *The American Naturalist*, 111, 1099-1117.
- Delb, H. (2004). Monitoring der Waldmaikafer (*Melolontha hippocastani* F.) – Populationen und der Schaden durch Engerlinge in der nordlichen Oberrheinebene, Baden-Württemberg und Rheinland - Pfalz. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 56: 108-116.
- Escherich, K. (1923). Die Forstinsekten Mitteleuropas, Vol. 2. *Parey, Berlin, Germany*. 342-380.
- Ehrenberger, J. (2012). Odborná práce ke zkoušce OLH, *Lesy České republiky v Hradci Králové*, 27.
- Fojtíková, A. (2017). Využití biocharu ve vztahu k ochraně životního prostředí. *VŠB Ostrava*, 84.
- Głąb, T., Palmowska, J., Zaleski, T., & Gondek, K. (2016). Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*, 281, 11-20.
- Głowacka, B., & Sierpińska, A. (2015). Control of adult cockchafers *Melolontha* spp. with Mospilan 20 SP.
- Habětínová, L. (2017). Vliv insekticidních přípravků na žír ponrav chroustů na sazenicích borovice lesní, *ČZU v Praze*, 60.
- Hase, W. (1984). Der Maikäfer als Forstschädling in Schleswig-Holstein. *Schriften Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein*, 54: 103–115.
- Hejda, V. (2014). Chroust *Melolontha hippocastani* Fabr. významný škůdce lesních porostů LS Choceň, *MENDELU v Brně*, 38.
- Hejda, V. (2017). Chroust maďálový (*Melolontha hippocastani* Fabr.) významný škůdce lesních porostů LS Choceň, *MENDELU v Brně*, 49.
- Horber, E. (1955). *Oekologische und statistische Untersuchungen an Populationen des Feldmaikäfers (Melolontha vulgaris F.)*.

- Hůrka, K. (1955). Příspěvek k bionomii larev chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani* F.). *Zoologické a entomologické listy, IV*, 239-256.
- Christensen, K. (1986). The influence of cockchafers on the development of growth rings in oak trees. In: International symposium on ecological aspects of tree-ring analysis. August 17-21, Marry mount college Tarrytown, new York. *Durham, United States department of agriculture*: 142-154.
- Kapitola, P., Holuša, J. (2002). Lesní ochranná služba: Chrousti rod *Melolontha* F., *Lesnická práce*, 12/2002, 4.
- Kleinová, D. (2017). Ověření účinku repelentu na poškozování borových sazenic žírem ponrav chroustů, *ČZU v Praze*, 75.
- Knížek, M., Liška, J. (2018), Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2018, Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 201 a jejich očekávaný stav v roce 2018, *VÚLHM Strnady*, 75.
- Kowalska, J. (2001). May bugs – a threat and possibilities of control. *Sylwan*, 145(7), 97–105.
- Kratochvíl, J., Landa, V., Novák, K., Skuhravý V. 1953. Chrousti a boj s nimi. *Praha, Nakladatelství ČSAV*, 156.
- Křístek J., Urban, J. (2004). Lesnická entomologie. *Vyd. 1. Praha: Academia*, ISBN 80-200-1052-1, 445.
- Kula, E. et al. (2016), Možnosti snížení škod chroustem maďalovým (*Melolontha hippocastani* Fabr.) v území LS Strážnice. Výzk. zpráva, *GS LČR, Brno*, 82.
- Lisov, N., A. (1984). Impact of some ecological factors on place choice for oviposition of females of the forest cockchafer. In: Tsygankova E.N. (ed.): 9th Meeting of the All-Union Entomological Society. Proceedings. Kiev, October 1984. *Pt. 2. Kiev, Naukova dumka*, 19.
- Marek, M., Horsáková, I., Krchov, R., Pudil, F., Marek, A. (2015). Způsob výroby přípravku na bázi biouhlu pro podporu růstu rostlin, *CZ Pat. č. 305666, 2015*
- Matějčík, J. (2013). Lesnická opatření v gradačním území chrousta *Melolontha hippocastani* (LS Strážnice), *MENDELU v Brně*, 65.

