

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Účinek mykorhizních přípravků na snížení povýsadbového šoku
při zalesňování zemědělských půd**

Bakalářská práce

Autor: Václav Trojan

Vedoucí práce: Ing. Martin Baláš, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Václav Trojan

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Účinek mykorrhizních přípravků na snížení povýsadbového šoku při zalesňování zemědělských půd

Název anglicky

Effect of Mycorrhizal Preparations on the Reduction of Post-planting Shock in the Afforestation of Agricultural Land

Cíle práce

Cílem práce je, prostřednictvím sledování ujímavosti a růstové dynamiky, posoudit vliv mykorrhizních přípravků na snížení šoku z výsadby u kultury lesních dřevin založené na bývalé zemědělské půdě.

Metodika

Vypracujte rešerši na téma povýsadbový šok a možnosti jeho omezení pomocí mykorrhizní inokulace.

Po dohodě s vedoucím práce založte výzkumnou plochu v kultuře lesních dřevin ve vybrané lokalitě v podmínkách Lesů hlavního města Prahy. Výsadba již byla v provozním režimu založena na podzim 2020, rovněž již byla provedena aplikace mykorrhizních přípravků.

Již během zimy 2021 (do začátku vegetačního období) proveďte měření dendrometrických parametrů. Zjištěné výsledky statisticky vyhodnoťte v BP.

Během podzimu 2021 (po ukončení přírůstu) proveďte druhé měření.

Harmonogram:

zima 2020/2021 – založení výzkumné plochy, iniciální měření

jaro, léto 2021 – literární rozbor (předložení průběžné verze do září 2021)

podzim 2021 – druhé měření

zima 2021/2022 – statistické vyhodnocení naměřených údajů, předložení průběžné verze BP

duben 2022 (podle oficiálních termínů) – finalizace a odevzdání BP

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran, grafické přílohy dle potřeby

Klíčová slova

zalesňování nelesních půd, příměstské lesy, podpora růstu sazenic

Doporučené zdroje informací

- GRYNDLER M. et al. (2004): Mykorhizní symbióza; O soužití hub s kořeny rostlin. Academia, Praha, 366 s., ISBN 80-200-1240-0.
- NILSEN P., BØRJA I., KNUTSEN H. BREAN R. (1998): Nitrogen and drought effects on ectomycorrhizae of Norway spruce [*Picea abies* L. (Karst.)]. *Plant and Soil*, 198: 179–184.
- PENNANEN T., HEISKANEN J., KORKAMA T. (2005): Dynamics of ectomycorrhizal fungi and growth of Norway spruce seedlings after planting on a mounded forest clearcut. *Forest Ecology and Management*, 213: 243–252.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. (2009): Srovnání rozvoje mykorhiz na krytých a exponovaných stanovištích horských smrčín. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 3: 223–230.
- PEŠKOVÁ V., TUMA M. (2010): Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 3: 211–220.
- REPÁČ I., VENCURIK J., BALANDA M. (2011): Testing of microbial additives in the rooting of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings. *Journal of Forest Science*, 57: 12: 555–564.
- SOUSA N. R., FRANCO A. R., OLIVEIRA R. S., CASTRO P. M. L. (2014): Reclamation of an abandoned burned forest using ectomycorrhizal inoculated *Quercus rubra*. *Forest Ecology and Management*, 320: 50–55.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Martin Baláš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2021

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Účinek mykorrhizních přípravků na snížení povýsadbového šoku při zalesňování zemědělských půd vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martin Baláše, 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 Praze dne

.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této bakalářské práce. V první řadě patří velký dík vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Martinu Balášovi, Ph.D., za odborné vedení a velkou pomoc při práci v terénu při sběru dat. Dále bych chtěl poděkovat paní doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D. za nastínění problematiky mykorhiz, panu Ing. Josefu Gallovi, MSc., Ph.D. za pomoc se statistickým vyhodnocením. Také bych rád zmínil mou rodinu a přátele, kteří mě podporovali nejen při zpracování této bakalářské práce, ale i po celou dobu studia.

Abstrakt

Účinek mykorhizních přípravků na snížení povýsadbového šoku při zalesňování zemědělských půd

Zalesňování na bývalých zemědělských půdách je novodobým fenoménem využitelnosti půd, které jinak jsou pro intenzivní zemědělství kvalitně nevyužitelné.

Práce se zaměřila na využití mykorhizních přípravků pro zlepšení ujímavosti, růstové dynamiky a snížení povýsadbového šoku u dřevin vysázených na bývalé zemědělské půdě. Pro ověření kladných vlivů mykorhizních přípravků na povýsadbový šok lesní dřeviny byla založena výzkumná plocha na bývalé zemědělské ploše s aplikací dvou mykorhizních přípravků Symbivit a Ectovit. Plocha byla zalesněna na podzim roku 2020. V rámci projektu Zelený pás kolem Prahy.

Kladný vliv mykorhizních přípravků Symbivit a Ectovit nebyl za dobu výzkumu prokázán. Nejlepších výsledků v rámci dendrometrického měření a ujímavosti bylo se znatelným rozdílem dosaženo ve variantě Kontrola, kde nebyl použit mykorhizní přípravek.

Mykorhizní špičky byly nalezeny na všech odebraných kořenových systémech dubu letního (*Quercus robur* L.) u všech tří variant (Ectovit, Symbivit, Kontrola). To dokazuje velkou kolonizační schopnost mykorhiz na této ploše i bez přidání pomocných preparátů u mladých jedinců.

Na výzkumné ploše byly sledovány dendrometrické veličiny, ujímavost a ostatní podpůrné znaky u 12 druhů dřevin. Za nejlépe prosperující dřevinu na této ploše lze po první vegetační sezóně považovat jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.) s nulovou mortalitou a největšími přírůsty tloušťky kořenového krčku a výšky jedince.

Klíčová slova: zalesňování nelesních půd, příměstské lesy, podpora růstu sazenic, mykorhiza

Effect of Mycorrhizal Preparations on the Reduction of Post-planting Shock in the Afforestation of Agricultural Land

Summary

The afforestation of the former agricultural land is a nowadays phenomenon of applicability of land that is not qualitatively exploitable for intensive farming.

This thesis focuses on the usage of mycorrhizal preparations for the improvement of survival, growth dynamics, and the reduction of post-planting shock by trees planted on former agricultural land. There was a research area created on the former agricultural land with the application of two types of mycorrhizal preparations called Symbivit and Ectovit in order to assess the influence of mycorrhizal preparations on the post-planting shock of the forest trees. The area was afforested in autumn 2020 as a part of the project Green belt around Prague.

The positive impact of mycorrhizal products Symbivit and Ectovit was not proven in the period of the research (first vegetation period after outplanting). The best results in the dendrometric parameters and the survival rate were reached in the Control option where no mycorrhizal products were used.

Sample trees of pedunculated oak (*Quercus robur* L.) were taken on each option (Ectovit, Symbivit, Control). Mycorrhizal caps were found on each root system. It proves high colonization ability of mycorrhiza in this area even without the addition of auxiliary preparations by young trees.

Dendrometric quantities, survival, and other supporting characteristics of 12 species of trees were observed in the research area. European ash (*Fraxinus excelsior* L.) can be considered as a tree species with the best prosperity in this locality. Ash showed zero mortality and the highest increment of the tree height and of the root collar diameter.

Keywords: Afforestation of non-forest land, suburban forest, support of plant growth, mycorrhiza

Obsah	
1. Úvod	12
2. Cíle práce	14
2. Literární rešerše	15
2.1. Mykorhizní symbióza.....	15
2.1.1. Ektomykorhizní symbióza	16
2.1.2. Endomykorhizní symbióza.....	18
2.2. Povýsadbový šok (stres).....	19
2.4. Lesy zvláštního určení	21
3. Metodika a Materiál	22
3.1. Lokalita	22
3.1.1. Obecné informace o lokalitě	22
3.1.2. Pedologické informace o lokalitě.....	22
3.1.2 Klimatické podmínky.....	23
3.2. Založení výzkumné plochy	25
3.3. Mykorhizní přípravky	26
3.3.1. Ectovit	26
3.3.2. Symbivit	26
3.4. Dendrometrická měření a další pozorování	27
3.5. Sledování přítomnosti mykorhizních špiček.....	27
3.6. Analýza dat.....	28
4. Výsledky	29
4.1. Ujímavost a druhové složení vysazených dřevin.....	29
4.2. Statistické zhodnocení mortality	32
4.3. Vyhodnocení kvality ožínání	33
4.4. Četnost suchých vrcholů	33

4.5. Dendrometrické měření.....	35
4.6 Sledování přítomnosti mykorhizních špiček.....	38
4.7. Doplnující charakteristiky.....	38
5. Diskuse	40
7. Závěr.....	44
8. Seznam literatury a použitých zdrojů	45
9. Seznam příloh.....	52
10. Přílohy	53

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Graf 1 Územní teploty kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ).....	24
Graf 2 Územní srážky kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ)	24
Graf 3 Poměr dřevin na výzkumné ploše.....	30
Graf 4 Kvalita zásahu[ks].....	33
Graf 5 Porovnání ostatních charakteristik v rámci variant[ks]	39
Tabulka 1 Početnost dřevin a mortalita celkem	29
Tabulka 2 Početnost dřevin a mortalita u varianty Ectovit.....	30
Tabulka 3 Početnost dřevin a mortalita u varianty Symbivit.....	31
Tabulka 4 Početnost dřevin a mortalita u varianty Kontrola	31
Tabulka 5 Procenta mortality a index statistická rozdílnosti [%]	32
Tabulka 6 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty ectovit.....	34
Tabulka 7 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Symbivit.....	34
Tabulka 8 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Kontrola	35
Tabulka 9 Průměrný výškový přírůst.....	36
Tabulka 10 Průměrný tloušťkový přírůst a statistický index	38
Obrázek 1 Geologická mapa v oblasti zájmové lokality (převzato z www.geology.cz)	23
Obrázek 2 Očištěný kořenový systém Quercus robur L.	28

Seznam použitých zkratk a symbolů

ČUZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
MS	Microsoft
Tab.	tabulka
BK	buk lesní
BO	borovice lesní
BRK	jeřáb břek
DB	dub letní
DG	douglaska tisolistá
HB	habr obecný
JL	jilm habrolistý
JS	jasan ztepilý
KL	javor klen
LP	lípa malolistá
MD	modřín opadavý
TR	třešeň ptačí
SV	suchý vrchol
K	draslík
Ca	vápník
Mg	hořčík

1. Úvod

Mykorhizní symbióza je formou symbiózy, která kombinuje kořeny rostlin a houbové organismy. Při jejich sloučení vzniká specifický útvar, který spojuje fyziologické procesy obou organismů (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Houby mají velký vliv na rozklad organických látek z opadu. Velké množství druhů hub má schopnost vytvořit symbiotické mykorhizy na kořenech lesních dřevin, a tím přispívají k příjmu minerálních látek. Přítomnost mykorhizní symbiózy a její kladný dopad na výživu stromu je důležitým aspektem při nahlížení na výživu daného jedince a populace (SOUKUP, PEŠKOVÁ, LANDA 2008).

Pro ověření vlivu mykorhizních přípravků na povýsadbový šok lesní dřeviny byla založena výzkumná plocha na bývalé zemědělské ploše. Plocha byla zalesněna na podzim roku 2020 v rámci realizace vize označované jako Zelený pás kolem Prahy (Poleno 1985). Zelený pás kolem Prahy je dlouhodobý projekt pražského magistrátu, který chce propojit nynější plochy zeleně s nově vytvořenou strukturou lesů a parků.

Zalesnění a aplikace mykorhizních přípravků byla provedena vlastníkem pozemku – organizací Lesy hlavního města Prahy. Pro ověření vlivu přípravků byla sledována ujmavost a přírůst u různých druhů dřevin na výzkumné ploše ve dvou ošetřených variantách a na kontrole. Kontrola byla varianta, kde se sazenice dřevin neošetřovaly mykorhizním přípravkem. Zjišťovány byly také další faktory, které představují ukazatele vitality, například výskyt suchého vrcholu nebo defoliace.

Účelem aplikace mykorhizních přípravků byla snaha o rychlejší vytvoření mykorhizních vztahů mezi vysazenými jedinci lesních dřevin v půdním prostředí dlouhodobě využívaném jako zemědělská půda, kde se nepředpokládá výskyt mykorhizních hub typických pro symbiózu s lesními dřevinami. Rychlé vytvoření mykorhizních vztahů je důležitý předpoklad pro omezení povýsadbového šoku a obnovení růstu vysazených stromků. Povýsadbový šok se projevuje sníženou vitalitou a pomalým růstem. Proto byl sledován výškový tloušťkový přírůst a doplňkově také výskyt suchého vrcholu či defoliace. Rovněž byl sledován vliv pěstebních prací, konkrétně vyžínání konkurenční vegetace (buřeně).

V rámci laboratorní činnosti bylo náhodně odebráno patnáct jedinců *Quercus robur* L. vždy po pěti kusech na variantu a na jejich kořenovém systému byla zkoumána přítomnost mykorhizních špiček.

2. Cíle práce

Cílem práce je, prostřednictvím sledování ujímavosti a růstové dynamiky, posoudit vliv mykorhizních přípravků na snížení šoku z výsadby u kultury lesních dřevin založené na bývalé zemědělské půdě.

2.Literární rešerše

2.1. Mykorhizní symbióza

Mykorhizní symbióza je oboustranně prospěšné soužití kořenů rostlin a houbového organismu. Rostlina houbě předává cukry. Houba pomáhá pro lepší příjem důležitých minerálních živin a vody a v době nedostatku živin dokáže houba uvolňovat živiny, které nasrádala do svých zásobních orgánů (MEJSTŘÍK 1998; GRYNDLER et al. 2004).

Stálost a účelovost lesních ekosystémů podléhá působení mnoha biotických a abiotických faktorů. Je prokázáno, že většinu hub lze považovat za citlivé bioindikátory pro stabilitu lesa způsobenou ektomykorhizním soužitím (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Mykorhizní houba osídluje kořen systematicky. Zaměřuje se na části, které nazýváme kořenová pokožka (rhizodermis) a (primární) kořenová kůra. Tyto části unikátním způsobem pozměňuje (GRYNDLER et al. 2004).

Kořen a mykorhizní houba, které tvoří mykorhizní symbiózu, mají prokazatelně větší příjem důležitých látek, jako je například fosfor, draslík a dusík. Tato schopnost se stává velmi užitečnou v prostředí s malou koncentrací těchto živin anebo, když jsou tyto látky v nerozpustné formě (GRYNDLER et al. 2004).

Jedna z velmi užitečných vlastností mykorhiz je možnost ukládat minerální látky a v době nouze tyto látky předávat rostlině (PETERSON et al. 2004).

Pro vznik mykorhizní symbiózy platí, že v půdě musí být obsaženy živé mykorhizní houby. Tyto mykorhizní houby mohou být ve formě spor, takzvaných klidových stadií, anebo už symbiotických rostoucích, případně vegetativních, mycelií (GRYNDLER et al. 2004).

Prokázalo se, že houby jsou dobrými ukazateli pro takzvanou ekotrofní stabilitu lesa v rámci jejich ektomykorhizních koexistencí (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Rozvoj drobných kořenů a ektomykorhiz je řízen vnitřními činiteli anebo okolnostmi v půdním prostředí, například kyselostí, distribucí vody apod. Mykorhizy mohou být ovlivňovány také průběhem počasí a z toho vyplývajícími změnami vlhkosti a teploty v prokořeněném půdním profilu. Systém

mykorhizních kořenů je velmi choulostivý na zakyselení, přihnojování a vápnění půdy (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2009).

Mykorhizní symbióza se nachází u více jak 95 % rostlin. Bez mykorhizy jsou například vodní rostliny a rostliny nacházející se u vodního prostředí na zamokřených stanovištích a zpravidla také rostliny na stanovištích pozmeněných člověkem (takzvané ruderální stanoviště). Rozšíření jemných kořenů u lesních dřevin je omezeno dvěma hlavními faktory, a to dostupností živin a vody. Omezení růstu a funkce jemných kořenů také způsobuje velká koncentrace rizikových prvků. Pro vývoj jemných kořenů lesních dřevin a ektomykorhiz jsou velmi vyhovující vrstvy nadložního humusu a svrchní minerální horizont (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

Ve světě je známo více typů mykorhizní symbiozy. Dva základní typy jsou endomykorhizní a ektomykorhizní typ. Přechodným typem je ektendomykorhizní symbióza (PETERSON et al. 2004).

Životnost mykorhizních krátkých kořenů smrku ztepilého se pohybuje od 1 do 3 let (MAJDI, DAMM, NYLUND 2001).

Mykorhizace je závislá na zátěži dusíku a fyziologickém stavu hostitelské rostliny. Hlavní je schopnost hostitelské rostliny přijímat a následně ukládat dusíkaté sloučeniny, což se následně projeví na zvýšení koncentrace dusíkatých sloučenin v pletivech dané rostliny (NILSEN et al. 1998).

2.1.1. Ektomykorhizní symbióza

Dřeviny v oblasti mírného pásu vytvářejí mykorhizu převážně s ektomykorhizními houbami (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

Kořeny a krátké kořínky s ektomykorhizou mají svojí jedinečnou anatomickou stavbu. Krátké kořínky nemají kořenové vlášení a rostou pomaleji oproti kořínkům, které neosídlila mykorhizní houba. Ektomykorhizní kořínky se nacházejí převážně ve svrchní vrstvě půdy, kde je větší obsah humusu (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

V přirozených ekosystémech ektomykorhiza tvoří velmi důležitou roli, jelikož mezi ektomykorhizní druhy se řadí většina našich hlavních dřevin. Jmenovitě dub, buk, smrk, borovice, jedle, bříza a další. Část listnatých dřevin je schopna tvořit

jak ektomyhorhizu, tak i endomyhorhizu. Konkrétně to je například olše, vrba, lípa (MOLINA et al. 1992).

Dřeviny, které mají aktivní ektomykorhizní soužití, se lépe přizpůsobují nevhodným podmínkám vnějších vlivů než dřeviny bez aktivního ektomyhorhizního soužití (PEŠKOVÁ 2000; VOSÁTKA 2002).

Růst kořínků se zpomalí při růstu hyfového pláště a následně začne charakteristické větvení. Charakteristiky hyfového pláště, jako je například tloušťka pláště, se odvíjejí od vnitřních i vnějších faktorů. Vnějšími faktory jsou například stanovištní podmínky, druh hostitelské dřeviny. Do vnitřní struktury kořene proniká houba mechanicky, k čemuž jí slouží prostory mezi buňkami primární kůry, kde vytváří Hartigovu síť (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

Z povrchu pláště často vyrůstají do půdního prostředí další myceliální struktury (extramatrikální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy) (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

Určení druhu houby, která tvoří mykorhizu, podle vnějších znaků je obvykle velmi složité, jelikož větší vliv na morfologické charakteristiky má hostitelská dřevina než houbový symbiont. Vitalita ektomykorhizního kořenu je závislá na vnějších i vnitřních faktorech. Odhadovaná horní hranice vitality jsou dva roky (MEJSTRŮK 1988).

Ektomykorhizní symbióza byla nalezena u 2000 druhů rostlin (ROSYPAL et al. 2003, GRYNDLER et al. 2004).

Míní se, že přibližně 5000 druhů hub má schopnost vytvářet ektomykorhizu. Největší počet z těchto hub náleží do třídy stopkovýtrusých (Basidiomycetes) a také do třídy vřeckovýtrusých (Ascomycetes) (MOLINA et al. 1992).

Ektomykorhizní houby se objevují i v lesních školkách. Ve velkém množství to jsou takzvané pionýrské a ruderální houby s nízkou hostitelskou specificitou, krátkou vegetační fází a vysokou rychlostí růstu. Jsou známé i svou všudypřítomností v přírodě, ale kvůli nízké konkurenceschopnosti jejich počet po výsadbě sazenic na lesní stanoviště často rychle klesá, resp. jsou nahrazovány jinými druhy, typickými pro lesní prostředí (IWAŃSKI et al. 2006).

Ukázalo se, že při inokulaci ektomykorhizní houbou *Rhizopogon* spp., která také kolonizuje sazenice *Pinus pinea*, se výrazně zvýší koncentrace N a P

v inokulovaných rostlinách. Zvyšuje se také a přežívání a přírůst sazenic *Pinus pinea*, které se dříve vysázely na ornou půdu a následně jim byla inokulována *Rhizopogon* spp. To naznačuje i velmi dobrou konkurenční schopnost hub rodu *Rhizopogon* spp. (IWAŃSKI et al. 2006).

Velké množství nalezených ektomykorhiz na ploše mělo podobnou morfologii jako ektomykorhizy nalezené ve školkách. Školkařské ektomykorhizy mohou potlačit počáteční kolonizaci původních hub na daném stanovišti, jelikož školkařské houby mohou být lepšími konkurenty na holinách a svahovitých výsadbách (PENNANEN 2005).

Na druhou stranu, většina ektomykorhizních hub vyskytujících se ve školkách jsou také původními druhy v přírodě (JONES et al. 2002).

Minerální půda je důležitým rezervoárem pro ektomykorhizní inokula (ROSLING et al. 2003).

Nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi ektomykorhizním společenstvem borovice lesní vysazené do humusové vrstvy a do nepřevrstvené minerální půdy. Příprava stanoviště a prováděná jako mechanické odstranění stromového patra snížila diverzitu ektomykorhiz (DAHLBERG 1990).

Aplikací přípravku Ectovit byla výrazně ovlivněna koncentrace K, Ca a Mg v jehlicích ve srovnání s ostatními přípravky. V tomto experimentu se ukázalo, že aplikace alginátových perliček, laboratorně vyrobeného inokula a vybraných komerčních mikrobiálních produktů na kořenový substrát neměla žádný významný vliv na zakořeňování, mortalitu, početnost ektomykorhiz, růst kořenů a výhonků smrku ztepilého (REPÁČ, VENCURIK, BALANDA, 2011).

Mykorhizace ektomykorhizními houbami ve školkařské fázi je v současnosti považována za ekologický přístup zlepšení kvality pěstování sazenic (OLIVEIRA et al. 2012).

2.1.2. Endomykorhizní symbióza

Mezi endomykorhizní typy patří arbuskulární, erikoidní (arbutoidní, monotropoidní), orchideoidní (PETERSON et al. 2004).

Endomykorhizní symbióza je symbióza, která se tvoří uvnitř kořenů, a proto není pouhým okem vidět (ROSYPAL et al. 2003).

Na rozdíl od ektomyhorhizy, vlákna endomykorhizy pronikají i do mezibuněčných prostorů. Nevytvorí se hyfový plášť ani Hartigova síť. Nejčastějším typem je arbuskulární mykorhiza. Tvoří specifické útvary takzvané arbuskuly, které mají vstřebávací funkci. V buňkách se také vytvářejí takzvané vezikuly, které mají zásobní funkci. Vzhledem k tomu, že houby způsobující arbuskulární mykorhizy netvoří plodnice, ale pouze okem nepozorovatelné struktury v půdě a kořenech rostlin, je studium druhové diverzity těchto hub stále velmi složité. Arbuskulární mykorhizu poznáme pouze pod mikroskopem podle stromečkovitých útvarů (tzv. arbuskulů), které se vytváří uvnitř buněk kořenů rostlin (PERGL et al. 2020).

Endomykorhizní symbióza je zatím charakterizována pro 1000 rodů rostlin, které náleží do 200 čeledí. Odhad však hovoří až o 300 000 druzích rostlin, do které se většinou řadí zemědělské plodiny. Početnost druhů ektomykorhizních hub je v porovnání s počtem druhů hostitelských rostlin velmi nízká. Převážně náleží do třídy Zygomycetes (ROSYPAL et al. 2003).

2.2. Povýsadbový šok (stres)

Hlavním faktorem, který způsobuje povýsadbový šok, je stres z nedostatku vody, který je dán zejména omezenou schopností rostliny čerpat vodu z půdy, neboť během manipulace se sadebním materiálem před a během výsadby dochází k jistému poškození kořenového systému. Navíc u čerstvě vysazené rostliny je nutně omezena hloubka kořenového systému. Krytokořenné sazenice dokáží ztratit až 80 %. Část vody, která v kořenech zůstane, nestačí pokrýt nároky dřevin na vodu (SMÝKAL et al. 2008).

Povýsadbový šok se téměř vždy očekává a nastupuje, pokud se používá prostokořenný sadební materiál (Kriegel 2002; Hobza et al. 2008).

Stresu ze sucha jsou vystavené i dřeviny pěstované v pěstebních obalech s více buňkami či obalu s jednou buňkou, tj. jako krytokořenné. Čím je lehčí substrát v kontejnerech, tím více dřevina trpí na povýsadbový šok (SMÝKAL et al. 2008).

Po výsadbě dřevina velmi rychle spotřebuje vodu z kořenového zemního balu. Jelikož bal obsahuje pouze část vody, kterou dřevina měla k dispozici ve školce před vysazením na lesní stanoviště, takové množství nepostačuje k potřebám

dřeviny z hlediska transpirace, pokud není doplněno srážkovou vodou. Umělá zálivka po výsadbě zpravidla nemůže být zajištěna (SMÝKAL et al. 2008).

Povýsadbový šok, který se projevuje jako částečné či téměř úplné pozastavení výškového přírůstu, přetrvává i po třech letech od výsadby. Příčinou zpomalení až úplného zastavení přírůstu jsou nepříznivé půdní podmínky, které jsou způsobené výrazně střídavou vlhkostí. Zápornou roli také hraje velmi suché počasí. Přihnojení hnojivem může pomoci překonat povýsadbový šok a restartovat přírůst stromů (BALÁŠ et al. 2018).

Povýsadbovým šokem neprocházely krytokořenné výpěstky a už po prvním roce prokazují rostoucí výškový přírůst (NÁROVCOVÁ 2016).

Úspěch obnovy a následného překonání šoku z výsadby je ovlivněno jakostí kořenového systému (Davids, Jacobs 2005).

Voda obsažená v kořenovém balu přednostně uniká do okolní půdy, neboť ještě neprobíhá kapilární vztlínání a opačný směr prostupu vody (z okolí do kořenového balu) je pomalý. Proto kořeny na povrchu kořenového balu jen obtížně využívají vlhkost okolní půdy. Již po dvou dnech může dojít ke zpomalení vstřebávání vody i zdravými a živými jemnými kořeny (SMÝKAL et al. 2008).

Aby sazenice nebyla vystavena ohrožení suchem, je nezbytné, aby její kořenový systém dorostl do velikosti, která plně pokryje nároky dřeviny na vodu. Než se kořenový systém rozroste na velikost, kterou měl ve školce, může trvat až několik let, podobně jako nějaký čas trvá, než se kořenový systém z kořenového balu obnoví do normální velikosti (SMÝKAL et al. 2008).

Indikátor, který nás upozorní na přetrvávající stres, je omezený přírůst makroblastů (letorostů) dřevin. Růst se zpomaluje po přesazení a jeho obnovení se projeví po regeneraci kořenového systému. Růst rostlin limituje mnoho faktorů jmenovitě světlo, teplo, dostatek živin, voda, genetika. Největším faktorem, který limituje růst dřeviny při vysazení, je voda (SMÝKAL et al. 2008).

Délka povýsadbového šoku závisí na kvalitě sazenic a jejich velikosti, kvalitě výsadby, povýsadbové péči, podmínkách půdy a vysázeném taxonu (SMÝKAL et al. 2008).

2.4. Lesy zvláštního určení

Lesy zvláštního určení se vyhláší na takových místech, kde jejich specifická funkce nemůže být zajištěna v běžném provozu zaměřujícího se na produkci dříví. V lesích zvláštního určení je velký společenský tlak, který nutí správce lesních majetků uplatňovat specifická obnovní a výchovná opatření. Tato opatření jsou ve většině případů spojena se zvýšením vkladů a musejí být ekonomicky zajištěna (VACEK et al. 2017).

Příměstské a další lesy, které mají zvýšenou funkci pro rekreaci, jsou vyhlášeny jako lesy zvláštního určení jen v místech, kde je antropický tlak tak vysoký, že by nepřiměřeně zasahoval do podstaty lesa a vedl k jeho znehodnocení, například i pro rekreační účely. Do této subkategorie zařazujeme parkové lesy, které jsou zakládány a spravovány podle zvláštní směrnice. Následně to jsou lesní celky v blízkém dosahu velkých měst (VACEK et al. 2017).

Zalesnění půd, které jsou nepatřičné k intenzivnímu zemědělskému využití se v předešlých letech dostává do velkého zájmu společnosti. Jsou to takové půdy, kde zalesnění je jeden z nejvhodnějších způsobů využití. Odhad vhodných lokalit je od desítek až po stovky hektarů (KACÁLEK, BARTOŠ 2005).

3. Metodika a Materiál

3.1. Lokalita

3.1.1. Obecné informace o lokalitě

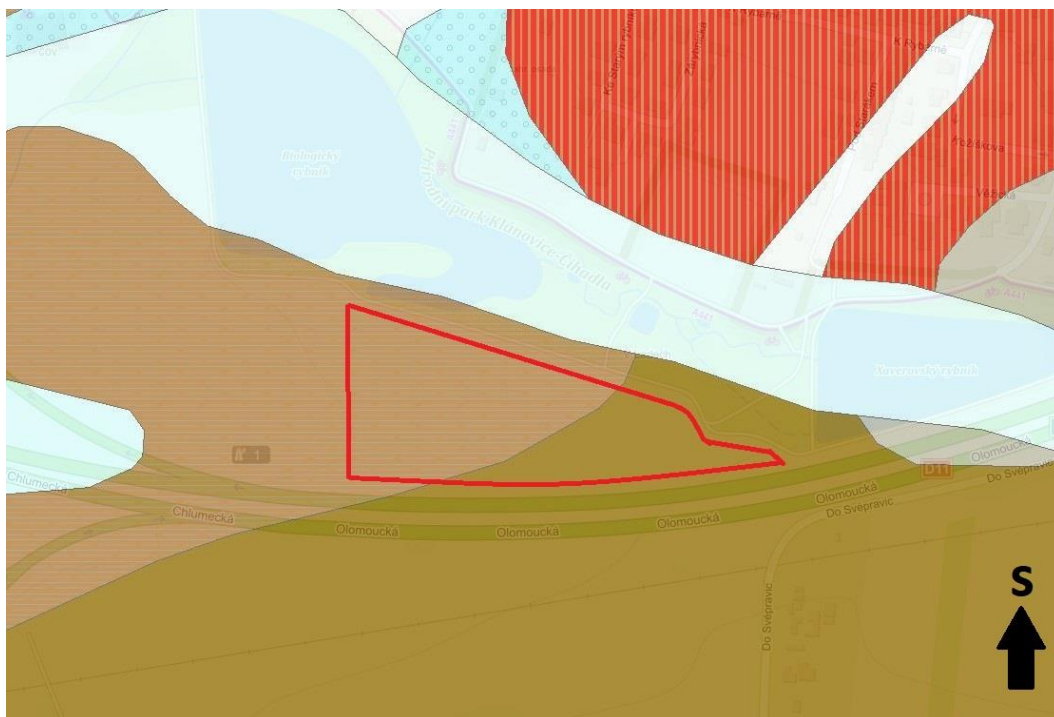
Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj sazenic bylo provedeno na lokalitě s místním názvem V Ladech, která se nachází v obci Praha v okrese Hlavní město Praha, katastrální území je Horní Počernice. Vlastnické právo má Hlavní město Praha (ČUZK 2022). Pozemek se nachází mezi dálnicemi D11 a D0. Lesní porost bude mimo jiné tvořit hlukovou bariéru mezi dálnicí a obytnou zónou. Souřadnice středu výzkumné plochy jsou 50.0994N, 14.5997E.

3.1.2. Pedologické informace o lokalitě

Na lokalitě se nacházejí čtyři bonitované půdně ekologické jednotky. Jmenovitě BPEJ 22601 půdní typ kambizemě málo produkční. Třída ochrany 3. Celková výměra pro danou lokalitu činí 364 m². BPEJ 22604 půdní typ kambizemě, třída ochrany 4, podprůměrné produkční půdy s omezenou ochranou. Celková výměra pro danou lokalitu činí 2071 m². Rozlohou nejzastoupenější je BPEJ 26100. Půdní typ je černice. Půdní substrát tvoří nivní uloženiny a slíny. Třída ochrany 2. Její celková rozloha pro lokalitu činí 29951 m². Poslední BPEJ, která se nachází na dané lokalitě je BPEJ 26811, půdní typ je glej. Půdotvorný substrát tvoří jíly, koluviální sedimenty, smíšené svahoviny. Třída ochrany 5. Celková výměra BPEJ 26811 činí 528 m² (ČUZK 2022).

Z geologické mapy České republiky (obrázek 1) je patrné, že lokalita je tvořena z hornin zelený jílovec, jílovitá břidlice (na mapě znázorněno hnědou barvou) a tmavošedý jílovec a prachovec (zeleně). Na mapě je červeně označena hranice zájmové lokality.

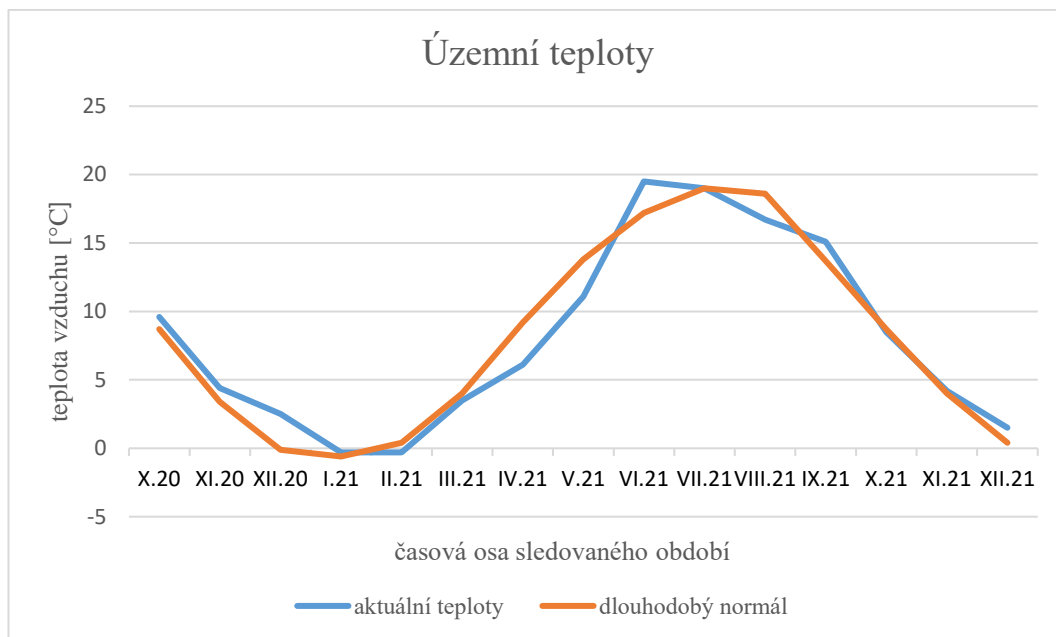
Pozemek byl v minulosti dlouhodobě využíván jako zemědělská (orná) půda. Před vlastním zalesněním byl pozemek pokryt vrstvou rybníčního bahna, které bylo pomocí půdní frézy promíseno s orníci.



Obrázek 1 Geologická mapa v oblasti zájmové lokality (převzato z www.geology.cz)

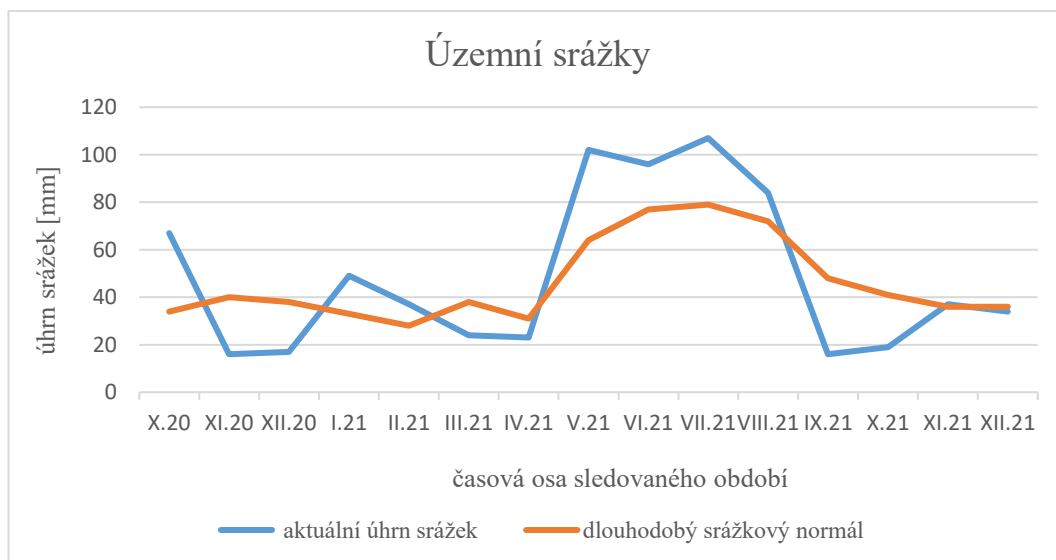
3.1.2 Klimatické podmínky

Sledované období pro vyhodnocení klimatických podmínek bylo stanoveno od října 2020, kdy proběhla podzimní výsadba, do konce roku 2021, tj. období o délce 15 měsíců. Data byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu. Na grafu číslo 1 je aktuální průběh teploty znázorněn modrou barvou a pro porovnání byla přidána data z dlouhodobého normálu teploty vzduchu. Průměrná aktuální teplota vzduchu za sledované období a dlouhodobý normál se liší pouze o 0,043 °C, kdy vyšších teplot nabývá hodnota průměru aktuálních teplot vzduchu za sledované období. (Graf 1). Teplotní zvýšení je v době globální změny klimatu očekávané a nepředstavuje závažný rizikový faktor (ČHMÚ 2022).



Graf 1 Územní teploty kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ)

Z pohledu klimatických podmínek, které mohou být zásadní pro náš výzkum, byla sledována územní velikost srážek, a to za stejné časové období jako pro územní sledování teploty vzduchu. Aktuální úhrn srážek za sledované období byl o 33 mm vyšší oproti dlouhodobému normálu úhrnu srážek. (Graf 2),



Graf 2 Územní srážky kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ)

Z toho můžeme vyvodit, že klimatický vliv na rostliny byl na naší lokalitě z hlediska teplot pouze okrajový, a z hlediska vlhkosti spíše kladný.

3.2. Založení výzkumné plochy

Výzkumná plocha byla vytvořena na bývalé zemědělské ploše, která byla zalesněna v říjnu 2020. Velikost celé zalesněné plochy činí 3,2 ha. Použit byl dvouletý krytokořenný sadební materiál pestrého druhového složení. Největší podíl má *Quercus robur* L., hojněji je zastoupen *Fagus sylvatica* L., *Tilia cordata* Mill., *Carpinus Betulus* L. a *Cerasus avium* (L.) Moench. Dále je přimíšena *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Fraco., *Ulmus* sp., *Acer pseudoplatanus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Larix decidua* Mill., *Pinus sylvestris* L. a *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. Zalesnění proběhlo pomocí rýhového zalesňovacího stroje.

Pro náš výzkum bylo vybráno umístění výzkumné plochy u jihozápadního rohu. Tento roh byl zvolen z důvodu největší vzdálenosti od cesty pro pěší, za účelem alespoň částečné ochrany před vandaly. Byly vylišeny tři varianty jmenovitě Symbivit, Ectovit a Kontrola. Každá varianta po 800 ks jedinců, tj. dohromady 2400 jedinců. Měřená plocha byla posunuta cca 10 m od okraje zalesněného pozemku, aby byl snížen dopad okrajového efektu na výsledky. U variant Ectovit a Kontrola bylo vytvořeno 8 řad po 100 jedincích. U varianty Symbivit bylo vytvořeno 6 řad. Řady jedna až čtyři po 130 jedincích a řada pět a šest po 140 jedincích. Změna v počtu řad byla zapříčiněna užším pruhem, na který byl aplikován mykorrhizní přípravek Symbivit, proto muselo být vylišeno méně řad. Mezi přechodem variant byla vynechána jedna řada pro lepší orientaci a zmírnění přechodového efektu dvou variant. Za účelem snadnější orientace bylo provedeno označení počátečního, koncového a každého desátého jedince v řadě pomocí barevné pásky.

Mykorrhizní přípravky byly aplikovány v souladu s doporučeními uvedenými v příbalových letácích. Přípravek Symbivit se aplikoval v granulované formě v množství 15 g ke každé sazenici. Aplikace probíhala nasypáním přípravku ke kořenům sazenice poté, co byla sazenice vložena do rýhy, vytvořené rýhovým zalesňovacím strojem, před zahrnutím rýhy radlicí. Přípravek Ectovit je dvousložkový. Před aplikací byly obě složky rozmíchány ve vodě. Do vzniklého kašovitého roztoku byly namáčeny kořeny (resp. kořenové baly) sazenic bezprostředně před výsadbou. Roztok vzniklý rozmícháním 300 g přípravku

(hmotnost obou složek dohromady) v 5 l vody vystačil na ošetření cca 100 ks sazenic.

V průběhu výzkumu se výzkumná plocha rozdělila na dvě části. Na část bez ožínání a na část, která byla ožnutá pomocí strunového křovinořezu. Hranice vyžínání probíhala zhruba okolo jedince s číslem 60, tj. přibližně v polovině. Vytyčení vyžnuté a nevyžnuté části bylo provedeno pomocí dřevěných kůlů, které byly označeny reflexní barvou pro lepší viditelnost. Celkem bylo 1078 jedinců (45 %) ve vyžnuté části a 1322 (55 %) v nevyžnuté části.

3.3. Mykorhizní přípravky

3.3.1. Ectovit

ECTOVIT® je přípravek založený na využití příznivých vlastností mykorhizních hub. Složení má následující, 4 druhy mykorhizních hub na tekutém nosiči, 2 druhy mykorhizních hub ve formě spor na rašelinovém nosiči s obsahem přírodních složek podporujících mykorhizu (humáty, mleté horniny, výtažky z mořských organismů) a granulí hydrogelu. Přípravek je vhodný pro dřeviny bříza, buk, cedr, dub, eukalypt, habr, habrovec habrolistý, kaštanovník, lípa, líska, olše, topol, vrba, jedle, jedlovec, modřín, smrk, borovice (SYMBIOM 2022).

Druhové složení použitých mykorhizních hub příbalový leták neuvádí. Jedná se o obchodní tajemství výrobce.

3.3.2. Symbivit

Přípravek SYMBIVIT® je granulovaný přípravek s následujícím složením. Přírodní jílové nosiče, 5 druhů mykorhizních hub, přírodní složky podporující mykorhizu (přírodní humáty, výtažky z mořských řas, mleté horniny) a částice hydrogelu. Přípravek je vhodný pro většinu okrasných jehličnanů (túje, tis, jalovec, cypriš), některé okrasné stromy a keře (javor, jasan, jeřáb). Nevhodný je pro borovici, smrk, jedli, buk, dub, břízu (SYMBIOM 2022).

3.4. Dendrometrická měření a další pozorování

Měření výšky stromků bylo provedeno pomocí výškoměrné latě s přesností na jeden centimetr. Měření se provádělo přiložením měřidla k danému jedinci a odečtením výšky ze stupnice metru. Vzhledem k občasnému naklonění některých jedinců, způsobeným nejčastěji nekvalitně provedenou výsadbou, byla místo výšky zjišťována délka kmínku (v dendrometrické terminologii). V průběhu dalšího růstu se předpokládá obnovení svislého směru kmínku. U více nakloněných jedinců, kde bude zřejmě srovnání kmínku trvat více vegetačních sezón, byla tato skutečnost zaznamenána. Při měření jedince se suchým vrcholem byla odečtena stupnice výšky na metru od paty kmínku k části, kde přechází v suchou část.

Měření tloušťky kořenového krčku bylo provedeno pomocí mechanického posuvného měřítka s přesností na jeden milimetr. Po umístění posuvného měřítka a sevření kořenového krčku do pevné a posuvné čelisti byla odečtena hodnota ze stupnice. Posuvné měřítko musí být vždy v pravém uhlu s kmínkem pro přesné měření tloušťky.

Dále byl zaznamenáván výskyt suchého vrcholu, tj. stav, kdy dolní část rostliny je živá a horní část odumřelá. K usychání vrcholu dochází vlivem nedostatku vody, zpravidla v kombinaci s povýsadbovým šokem. Dále byly sledovány následující parametry: defoliace, výmladek, zlom, useknutý jedinec, nekvalitní výsadba (zpravidla se jednalo o výrazné vyvýšení kořenového krčku nad povrch půdy) a poškození hlodavci.

3.5. Sledování přítomnosti mykorhizních špiček

Pro sledování přítomnosti mykorhiz se zaměřilo pozorování na jejich typický útvar na kořenech, takzvané mykorhizní špičky. Odběr vzorníkových stromků byl proveden v náhodném rozmístění. V každé variantě bylo vykopáno 5 náhodných jedinců nejpočetnějšího druhu na lokalitě *Quercus robur* L. s celým kořenovým systémem. Kořenové systémy byly v laboratoři očištěny, aby zbyl jen kořenový systém daného jedince (obr. 2), a pod mikroskopem byl sledován výskyt mykorhizních špiček. Stromky byly rozděleny do dvou skupin, jedinec s mykorhizními špičkami a jedinec bez mykorhizních špiček.



Obrázek 2 Očištěný kořenový systém *Quercus robur* L.

3.6. Analýza dat

Primární data byla digitalizovaná a analyzovaná v MS Excel pomocí deskriptivní statistiky. Statistické testy pro mortalitu byly provedeny v prostředí R (R Core Team 2022). Celková mortalita byla vypočítána jako procento mrtvých stromů k počtu vysázených stromů. K hodnocení ujímavosti (resp. mortality) byl použit Chí-kvadrát test závislosti v kontingenční tabulce (AGRESTI et al. 2008). Statistické testy pro přírůst výšky a tloušťky kořenového krčku byly provedeny v programu STATISTICA pomocí testu Kruskal-Wallis s následným mnohonásobným porovnáním. Pro veškeré statistické hodnocení byla zvolena standardní hladina statistické významnosti ($\alpha = 0,95$).

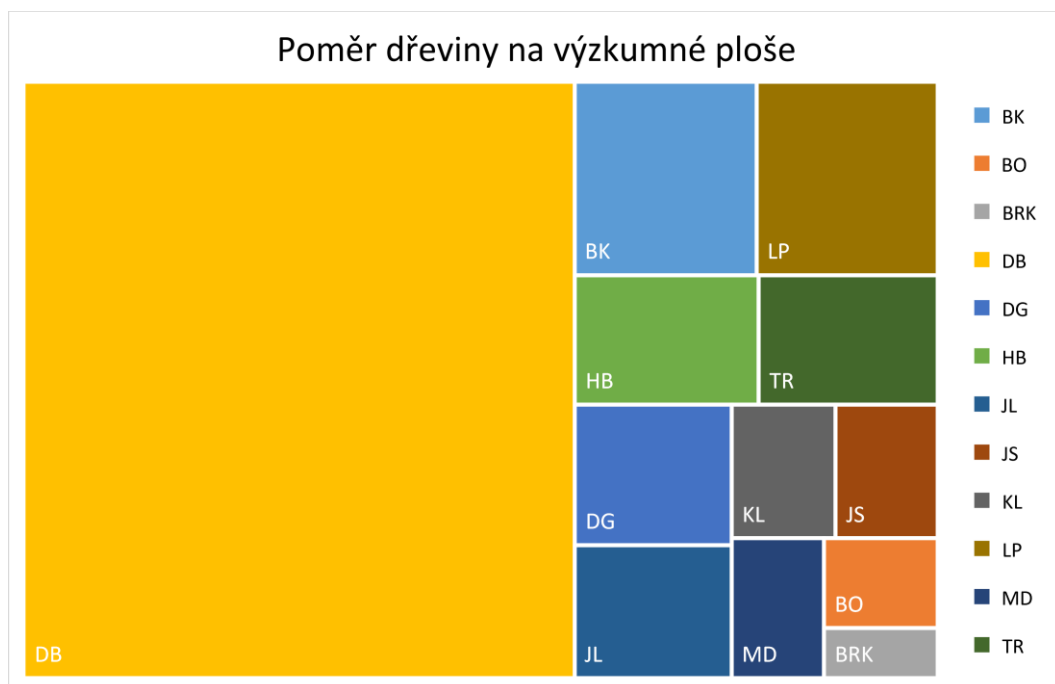
4. Výsledky

4.1. Ujímavost a druhové složení vysazených dřevin

Na začátku výzkumného období (jaro 2021) bylo naměřeno 2400 jedinců, tj. 800 ks pro každou variantu. Celkem se na lokalitě nachází 12 druhů dřevin s různým zastoupením. (Graf 3) Druh s největším zastoupením byl dub letní s celkovým množstvím 1447 jedinců. Při měření v období podzim 2021 bylo na lokalitě naměřeno celkem 2158 jedinců. Celková mortalita dosahuje 10 % (Tab. 1). Pro druh dub letní byla mortalita 9 %. Početnost dřevin v jednotlivých variantách a jejich mortalita je pro variantu Ectovit (Tab. 2), Symbivit (Tab. 3), Kontrola (Tab. 4).

Tabulka 1 Zastoupení dřevin a celková mortalita

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	Mortalita (%)
BK	155	131	15 %
BO	45	16	64 %
BRK	25	24	4 %
DB	1447	1317	9 %
DG	97	71	27 %
HB	105	95	10 %
JL	92	92	0 %
JS	60	60	0 %
KL	61	59	3 %
LP	154	150	3 %
MD	57	50	12 %
TR	102	93	9 %
celkem	2400	2158	10 %



Graf 3 Poměr dřevin na výzkumné ploše

Tabulka 2 Zastoupení dřevin a mortalita u varianty Ectovit

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	Mortalita (%)
BK	53	48	9 %
BO	23	11	52 %
BRK	9	9	0 %
DB	480	434	10 %
DG	34	26	24 %
HB	28	26	7 %
JL	15	15	0 %
JS	14	14	0 %
KL	31	31	0 %
LP	68	65	4 %
MD	21	18	14 %
TR	24	23	4 %
celkem	800	720	10 %

Tabulka 3 Zastoupení dřevin a mortalita u varianty Symbivit

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	mortalita (%)
BK	67	49	27 %
BO	16	4	75 %
BRK	14	14	0 %
DB	461	404	12 %
DG	27	14	48 %
HB	41	37	10 %
JL	36	36	0 %
JS	29	29	0 %
KL	10	9	10 %
LP	45	44	2 %
MD	22	19	14 %
TR	32	30	6 %
celkem	800	689	14 %

Tabulka 4 Zastoupení dřevin a mortalita u varianty Kontrola

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	mortalita (%)
BK	35	34	3 %
BO	6	1	83 %
BRK	2	1	50 %
DB	506	479	5 %
DG	36	32	14 %
HB	36	32	11 %
JL	41	41	0 %
JS	17	17	0 %

KL	20	19	5 %
LP	41	41	0 %
MD	14	13	7 %
TR	46	40	13 %
celkem	800	749	6 %

4.2. Statistické zhodnocení mortality

Velikost mortality vyjádřena v procentech a statistické zhodnocení mortality je v tab. 5. Statistické zhodnocení je zapsáno pomocí indexu, který udává statistickou rozdílnost mezi sledovanými skupinami jedinců. Statistické rozdíly v mortalitě mezi jednotlivými variantami nebyly zaznamenány u následujících 9 druhů dřevin, konkrétně borovice lesní, jeřáb břek, habr obecný, jilm sp., jasan ztepilý, javor klen, lípa malolistá., třešeň ptačí. Naopak statistické rozdíly byly pozorovány v případě dřevin buk lesní a douglaska tisolistá které mají významně vyšší mortalitu ve variantě Symbivit. Naopak u dřeviny dub letní je u varianty Kontrola zaznamenána významně nižší mortalita oproti ostatním variantám.

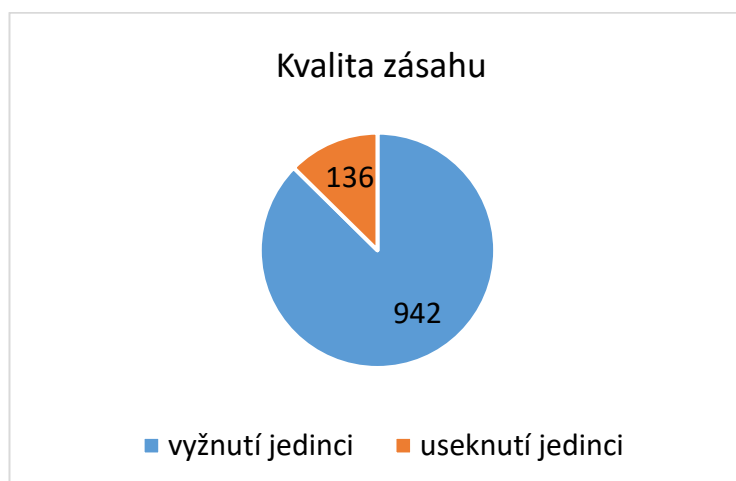
Tabulka 5 Procenta mortality a indexy statistické významnosti [%]

Dřevina	Ectovit	Symbivit	Kontrola
BK	9 ^a	27 ^b	3 ^a
BO	52 ^a	75 ^a	83 ^a
BRK	0 ^a	0 ^a	50 ^a
DB	10 ^a	12 ^a	5 ^b
DG	24 ^a	48 ^b	14 ^b
HB	7 ^a	10 ^a	11 ^a
JL	0 ^a	0 ^a	0 ^a
JS	0 ^a	0 ^a	0 ^a

KL	0 ^a	10 ^a	5 ^a
LP	4 ^a	2 ^a	0 ^a
MD	14 ^a	14 ^a	7 ^a
TR	4 ^a	6 ^a	13 ^a
celkem	10^a	14^b	6^c

4.3. Vyhodnocení kvality ožínání

Pro ověření vlivu konkurenční bylinné vegetace byla výzkumná plocha rozdělena na dvě části. Jedna část (zhruba polovina plochy) byla ponechána bez vyžínání (bylo provedeno jen vyšlapání stromků při měření), na druhé části bylo provedeno standardní provozní vyžnutí buřeně. Celkem bylo vyžínání provedeno kolem 1078 stromků, tj. u 45 % z celkového počtu jedinců na lokalitě. Useknuto bylo 136 jedinců, tj. 13 % z celkového počtu jedinců v části plochy, kde bylo provedeno vyžínání (Graf 4.).



Graf 4 Kvalita zásahu[ks]

4.4. Četnost suchých vrcholů

Při dendrometrickém měření byl sledován výskyt suchých vrcholů. Největší četnost suchých vrcholů v termínu podzim 2021 byla zjištěna u varianty Symbivit s 44,7 % (Tab. 7), následovala varianta Ectovit s 37,2 % (Tab. 6), nejmenší podíl

suchých vrcholů byl zjištěn na variantě Kontrola 34 % (Tab. 8). Z pořízených dat bylo dále zjišťováno, u kolika jedinců, u kterých byla v termínu podzim 2021 konstatována mortalita, se v předchozím termínu měření (jaro 2021) objevil suchý vrchol (v tabulce označeno jako SV » mortalita). Celkový počet takových jedinců byl 48 ks. Nejmenší podíl měla varianta Ectovit 3 ks, Kontrola 12 ks a nejvíce bylo napočítáno na variantě Symbivit 23 ks. Pro nejpočetnější druh dřeviny *Quercus robur* L. je podíl suchého vrcholu nejmenší u varianty Symbivit 21 % následuje Kontrola 36,3 %. Největší podíl byl napočítán u varianty Ectovit 43,3 %.

Tabulka 6 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Ectovit

dřevina	jaro (%)	podzim (%)	SV » mortalita (ks)	SV » mortalita (%)
BK.	3,8 %	35,4 %	1	50,0 %
BRK.	22,2 %	33,3 %	0	0 %
DB	6,7 %	43,3 %	2	6,2 %
HB	32,1 %	84,6 %	0	0 %
JL	0,0 %	6,7 %	0	0 %
JS.	7,1 %	0 %	0	0 %
KL.	25,8 %	67,7 %	0	0 %
LP	0 %	6,2 %	0	0 %
TR	8,3 %	52,2 %	0	0 %
celkem	7 %	37,2 %	3	6,3 %

Tabulka 7 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Symbivit

dřevina	jaro (%)	podzim (%)	SV » mortalita (ks)	SV » mortalita (%)
BK.	22,4 %	46,9 %	4	26 %
BRK.	8 %	11 %	0	0 %

DB	15 %	21 %	15	22 %
HB	26,8 %	70,3 %	1	9 %
JL	2,8 %	19,4 %	0	0 %
JS.	0 %	0 %	0	0 %
KL.	60 %	100 %	1	16 %
LP	0 %	18,2 %	0	0 %
TR	34,4 %	60 %	2	18 %
celkem	15,1 %	44,7 %	23	21 %

Tabulka 8 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Kontrola

dřevina	jaro (%)	podzim (%)	SV » mortalita (ks)	SV » mortalita (%)
BK.	11,4 %	26,5 %	0	0 %
BRK.	0 %	0 %	0	0 %
DB	16,8 %	36,3 %	4	5 %
HB	47,2 %	71,9 %	3	17 %
JL	0 %	9,8 %	0	0 %
JS.	0 %	5,9 %	0	0 %
KL.	30 %	63,2 %	1	16 %
LP	0 %	9,8 %	0	0 %
TR	45,7 %	70 %	5	23 %
celkem	16,6 %	34 %	12	10 %

4.5. Dendrometrické měření

Průměrný výškový a tloušťkový přírůst byl vyhodnocen pro 2158 jedinců. Statistická rozdílnost mezi variantami je v tabulce značena pomocí písmenných indexů. Stejně písmeno označuje skupiny dat bez statistické odlišnosti.

4.5.1. Výškový přírůst

Nejvyššího průměrného výškového přírůstu dosáhla varianta Kontrola, která podobně jako v případě mortality vykazuje nejlepší vitalitu. Vzhledem k množství suchých vrcholů však průměrný přírůst dosáhl záporné hodnoty (-2,32 cm). Následovala varianta Ectovit s -4,93 cm a nejmenších hodnot průměrného výškového přírůstu dosáhla varianta Symbivit s -5,76 cm. Kladného průměrného výškového přírůstu dosahoval jasan ztepilý a lípa malolistá. Kladný výškový přírůst byl ještě zaznamenán u modřín opadavý a borovice lesní, kde se ale projevila značná mortalita. Nejnižšího průměrného přírůstu v rámci všech tří variant dosáhly dřeviny habr obecný a javor klen. Nejrozšířenější dřevina dub letní měla nejvyšší přírůst pro variantu Kontrola -2,58 cm. Na variantě Ectovit byl přírůst -5,32cm a Symbivit -5,76 cm. Statistické srovnání variant odhalilo rozdílnost varianty Kontrola od dvou mykorrhizních variant Ectovit a Symbivit, které se v průměrném výškovém přírůstu od sebe neliší. Tento rozdíl ve variantách se nachází u dřevin buk lesní, dub letní, douglaska tisolistá., habr obecný. a také u celkového porovnání mezi variantami (Tab. 9).

Tabulka 9 Průměrný výškový přírůst

dřevina	Ectovit (cm)	Symbivit (cm)	Kontrola (cm)
BK	-2,85 ^a	-9,55 ^a	-1,47 ^b
BO	5,45 ^a	8,00 ^a	6,00 ^a
BRK	-5,11 ^a	-14,21 ^a	-8,00 ^a
DB	-5,32 ^a	-5,76 ^a	-2,58 ^b
DG	-8,87 ^a	-10,42 ^a	0,67 ^b
HB	-23,42 ^a	-19,81 ^a	-10,81 ^b
JL	0,73 ^a	0,13 ^a	3,46 ^a
JS	11,21 ^a	9,48 ^a	9,29 ^a
KL	-20,67 ^a	-28,44 ^a	-13,47 ^a

LP	2,80 ^a	0,72 ^a	1,92 ^a
MD	5,33 ^a	4,84 ^a	6,05 ^a
TR	-2,82 ^a	-9,23 ^a	-9,05 ^a
celkem	-4,93^a	-5,76^a	-2,32^b

4.5.2. Tloušťkový přírůst

Nejvyššího průměrného tloušťkového přírůstu dosáhla varianta Kontrola s průměrným tloušťkovým přírůstem 1,42 mm. Druhý největší tloušťkový průměrný přírůst byl naměřen na variantě Ectovit s 0,5 mm a nejmenších hodnot průměrného tloušťkového přírůstu dosáhla varianta Symbivit s 0,28 mm. Největšího průměrného tloušťkového přírůstu dosahoval jasan ztepilý. Nejnižšího průměrného přírůstu v rámci všech tří variant dosáhla dřevina borovice lesní. Nejpočetnější dřevina dub letní měla nejvyšší přírůst pro variantu Kontrola 1,38 mm; na variantě Ectovit a Symbivit byl přírůst 0,32 mm, resp. 0,17 mm. Statistické porovnání jednotlivých variant odhalilo rozdíly u většiny druhů, přičemž se zpravidla lišila Kontrola od dvou mykorhizních variant Ectovit a Symbivit, mezi kterými významný rozdíl v průměrném výškovém přírůstu zaznamenán většinou nebyl. (Tab. 10). Statisticky významný rozdíl v tloušťkovém přírůstu mezi jednotlivými variantami nebyl zaznamenán u čtyřech dřevin, a sice borovice lesní, jeřáb břek, jasan ztepilý, javor klen (Tab. 9). Dřevina, která má rozdílné všechny tři varianty, je dub letní.

Tabulka 10 Průměrný tloušťkový přírůst a statistický index

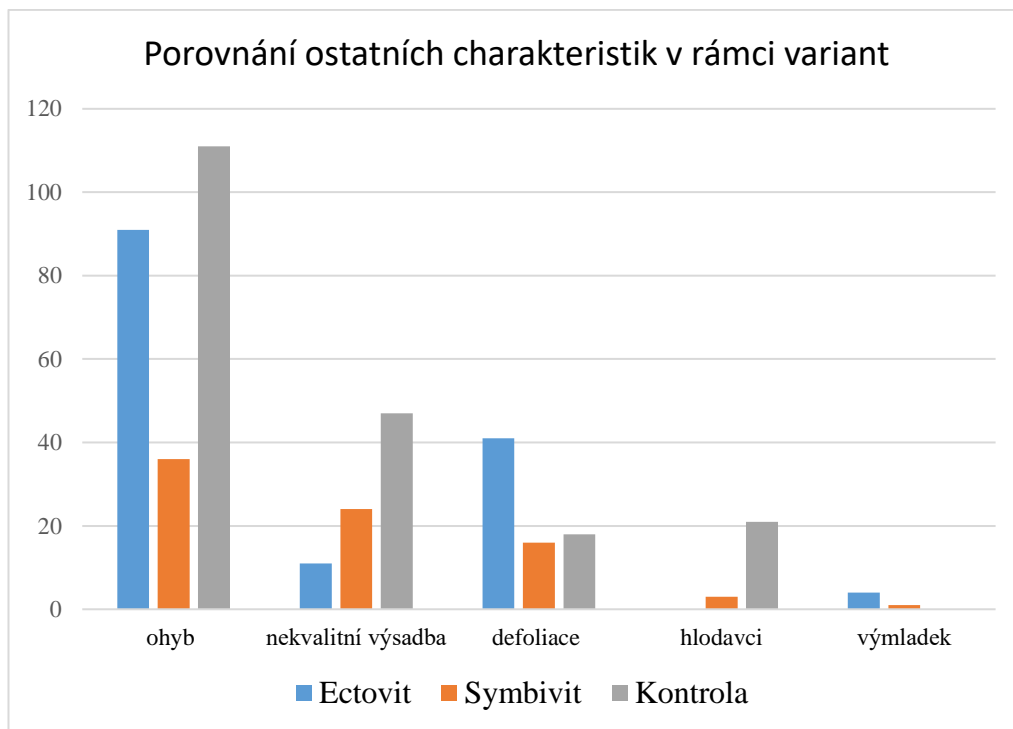
dřevina	Ectovit (mm)	Symbivit (mm)	Kontrola (mm)
BK	0,29 ^a	0,10 ^a	1,38 ^b
BO	0,27 ^a	0,00 ^a	1,00 ^a
BRK	0,55 ^a	0,64 ^a	1,00 ^a
DB	0,32 ^a	0,17 ^b	1,38 ^c
DG	0,62 ^a	0,21 ^a	1,16 ^b
HB	0,57 ^a	0,27 ^a	1,56 ^b
JL	0,86 ^a	0,33 ^a	1,39 ^b
JS	1,14 ^a	0,44 ^a	1,88 ^a
KL	0,90 ^a	0,77 ^a	1,42 ^a
LP	0,55 ^a	0,22 ^a	1,56 ^b
MD	0,72 ^a	0,73 ^a	1,33 ^b
TR	0,34 ^a	0,30 ^a	1,50 ^b
celkem	0,50^a	0,28^b	1,42^c

4.6 Sledování přítomnosti mykorhizních špiček

Mykorhizní špičky byly nalezené na všech odebraných vzorcích dřeviny dubu letního.

4.7. Doplnující charakteristiky

Mezi doplňující charakteristiky byly zařazeny ohyb, defoliace, nekvalitní výsadba a výmladek. Byla použita data z měření jaro 2021 a podzim 2021. (Graf. 5)



Graf 5 Porovnání ostatních charakteristik v rámci variant[ks]

5. Diskuse

Celkové množství 12 druhů dřevin na výzkumné ploše o rozsahu 2400 jedinců vytváří značnou druhovou rozmanitost. Až lesní výsadba odroste, bude představovat hodnotný krajinný prvek s protihlukovou, estetickou a rekreační funkcí. Porost bude významný i z výzkumného hlediska, přičemž bude možné sledovat nejen vliv mykorhizních přípravků na vitalitu stromků, jak bylo původně plánováno, ale také dynamiku odrůstání různých druhů v jednotlivém smíšení.

Nejpočetnějším druhem je dub letní., můžeme jej považovat za hlavní dřevinu a kostru budoucího lesního porostu. Jeho celková mortalita pro všechny tři varianty je 9 %. Tato hodnota již sama o sobě svědčí o přítomnosti mírného povýsadbového šoku. Nejlepších výsledků pro dub letní. dosáhla varianta Kontrola, tj. část výsadby bez přidání mykorhizních přípravků, kde mortalita byla pouhých 5 %. Přírůstové parametry zde byly ve srovnání s ostatními variantami rovněž lepší. Podíl výskytu suchých vrcholů byl pro dub letní nejmenší u varianty Symbivit, nejvyšší u varianty Ectovit. Přítomnost mykorhizních špiček byla sledována na kořenovém vlášení této dřeviny. Přítomnost se našla na všech 15 vzorcích bez ohledu na variantu. To nám dokazuje tedy, že i u vývojově mladých dřevin se mykorhizní houby dokážou objevit přirozeně a vytvořit symbiózu i v případě, že nebyl použit mykorhizní přípravek.

Velké mortality na celkové ploše dosahují jehličnany, převážně borovice lesní, která má celkovou mortalitu 64 %. V rámci jednotlivých variant se mortalita méně liší, ale vždy dosahuje hodnoty přes 50 %. Předpokladem, který způsobil tuto velkou mortalitu a defoliaci u jehličnanů a nejvíce u zmíněné borovice je podzimní výsadba, která u jehličnanů obecně není považována za vhodnou vzhledem k riziku vytranspirování vody přes zimní období, resp. měla by být provedena v časném podzimu, aby kořeny mohly do zimy alespoň částečně zregenerovat (Jurásek et al. 2010). Douglaska je na poškození kořenů a vytranspirování značně citlivá (Hofman 1964; Kšíř et al. 2015).

Mladé porosty, nárosty a kultury jsou na nedostatek vody vnímavější než starší porosty. Nejvíce sucho ohrožuje smrky, jedle a borovice (KŘÍSTEK et al. 2002). Tání sněhu je na holině rychlejší oproti porostu, kde koruny stromu zadržují část slunečního záření a brání výměně tepla mezi vzduchem a sněhem.

(POBĚDINSKIJ, KREČMAR 1984). Lesní porosty tak prodlužují tání a umožňují plynulé zasakování vody a lepší absorpci (KORF 1971). Na otevřeném prostranství sníh taje většinou rychleji (1,5–2krát oproti zapojenému porostu), což na zmrzlé (a špatně propustné) půdě může způsobit povrchový odtok (POBĚDINSKIJ, KREČMAR 1984). Lesní kultury na holině (tím spíše na bývalé zemědělské půdě) jsou proto značně náchylné k poškození suchem.

Ostatní dřeviny vykazovaly mortalitu většinou pod 10 %, což lze v daných podmínkách považovat za mírný úspěch. Bude záležet zejména na průběhu počasí v následujících několika letech, zda se bude mortalita výrazněji zvyšovat. Část mortality byla dále způsobena poškozením myšovitými hlodavci. Značnou roli v následujících letech zřejmě bude mít vývoj početnosti myšovitých hlodavců. První aktivita hlodavců byla zaznamenána na jaře 2021, a to nejvíce na variantě Kontrola, kde byla vyšší bylinná vegetace, která hlodavcům poskytuje kryt a potravní nabídku. Vliv vyžínání na početnost hlodavců nebyl hodnocen. Vyžínání bylo provedeno až na konci vegetační sezóny (těsně před podzimním termínem měření), proto zřejmě nemělo na výskyt hlodavců ve sledovaném období zásadnější vliv.

Poměrně častý výskyt suchých vrcholů potvrzuje výskyt relativně silných negativních vlivů působících na vysazené stromky. Nejvýraznějším škodlivým faktorem bylo zřejmě sucho, které se vyskytlo zejména v první části vegetačního období. Ačkoliv měsíční úhrny srážek dlouhodobě výraznější sucho nepotvrzují, na konci května a v červnu 2021 se vyskytlo několikátýdenní období s nadprůměrnými teplotami a s minimem srážek. Tento relativně málo významný přísušek, který starší porosty již nepoškodí, byl příčinou značného stresu v případě nově vysazených stromků, které ještě nebyly dostatečně zakořeněny. Lokálně mohlo negativně působit naopak dočasné zamokření, a to zejména ještě před začátkem vegetačního období. Zamokření bylo pozorováno přímo na místě a později také nepřímo podle pomístního rozvoje vlhkomilných bylin (*Deschampsia caespitosa*, *Persicaria maculosa* apod.).

Na části plochy s variantami Ectovit a Symbivit se projevilo mírné zamokření, které bylo patrně způsobeno zhoršenými vsakovacími poměry v půdě, způsobené zhutněním těžkou mechanizací. Přes část plochy totiž vedla dočasná trasa pro

nákladní vozidla, navážející vytěžené bahno z rybníka do protihlukového valu. Ani následná příprava půdy pomocí půdní frézy nedokázala zhutnění zcela eliminovat.

Zhutnění půdy je na většině stanovištích závažnou příčinou zásadního zhoršení produkčního potenciálu. Zhoršují se půdní vlastnosti. Využití půdních živin rostlinou klesá. Snižuje se retence půdy a vytvářejí se změny v rozložení vody v půdním horizontu (JAVŮREK, VACH 2008).

Rozdíly ve sledovaných parametrech patrně nejsou způsobeny vlivem mykorhizních přípravků, ale jako příčinu lze označit mikrostanovištní rozdíly v půdních vlastnostech, které však začaly být patrné až po založení výzkumné plochy.

Výzkumná plocha byla založená v rámci provozu podnikem Lesy hl. m. Prahy. S ohledem na provozní zjednodušení zalesňovacích prací nemohly být plně dodrženy některé metodické požadavky. Plocha je rozdělená do tří částí, kdy jednotlivé varianty (Symbivit a Ectovit) jsou umístěny vedle sebe (6 řad sazenic pro variantu Symbivit a 8 řad sazenic pro variantu Ectovit). Takové schéma experimentu je na jednu stranu výhodné z hlediska minimalizace vzájemného ovlivnění jednotlivých variant, na druhou stranu tímto způsobem nemůže být pokryta variabilita mikrostanovištních podmínek, zejména pedologických. Výsledky pak mohou být zkreslené. Pro případné další porovnávání účinnosti mykorhizních přípravků autor navrhuje schéma, ve kterém by se střídaly jednotlivé varianty (včetně kontroly) s řadami bez aplikace mykorhizních přípravků, které by fungovaly jako buffer. Takové schéma by lépe postihlo mikrostanovištní variabilitu a zároveň vykazovalo minimální vzájemné ovlivňování. Nevýhodou navrženého uspořádání je vyšší náročnost na plochu a počet sazenic, což v případě větší provozní výsadby nemusí hrát zásadní roli.

Po první vegetační sezóně lze jako nejúspěšnější dřevinu označit *Fraxinus excelsior* L., u kterého nebyl zaznamenán žádný mrtvý jedinec na celé výzkumné ploše. Nulovou mortalitu má i *Ulmus* sp., který také dosahuje nejnižšího podílu suchých vrcholů ve všech třech variantách, ale vykazuje horší hodnoty u přírůstových parametrů. Nízkou mortalitu vykazuje také *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Tilia cordata* Mill. a *Acer pseudoplatanus* L.

Fraxinus excelsior L. má také nejvyšší průměrný výškový přírůst a průměrný tloušťkový přírůst ze všech sledovaných dřevin. Vzhledem k minimálnímu výskytu suchého vrcholu je jasan jednou z mála dřevin, která nemá záporné hodnoty u průměrného výškového přírůstu. U ostatních dřevin jsou záporné hodnoty přírůstu způsobené častým usycháním vrcholu, což má spolu s minimální délkou náhradního vrcholu za následek snížení výšky živé části kmínku. Za mírně nadprůměrné listnaté dřeviny z hlediska vitality v rámci výzkumné lokality se dají považovat také dřeviny *Tilia cordata* Mill. a *Ulmus* sp., které si díky minimálnímu výskytu suchých vrcholů zachovaly kladný průměrný výškový přírůst u všech variant. V případě jasanu a jilmu je velké riziko fytopatologických problémů způsobených grafiozou jilmů a chřadnutí jasanů (*Chalara Fraxinea*).

Chalara fraxinea je tracheomykózní houba, která způsobuje hynutí jasanů. Nejčastěji jsou postižené odumíráním mladé porosty jasanů (ČERNÝ 2011).

Po příchodu grafiozy jilmu (*Ophiostoma novo-ulmi*) se jilmy na našich plochách staly v krátké době dřevinou ohroženou vymřením (NOVÁK, DUŠEK, SLODIČÁK 2014).

Kladných hodnot výškového přírůstu dosáhly i jehličnaté dřeviny (douglaska a modřín). Tyto druhy na jednu stranu vykazovaly značnou mortalitu, ale u přeživších jedinců většinou nebyl zaznamenán suchý vrchol, ale často pouze defoliace. I přes často jen velmi malý výškový přírůst, nabýval průměrný přírůst kladných hodnot.

7. Závěr

Práce se zabývá studiem vlivu mykorhizních přípravků Symbivit a Ectovit na zmírnění povýsadbového šoku sazenic lesních dřevin, vysazených na bývalou ornou půdu. Během první vegetační sezóny se na této lokalitě nepodařilo prokázat kladný účinek přípravků. Naopak, většina sledovaných parametrů je lepší na kontrolní variantě. Rozdíl je zřejmě dán nehomogenními mikrostanovištními charakteristikami, které před založením plochy nebyly známy a které vzhledem k provoznímu charakteru výsadby nebylo možné metodicky podchytit. Je však možné, že s rostoucím věkem dřevin se vliv mykorhizních přípravků ještě kladně projeví.

Nejlepší vitality dosáhly dřeviny *Fraxinus excelsior* L. a *Tilia cordata* Mill., naopak povýsadbový šok byl nejvíce patrný u DG, MD, BK a HB. Jasan a lípu je proto žádoucí využívat ve směsi s dalšími dřevinami pro zalesnění bývalých zemědělských ploch. V případě jasanu a jilmu je však potřebné brát v potaz riziko budoucích fytopatologických problémů, které v minulosti zasáhly především starší porosty.

Po prvním roce od vysazení vliv mykorhizních přípravků Ectovit a Symbivit není patrný. Nákup a aplikace přípravků představuje nákladovou položku rozpočtu pro zalesnění, přičemž pozitivní vliv se zatím neprokázal. Teprve v dalších letech bude možné vliv mykorhizních přípravků komplexně zhodnotit.

Mykorhizní symbióza je zajímavým fenoménem a její vlastnosti mohou pomoci s následným pěstováním porostů v období tepla, sucha a následného nedostatku živin, které prognózy do budoucna očekávají. Je proto důležité v podobných pracích pokračovat a mykorhize se nadále věnovat s ohledem na její možný potenciál a přínos.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

SOUKUP, F.; PĚŠKOVÁ V.; LANDA, J. Mykologické poměry na zalesněných a nezalesněných půdách. Zprávy lesnického výzkumu. 2008 53(4), s. 291–300. ISSN 0322-9688.

PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. Review. Zprávy lesnického výzkumu. 2006 51(4), s. 279–286. ISSN 0322-9688.

FELLNER, R.; PEŠKOVÁ, V. Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. Canadian Journal of Botany. 1995 73.S1, s. 1310–1315.

GRYNDLER, M.; BALÁŽ, M.; HRŠELOVÁ, H.; JANSÁ, J.; VOSÁTKO, M. Mykorhizní symbióza, o soužití hub s kořeny rostlin. Praha: Academia. 2004 366 s. ISBN 80-200-1240-0

IWAŃSKI, M.; RUDAWSKA M.; LESKI T.; Mycorrhizal associations of nursery grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Poland. Annals of Forest Science. 2006 63(7), s. 715–723. ISSN 1286-4560

NILSEN, P.; BØRJA, I.; KNUTSEN, H.; BREAN, R. Nitrogen and drought effects on ectomycorrhizae of Norway spruce [*Picea abies* L. (Karst.)]. Plant and Soil. 1998, 198, s. 179–184. ISSN 0032-079X

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

AGRESTI, A.; BINI, M.; BERTACCINI, B.; RYU, E.; Simultaneous confidence intervals for comparing binomial parameters. *Biometrics*. 2008, 64(4), s. 1270–1275. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2008.00990.x>

PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. Srovnání rozvoje mykorhiz na krytých a exponovaných stanovištích horských smrčín Review. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2009 54(3), s. 223-229. ISSN 0322-9688.

VACEK, S.; VACEK, Z.; BÍLEK, L.; REMEŠ, J.; BALÁŠ, M.; PODRÁZSKÝ V.; ŠTEFANČÍK, I. Pěstování účelových lesů. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra pěstování lesů, 2017, 275 s. ISBN 978-80-213-2785-6.

JAVŮREK, M.; VACH, M. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 2008, 26 s. ISBN 978-80-87011-57-7.

BENDING, G. D.; READ, D. J. The structure and function of the vegetative mycelium of ectomycorrhizal plants: VI. Activities of nutrient mobilizing enzymes in birch litter colonized by *Paxillus involutus* (Fr.) Fr. *New Phytologist*. 1995, 130(3), s. 411-417. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb01835.x>

SMÝKAL, F.; KREJČIŘÍK, P.; ONDŘEJOVÁ, V.; SCHOLZ, J.; SOUČEK, J.; ŠVÉDOVÁ, D.; VIEWEGH, J.; VLASÁK, M. Arboristika: skripta pro další vzdělávání v arboristice. II., [Výsadby dřevin]. 1. vyd. Mělník: Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola Mělník, 2008. 260 s.

BALÁŠ, M.; NÁROVCOVÁ, J.; NÁROVEC, V.; KUNEŠ, I.; BURDA, P.; MACHOVIČ, I.; MARTINŮ, V. Postupy pro zalesňování degradovaných a rekultivovaných stanovišť s využitím polooodrostků a odrostků nové generace: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce*. 2018, 78 s. ISBN 978-80-7417-144-4.

KRIEGEL, H. Snaha o vypěstování některých cenných listnáčů a hospodářských dřevin výsadbou do smrkové mlaziny určené k postupné likvidaci. Zprávy lesnického výzkumu. 2002, 47, s. 195–198. ISSN 0322-9688.

HOBZA, P.; MAUER, O.; POP, M. Current use of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of forest in the airpolluted areas. Journal of Forest Science. 2008, 54(4), s. 139–149.

DAVIDS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. New Forests, 2005 30, 295–311. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-7480-y>

NÁROVCOVÁ, J. Růst jednoletých krytokořenných semenáčků výškové třídy 51-80 cm v období 3 roky po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu, 2016, 61, 4, s. 290-297.

KACÁLEK, D.; BARTOŠ, J. Prosperita kultur lesních dřevin na bývalých zemědělských pozemcích v prvních letech po výsadbě. [Young plantations prosperity on former agricultural lands planted with forest tree species]. Zprávy lesnického výzkumu. 2005, 50(2), s. 83–89

MAJDI, H.; DAMM, E.; NYLUND, J.E. Longevity of mycorrhizal roots depends on branching order and nutrient availability. New Phytol. 2001, 150, 195–201. dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/1353644>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. 2021 Územní srážky ČHMÚ [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>, [cit. 2022-09-03].

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. 2021 Územní teploty ČHMÚ [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>, [cit. 2022-09-03].

ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. 2022 Informace o pozemku [online]. Dostupné z <https://cuzk.cz/>, [cit. 2022-03-15].

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. 2022. Mapový server [online]. Dostupné z <http://www.geology.cz>, [cit. 2022-03-15].

MEJSTRÍK, V. Mykorhizní symbiózy. Praha: Academia. 1988, 150 s

ROSYPAL, S. Nový přehled biologie. Praha: Scientia, 2003. 797 s. ISBN 978-80-86960-23-4.

MOLINA, R.; MASSICOTTE, H.; TRAPPE, J. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community – ecological consequences and practical implications. In: Allen, M. F. (ed.): Mycorrhizal Functioning: an Integrative Plant – Fungal Process. Routledge. New York: Chapman a Hall 1992, s. 357-423 ISBN 0-412-01891-8

VOSÁTKA, M. Houbový internet v půdě. Živa. 2002 (5),203-205 ISSN 0044-4812

JONES, M.D.; HAGERMAN, S.M.; GILLESPIE, M. Ectomycorrhizal colonization and richness of previously colonized, containerized *Picea engelmannii* does not vary across clearcuts when planted in mechanically site-prepared mounds. Can. J. For. Res. 2002. 32, 1425–1433.

<https://doi.org/10.1139/x02-069>

PENNANEN T.; HEISKANEN J.; KORKAMA T. Dynamics of ectomycorrhizal fungi and growth of Norway spruce seedlings after planting on a mounded forest

clearcut. Forest Ecology and Management. 2005, 213, s. 243–252.

[10.1016/j.foreco.2005.03.044](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.044)

ROSLING, A.; LANDERWEERT R; LINDAHL, B.D.; LARSSON, K.-H.; KUYPER, T.W.; TAYLOR, A.F.S.; FINLAY, R.D. Vertical distribution of ectomycorrhizal fungal taxa in a podzol soil profile. New Phytol. 2003, 159, 775–783 <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00829.x>

DAHLBERG, A. Effect of soil humus cover on the establishment and development of mycorrhiza on containerized *Pinus sylvestris* L. and *Pinus contorta* ssp. *latifolia* Engelm. after outplanting. Scand. J. For. Res. 1990, 5, 103–112. <https://doi.org/10.1080/02827589009382597>

REPÁČ, I.; VENCURIK, J.; BALANDA, M. Testing of microbial additives in the rooting of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings. Journal of Forest Science. 2011, 57, 12, 555–564. <https://doi.org/10.17221/21/2011-JFS>

OLIVEIRA, S. R.; Franco, A. R.; PAULA M.L.; CASTRO, P. M. L. Combined use of *Pinus pinaster* plus and inoculation with selected ectomycorrhizal fungi as an ecotechnology to improve plant performance, Ecological Engineering. 2012, 43 s. 95-103, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.01.021>.

POLENO, Z. Příměstské lesy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, 175 s.

SYMBIOM. 2022 Ectovit [online]. Dostupné z <https://eshop.symbiom.cz/ectovit/>, [cit. 2022-04-08].

SYMBIOM. 2022 Symbivit [online]. Dostupné z <https://eshop.symbiom.cz/symbivit-universal/> [cit. 2022-04-08].

KŘÍSTEK, J.; JANČAŘÍK; V., MENTBERGER, J.; VICENA I.; VOLNÝ, S.
Ochrana lesů a přírodního prostředí. Písek: matice lesnická spol. s. r. o., 2002, 386
s. ISBN: 80-86271-08-0

POBĚDINSKI, A. V.; KREČMAR, V. Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Praha:
Státní zemědělské nakladatelství, 1984, 256 s. ISBN: 80-86271-08-0.

KORF V. Hospodářské způsoby vysokokmenného lesa. Praha: Státní zemědělské
nakladatelství, 1971, 255 s.

NOVÁK, J.; DUŠEK, D.; SLODIČÁK, M. Chřadnutí smrku v oblasti severní a
střední Moravy, sborník přednášek. Výzkumný ústav lesního hospodářství a
myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno. 2014, 60 s. ISBN 978-80-7417-079-
9

ČERNÝ, K. Nebezpečné patogeny lesních dřevin *Phytophthora alni* a *Chalara
fraxinea*: rozšíření, význam a možná rizika vyplývající z jejich
zdomácnění. Zpravodaj ochrany lesa, 2011, 15, s. 71–75. ISBN 978-80-86461-12-
0

PERGL, J.; PERGLOVÁ I.; ALBRECHTOVÁ, J.; ANTL, T.; ABERENKOV,
K.; BALDRIAN, P.; CIHLÁŘOVÁ, L.; KLEČKA, J.; KOHOUT, P.;
KVASNIČKOVÁ, J.; MARŠÁLEK, B.; MARŠÁLKOVÁ, E.; PEJCHAL, M.;
PETRUŽÁLKOVÁ, M.; PETŘÍK, P.; PYŠEK, P.; SÁDLO, J.; ŠTEFL, L.;
TEDERSOO, L.; VĚTROVSKÝ, T.; VLK, L.; VOJTÍK, V.; VOSÁTKO, M.;
ZUZELKA, Š. Biotické ohrožení památek zahradního umění: rasy, sinice a
invazní rostliny. Botanický ústav AV ČR, 2020, 100 s.
eISBN: 978-80-86188-66-9

HOFMAN, J. 1964: Pěstování douglasky. Státní zemědělské nakladatelství,
Praha, 257 s.

JURÁSEK, A.; MARTINCOVÁ, J.; LEUGNER J.; 2010: Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce 5/2010. VÚLHM, Strnady. 2010, 5/2010, 34 s. ISBN 978-80-7417-035-5, ISSN 0862-7657.

KŠÍR, J.; BERAN, F.; PODRÁZKÝ, V.; NOVOTNÝ, P.; DOSTÁL, J.; KUBEČEK, J. 2015: Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* (/Mirb. /Franco) na lokalitě Hůrky v Jižních Čechách ve věku 44 let. Zprávy lesnického výzkumu, 2015, 60(2), s. 104–114. ISSN 0322-9688

9. Seznam příloh

Příloha 1 Ortofoto mapa se schematickým zákresem studované lokality a směrem aplikace mykorhizních přípravu před zalesněním (mapový portál mapy.cz 2022)	53
Příloha 2 Mapa výzkumné lokality po zalesnění a ožínání s neožnutou 1/2 výzkumné plochy. (ČZUK 2022).....	53
Příloha 3 Výzkumná lokalita duben 2021 (foto: M. Baláš)	54
Příloha 4 Rozřazení a označení řad výzkumné plochy (foto: M. Baláš).....	54
Příloha 5 Pohled na nevyžnutou část výzkumné lokality (foto: M. Baláš).....	55

10. Přílohy

Příloha 1 Ortofoto mapa se schematickým zákresem sledované lokality a vylíšením variant aplikace mykorhizních přípravků před zalesněním. Šipky označují směr číslování jedinců v řadách. Snímek byl pořízen 22. 4. 2020. (mapový portál mapy.cz 2022).



Příloha 2 Mapa výzkumné lokality po zalesnění a ožínání s neožnutou 1/2 výzkumné plochy. Snímek byl pořízen v září 2021 (ČZUK 2022).



Příloha 3 Výzkumná lokalita duben 2021 (foto: M. Baláš)



Příloha 4 Rozřazení a označení řad výzkumné plochy (foto: M. Baláš)



Příloha 5 Pohled na nevyžnutou část výzkumné lokality (foto: M. Baláš)