- Musil, I., Hamerník, J. (2003). Lesnická dendrologie 1., Jehličnaté dřeviny, Přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin, *Česká zemědělská univerzita v Praze*, 177.
- Muška, A. (1975). Results of thirteen years observation of cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) swarming on the territory of Czechoslovakia. *Sborník UVTI – Ochrana rostlin* 11: 283–294.
- Oosterbaan, A. (2012). Damage to Christmas trees by larvae of *Melolontha melolontha* L. and control methods. Proceedings of the 10th International Christmas Tree Research and Extension Conference: IUFRO Working Unit 2. 02. 09 – Christmas Trees. *Eichgraben, Austria, 21–27 August 2011*; 2012: 114–119.
- Pešková, V. (2008). Houby na kořenech lesních dřevin, Mykorrhizy, leták LOS, Příloha časopisu LESNICKÁ PRÁCE ISSN 0322-9254, *Lesnická práce*, 12/2008, 4.
- Remeš, J; Bílek, L; Jahoda, M. (2016). Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenice borovice lesní. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (3): 197-202.
- Rohde, M. (1996), Experiments to reduce *Melolontha hippocastani* F. damages in the Hessian Rhein – Main – Plain. Proc. of the meeting „Integrated control of soil pests“, *Freiburg, Germany, 23–25 October, 1995. IOBC/WPRS Bulletin*, 19(2): 89–94.
- Schwerdtfeger, F. (1939), Über den Einfluss der Winterkälte auf den Maikäferengerlings. *Z. f. Pflkr. u. Pflanzenschutz*, 49: 95–100.
- Sierpińska, A. (2008). Spostrzeżenia na temat ekologii chrabaszczka majowego (*Melolontha melolontha* L.) i chrabaszczka kasztanowca (*Melolontha hippocastani* F.). *Progres Plant Protection*, 48 (3): 956-965.
- Sukovata, L., Jaworski, T., Karolweski, P., Kolk, A. (2015). The performance of *Melolontha* grubs on the roots of various plants species, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39 (1): 107-116
- Švestka, M. (2006). Distribution of tribes of cockchafers of the genus *Melolontha* in forests of the Czech Republic and the dependence of their swarming on temperature, *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 52, (11): 520–530
- Švestka, M. (2012). Chrousti rodu *Melolontha* v lesích České republiky v období 2003—2011. *Zprávy lesního výzkumu*, 57, 217—229.

Švestka, M., Balek, J. (2006). Ponravy chroustů opět ohrožují lesní školky a kultury, *Lesnická práce*, 85 (08): 32 s.

Švestka, M., Kapitola P. (2004). Přemnožení chroustů v lesích ČR a obrana proti nim. Sborník ze semináře Škodliví činitelé v lesích Česka 2003/2004, *Praha, 31.3.2004, Jiloviště-Strnady, VÚLHM*: 52-57.

Verheijen, F., Jeffrey, S., Bastos, A.C., Van Der Velde, M., Diafas, I. (2010). Biochar Application to Soils, A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions, 166.

Woreta, D., Sukovata, L. (2014). Survival and growth of the *Melolontha* spp. grubs on the roots of the main forest tree species, *Leśne Prace Badawcze*, 75 (4): 375-383

Voronstov, A. I. Osipov, V., E. (1980). The ecology of *Melolontha hippocastani* in the Buzuluk pine forest. *Lesovedenie*, (4): 56-64.

Záruba C. (1956). Ponravy, škůdci lesních školek a kultur. *SZN Praha*: 48 s.

8.2 Zdroje

Břendová, K., Tlustoš, P., Száková, J., Bohuněk, M., (2015). Využití biouhli (biocharu) k úpravě půdních vlastností. *Biom.cz* [online]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biouhli-biocharu-k-uprave-pudnich-vlastnosti>

Hydrogel (2019). AGRO CS a.s., č.p. 265, 552 03 Říkov [online]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_32696.pdf?id=32696

LHE LS Choceň, SÚJ Choceň, období 2.Q/2019

LHP Choceň, platnost od 1.1.2013 do 31.12.2022

Mapy.cz, [online]. <https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body>

Mykorhiza (zpracovali Mgr. M. Čuříková a Mgr. A. Látr) [online]. Dostupné z: <http://old.botany.upol.cz/prezentace/latr/Mykorhiza.pdf>

Regionální geomorfologické členění České Republiky [online]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/14_kapitola.htm

WinRHIZO, 2016 Basic, Reg, Pro & Arabidopsis For Root Measurement, REGENT INSTRUMENTS CANADA INC., Aug, 18th, [online] 2016

WinRhizo™, Produktová rodina pro analýzu kořenových obrazů a další [online]. Dostupné z http://regent.qc.ca/assets/images_winrhizo/WinRHIZO.pdf

Registr přípravků na ochranu rostlin. [online]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx>