

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Účinek umělé mykorhizní inokulace na prosperitu vybraných
druhů dřevin na zalesněné bývalé zemědělské půdě**

Diplomová práce

Autor práce Bc. Václav Trojan

Vedoucí práce prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Václav Trojan

Lesní inženýrství

Název práce

Účinek umělé mykorrhizní inokulace na prosperitu vybraných druhů dřevin na zalesněné bývalé zemědělské půdě

Název anglicky

Effect of the Artificial Mycorrhizal Inoculation on the Prosperity of Selected Tree Species on Afforested Former Agricultural Land

Cíle práce

Hlavním cílem práce je, prostřednictvím sledování růstové dynamiky kultury lesních dřevin, posoudit úspěšnost umělé mykorrhizace na zalesněné bývalé zemědělské půdě. Dílčím cílem práce je, na základě sledování výskytu plodnic hub, posoudit vliv aplikace mykorrhizních přípravků na společenstvo hub. Zadaná DP bude navazovat na BP, kterou autor obhájil v roce 2022.

Metodika

V návaznosti na Vaší BP vypracujte literární rešerši na téma prosperita dřevin po výsadbě a možnosti jejího zlepšení pomocí umělé mykorrhizní inokulace.

Během podzimu 2023 (po ukončení přírůstu) proveďte další periodické měření dendrometrických parametrů v kultuře lesních dřevin na výzkumné ploše v lokalitě Praha – Horní Počernice, V Ladech. Lesní kultura byla založena podnikem Lesy hlavního města Prahy na podzim 2020, a při výsadbě zde byla provedena aplikace mykorrhizních přípravků. Během vegetačního období 2023 ve vhodných termínech (zejména s ohledem na průběh počasí) proveďte na jednotlivých variantách výzkumné plochy sledování výskytu plodnic hub a jejich determinaci. Zjištěné výsledky statisticky vyhodnoťte.

Harmonogram:

jaro, léto 2023 – literární rozbor (předložení průběžné verze do září 2023)

vegetační období 2023 – sledování výskytu plodnic hub

podzim 2023 – měření přírůstu

zima 2023/2024 – statistické vyhodnocení naměřených údajů, kompletace práce, předložení průběžné verze DP

duben 2024 (podle oficiálních termínů) – finalizace a odevzdání BP

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran, grafické přílohy dle potřeby

Klíčová slova

zalesňování nelesních půd, příměstské lesy, podpora růstu sazenic, plodnice hub, Symbivit, Ectovit

Doporučené zdroje informací

- BRUNNER I., BRODBECK S. 2001: Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. *Environmental Pollution*, 114: 223–233.
- GRYNDLER, Milan. *Mykorhizní symbióza : o soužití hub s kořeny rostlin*. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1240-0.
- HAY T. N., PHILLIPS L. A., NICHOLSON B. A., JONES M. D. 2015: Ectomycorrhizal community structure and function in interior spruce forests of British Columbia under long term fertilization. *Forest Ecology and Management*, 350: 87–95.
- MENKIS A., VASILIAUSKAS R., TAYLOR A. F. S., STENLID J., FINLAY R. 2007: Afforestation of abandoned farmland with conifer seedlings inoculated with three ectomycorrhizal fungi – impact on plant performance and ectomycorrhizal community. *Mycorrhiza*, 47: 337–348.
- NILSEN P., BØRJA I., KNUITSEN 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., TUMA M. (2010): Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 3: 211–220.
- SOUKUP F., PEŠKOVÁ V., LANDA J. 2008: Mykologické poměry na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53(4): 291–300.
- 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

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2024

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2024

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Účinek umělé mykorhizní inokulace na prosperitu vybraných druhů dřevin na zalesněné bývalé zemědělské půdě vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této diplomové práce. V první řadě vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc., dále patří velký dík 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 Gallo, 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.

Účinek umělé mykorhizní inokulace na prosperitu vybraných druhů dřevin na zalesněné bývalé zemědělské půdě

Souhrn

Tato diplomová práce se zaměřuje na podporu a rozvoj výsadeb lesních dřevin na půdě, která byla dříve využívána pro zemědělské účely, a to pomocí umělé mykorhizní inokulace prostřednictvím komerčních přípravků. Projekt byl zahájen na podzim roku 2020 v oblasti V Ladech, Praha – Horní Počernice. Byla zvolena rozmanitá směs zejména listnatých dřevin s převládajícím zastoupením dubu letního (*Quercus robur* L.).

Cílem bylo zkoumat účinnost komerčně dostupných mykorhizních produktů Symbivit a Ectovit za účelem podpory vysazených dřevin, zejména pro zvýšení prosperity a růstu dřevin a pro překonání stresu spojeného s výsadbou, který je typický po vysazení na bývalé zemědělské půdy. Čtyři roky po vysazení činila celková mortalita přibližně 17 %. Nejvyšší ujímavost vykazovaly lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.), jilm habrolistý (*Ulmus minor* Mill.) a třešň ptačí (*Cerasus avium* L. Moench), zatímco nejmenší ujímavost byla zjištěna u dřevin douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). Nejlepší výsledky v průměrném výškovém a průměrném tloušťkovém přírůstu byly zaznamenány u modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) a třešně ptačí (*Cerasus avium* L. Moench).

Pozitivní efekt aplikace mykorhizních přípravků Ectovit a Symbivit nebyl prokázán. To platí z hlediska dendrometrických charakteristik, a však i z pohledu analýzy plodnic hub. Kontrolní varianta se ve většině dendrometrických charakteristik jevila jako statisticky významně lepší ve srovnání s oběma mykorhizovanými variantami. Mykorhizní kolonizace byla zjištěna na všech odebraných kořenových systémech dubu letního (*Quercus robur* L.) ve všech třech variantách (Ectovit, Symbivit, Kontrola), což poukazuje na silnou kolonizační schopnost mykorhiz v této lokalitě i bez použití doplňkových přípravků u mladých stromů.

Diverzita houbových společenstev a výskytu mykorhizních hub byla ovlivněna, především přenesením mykorhizních hub z externích zdrojů, v tomto případě pravděpodobně z lesní školky.

slova: zalesňování nelesních půd, příměstské lesy, podpora růstu sazenic, plodnice hub, Symbivit, Ectovit

Effect of the Artificial Mycorrhizal Inoculation on the Prosperity of Selected Tree Species on Afforested Former Agricultural Land

Summary

This thesis focuses on the promotion and development of plantations of forest tree species; on land previously used for agricultural purposes; through artificial mycorrhizal inoculation by means of commercial products. The project was initiated in the autumn of 2020 in the area V Ladech, Prague – Horní Počernice. A diverse mixture of primarily deciduous tree species was used, with a predominance of the *Quercus robur* (L.)

The thesis goal was to investigate the effectiveness of commercially available mycorrhizal products, Symbivit and Ectovit, to support the health and growth of selected tree species, particularly in to enhancing tree growth prosperity and to overcoming the stress associated with planting, which is typical for agricultural lands.

Four years after planting, the overall mortality rate was approximately 17 %. The lowest mortality was observed in *Tilia cordata* (Mill.), *Fraxinus excelsior* (L.), *Ulmus minor* (Mill.), and *Cerasus avium* (L. Moench), while the highest mortality was analysed in trees such as *Pseudotsuga menziesii* (Mirb. Franco), *Pinus sylvestris* (L.), and *Fagus sylvatica* (L.) The best results in average height and root collar diameter growth were recorded in the *Larix decidua* (Mill.) and *Cerasus avium* (L. Moench.)

The positive effect of applying mycorrhizal preparations Ectovit and Symbivit was not documented. This applies not only in terms of dendrometry characteristics but also from the perspective of a fungal fruiting body analysis. The control variant appeared to be statistically higher quality in most dendrometry characteristics compared to either two mycorrhizal variants. Mycorrhizal colonization was found in all sampled root systems of the *Quercus robur* (L.) across all three variants (Ectovit, Symbivit, Control), indicating a strong colonization capability of mycorrhizae in this location even without using supplemental preparations in young trees.

The diversity of fungal communities and the occurrence of mycorrhizal fungi were affected primarily by the transfer of mycorrhizal fungi from external sources, most likely from a forest nursery.

Keywords: afforestation of non-forest lands, suburban forests, support of seedling growth, fungi, Symbivit, Ectovit

Obsah

1	Úvod	13
2	Cíl práce.....	14
3	Literární rešerše.....	15
3.1	Zalesnění bývalé zemědělské půdy	15
3.2	Povýsadbový šok.....	16
3.3	Lesy zvláštního určení.....	18
3.4	Mykorhizní mutualismus.....	19
3.4.1	Ektomykorhizní mutualismus	20
3.4.2	Arbuskulární mykorhizní mutualismus.....	22
3.5	Mykorhizní inokulace	23
3.6	Mykorhizní přípravky	24
3.6.1	ECTOVIT	24
3.6.2	SYMBIVIT	25
4	Metodika	26
4.1	Lokalita.....	26
4.1.1	Obecné informace o lokalitě	26
4.1.2	Pedologické informace o lokalitě.....	26
4.1.3	Klimatické podmínky.....	28
4.2	Založení výzkumné plochy	29
4.3	Dendrometrická měření a další pozorování.....	30
4.4	Analýza dat	31
4.5	Sledování přítomnosti mykorhizních špiček.....	32
4.6	Sledování výskytu plodnic hub.....	33
4.7	Půdní poměry.....	35
5	Výsledky.....	36
5.1	Početnost dřevin a mortalita	36
5.2	Statistické zhodnocení mortality	40
5.3	Vyhodnocení kvality ožínání	41
5.4	Četnost suchých vrcholů	42
5.5	Dendrometrické měření.....	45
5.5.1	Výškový přírůst.....	45
5.5.2	Tloušťkový přírůst	46
5.6	Sledování přítomnosti mykorhizních špiček.....	47
5.7	Doplňující charakteristiky	48
5.8	Sledování výskytu plodnic hub.....	49
5.9	Půdní poměry.....	50

6	Diskuze	53
7	Závěr	60
8	Literatura	62
9	Seznam tabulek, obrázků a grafů	70
10	Seznam samostatných příloh	71
11	Samostatné přílohy	72

Seznam použitých zkratk a symbolů

BK.....	buk lesní
BRK.....	jeřáb břek
BO.....	borovice lesní
BPEJ.....	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
Ca.....	vápník
°C.....	Stupeň Celsia
č.	číslo
ČHMÚ.....	Český hydrometeorologický ústav
ČUZK.....	Český úřad zeměměřický a katastrální
DB.....	dub letní
DG.....	douglaska tisolistá
ha.....	hektar
HB.....	habr obecný
JLMH.....	jilm habrolistý
JS.....	jasan ztepilý
K.....	draslík
KL.....	javor klen
ks.....	kus
LP.....	lípa malolistá
Mg.....	hořčík
MD.....	modřín opadavý
MS	Microsoft
Obr.....	obrázek
P.....	fosfor
SV.....	suchý vrchol
Tab.....	tabulka
TR.....	třešeň ptačí

1 Úvod

Mykorhizní mutualismus představuje typ mutualistického vztahu, ve kterém dochází k propojení kořenového systému rostlin s houbovými mycelii. Toto spojení vede k vytvoření zvláštní struktury, která umožňuje vzájemnou výměnu živin a vody mezi oběma organismy, čímž se podporují jejich fyziologické funkce (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Houby hrají klíčovou roli v procesu rozkladu organického materiálu z listů. Mnoho houbových druhů je schopno navazovat mutualistické vztahy s kořeny lesních stromů prostřednictvím mykorhiz, což umožňuje stromům lepší přístup k minerálním živinám. Tato mutualistická vazba mezi houbami a stromy má pozitivní vliv na jejich výživu, což je zásadní pro zdraví a růst jak jednotlivých stromů, tak i celých lesních ekosystémů (SOUKUP et al. 2008).

K ověření efektu mykorhizních přípravků na zlepšení prosperity a snížení stresu z výsadby u lesních dřevin byla vytvořena výzkumná plocha na pozemku dříve využívaném pro zemědělství.

Plocha byla zalesněna během podzimu 2020, jakožto část uskutečňování projektu nazvaného „Zelený pás kolem Prahy“ (POLENO 1985). Projekt "Zelený pás kolem Prahy" představuje ambiciózní iniciativu magistrátu hlavního města Prahy zaměřenou na spojení stávající zeleně s nově zakládanými lesy a parky. Práce na zalesnění a použití mykorhizních přípravků zajišťovala organizace Lesy hlavního města Prahy, která je vlastníkem dotčeného pozemku.

K ověření efektivity mykorhizní aplikace byla realizována analýza úspěšnosti ujmavosti a růstových parametrů různých druhů dřevin na výzkumném úseku, rozděleném do dvou experimentálních variant a jedné kontrolní varianty, přičemž na kontrolní skupinu nebyl aplikován aplikaci mykorhizních přípravků. Rovněž byla posuzována přítomnost dalších parametrů ukazujících na vitalitu rostlin, například projevy suchých vrcholků či defoliace.

Cílem použití mykorhizních přípravků bylo usnadnit a urychlit formování mykorhizních spojení mezi nově vysazenými stromy a půdou, která byla předtím využívána pro zemědělské účely a kde se obvykle nevyskytují pro lesní dřeviny specifické mykorhizní houby.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je, prostřednictvím sledování růstové dynamiky kultury lesních dřevin, posoudit úspěšnost umělé mykorrhizace na zalesněné bývalé zemědělské půdě. Dílčím cílem práce je, na základě sledování výskytu plodnic hub, posoudit vliv aplikace mykorrhizních přípravků na společenstvo hub. Zadaná diplomové práce navazuje na bakalářskou práci kterou autor obhájil v roce 2022.

3 Literární rešerše

3.1 Zalesnění bývalé zemědělské půdy

Převod zemědělské půdy na zalesněný pozemek znamená podstatnou transformaci krajiny. Tato změna vyžaduje šetrný přístup. Z pohledu ekologie je tento převod zásadní a přináší ekologický význam, ale také přináší řadu závazků a značné finanční výdaje (VACEK et al. 2009).

Klíčovým předpokladem pro realizaci zalesnění je nutnost změny klasifikace pozemků z kategorie zemědělského půdního fondu na kategorii určenou pro lesnické účely, tj. na pozemky určené k plnění funkcí lesa. O změně využití pozemků rozhoduje příslušný stavební úřad, který v rámci územního řízení rozhoduje na podkladě stanovisek dalších úřadů, např. orgánu ochrany zemědělského půdního fondu, orgánu ochrany přírody a krajiny apod. Následně je pravomoc vyhlásit daný pozemek za les svěřena do rukou příslušného orgánu státní správy lesů, které spadá pod odbor životního prostředí (VOPRAVIL et al. 2017).

Zakládání lesů na původně nelesních plochách bude probíhat i nadále díky krajinnotvorným programům (ZIMOVÁ et al. 2002). Zalesňování bývalých zemědělských půd představuje klíčový prvek v procesu transformace krajiny, a to jak prostřednictvím arondace stávajících lesních komplexů, tak formováním izolovaných lesů v oblastech s nízkou lesnatostí. Tyto nově vzniklé lesní plochy mohou být implementovány a využívány jako biokoridory nebo remízky, sloužící jako biotopy pro faunu a flóru v antropogenně ovlivněném prostředí. Prioritou je přitom výběr půd s vysokým rizikem eroze, jejichž zalesnění přispívá k podstatnému snížení devastace krajiny (NOVÁK 2004).

Aktuální studie od kolektivu autorů BALÁŠ et al. (2024) pojednává o problematice administrativního procesu zalesňování zemědělské půdy v České republice. Tento proces je v současnosti složitý a zdlouhavý, zahrnující mnoho kroků a vyžadující získání různorodých povolení. Autoři navrhují zjednodušení tohoto procesu, například zavedením jednotného kontaktního bodu pro podání všech dokumentů a digitalizací části procedury, které by mohlo výrazně urychlit a zefektivnit celý postup zalesňování. Tato optimalizace by nejen zjednodušila administrativu, ale také měla pozitivní dopad na životní prostředí a lesní

hospodaření, umožňujíc rychlejší reakci na ekologické potřeby, zlepšení ochrany půdy, zvýšení biodiverzity a posílení boje proti klimatickým změnám díky rozšíření lesních ploch.

3.2 Povýsadbový šok

Hlavní příčinou povýsadbového šoku je stres způsobený nedostatkem vody, což je způsobeno zejména omezenou schopností rostliny čerpat vodu z půdy. Toto omezení je důsledkem určitého poškození kořenového systému, ke kterému dochází během manipulace se sadebním materiálem před výsadbou i během samotné výsadby. U čerstvě vysazených, a tedy dosud nezakořeněných rostlin je navíc omezena hloubka kořenového systému, což ještě více snižuje jejich schopnost absorbovat vodu a minerální živiny a způsobuje ztrátu již přítomných uložených látek v rostlině. To také platí pro rostliny, které ztratí část kořenového systému v rámci manipulace (WATSON, SYDNOR 1987; SMÝKAL et al. 2008).

Povýsadbový šok je téměř vždy očekávaný jev, který nastupuje zejména, když je použit prostokořenný sadební materiál (KRIEGEL 2002; HOBZA et al. 2008). To potvrzuje také studie WATSON, SYDNOR (1987) která uvádí, že stres je přirozený stav v důsledku manipulace a výsadby rostlin do méně příznivého prostředí, než ve kterém rostlina žila ve školce.

Dřeviny pěstované v pěstebních obalech, ať už s více buňkami, nebo v jednobuněčných obalech, tedy jako krytokořenné, jsou rovněž vystaveny stresu ze sucha. Lehké substráty používané pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu mají přímý vliv na míru povýsadbového šoku – čím lehčí je substrát, tím více dřevina trpí povýsadbovým šokem (SMÝKAL et al. 2008).

Krytokořenné sazenice mohou ztratit až 80 % své schopnosti přijímat vodu. Množství vody, které zůstává v kořenech a dalších částech rostliny, často není dostatečné na pokrytí vodních potřeb dřevin (SMÝKAL et al. 2008). Po výsadbě rychle dřevina spotřebuje vodu z kořenového zemního balu. Tento bal obsahuje jen část vody, která byla dřevině k dispozici ve školce před jejím přesazením na lesní stanoviště, a toto množství vody obvykle nepokrývá potřeby dřeviny vzhledem k transpiraci na dobu delší než 20 dnů, pokud není doplněno přirozenými srážkami.

Umělá zálivka na lesním stanovišti po výsadbě obvykle není možná, což zvyšuje riziko stresu z nedostatku vody (SMÝKAL et al. 2008).

Povýsadbový šok, který se projevuje částečným nebo téměř úplným zastavením výškového růstu, může trvat až tři roky po výsadbě. Zpomalení nebo úplné zastavení růstu je často způsobeno nepříznivými půdními podmínkami, které vznikají kvůli výrazně kolísavé vlhkosti. Významně k tomu přispívá také velmi suché počasí. Použití hnojiva může být efektivním způsobem, jak pomoci rostlinám zotavit se z povýsadbového šoku a obnovit růst (BALÁŠ et al. 2018). Úspěch obnovy po výsadbě a překonání povýsadbového šoku je ovlivněn kvalitou kořenového systému sazenice (DAVIDS, JACOBS 2005). Šok z přesazení přetrvává do té doby, dokud nezačnou regenerovat kořeny. (GARCIA, LAUREN 2015; STONE, SHUBERT 1959) Existují dva typy regenerace kořenů, a to prodloužení stávajících kořenů a iniciace adventivních kořenů a jejich následné prodloužení (STONE, SHUBERT 1959). Prodloužení stávajících kořenů není závislé na ročním období a dochází k němu kdykoliv, kdy to půdní vlhkost a teploty dovolí (STRUVE 2009). Po prodloužení už stávajících kořenů je překážkou ztuhlá půda v kombinaci s nízkým obsahem půdní vlhkosti (BENNIE 1991). V příznivých podmínkách a při použití kvalitního sadebního materiálu může být šok téměř eliminován. V optimálních podmínkách krytokořenné sazenice nemusejí vykazovat známky povýsadbového šoku a již po prvním roce mohou projevit výrazný výškový přírůst (NÁROVCOVÁ 2016).

Voda z kořenového balu sazenic se po výsadbě primárně rozšíří do okolní půdy, jelikož kapilární vztlínání ještě není aktivní a opačný tok vody (z půdy do kořenového balu) probíhá pomalu. To znamená, že kořeny na povrchu kořenového balu mají obtíže s využitím vlhkosti z okolní půdy. V důsledku toho může již během dvou dnů dojít k zpomalení absorpce vody, a to i u zdravých a životaschopných jemných kořenů (SMÝKAL et al. 2008).

Aby byly sazenice po výsadbě chráněny před rizikem vysychání, je klíčové, aby jejich kořenový systém dosáhl takové velikosti, která je schopna uspokojit potřeby rostliny po vodě. Proces, kdy kořenový systém doroste do velikosti, jakou měl před výsadbou ve školce, může trvat až několik let. Stejně tak může trvat jistou dobu, než se kořenový systém plně zotaví a dosáhne své normální velikosti po

přenesení z kořenového balu do nového prostředí. Během této doby je nezbytné zajistit adekvátní podmínky pro sazenice, aby se minimalizoval stres z přesazování a podpořil se růst kořenového systému, což je zásadní pro přežití a zdravý vývoj rostlin (SMÝKAL et al. 2008).

Indikátorem, který signalizuje přetrvávající stres dřeviny, je omezený přírůst makroblastů. Růst dřevin se po přesazení zpomaluje a jeho obnova nastává až s regenerací kořenového systému. Na růst rostlin má vliv řada faktorů, včetně světla, tepla, dostatku živin, vody a genetiky. Při výsadbě je nejvýznamnějším omezujícím faktorem dostupnost vody (SMÝKAL et al. 2008). Délka povýsadbového šoku je ovlivněna řadou faktorů, mezi které patří kvalita a velikost sazenic, kvalita provedení výsadby, péče po výsadbě, podmínky půdy a konkrétní druh vysazené rostliny (SMÝKAL et al. 2008).

3.3 Lesy zvláštního určení

Lesy zvláštního určení jsou vyhlášovány na místech, kde jejich dominantní funkce přesahuje běžný lesní hospodářský záměr zaměřený na produkci dřeva. V těchto lesích panuje také jiný vysoký společenský zájem, než je produkce dřeva, což vyžaduje od správců lesních majetků implementaci specifických obnovních a výchovných postupů. Tyto postupy obvykle přinášejí vyšší finanční náklady a musí být ekonomicky udržitelné. Jejich cílem je zajistit, aby lesy mohly plnit své specifické funkce, jako je ochrana přírody, rekreace, ochrana vodních zdrojů nebo zachování biologické diverzity, což v běžném lesním hospodářství není prioritou (VACEK et al. 2017).

Lesy zvláštního určení, jako jsou příměstské lesy a další oblasti se zvýšenou funkcí pro rekreaci, jsou vyhlášeny v místech, kde je antropický tlak tak vysoký, že by mohl negativně ovlivnit podstatu lesa a vést k jeho znehodnocení, což by mohlo zahrnovat i rekreační využití. Tato kategorie zahrnuje parkové lesy, které jsou zakládány a spravovány podle zvláštní směrnice, a lesní celky v blízkém dosahu velkých měst. Tyto oblasti jsou důležité pro rekreační využití veřejností a vyžadují specifické managementové přístupy, aby bylo možné zachovat jejich hodnotu a funkci (VACEK et al. 2017).

V posledních letech roste společenský zájem o zalesňování půd, které nejsou vhodné pro intenzivní zemědělské využívání (KACÁLEK, BARTOŠ 2005).

3.4 Mykorhizní mutualismus

Mykorhizní symbióza představuje vzájemně prospěšný vztah mezi kořeny rostlin a houbami. Zatímco rostlina poskytuje houbě cukry, houba napomáhá zlepšenému příjmu klíčových minerálních živin a vody. V období nedostatku živin má schopnost houba uvolňovat tyto živiny, které si akumulovala ve svých zásobních orgánech (MEJSTRÍK 1998; GRYNDLER et al. 2004).

Většina hub může být vnímána jako citlivé bioindikátory, které odrážejí stabilitu lesního prostředí, zejména v kontextu ektomykorhizní symbiózy (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). Mykorhizní houba systematicky kolonizuje kořen a specializuje se na oblasti, které identifikujeme jako kořenová pokožka (rhizodermis) a primární kořenová kůra. Tyto oblasti jsou specifickým způsobem modifikovány (GRYNDLER et al. 2004). Houby byly identifikovány jako efektivní indikátory ekotrofní stability lesů díky jejich schopnosti ektomykorhizní koexistence (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Symbióza mezi kořenem rostliny a mykorhizní houbou zvyšuje schopnost absorbovat klíčové živiny, jako jsou fosfor, draslík a dusík. Tento vztah je obzvláště výhodný v podmínkách, kde je těchto živin málo nebo jsou v nerozpustném stavu, což platí hlavně pro fosfor (GRYNDLER et al. 2004). Schopnost mykorhizních hub uchovávat minerální látky a poskytovat je rostlinám v kritických momentech představuje klíčovou výhodu pro jejich hostitele (PETERSON et al. 2004).

Pro zahájení mykorhizního mutualismu je klíčová přítomnost živých mykorhizních hub v půdě, které se mohou nacházet buď v podobě spor, takzvaných klidových stádiích, nebo jako již existující symbiotická nebo vegetativně rostoucí mycelia (GRYNDLER et al. 2004).

Rozvoj drobných kořenů a ektomykorhiz je ovlivňován jak interními faktory, tak podmínkami v půdním prostředí, jako jsou kyselost, distribuce vody a další. Mykorhizy jsou rovněž citlivé na počasí, zejména na změny vlhkosti a teploty

v prokořeněném půdním profilu. Systém mykorhizních kořenů reaguje velmi citlivě na zakyselení, přihnojování a vápnění půdy (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2009).

Mykorhizní symbióza je přítomna u více než 95 % rostlinných druhů. Výjimky tvoří vodní rostliny a rostliny v blízkosti vodních ploch na zamokřených místech a také rostliny rostoucí na místech ovlivněných lidskou činností, známých jako ruderalní stanoviště. Rozvoj jemných kořenů u lesních stromů je primárně limitován dostupností živin a vody. Dalším faktorem omezujícím jejich růst a funkčnost je vysoká koncentrace toxických prvků. Pro růst jemných kořenů a ektomykorhiz jsou ideální vrstvy nadložního humusu a horní části minerálního horizontu (PEŠKOVA, SOUKUP 2006).

Na světě je rozlišováno několik druhů mykorhizní mutualismu. Mezi dva hlavní patří endomykorhizní a ektomykorhizní symbióza. Existuje také hybridní forma, označovaná jako ektendomykorhizní symbióza (PETERSON et al. 2004).

Sucho má značný negativní dopad na mutualistické vztahy mezi smrky a mykorhizními houbami. I když mírné sucho může stimulovat mykorhizaci, vysoké sucho vede k jejímu výraznému snížení. To může mít důsledky pro schopnost stromů získávat živiny a vodu, a tím snížení růstu a přežití v podmínkách sucha (NILSEN et al. 1998). Životnost krátkých mykorhizních kořenů smrku ztepilého se obvykle pohybuje v rozmezí jednoho až tří let (MAJDI et al. 2001).

3.4.1 Ektomykorhizní mutualismus

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

Odhaduje se, že asi 5000 druhů hub je schopných vytvářet ektomykorhizní symbiózu. Nejvíce z těchto hub patří do třídy stopkovýtrusných (*Basidiomycetes*) a třídy vřeckovýtrusných (*Ascomycetes*) (MOLINA et al. 1992). Dřeviny rostoucí v mírném klimatickém pásmu obvykle formují mykorhizní vazby s ektomykorhizními houbami (PEŠKOVA, SOUKUP 2006). Kořeny a krátké kořínky s ektomykorhizou se vyznačují specifickou anatomickou strukturou. Tyto krátké kořínky neprodukují kořenové vlášení a jejich růst je pomalejší ve srovnání s kořínky, na kterých se mykorhizní houba nevyskytuje. Ektomykorhizní kořínky jsou typicky lokalizovány ve vrchní vrstvě půdy, kde je vyšší koncentrace humusu,

a tedy i živin (PEŠKOVA, SOUKUP 2006). Minerální půda představuje klíčový rezervoár pro ektomykorhizní inokulum (ROSLING et al. 2003).

V přirozených ekosystémech hraje ektomykorhiza klíčovou roli, protože mezi ektomykorhizní druhy patří většina hlavních lesních dřevin, včetně dubu, buku, smrku, borovice, jedle, břízy a dalších. Některé listnaté dřeviny jsou schopny vytvářet jak ektomykorhizu, tak endomykorhizu, mezi které patří například olše, vrba a lípa (MOLINA et al. 1992).

Dřeviny s aktivním ektomykorhizním soužitím jsou schopnější adaptovat se na nepříznivé vnější podmínky než ty, které nemají aktivní ektomykorhizní vztah (PEŠKOVÁ 2006; VOSÁTKA 2002).

Když se kolem kořínků vytvoří hyfový plášť, jejich růst se zpomaluje a dochází k charakteristickému větvení. Charakteristiky tohoto hyfového pláště, jako je tloušťka, jsou ovlivněny jak interními, tak externími faktory. Mezi externí faktory patří podmínky stanoviště a druh hostitelské dřeviny. Houba proniká do vnitřní struktury kořene mechanicky skrze mezibuněčné prostory primární kůry, kde vytváří takzvanou Hartigovu síť (PEŠKOVA, SOUKUP 2006). Z povrchu hyfového pláště často vyrůstají do okolní půdy další myceliální struktury, jako je extramatrikální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy, které dále rozšiřují síť pro výměnu živin mezi houbou a hostitelskou rostlinou (PEŠKOVA, SOUKUP 2006). Identifikace druhu houby, která vytváří mykorhizu, je na základě vnějších znaků obvykle náročná, protože na morfologické charakteristiky má větší vliv hostitelská dřevina než samotný houbový symbiont. Vitalita ektomykorhizního kořene je ovlivněna jak externími, tak interními faktory, přičemž odhadovaná maximální doba vitality kořene je dva roky (MEJSTRÍK 1988).

Ektomykorhizní houby se nacházejí i v lesních školkách, kde dominují zejména pionýrské a ruderalní druhy. Tyto houby mají nízkou hostitelskou specifitu, charakterizují se krátkou vegetační dobou a rychlým růstem. Jsou také známé svou všudypřítomností v přírodě. Přestože jsou tyto houby běžně rozšířené, po vysazení sazenic do lesního prostředí často rychle klesá jejich počet kvůli nízké konkurenceschopnosti. Postupně jsou pionýrské druhy hub nahrazovány jinými druhy hub, které jsou typické pro dané lesní ekosystémy (IWANŃSKI et al. 2006).

Bylo zjištěno, že inokulace ektomykorhizní houbou z rodu *Rhizopogon* spp., která kolonizuje sazenice *Pinus pinea*, vede k výraznému nárůstu koncentrace dusíku a fosforu v inokulovaných rostlinách. Dále se pozitivně projevuje na přežití a přírůstu sazenic *Pinus pinea*, zejména těch, které byly vysázeny na ornou půdu a poté inokulovány houbami *Rhizopogon* spp. Tato skutečnost poukazuje na vysokou konkurenční schopnost hub rodu *Rhizopogon* spp (IWAŃSKI et al. 2006).

V návaznosti na citovaný zdroj vyplývá, že na zkoumaném území ve středním Finsku bylo objeveno velké množství ektomykorhiz s morfologií podobnou těm, které byly nalezeny v lesních školkách. To naznačuje, že ektomykorhizy získané ze školkařského prostředí mohou účinně potlačovat začínající kolonizaci autochtonních mykorhizních hub v dané lokalitě. Důvodem je, že houby pěstované ve školkách mohou být silnějšími konkurenty v otevřených prostorách, jako jsou holiny, nebo na svahových výsadbách (PENNANEN 2005). Citovaný zdroj uvádí, že většina ektomykorhizních hub nalezených ve školkařském prostředí patří mezi autochtonní druhy, které jsou původně přítomné v přírodních ekosystémech (JONES et al. 2002).

Aplikace přípravku Ectovit měla výrazný vliv na koncentraci draslíku (K), vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) v jehlicích ve srovnání s použitím ostatních přípravků. V rámci experimentu z citované studie bylo zjištěno, že použití alginátových perliček, laboratorně připraveného inokula a vybraných komerčních mikrobiálních produktů na kořenový substrát nemělo významný dopad na zakořenění, mortalitu, početnost ektomykorhiz, ani na růst kořenů a výhonků u smrku ztepilého (REPÁČ et al. 2011).

Mykorhizace sazenic s ektomykorhizními houbami během školkařské fáze je v současné době považována za ekologický přístup ke zlepšení kvality pěstovaných sazenic (OLIVEIRA et al. 2012).

3.4.2 Arbuskulární mykorhizní mutualismus

Mezi arbuskulární mykorhizu patří typy arbuskulární, erikoidní (arbutoidní, monotropoidní), orchideoidní (PETERSON et al. 2004). Arbuskulární mykorhizní mutualismus je mutualismus, který se tvoří uvnitř kořenů, a proto není pouhým okem vidět (ROSYPAL et al. 2003).

Na rozdíl od ektomykorhizy, vlákna arbuskulárních mykorhiz procházejí i mezibuněčnými prostory rostlinných kořenů, aniž by vytvářely hyfový plášť nebo Hartigovu síť. Arbuskulární mykorhiza, která je nejrozšířenějším typem mykorhizy, formuje specifické struktury zvané arbuskuly sloužící k absorpci živin. V buňkách hostitelské rostliny se rovněž tvoří vezikuly s funkcí zásobních orgánů. Protože houby tvořící arbuskulární mykorhizy neprodukují plodnice viditelné pouhým okem a jsou přítomny pouze jako struktury okem nepozorovatelné a nacházejí se v půdě a kořenech, je zkoumání jejich druhové diverzity značně složité. Identifikace arbuskulární mykorhizy je možná pouze mikroskopickým pozorováním charakteristických stromečkovitých útvarů (tzv. arbuskulů), které se formují uvnitř buněk rostlinných kořenů (PERGL et al. 2020).

Arbuskulární mutualismus byl dosud popsán u 1000 rodů rostlin patřících do 200 čeledí. Přesto odhady naznačují, že až 300 000 druhů rostlin může tvořit arbuskulární mykorhizní mutualismus, přičemž mnohé z nich jsou zemědělské plodiny například lilek brambor *Solanum tuberosum* (L.). V porovnání s rozmanitostí hostitelských rostlin je počet druhů arbuskulárních hub relativně malý. Tyto houby jsou převážně zařazeny do třídy Zygomycetes (ROSYPAL et al. 2003).

3.5 Mykorhizní inokulace

Mykorhizní inokulace s houbami *Hebeloma crustuliniforme* nebo *Laccaria bicolor* vedla ve srovnání s kontrolními skupinami bez inokulace k signifikantnímu zvýšení biomasy nadzemních částí a celkové biomasy rostlin. Zaznamenán byl také pokles v poměru kořen/nadzemní část, což naznačuje změny v alokaci biomasy. Inokulace významně zvýšila koncentrace a obsah dusíku a fosforu a také snížila obsah manganu, který může být v určitém množství toxický. Výsledky ukazují, že mykorhizace zlepšuje výživu sazenic fosforem, nezávisle na množství a zdroji aplikovaného dusíku (BRUNNER, BRODBECK 2001)

Exponenciální hnojení výrazně podporuje rozvoj ektomykorhizy u sazenic *Picea mariana*, kde byl pozorován nárůst rozvoje ektomykorhiz na 49–85 % oproti 22–26 % u konvenčního hnojení, což zdůrazňují QUORESHI a TIMMER (1998). Inokulace ektomykorhizními houbami také zvýšila příjem živin, včetně dusíku,

fosforu a draslíku a absorpci dusíku (QUORESHI, TIMMER 1998). Tyto pozitiva jsou důležitá pro zvýšení odolnosti rostlin vůči stresovým faktorům a podporují lepší růst a vývoj rostlin. Na druhou stranu, u dřevin inokulovaných mykorhizou nebyla pozorována žádná zlepšení růstových vlastností (ELTROP, MARSCHNER 1996), a dokonce došlo k významnému snížení poměru kořenu oproti nadzemní části (ELTROP, MARSCHNER 1996). Tato zjištění poukazují na možné negativní dopady mykorhizní inokulace na alokaci zdrojů u některých rostlin. Podle BRUNNER a BRODBECK (2001) zda lze pozorovat prospěšný účinek mykorhizace na rostlinu závisí na specifických podmínkách, což naznačuje, že v některých případech může mykorhiza přinášet omezené nebo žádné výhody.

Ve studii WALLANDER, NYLUND (1991) se zkoumala interakce mezi dodávkou dusíku, dostupností sacharidů a ektomykorhizní symbiózou u *Pinus sylvestris* mykorhizované s *Laccaria bicolor*. Použití ergosterolu pro kvantifikaci houbové biomasy umožnilo přesné posouzení vlivu dusíku na mykorhizní mutualismus. Zjištění ukázala, že zvýšená dostupnost dusíku neměla signifikantní vliv na koncentraci sacharidů v rostlině. Dále bylo zjištěno, že rozvoj mykorhizy vedl k redukci sacharidů v hostitelské rostlině (WALLANDER, NYLUND 1991).

3.6 Mykorhizní přípravky

V této kapitole budou rozepsány jednotlivé mykorhizní přípravky, které se v experimentu využívali. Jmenovitě je to přípravek Ectovit a Symbivit. Mykorhizní přípravky mají podporovat růst mykorhizního společenstva.

3.6.1 ECTOVIT

Přípravek ECTOVIT® je založen na využití pozitivního efektů mykorhizních hub. Jeho složení zahrnuje čtyři typy mykorhizních hub obsažené v tekutém médiu, dva typy mykorhizních hub ve formě spor umístěných na rašelinovém substrátu s přidávkou přírodních komponentů stimulujících mykorhizu (humáty, mleté minerální materiály, extrakty z mořských organismů) a granule hydrogelu. Přípravek je optimálně navržen pro aplikaci u dřevin vrba, modřín, topol, dub, buk, habrovec habrolistý, cedr, lípa, olše, eukalypt, borovice, jedle, habr, líska, jedlovec, smrk, kaštanovník, bříza (SYMBIOM 2024).

Specifické typy mykorhizních hub použitých ve výrobku nejsou v příbalovém letáku uvedeny, jelikož patří mezi chráněné obchodní informace výrobce.

3.6.2 SYMBIVIT

Přípravek SYMBIVIT® je granulovaný produkt obsahuje přírodní jílové substráty, pět typů mykorhizních hub a přírodní komponenty stimulující mykorhizní symbiózu (výtažky z mořských řas, mleté horniny, přírodní humáty) a částice hydrogelu. Tento produkt je optimální pro širokou škálu okrasných jehličnatých rostlin (jalovec, cypřiš, tis, tůje), některé druhy okrasných stromů a keřů (javor, jeřáb, jasan). Není doporučený pro jedli, břízu, buk, dub, borovici, smrk (SYMBIOM 2024)

4 Metodika

4.1 Lokalita

Tato kapitola pojednává o problematice obecných informací o lokalitě, pedologického podloží a klimatických podmínkách.

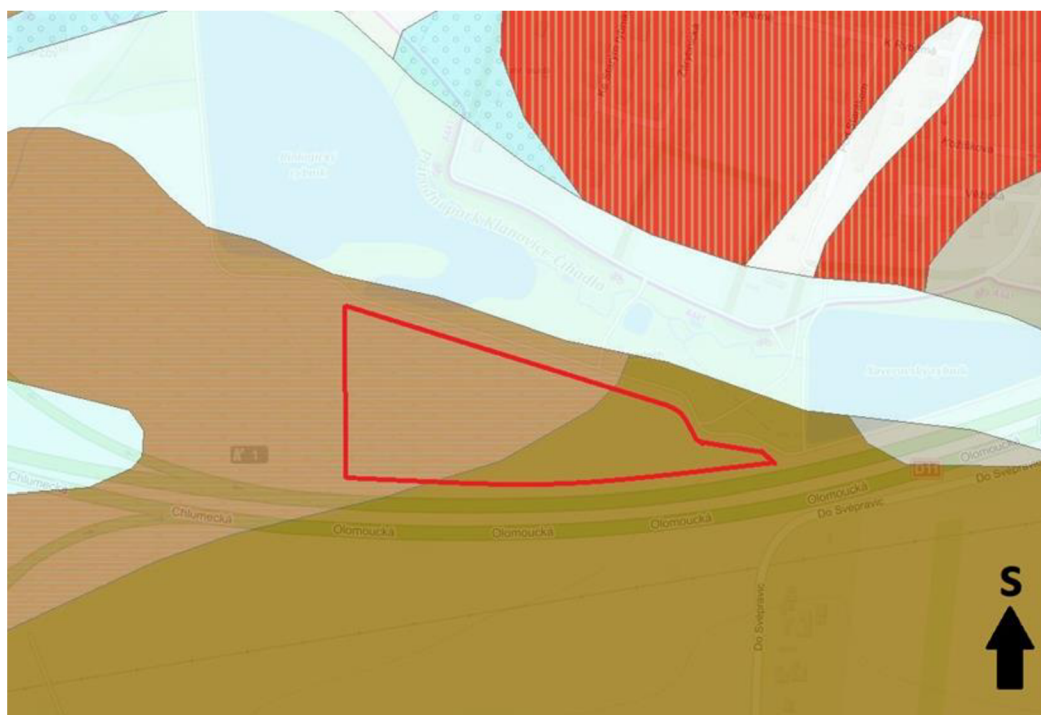
4.1.1 Obecné informace o lokalitě

Výzkum zkoumající dopad mykorhizní inokulace na prosperitu vybraných druhů dřevin byl realizován v lokalitě s místním názvem „V Ladech“, situované v Praze, konkrétně v katastrálním území Horní Počernice, které patří pod hlavní město Praha. Dle údajů z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního z roku 2024 je vlastníkem daného pozemku hlavní město Praha (ČÚZK 2024). Tato lokalita se nachází v oblasti mezi dálnicemi D11 a D0. Plánovaný les na tomto pozemku má sloužit jako ochranná hluková bariéra mezi dálnicí a obytnou částí. Souřadnice centra výzkumné oblasti jsou 50.0994 N a 14.5997E.

4.1.2 Pedologické informace o lokalitě

Na zkoumaném území jsou identifikovány čtyři bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ), každá s unikátními vlastnostmi. Konkrétně BPEJ 22601, s výměrou v rámci předmětného pozemku 364 m², se vyznačuje půdním typem kambizemě s nízkým produktivním potenciálem, zařazeným do 3. třídy ochrany. Substrát tvoří geologické formace jako břidlice, fylit a hadec, Druhá jednotka, BPEJ 2.26.04, zaujímá plochu 2071 m². Jedná se rovněž kambizem, avšak s nižší produktivitou a 4. třídou ochrany. Nejrozsáhlejší jednotkou je BPEJ 2.61.00 o výměře 29 951 m² s půdním typem černice, kde dominují nivní uloženiny a slíny, spadající do 2. třídy ochrany. Poslední jednotka, BPEJ 2.68.11, o výměře 528 m², s půdním typem glej, vytvářeným z jílu, koluviálních sedimentů a smíšených svahovin, je zařazena do 5. třídy ochrany (ČÚZK 2024).

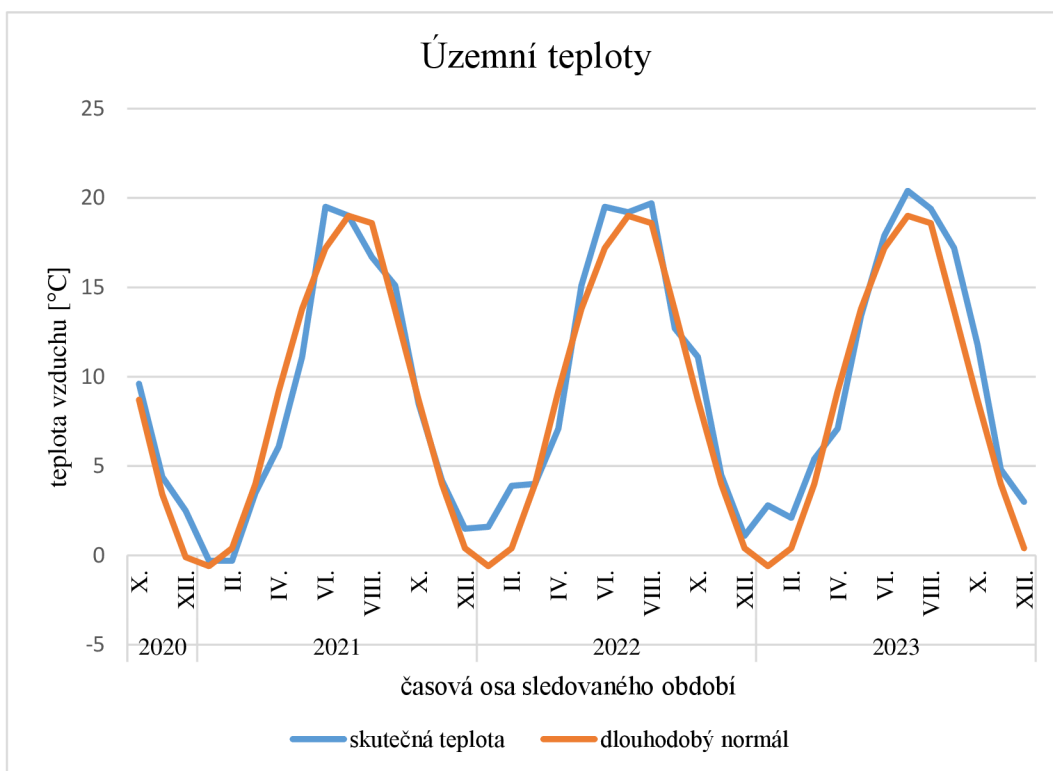
Geologická mapa České republiky (Obr. 1) ukazuje, že zkoumaná oblast se skládá z hornin jako zelený jílovec a jílovitá břidlice, které jsou na mapě prezentovány hnědou barvou, a z tmavošedého jílovce a prachovce, reprezentovaných zelenou barvou. Červená linie na mapě představuje hranice dané lokality. Tento pozemek byl v minulosti využíván pro zemědělské účely, konkrétně jako orná půda. Před zahájením zalesňovacích prací byla půda pokryta vrstvou rybníčního bahna z nedalekého rybníka, které bylo následně zaoráno do půdy pomocí půdní frézy, čímž došlo k jeho promíchání s vrchní vrstvou půdy.



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

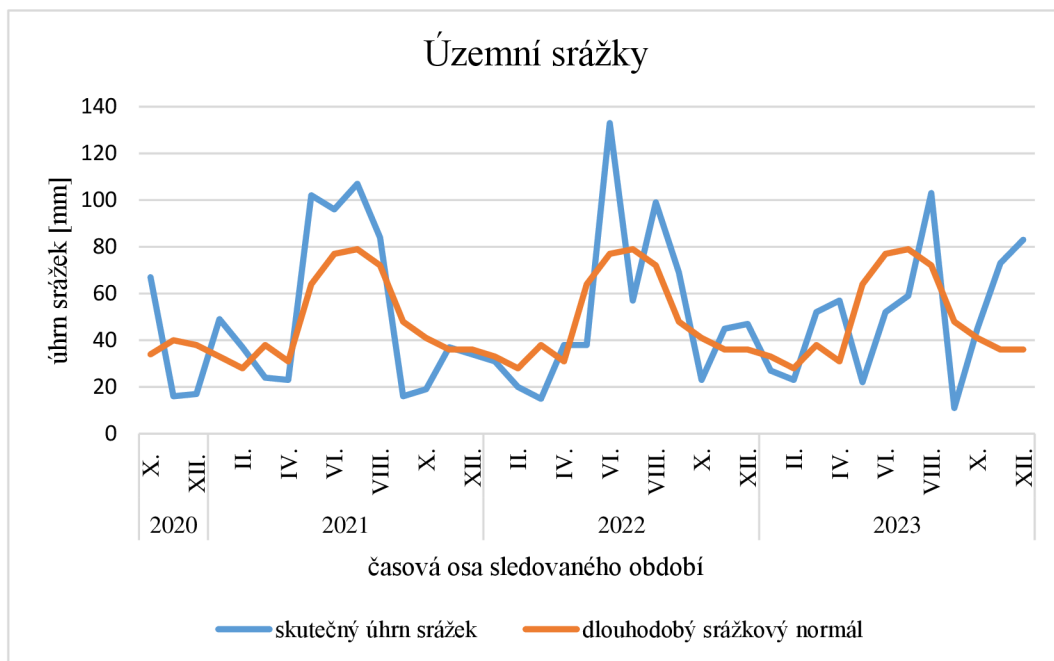
4.1.3 Klimatické podmínky

Období pro analýzu klimatických podmínek bylo určeno od podzimní výsadby v říjnu 2020 až do konce roku 2023, což celkem činí 39 měsíců. Informace byly získány od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Na přiloženém grafu (Graf 1) jsou aktuální teploty ilustrovány modrou barvou. Pro srovnání je také uvedena dlouhodobá průměrná teplota vzduchu. Průměrná teplota vzduchu v daném sledovaném období byla o 0,735 °C vyšší než dlouhodobý průměr. Toto zvýšení teploty je očekávané a koreluje s predikcemi souvisejícími s globální klimatickou změnou (ČHMÚ 2024).



Graf 1 Územní teploty kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ 2024)

V rámci studie bylo provedeno zjištění převzatých klimatických podmínek, klíčových pro daný výzkum, se zaměřením na množství srážek v období shodném s dobou monitorování teploty vzduchu tedy 39 měsíců. Zaznamenaný celkový úhrn srážek za toto sledované období předčil dlouhodobý normál o 89 mm (Graf 2).



Graf 2 Územní srážky kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ 2024)

Z těchto hodnot můžeme vyvodit, že klimatický vliv na rostliny byl na naší lokalitě z hlediska teplot výrazný a z hlediska vlhkosti spíše kladný, avšak potenciálním problémem zůstává distribuce srážek, zejména v podobě intenzivních přivalových dešťů a delších období s nízkými srážkami.

4.2 Založení výzkumné plochy

Výzkum byl založen na bývalé zemědělské půdě v oblasti „V Ladech“, zalesnění proběhlo v říjnu 2020. Zalesnění bylo provedeno rýhovým zalesňovacím strojem. Rozloha zalesněného území dosahuje 3,2 ha. Pro účely výzkumu bylo vybráno umístění výzkumné plochy v blízkosti jihozápadního rohu výzkumné plochy. Volba tohoto rohu byla motivována jeho maximální odlehlostí, což mělo za cíl poskytnout alespoň částečnou ochranu proti vandalismu. Byly definovány tři varianty: Symbivit, Ectovit a Kontrola, přičemž každá zahrnovala 800 jedinců, což celkem činí 2400 jedinců. (Příloha 4). Počátek výzkumné plochy byl určen vzdáleností deseti sazenicemi od okraje lesního pozemku, aby byl minimalizován vliv okrajového efektu na výsledná data. Pro varianty Ectovit a Kontrola bylo zřízeno osm řad, každá s počtem 100 jedinců. Pro variantu Symbivit bylo vytvořeno šest řad, přičemž první až čtvrtá řada obsahovaly každá 130 jedinců a pátá a šestá

řada měly každá 140 jedinců. Úprava v počtu řad u varianty Symbivit byla vyvolána omezenou šířkou pásu o šířce 6 řad, na kterém se použil mykorhizní přípravek Symbivit, což si vyžádalo snížení počtu řad. K usnadnění orientace a zmírnění případného okrajového efektu mezi variantami byla ponechána nesledovaná řada mezi jednotlivými variantami. Ke zlepšení přehlednosti na výzkumné ploše došlo k zavedení označovacího systému, kdy byl počáteční a každý desátý jedinec v řadě označen barevnou páskou společně s jejich pořadovým číslem a zkratkou pro příslušnou variantu. Tento přístup se ukázal být obzvláště užitečný během podzimní sezóny, kdy výška bylin na ploše převyšovala výšku dřevin (Příloha 7) a (Příloha 8).

Během prvního roku studie byla výzkumná plocha rozčleněna na dvě zóny na základě obhospodařování. Jedna bez vyžínání a druhá, která prošla procesem vyžínání za pomoci strunového křovinořezu. To je patrné na (Příloha 5) a (Příloha 6). Hraniční linie mezi vyžínáním a nevyžínáním vedla zhruba v okolí jedinců s pořadovým číslem 60, což odpovídá přibližnému středu plochy. Oddělení těchto dvou částí bylo provedeno s použitím dřevěných kůlů, jež byly na vrcholu označeny reflexní barvou pro zvýšení viditelnosti (Příloha 6) V celkovém součtu se ve vyžínané sekci nacházelo 1078 jedinců, což představuje 45 %, zatímco v nevyžínané sekci bylo 1322 jedinců, tedy 55 %.

4.3 Dendrometrická měření a další pozorování

Měření výšky dřevin bylo prováděno s využitím metru s přesností na jeden cm Proces měření zahrnoval přiložení metru k dřevině a odečet výšky z jeho stupnice. Měření dřevin se suchým vrcholem zahrnovalo odečtení výšky od paty kmínku po poslední živý pupen.

Tloušťka kořenového krčku byla měřena s použitím mechanického posuvného měřítka s přesností na milimetr. Po umístění měřítka kolem kořenového krčku a jeho sevření mezi pevnou a posuvnou čelist byla hodnota tloušťky odečítána ze stupnice. Pro zajištění přesného měření muselo být posuvné měřítko udržováno v pravém úhlu k ose kmene.

Během studie byl sledován počet suchých vrcholů, což je stav, kdy spodní část rostliny zůstává živá, zatímco její horní část odumírá. Tento jev je často spojen

s nedostatkem vody a je zesílen tzv. povýsadbovým šokem, který může rostliny postihovat po přesazení.

Také byly sledovány následující parametry: nekvalitní výsadba, useknutý jedinec, zlom, výmladek, defoliace, obražení (obražený jedinec byl označen stromek, u kterého se v jedné sezóně projevíly znaky odumření nadzemní části a byl proto zaznamenán jako „mortalita“, ale v dalším sledovaném období došlo k obražení z živé podzemní části), poškození hlodavci, mrtvý jedinec.

4.4 Analýza dat

Primární data byla nejdříve převedena do digitální podoby a následně analyzována v programu MS Excel za použití metod deskriptivní statistiky, což umožnilo základní přehled a interpretaci získaných dat. Pro detailní statistické testování mortality byl využit program R studio (R Core Team 2022). Celková míra mortality byla vypočítána jako poměr počtu uhynulých stromů k celkovému počtu vysazených stromů, což umožnilo získat procentní vyjádření mortality. K hodnocení závislosti mortality na různých proměnných byl použit Chí-kvadrát test závislosti, provedený na datech uspořádaných v kontingenční tabulce (AGRESTI et al. 2008).

Pro analýzu přírůstu výšky a tloušťky kořenového krčku byla vybrána pouze data těch jedinců, kteří během celého sledovaného období nevykazovali žádné známky suchého vrcholu (SV), nebo těch, kteří vykazovali známky suchého vrcholu, ale v posledním měřeném období dosáhli větší výšky, než byla jejich počáteční, včetně překonání suchého vrcholu, a měli kladný přírůst, tedy data, která nebyla záporná. K statistickému vyhodnocení byly dále zařazeny pouze ty druhy dřevin, které měly v každé testované variantě alespoň 10 jedinců bez projevů SV. V případě, že počet jedinců určitého druhu dřeviny v některé z variant nepřesáhl 10, tento druh byl z analýzy vyloučen z důvodu nedostatečné reprezentativnosti dat.

Pro hodnocení přírůstu výšky jedince a tloušťky kořenového krčku jedince byla využita statistická analýza v programu R studio, v níž se aplikovaly jak neparametrické, tak parametrické testy. Tyto metody umožnily podrobné vyhodnocení rozdělení dat a efektivní porovnání mezi různými skupinami. Součástí

této analýzy byl Shapiro-Wilkův test normality, který byl použit k ověření, zda sledovaná data pocházejí z populace s normálním rozdělením. Tento test je vhodný pro menší vzorky ($n < 50$), ale je efektivní i pro větší vzorky a poskytuje informace o předpokladu normality, který je klíčový pro některé parametrické testy.

Wilcoxonův rank sum test s korekcí pro kontinuitu, známý také jako Mann-Whitneyův U test, byl použit k porovnání dvou nezávislých vzorků. Tento test je vhodný, když nelze předpokládat normalitu rozdělení, a je to alternativa ke dvouvýběrovému t-testu. Kruskal-Wallisův test byl aplikován pro porovnání mediánů tří nebo více nezávislých skupin. Tento test je neparametrickou alternativou jednofaktorové ANOVY a je používán, když nelze splnit předpoklady pro parametrické testy. ANOVA (analýza rozptylu) se využila k porovnání středních hodnot více skupin, pokud data splňují předpoklady normality rozdělení a homogenity rozptylů. Testuje, zda existují statisticky významné rozdíly mezi skupinovými středy. Tukeyho HSD test následoval po ANOVA, pokud byly zjištěny významné rozdíly, a byl použit pro post-hoc analýzu. Test identifikoval, které specifické skupiny se statisticky významně liší. Každý z těchto testů byl zvolen na základě charakteristik dat a konkrétního cíle analýzy. Výsledky testů byly interpretovány pomocí p-hodnot a s ohledem na stanovenou úroveň významnosti (alfa úroveň), obvykle 0,05. Pokud byla p-hodnota nižší než alfa úroveň, nulová hypotéza byla zamítnuta, což indikovalo statistickou významnost.

4.5 Sledování přítomnosti mykorhizních špiček

Pozorování zaměřené na přítomnost mykorhiz se soustředilo na typické útvary na kořenech, známé jako mykorhizní špičky. Vzorky byly získány náhodným výběrem. V každé variantě bylo vykopáno pět náhodných jedinců druhu *Quercus robur* L., s celým kořenovým systémem. Tyto kořenové systémy byly v laboratoři očištěny (Obr. 2.), aby byl zachován pouze kořen daného jedince, a následně byl pod mikroskopem zkoumán výskyt mykorhizních špiček. Vyhodnocení bylo rozděleno do dvou kategorií: jedinci s mykorhizními špičkami a jedinci bez mykorhizních špiček



Obrázek 2 Očištěný kořenový systém *Quercus robur* (L.)

4.6 Sledování výskytu plodnic hub

Sledování výskytu plodnic hub probíhalo během vegetačního období roku 2023. V letních měsících byla realizována tři terénní šetření zaměřená přímo na zaznamenání druhové diverzity hub. Následně během podzimu byly uskutečněny čtyři terénní šetření na zaznamenání druhové diverzity hub, která byla spojená i s měřením dendrometrických hodnot jedinců dřevin.

Pro zajištění komplexního pohledu na druhovou diverzitu hub bylo sledováno přilehlé okolí kolem každého jedince, stejně jako prostor mezi řádky jednotlivých řad. Tento přístup umožnil získat ucelený obraz o druhové diverzitě hub v rámci jednotlivých variant studie. Pro každou plodnici bylo zaznamenáno, ve které variantě byla nalezena, což přispělo k přesnosti a relevanci získaných dat. Při sběru dat byl kladen důraz na detailní fotografickou dokumentaci nálezů. Každý vzorek houby byl před odebráním vyfotografován v jeho přirozeném prostředí a následně

s metrem nebo na jednolitém pozadí z minimálně dvou úhlů, a to shora a ze spodu za účelem zachycení všech charakteristických rysů pro přesnou determinaci druhu případně, alespoň rodu. Fotografie byly pořízeny pomocí iPhone 13 Pro, vybaveného 12Mpx fotoaparát s ultraširokým snímačem, v režimu normálního i makro snímání s možností ostření od 2 cm, což umožnilo získání kvalitních obrazových dat pro následnou analýzu plodnic hub. Ukázka fotodokumentace (Obr. 3). Veškerá fotodokumentace plodnic hub byla pořízena autorem práce v létě a na podzim v roce 2023. Po fotografické dokumentaci byl každý vzorek uložen do sáčku. Tento postup zajistil možnost dalšího využití vzorků pro potřeby přesné analýzy plodnic hub. První krok determinace plodnic hub byl proveden na základě fotografií a vzorků s využitím dostupných internetových zdrojů Česká mykologická společnost (MYKO 2024). Následné určení a přesné determinace proběhly během konzultací s odbornou konzultantkou, doc. Ing. Vítězslavou Peškovou, Ph.D. U nalezených hub se zařazovalo do tří skupin vztahu. První, houba tvoří mykorrhizně mutualistický vztah. Druhý vztah je houbový patogen a třetí je neutrální stav.



Obr. 3 Ukázka fotodokumentace varianty Ectovit *Crocicreas coronatum*

4.7 Půdní poměry

Vzorky půdy byly odebrané na začátku a na konci výzkumného období, konkrétně v roce 2021 a na podzim roku 2023. Na počátku výzkumného období, v roce 2021, byly ze tří různých variant získány celkem 3 vzorky půdy z každé varianty, což dohromady představuje 9 vzorků. Vzorky byly odebírány z hloubkového profilu 0–20. Po odběru byly vzorky z každé varianty sloučeny do jednoho směsného vzorku, aby bylo možné analyzovat průměrné složení půdy pro danou variantu. V následující fázi výzkumu, konané na podzim roku 2023, byl postup odběru vzorků mírně upraven. Z každé varianty byly odebírány dva vzorky, čímž bylo získáno celkem 6 vzorků. První vzorek z každé varianty pocházel z hloubky 0–10 cm, zatímco druhý z hloubkového intervalu 10–20 cm. Na rozdíl od předchozího odběru byly tyto vzorky analyzovány samostatně, aby bylo možné získat detailnější přehled o variabilitě složení půdy v rámci daných hloubkových profilů.

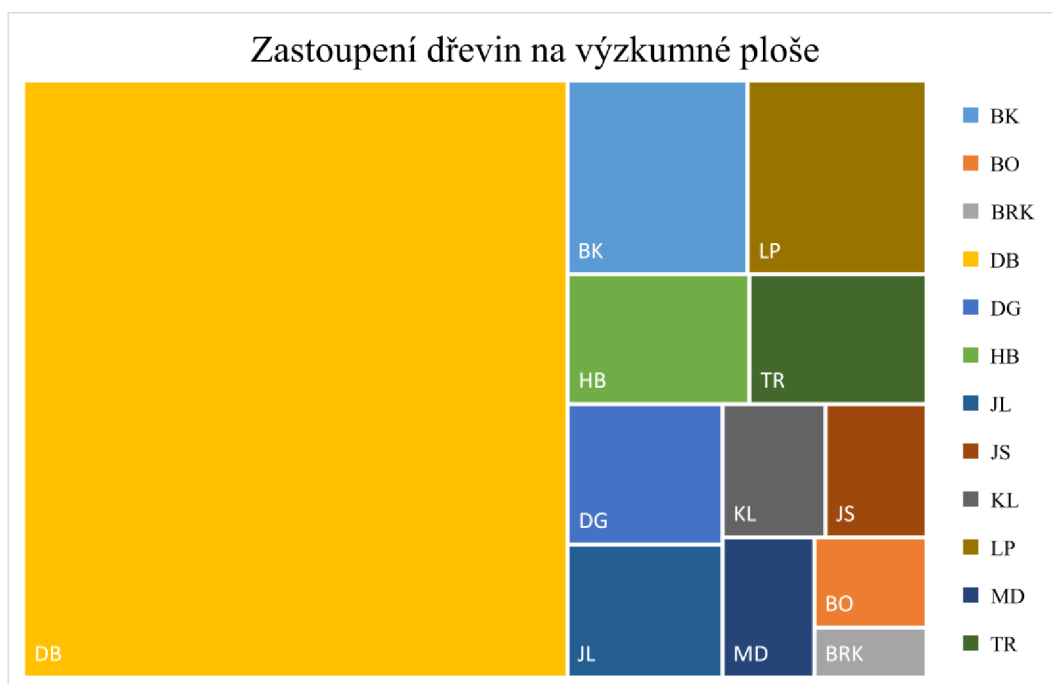
Po odběru byly vzorky půdy vysušeny na vzduchu, zbaveny hrubých částic a převedeny do homogenního stavu prostřednictvím prosévání skrze síto s velikostí ok 2 mm. Pro analýzu bylo použito 4 g jemně mletého vzorku půdy, který byl extrahován s 40 ml extrakčního roztoku Mehlich 3. Směs byla intenzivně míchána po dobu 5 minut. Následně byl extrakt filtrován skrze papírový filtr, aby bylo možné provést chemickou analýzu extraktu. Chemická analýza extraktů byla provedena pomocí ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry) pro určení koncentrací makro a mikroživin. Analyzovány byly koncentrace fosforu (P), draslíku (K), vápníku (Ca), hořčíku (Mg). Dále se sledovala kyselost nebo zásaditost půdy v roztoku vody. Měření pH v roztoku chloridu draselného, což může poskytnout přesnější hodnocení acidobazického stavu půdy, zejména pro půdy s vysokým obsahem vápníku. Hodnota kationtové výměny půdy ukazuje na celkové množství výměnných kationtů, které půda může držet a uvolňovat pro rostliny, množství organického uhlíku v půdě, procento nasycení bázemi, celkový dusík v půdě. Stupeň nasycení bázemi (V) je ukazatel, který vyjadřuje poměr množství zásadotvorných kationtů (HAEFELE at al. 2023).

Analýzu prováděla Ing. Jarmila Čechmánková, Ph.D., z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i d

5 Výsledky

5.1 Početnost dřevin a mortalita

Na začátku výzkumného období (jaro 2021) bylo změřeno 2400 jedinců. Každá varianta sestává z 800 jedinců. Celkem se na lokalitě nachází 12 druhů dřevin s různým zastoupením (Graf 3). Měření probíhalo v období jaro 2021, podzim 2021, podzim 2022, podzim 2023. Pro usnadnění v orientaci byla tabulka z celkové mortality a mortality pro jednotlivé varianty vytvořená z dvou období, a to ze začátku měření jaro 2021 a konce celkového měření podzim 2023 (Tab. 1), (Tab. 2), (Tab. 3), (Tab. 4). Všechny 3 varianty s obdobími sběru dat o mortalitě jsou umístěny v kapitole Samostatné přílohy (Příloha 1), (Příloha 2), (Příloha 3). Údaje o mortalitě pro jednotlivé dřeviny na celé výzkumné ploše, bez rozdělení podle variant, jsou prezentovány v (Tab. 1).



Graf 3 Zastoupení dřevin na výzkumné ploše

Celková mortalita byla nejnižší u kontrolní varianty, kde dosáhla hodnoty 14 %. Následovala varianta ošetřená přípravkem Ectovit s mírně vyšší mortalitou 15 %. Nejvyšší mortalitu zaznamenala varianta s aplikací přípravku Symbivit, kde dosáhla hodnoty 21 %. Detailní rozdělení mortality pro jednotlivé dřeviny pro jednotlivé varianty je přehledně zaznamenáno v (tab. 2), (tab. 3), (tab. 4).

Tabulka 1 Početnost dřevin a mortalita celkem

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2023 (ks)	Mortalita (%)
<i>Fagus sylvatica</i> L.	155	99	36 %
<i>Pinus sylvestris</i> L.	45	14	69 %
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	25	23	8 %
<i>Quercus robur</i> L.	1447	1233	15 %
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	97	50	49 %
<i>Carpinus betulus</i> L.	105	83	17 %
<i>Ulmus minor</i> Mill.	92	90	2 %
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	60	57	5 %
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	61	57	8 %
<i>Tilia cordata</i> Mill.	154	149	5 %
<i>Larix decidua</i> Mill.	57	44	23 %
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	102	96	6 %
celkem	2400	1995	17 %

Tabulka 2 Početnost dřevin a mortalita u varianty Ectovit

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2023 (ks)	Mortalita
<i>Fagus sylvatica</i> L.	53	40	25 %
<i>Pinus sylvestris</i> L.	23	11	52 %
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	9	9	0 %

<i>Quercus robur</i> L.	480	420	13 %
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	34	15	56 %
<i>Carpinus betulus</i> L.	28	23	18 %
<i>Ulmus minor</i> Mill.	15	15	0 %
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	14	13	7 %
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	31	31	0 %
<i>Tilia cordata</i> Mill.	68	64	6 %
<i>Larix decidua</i> Mill.	21	14	33 %
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	24	24	0 %
celkem	800	679	15 %

Tabulka 3 Početnost dřevin a mortalita u varianty Symbivit

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	Mortalita
<i>Fagus sylvatica</i> L.	67	30	55 %
<i>Pinus sylvestris</i> L.	16	2	88 %
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	14	14	0 %
<i>Quercus robur</i> L.	461	377	18 %
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	28	13	54 %
<i>Carpinus betulus</i> L.	36	30	17 %
<i>Ulmus minor</i> Mill.	36	35	3 %
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	29	27	7 %
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	10	9	10 %
<i>Tilia cordata</i> Mill.	49	47	4 %

<i>Larix decidua</i> Mill.	22	17	23 %
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	32	29	9 %
celkem	800	630	21 %

Tabulka 4 Početnost dřevin a mortalita u varianty Kontrola

dřevina	jaro 2021 (ks)	podzim 2021 (ks)	Mortalita (%)
<i>Fagus sylvatica</i> L.	35	29	17 %
<i>Pinus sylvestris</i> L.	6	1	83 %
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	2	0	100 %
<i>Quercus robur</i> L.	506	436	14 %
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	36	22	39 %
<i>Carpinus betulus</i> L.	36	30	17 %
<i>Ulmus minor</i> Mill.	41	40	2 %
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	17	17	0 %
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	21	17	19 %
<i>Tilia cordata</i> Mill.	40	38	5 %
<i>Larix decidua</i> Mill.	14	13	7 %
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	46	43	7 %
celkem	800	749	14 %

5.2 Statistické zhodnocení mortality

Statistické vyhodnocení mortality je v (tab. 5) prezentováno prostřednictvím indexu (a, b, c, ab), který označuje statistické rozdíly mezi sledovanými skupinami. Ve vztahu k mortalitě pozorované mezi variantami bylo zjištěno, že varianta Ectovit se statisticky neliší od varianty Kontrola, zatímco varianta Symbivit vykazuje statisticky významný rozdíl ve srovnání s oběma uvedenými variantami. Z toho vyplývá, že varianty Kontrola a Ectovit jsou součástí jedné statistické skupiny, naopak varianta Symbivit spadá do odlišné statistické skupiny.

V rámci analýzy mortality dle druhů dřevin nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl u osmi druhů: *Carpinus betulus* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Tilia cordata* Mill., *Cerasus avium* (L.) Moench., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Larix decidua* Mill. Tyto druhy tvoří homogenní skupinu bez zřetelných rozdílů v mortalitě mezi testovanými variantami. Mezi druhy dřevin, u kterých byly zjištěny statisticky významné rozdíly v mortalitě v závislosti na variantách, patří *Fagus sylvatica* L., jenž vykazuje odlišnosti ve variantě Symbivit. U *Pinus sylvestris* L. se mortalita v rámci varianty Ectovit liší od varianty Symbivit, avšak neodlišuje se od varianty Kontrola, zatímco varianta Symbivit se neliší od varianty Kontrola. U *Quercus robur* L. je situace podobná, kde varianta Ectovit se liší od varianty Symbivit, ale nepředstavuje rozdíl oproti variantě Kontrola, a varianta Symbivit je srovnatelná s variantou Kontrola. *Sorbus torminalis* (L.) Crantz ukazuje, že varianty Symbivit a Ectovit jsou si statisticky podobné, na rozdíl od varianty Kontrola, která se liší.

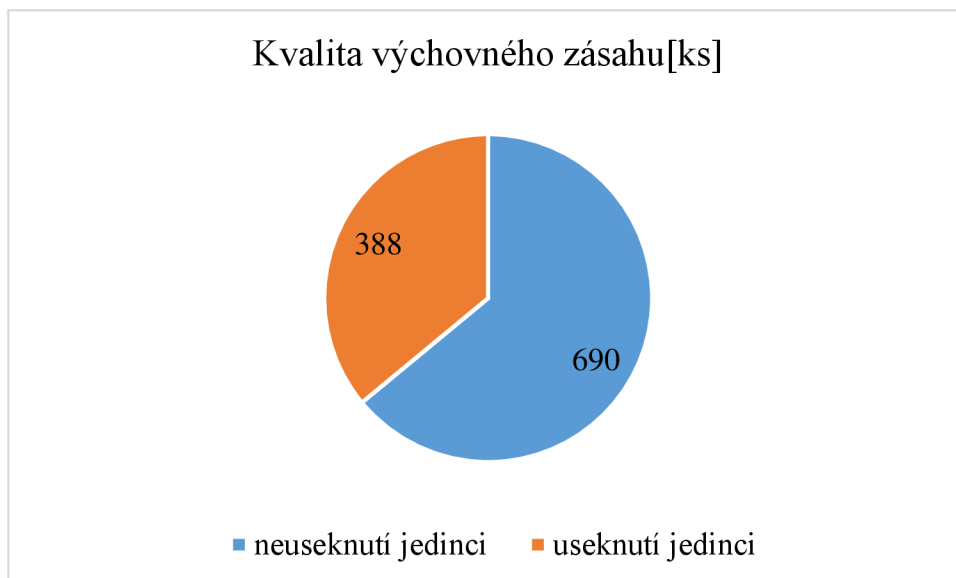
Tabulka 5 Procenta mortality a index statistická rozdílnosti [%]

Dřevina	Ectovit	Symbivit	Kontrola
<i>Fagus sylvatica</i> L.	25 ^a	55 ^b	17 ^a
<i>Pinus sylvestris</i> L.	52 ^a	88 ^b	83 ^{ab}
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	0 ^a	0 ^a	100 ^b
<i>Quercus robur</i> L.	13 ^a	18 ^b	14 ^{ab}

<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	56 ^a	54 ^a	39 ^a
<i>Carpinus betulus</i> L.	18 ^a	17 ^a	17 ^a
<i>Ulmus minor</i> Mill.	0 ^a	3 ^a	2 ^a
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	7 ^a	7 ^a	0 ^a
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0 ^a	10 ^a	19 ^a
<i>Tilia cordata</i> Mill.	6 ^a	4 ^a	5 ^a
<i>Larix decidua</i> Mill.	33 ^a	23 ^a	7 ^a
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	0 ^a	9 ^a	7 ^a
celkem	15^a	21^b	14^a

5.3 Vyhodnocení kvality ožínání

Pro celkem 1078 jedinců bylo naplánováno vyžínání jako výchovný zásah, což představuje 45 % ze všech jedinců na dané lokalitě. Vyhodnocení kvality vyžínání proběhlo ve třech obdobích: podzim 2021, podzim 2022 a podzim 2023. Při vyhodnocování bylo bráno v úvahu první useknutí (případné opakované useknutí nebylo hodnoceno), čímž byla zajištěna jedinečnost zásahu pro každého jedince a byla eliminována možnost duplicity. Na podzim roku 2021 bylo zaznamenáno 136 useknutí, v roce 2022 to bylo 217 useknutí a v roce 2023 bylo useknuto 35 jedinců. Celkově bylo během těchto tří let useknuto 388 jedinců, což odpovídá 36 % z plánovaného počtu jedinců pro výchovné zásahy. Tím pádem si více než jedna třetina jedinců prošla procesem useknutí v rámci vyžínání. (Graf 4.)



Graf 4 Vyhodnocení kvality výchovného zásahu [ks]

5.4 Četnost suchých vrcholů

Nejvyšší výskyt suchých vrcholů (SV) byl zaznamenán u varianty Ectovit, kde dosáhl 45 % (Tab. 6), za ním následovala varianta Symbivit s 42 % (Tab. 7). Nejnižší podíl suchých vrcholů byl pozorován u varianty Kontrola, kde činil

32 % (Tab. 8). U nejčetnějšího druhu dřeviny, *Quercus robur* L., byl nejmenší podíl suchých vrcholů u varianty Kontrola s 38,1 %, následoval Symbivit s 45,6 % a největší podíl byl zjištěn u varianty Ectovit, kde dosáhl 46,9 %. Srovnání podílů suchých vrcholů mezi jednotlivými variantami je uvedeno v tabulce (Tab. 9).

Tabulka 6 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Ectovit

Dřevina	SV (ks)	celkem (ks)	SV (%)
<i>Fagus sylvatica</i> L.	16	40	40
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	3	9	33
<i>Quercus robur</i> L.	197	420	46,9

<i>Carpinus betulus</i> L.	22	23	96
<i>Ulmus minor</i> Mill.	0	15	0
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	3	12	25
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	23	31	74
<i>Tilia cordata</i> Mill.	11	64	17
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	11	24	46
celkem	286	638	45

Tabulka 7 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Symbivit

Dřevina	SV (ks)	celkem (ks)	SV (%)
<i>Fagus sylvatica</i> L.	18	30	60
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	4	14	29
<i>Quercus robur</i> L.	172	377	45,6
<i>Carpinus betulus</i> L.	19	30	63
<i>Ulmus minor</i> Mill.	5	35	14
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	3	27	11
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	8	9	89
<i>Tilia cordata</i> Mill.	15	47	32
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	6	29	21
celkem	250	598	42

Tabulka 8 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty Kontrola

Dřevina	SV [ks]	celkem [ks]	SV [%]
<i>Fagus sylvatica</i> L.	8	29	28
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	0	0	-
<i>Quercus robur</i> L.	166	436	38,1
<i>Carpinus betulus</i> L.	15	30	50
<i>Ulmus minor</i> Mill.	2	40	5
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2	17	12
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	8	17	47
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	38	11
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	2	43	5
celkem	207	650	32

Tabulka 9 Procenta podílu SV mezi variantami pro listnaté dřeviny [%]

Dřevina	Ectovit	Symbivit	Kontrola
<i>Fagus sylvatica</i> L.	40	60	28
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	33	29	-
<i>Quercus robur</i> L.	46,9	45,6	38,1
<i>Carpinus betulus</i> L.	96	63	50
<i>Ulmus minor</i> Mill.	0	14	5
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	25	11	12
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	74	89	47

<i>Tilia cordata</i> Mill.	17	32	11
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	46	21	5
celkem	45	42	32

5.5 Dendrometrické měření

Průměrný výškový přírůst byl na základě předem stanovených kritérií vyhodnocen pro dřeviny *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Larix decidua* Mill. a *Cerasus avium* (L.) Moench.

Průměrný tloušťkový přírůst byl vyhodnocen pro dřeviny *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Larix decidua* Mill. a *Cerasus avium* (L.) Moench. Statistická rozdílnost mezi variantami je v tabulce značen indexy statisticky shodných skupin (Tabulka 10) a (Tabulka 11).

5.5.1 Výškový přírůst

Nejvyššího průměrného výškového přírůstu dosáhla varianta Kontrola s hodnotou 22,4 cm na variantu. Za ní se umístila varianta Symbivit s průměrným přírůstem 19,1 cm. Nejnižší průměrný výškový přírůst byl zaznamenán u varianty Ectovit, a to 13,8 cm. Z hlediska specifických druhů dřevin dosáhl nejvyššího průměrného výškového přírůstu *Larix decidua* Mill. na variantě Kontrola s hodnotou 114,9 cm. Naopak, nejnižší průměrný přírůst mezi všemi variantami vykázal *Quercus robur* L. na variantě Ectovit s 10,4 cm. Pro tento nejrozšířenější druh dřeviny byl nejvyšší průměrný přírůst zaznamenán na variantě Kontrola s 14,7 cm, na variantě Ectovit dosáhl 10,4 cm a na variantě Symbivit 12,0 cm.

Statistické porovnání odhalilo rozdílnost mezi všemi třemi variantami. Byly také identifikovány statistické rozdíly mezi druhy dřevin, konkrétně *Quercus robur*

L., *Fraxinus excelsior* L., *Larix decidua* Mill. a *Cerasus avium* (L.) Moench, které jsou v tabulce označeny příslušnými indexy. Zbylé tři dřeviny byly statisticky vyhodnocené jako shodné skupiny (Tab. 10).

Tabulka 10 Průměrný výškový přírůst

Dřevina	Ectovit [cm]	Symbivit [cm]	Kontrola [cm]
<i>Quercus robur</i> L.	10,41 ^a	11,98 ^a	14,73 ^b
<i>Carpinus betulus</i> L.	11,47 ^a	10,64 ^a	10,80 ^a
<i>Ulmus minor</i> Mill.	18,20 ^a	25,07 ^a	24,74 ^a
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	18,60 ^a	21,13 ^b	29,43 ^c
<i>Tilia cordata</i> Mill.	13,00 ^a	13,66 ^a	17,85 ^a
<i>Larix decidua</i> Mill.	52,83 ^a	76,41 ^a	114,92 ^b
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	27,85 ^a	39,18 ^{ab}	45,90 ^b
celkem	13,77 ^a	19,11 ^b	22,43 ^c

5.5.2 Tloušťkový přírůst

Nejvyššího průměrného tloušťkového přírůstu dosáhla varianta Kontrola. Její průměrný tloušťkový přírůst dosáhl 3,98 mm na variantu. Druhý nejvyšší průměrný tloušťkový přírůst byl zjištěn na variantě Symbivit s 3,07 mm a nejmenších hodnot průměrného tloušťkového přírůstu dosáhla varianta Ectovit s 2,70 mm. V rámci konkrétních druhů dosáhl nejvyššího průměrného tloušťkového přírůstu na všech tří variantách dřevina *Larix decidua* Mill. Nejnižšího průměrného tloušťkového přírůstu v rámci všech tří variant dosáhla dřevina *Quercus robur* L. Nejpočetnější dřevina *Quercus robur* L. měl nejvyšší přírůst na variantě Kontrola (3,12 mm). Přírůst na variantě Ectovit byl 2,34 mm a Symbivit 2,29 mm.

Statistické srovnání variant odhalilo rozdílnost statistických skupin u všech variant. Statisticky shodné dřeviny v rámci tloušťkového přírůstu jsou dvě *Fraxinus*

excelsior L., *Ulmus minor* Mill. (Tab. 10). U 4 dřevin byly dvě statisticky rozdílné skupiny, a to Ectovit a Symbivit společně v jedné statistické skupině a varianta Kontrola v druhé statistické skupině. To jsou dřeviny *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., *Tilia cordata* Mill., *Larix decidua* Mill.. Dřevina, která má rozdílné skupin pro všechny tři varianty je *Cerasus avium* (L.) Moench. Pro dřevinu *Fagus sylvatica* L. nejde zamítnout shoda mezi variantou Ectovit a Symbivit. Zamítá se shoda mezi Symbivitem a Kontrolou, ale nejde zamítnout shoda mezi variantou Ectovit a Kontrola.

Nejvyšší průměrný tloušťkový přírůst u všech druhů dřevin se nachází u varianty kontrola.

Tabulka 11 Průměrný tloušťkový přírůst

Dřevina	Ectovit [mm]	Symbivit [mm]	Kontrola [mm]
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1,87 ^a	1,40 ^a	2,95^{ab}
<i>Quercus robur</i> L.	2,34 ^a	2,29 ^a	3,12^b
<i>Carpinus betulus</i> L.	2,15 ^a	3,70 ^a	4,48^b
<i>Ulmus minor</i> Mill.	4,42 ^a	3,70 ^a	4,47^a
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	4,83 ^a	3,84 ^a	5,17^a
<i>Tilia cordata</i> Mill.	3,01 ^a	2,84 ^a	4,88^b
<i>Larix decidua</i> Mill.	8,00 ^a	11,76 ^a	16,92^b
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	3,21 ^a	4,74 ^b	7,25^c
celkem	2,70^a	3,07^b	3,98^c

5.6 Sledování přítomnosti mykorhizních špiček

Mykorhizní špičky byly nalezené na všech odebraných vzorcích dřeviny *Quercus robur* L. Tedy na 5 preparátech kořenů z varianty Symbivit, Ectovit i z kontrolní

varianty. Jednotlivé vzorky s příslušností k testované variantě a přítomnost mykorhizních špiček jsou zaznamenány v (Tab. 12).

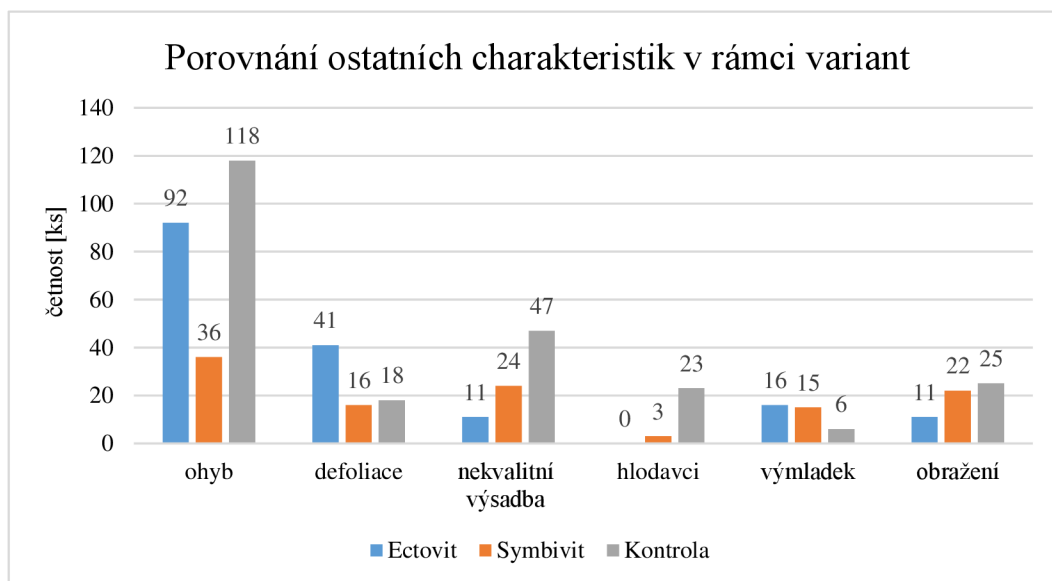
Tabulka 12 Přítomnost mykorhizních špiček

Vzorek	Varianta	Přítomnost mykorhizních špiček
S1	Symbivit	ANO
S2	Symbivit	ANO
S3	Symbivit	ANO
S4	Symbivit	ANO
S5	Symbivit	ANO
E1	Ectovit	ANO
E2	Ectovit	ANO
E3	Ectovit	ANO
E4	Ectovit	ANO
E5	Ectovit	ANO
K1	Kontrola	ANO
K2	Kontrola	ANO
K3	Kontrola	ANO
K4	Kontrola	ANO
K5	Kontrola	ANO

5.7 Doplnující charakteristiky

Zařazení doplňkových charakteristik, jako jsou ohyb, defoliace, nekvalitní výsadba, poškození od hlodavců, výmladky a obražení, bylo provedeno na základě dat získaných během měření na jaře 2021, podzim 2021, podzim 2022 a podzim

2023. Výsledky pro souhrnné počty pro každou kategorii a variantu jsou přehledně zaznamenány v příloženém grafu (Graf 5).



Graf 5 Porovnání ostatních charakteristik v rámci variant [ks]

V roce 2023 nebylo nalezeno žádné poškození hlodavci, avšak na lokalitě byl nalezen uhynulý exemplář hlodavce. (Příloha. 9).

Za celé období experimentu nebyly pozorované žádné škody zvěří. I přesto, že v létě 2023 se do oplocené výzkumné plochy dostal srnec obecný, *Capreolus capreolus* L. (Příloha. 10). Na lokalitě byly nalezené pobytové znaky od lišky obecné, *Vulpes vulpes* L. Trus s délkou 2 cm a šířkou 0,5 cm. S viditelnými zbytky chlupů a malých kostí (Příloha. 11) .

Na výzkumné ploše byl zpozorován častý výskyt bažanta obecného *Phasianus colchicus* L., který ulehával bylinné patro. Dále byl zpozorován a fotograficky zdokumentován dravec (Příloha. 12)

5.8 Sledování výskytu plodnic hub

Na ploše ošetřené přípravkem Ectovit byly nalezené plodnice hub *Crinipellis scabella* Alb. et Schwein., *Mycena* sp., *Crocicreas coronatum* (Bull.) S.E. Carp., *Hebeloma* sp., *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, *Hymenoscyphus albidus* (Roberge ex Desm.) W. Phillips. Na ploše ošetřené přípravkem Symbivit byly nalezené plodnice hub *Cortinarius caperatus* (Pers.) Fr.,

Psathyrella typhae (Kalchbr.) A. Pearson & Dennis, *Tubaria furfuracea* (Pers.) Gillet, *Mycena* sp. Na variantě Kontrola byly nalezené plodnice hub *Laccaria* sp., *Mycena* sp.

Dvě houby s mykorhizním mutualistickým stylem života byly nalezené u varianty Ectovit, a to konkrétně *Crocicreas coronatum* (Bull.) S.E. Carp., *Hebeloma* sp. A jedna u varianty Kontrola konkrétně *Laccaria* sp.. Ve variantě Ectovit byl nalezen houbový patogen *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral. U varianty Symbivit nebyla nalezená žádná houba s mykorhizním mutualistickým stylem života.

tabulka 13 Sledování výskytu plodnic hub

Varianta	Houba	Typ interakce
Ectovit	<i>Crinipellis scabella</i>	neutrální
Ectovit	<i>Mycena</i> sp	neutrální
Ectovit	<i>Crocicreas coronatum</i>	mykorhizní mutualismus
Ectovit	<i>Hebeloma</i> sp	mykorhizní mutualismus
Ectovit	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	patogen
Ectovit	<i>Hymenoscyphus albidus</i>	neutrální
Symbivit	<i>Cortinarius caperatus</i>	neutrální
Symbivit	<i>Psathyrella typhae</i>	neutrální
Symbivit	<i>Tubaria furfuracea</i>	neutrální
Symbivit	<i>Mycena</i> sp	neutrální
Kontrola	<i>Laccaria</i> sp.	mykorhizní mutualismus
Kontrola	<i>Mycena</i> sp	neutrální

5.9 Půdní poměry

Výsledky laboratorních analýz za rok 2023 jsou prezentovány v (Tab. 15) a (Tab. 16). Kyselost půdy, zjištěná měřením pH ve vodném roztoku (pH_{H2O}), odhalila, že varianty Symbivit a Kontrola, s pH hodnotami 5,84 a 5,93 pro S1 a S2 a 5,60 a 5,67 pro K1 a K2, se vyznačují mírně kyselým prostředím. Naopak, E

varianty s pH 6,53 a 6,17 pro E1 a E2 spadají do kategorie mírně kyselých až neutrálních půd, což naznačuje lepší podmínky pro dostupnost živin. Zařazení bylo provedeno podle publikace SÁŇKA (2018). Kationtová výměnná kapacita (CEC), schopnost půdy vázat a uvolňovat kationty, byla u všech vzorků hodnocena jako střední až vysoká. Hodnoty u všech tří variant byly velmi podobné. Hodnoty obsahu bází (hodnoty S) byly mírně vyšší u ošetřených variant. Hodnota V, indikující stupeň nasycení bázemi, ukázala na lepší nasycení bázemi u E varianty (71 % pro vzorek E1 a 67 % pro E2) ve srovnání s S (56 % pro S1 a 59 % pro S2) a K (50 % pro K1 a 48 % pro K2). Obsah organického uhlíku (COX), odrážející množství organického materiálu v půdě, byl vyšší u S a K variant, s hodnotami 2,90 % pro S1 a 2,61 % pro K1, což poukazuje na bohatý organický materiál v těchto půdách. Varianta s aplikací mykorhizního přípravku Ectovit vykazovala mírně nižší obsah celkové dusíku. Dostupnost klíčových živin jako vápník, draslík, hořčík a fosfor byla hodnocena jako dostatečná ve všech vzorcích, přičemž K varianta vykazovala výrazně vyšší dostupnost fosforu, což je zásadní pro podporu kořenového růstu a vývoje rostlin. Naopak varianta Ectovit vykazovala nižší obsah přístupného draslíku. Obě ošetřené varianty pak vykazovaly vyšší obsah přístupného hořčíku v obou sledovaných půdních vrstvách. Meziroční rozdíl, půdních charakteristik mezi rokem 2021 a rokem 2023 ukazuje na snížení kyselosti půdy, avšak obsah organického uhlíku a obsah celkového dusíku v půdě se oproti roku 2021 zvýšil. (Příloha 13). Podrobné hodnoty získané v roce 2023 jsou uvedeny v (Tab. 14) a (Tab. 15) a výsledky z laboratorní analýzy a porovnání roku 2021 s analýzou půdy z roku 2023 jsou v (Příloha 13).

Tabulka 15 Výsledky půdních poměrů

Popis vzorku	pH H ₂ O	pH KCl – KPP	T (CEC) [mmol+/100 g]	S (nasyc.b.) [mmol+/100 g]	V stupeň nasyc [%]	Cox [%]	N tot Primacs [%]
E1	6,53	5,83	23,91	16,96	71	2,42	0,262
E2	6,17	5,39	25,2	16,95	67	2,38	0,272
S1	5,84	5,08	25,03	14,09	56	2,9	0,318
S2	5,93	5,03	25,68	15,24	59	2,54	0,292
K1	5,6	4,71	25,33	12,59	50	2,61	0,305
K2	5,67	4,66	26,31	12,67	48	2,71	0,301

Tabulka 16 Dostupnost klíčových živin

Popis vzorku	př. Ca-Meh3 – ICP [mg/kg]	př. K-Meh3 – ICP [mg/kg]	př. Mg-Meh3 – ICP [mg/kg]	př. P-Meh3 – ICP [mg/kg]
E1	3038	186	577	19
E2	2665	137	595	16
S1	2525	357	508	35
S2	2469	197	534	23
K1	2574	319	372	67
K2	2599	224	369	60

6 Diskuze

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 rozdělena do tří částí, kdy jednotlivé varianty (Symbivit, Ectovit a Kontrola) jsou umístěny vedle sebe (6 řad sazenic pro variantu Symbivit a 8 řad sazenic pro variantu Ectovit a Kontrola). Takové schéma experimentu je na jednu stranu výhodné z provozního hlediska, a to díky své nenáročnosti na realizaci a také z hlediska minimalizace vzájemného ovlivnění jednotlivých variant, na druhou stranu tímto způsobem nemůže být pokryta variabilita mikrostanovištních podmínek, zejména pedologických. Na základě těchto nevýhod mohou být výsledky zkreslené.

V rámci hodnocení ujímavosti se jako nejúspěšnější dřevina ukázal jilm habrolistý, který se vyznačuje pouze 2% mortalitou, což představuje nejnižší procentuální podíl ve srovnání s ostatními zkoumanými dřevinami. Tento druh dále vyniká nejmenším počtem suchých vrcholů a dosahuje nadstandardních výsledků jak v oblasti výškového, tak tloušťkového přírůstu. Tyto charakteristiky naznačují výjimečnou adaptabilitu a vitalitu JL v testovaných podmínkách.

Kromě JL byly nadprůměrné hodnoty ujímavosti a růstového přírůstu pozorovány také u dřevin LP, JS a TR. Tyto druhy demonstrují silnou schopnost adaptace a růstu, což podtrhuje jejich potenciál pro využití v lesnické praxi.

V kontextu fytopatologických hrozeb, které stojí před jasanem a jilmem, se významně rýsuje riziko spojené s výskytem chorob, jako je grafióza jilmů (*Ophiostoma novo-ulmi* Brasier) a chřadnutí jasanů (*Chalara fraxinea* T. Kowalski Baral, Queloz & Hosoya). Je důležité poznamenat, že ve druhém roce výzkumu byla na zkoumané lokalitě potvrzena přítomnost infekce způsobená *Chalara fraxinea*, což se projevilo na mnoha exemplářích. Tato situace značně zvyšuje obavy ohledně budoucnosti této dřeviny na daném stanovišti.

Chřadnutí jasanů, způsobené tracheomykózní houbou *Chalara fraxinea*, vede k usychání letorostů a slabších větví, což může mít za následek chřadnutí a následné hynutí jednotlivých stromů nebo dokonce celých porostů jasanu, jak dokumentuje ČERNÝ (2011). Grafióza jilmů, dlouhodobě působící onemocnění, obzvláště zasahuje jilm habrolistý, což v některých oblastech vyvolává obavy z možného

vyhynutí tohoto druhu. Podle studií NOVÁK et al. (2014) se zdá, že některé druhy jilmu, jako jsou jilm vaz a částečně i jilm horský, vykazují větší odolnost vůči této chorobě.

Ačkoliv je budoucí vývoj v rozsahu poškození druhů jasanu a jilmu na zkoumaném stanovišti nejistý, výskyt těchto chorob již nyní naznačuje významný dopad na zdraví a vitalitu lesního porostu. Přesto tyto druhy mohou zpočátku plnit klíčovou zápojnou funkci v lesním ekosystému. Vzhledem k jejich relativně malému zastoupení ve směsi dřevin by případné hromadné uhynutí těchto stromů nemělo představovat závažný problém pro celkovou strukturu a funkci porostu. Tato pozorování podtrhuje význam diverzifikace druhů v lesních porostech jako strategie pro minimalizaci rizika a zajištění odolnosti lesa vůči patogenům.

Nejčtenější druh ve studii DB vykázal celkovou mortalitu 15 %. Tento údaj představuje významný aspekt pro hodnocení vitality a adaptability této dřeviny v testovaném prostředí. Jednoznačným zjištěním je, že nejlepší ujímavost byla zaznamenána u kontrolní varianty 14 %, což naznačuje, že úspěšnost ujímání pravděpodobně nebyla ovlivněna aplikací mykorhizních přípravků. Tato skutečnost poukazuje na možný vliv půdních mikrostanovištních rozdílů, které mohou hrát klíčovou roli v procesu adaptace a růstu dřevin. Malá část celkové mortality DB (26 jedinců) připisána poškození způsobenému myšovitými hlodavci.

Myšovitý hlodavci vytvářeli poškození pouze v roce 2021 a 2022. V roce 2023 už nebyl zaznamenán žádný strom poškozený myšovitými hlodavci. Velký podíl na zastavení růstu populace, a tak i projevení škod mají predátoři. Z pozorování to je například liška obecná, *Vulpes vulpes* L., u který byl přímo nalezen pobytový znak (trus) na výzkumné lokalitě a dravý ptáci, kteří byli na lokalitě často pozorováni.

V rámci zjištěných dat je prokazatelné, že z hlediska přírůstové prosperity mezi zkoumanými druhy dřevin vykazuje modřín opadavý (Mill.) nejlepší výsledky. Tento druh vyniká zejména ve výškovém, a tloušťkovém přírůstu, přičemž na variantě Kontrola byl zaznamenán nejvyšší průměrný výškový přírůst 114,92 cm a nejvyšší průměrný tloušťkový přírůst 16,92 cm. Tyto hodnoty výrazně převyšují průměrný výškový přírůst 22,43 cm a tloušťkový přírůst 3,98 cm pro celkový průměr všech sledovaných dřevin na téže variantě, což zdůrazňuje

výjimečný růstový potenciál *Larix decidua* Mill. a prokazuje nejvyšší hodnoty u varianty Kontrola. Další dřevinou, která si zaslouží pozornost, je *Cerasus avium* (L. Moench), jež se umístila na druhém místě jak ve výškovém, tak tloušťkovém přírůstu a vyniká také výjimečně nízkou mortalitou. S nulovou mortalitou u varianty Ectovit se jeví jako perspektivní dřevina nejen pro další výzkum, ale i pro provozní využití jako potenciální cenná dřevina z pohledu ekonomických aspektů tak ekologických.

Pokud jde o vliv různých variant na růstové parametry, na kontrolní variantě vykazuje většina dřevin nejvyšší přírůst. Zejména se jedné o tloušťkový přírůst, kde byly zaznamenány nejvyšší hodnoty u všech dřevin právě na variantě Kontrola. Tato pozorování naznačují, že přirozené podmínky bez zásahu přípravků mohou být pro většinu dřevin nejvýhodnější.

Nicméně, ve dvou případech byly zaznamenány lepší výsledky u variant, kde byly použity růstové stimulanty. Konkrétně u dřevin *Ulmus minor* Mill. byl průměrný výškový přírůst o 0,33 cm vyšší u varianty Symbivit než u kontrolní varianty, a u dřeviny *Carpinus betulus* L. byl průměrný výškový přírůst o 0,67 cm vyšší u varianty Ectovit než u kontrolní varianty. Tato zjištění poukazují na potenciální přínos specifických přípravků pro určité druhy dřevin, avšak v rámci statistické analýzy nebyla prokázána skutečnost, že jsou varianty u těchto konkrétních dřevin statisticky lepší jak kontrolní varianta. Na druhou stranu to ale můžeme statisticky doložit u varianty Kontrola, kde u více dřevin se jedná o statisticky odlišnou skupinu a tím pádem i o statisticky významný a kladný rozdíl v rámci přírůstu tloušťkového a výškového.

Na určitých částech pozemku, kde byly testovány přípravky Ectovit a Symbivit, bylo zaznamenáno zhutnění půdy. Primární příčinou tohoto zhutnění bylo používání nákladních vozidel pro transport vybagrovaného bahna z nedalekého rybníka na výstavbu protihlukového valu. Pokusy o nápravu situace prostřednictvím mechanického rozrušení půdy půdní frézou bohužel nevedly k úplnému odstranění problému zhutnění. Tento stav má potenciál negativně ovlivnit schopnost půdy vsakovat vodu, což může vést k jejímu dočasnému přesycení v obdobích intenzivních dešťů. Takové zhutnění půdního substrátu může mít značný dopad na produkční schopnosti půdy, protože nevyrovnaný vodní režim

negativně ovlivňuje, jak růst kořenového systému, tak efektivitu absorpce živin z půdy (JAVŮREK, VACH 2008).

Ve variantách Symbivit, Kontrola a Ectovit byla zkoumána kyselost půdy, kapacita kationtové výměny (CEC), stupeň nasycení bázemi (V) a obsah organického uhlíku (COX), pro posouzení jejich vlivů na podmínky pro růst lesních porostů. Měření pH ve vodném roztoku ukázalo, že varianty Symbivit a Kontrola mají nižší pH (s hodnotami v rozmezí 5,60 až 5,93), což naznačuje mírně kyselé podmínky typické pro lesní půdy. Naproti tomu varianty Ectovit s pH 6,17 a 6,53 spadají do kategorie mírně kyselých až neutrálních půd, které mohou nabízet lepší podmínky pro dostupnost živin. Kapacita kationtové výměny byla hodnocena jako střední až vysoká pro všechny vzorky, což představuje dobrou schopnost půdy podporovat udržitelný růst rostlin tím, že poskytuje dostatečné množství živin.

Významnější rozdíly byly pozorovány ve stupni nasycení bázemi, kde varianty Ectovit vykazovaly lepší nasycení bázemi (71 % pro E1 a 67 % pro E2) ve srovnání s variantami Symbivit a Kontrola, což naznačuje vyšší dostupnost živin v půdách variant E. Vyšší hodnoty obsahu organického uhlíku ve variantách S a K poukazují na bohatší organický materiál, který podporuje příznivou strukturu půdy, zlepšuje její vodní retenční schopnost a podporuje mikrobiální aktivitu, zásadní pro zdraví lesních ekosystémů. Kromě toho byla dostupnost klíčových živin jako Ca, K, Mg a P hodnocena jako dostatečná ve všech vzorcích, přičemž na variantě Kontrola byla zaznamenána významně vyšší dostupnost fosforu. Jeden z hlavních přínosů fosforu je podpora zdravého růstu kořenů, což je zásadní pro rychlý začátek růstu a celkovou vitalitu rostlin. A však pokud by se navyšoval obsah fosforu do budoucna mohl by mít i negativní vliv. Jelikož může způsobovat toxicitu ve vysokých hodnotách. Varianta Ectovit poskytuje potenciálně lepší podmínky pro rostliny preferující vyšší dostupnost vápníku a hořčíku, zatímco varianty Symbivit a zejména Kontrola mohou být vhodnější pro rostliny s vyššími nároky na draslík a fosfor (SÁŇKA, MATERNA 2004)

Zmiňovaná vysoká mortalita neopadavých jehličnanů, konkrétně u druhů BO (69 %) a DG (49 %), zdůrazňuje význam vhodného načasování výsadby pro úspěšné zakořenění a přežití těchto rostlin. Podzimní výsadba, ačkoli může být v některých případech úspěšná (zejména pro listnaté dřeviny), se pro jehličnany

obecně nepovažuje za ideální. To je způsobeno zejména rizikem ztráty vody transpirací během zimního období, kdy rostliny mohou mít omezenou schopnost absorbovat vodu ze zmrzlé či velmi chladné půdy. Jehličnany mají tendenci pokračovat v transpiraci (vypařování vody) i během zimy, naproti tomu listnaté dřeviny přes zimu transpiraci snižují na minimum. Pokud nejsou kořeny dostatečně rozvinuté nebo zregenerované po výsadbě, nemohou rostliny efektivně čerpat vodu z půdy, což vede k jejich uschnutí a následné mortalitě. Pro minimalizaci rizika a zajištění lepšího přežití je doporučováno provádět výsadbu jehličnanů buď na jaře, což jim dává celé vegetační období na aklimatizaci a rozvoj kořenového systému před nástupem zimy, nebo v časném podzimu. Časná podzimní výsadba by měla rostlinám poskytnout dostatečný čas na to, aby kořeny částečně zregenerovaly a rostliny se tak lépe připravily na nadcházející zimní období (JURÁSEK et al. 2010).

Citlivost druhu *Pseudotsuga menziesii* (Mirb. Franco) na poškození kořenového systému a zvýšenou transpiraci vody, tedy vytranspirování bylo potvrzeno dřívějšími studiemi (HOFMAN, 1964; KŠÍR et al., 2015).

Vysoká mortalita a častý výskyt suchých vrcholů u mladých výsadeb jehličnanů naznačuje vliv silných negativních faktorů, které působí na tyto nově vysazené stromky. Jako klíčový faktor vedoucí k povýsadbovému šoku se jeví stres z nedostatku vody. Tento problém je způsoben především omezenou schopností rostlin čerpat vodu z půdy kvůli poškození kořenového systému během manipulace se sadebním materiálem před a během výsadby. Navíc čerstvě vysazené rostliny mají nezbytně omezenou hloubku kořenového systému, což dále komplikuje situaci.

Nejvýraznějším negativním faktorem, který zasáhl předmětné výsadby, byl pravděpodobně přísušek, zejména v první části vegetačního období. Mladé porosty jsou na nedostatek vody obecně citlivější než starší porosty, přičemž smrky, jedle a borovice jsou mezi nejvíce ohroženými druhy (KŘÍSTEK et al., 2002). Ačkoliv dlouhodobé měsíční úhrny srážek výraznější sucho nepotvrzují, na konci května a v červnu 2021 došlo k několikátýdennímu období s nadprůměrnými teplotami a minimem srážek. Tento relativně krátký přísušek, který by starší porosty

nepoškodil, způsobil značný stres u nově vysazených stromků, jež ještě nebyly dostatečně zakořeněny.

Kromě toho mohlo místně dojít k negativnímu vlivu dočasného zamokření, zejména ještě před začátkem vegetačního období. Zamokření (až zaplavení) bylo zaznamenáno během pochůzky v terénu v únoru 2021 a později také nepřímo na základě rozvoje vlhkomilných bylin. Zhoršené zasakování vody bylo pravděpodobně způsobeno částečně rekultivací bývalé zemědělské půdy s využitím rybníčního bahna.

Analýza klimatických podmínek od podzimní výsadby v říjnu 2020 až do konce roku 2023 ukázala, že průměrná teplota vzduchu byla o 0,735 °C vyšší než dlouhodobý průměr, což koreluje s očekáváními spojenými s globální klimatickou změnou. Sledování srážek v této době rovněž odhalilo, že celkový úhrn srážek překonal dlouhodobý normál o 89 mm, což mírně kompenzuje vliv zvýšené teploty.

Pozorování mykorhizních špiček na kořenovém systému vzorových stromků DB odhalilo jejich přítomnost ve všech 15 zkoumaných vzorcích, bez rozdílu mezi variantami. Vzhledem k tomu, že území, kde byly stromky vysazeny, bylo dříve využíváno jako zemědělská půda, existuje pravděpodobnost, že tyto mykorhizy nejsou původními obyvateli dané lokality. Je možné, že stromky byly již před výsadbou kolonizovány mutualistickými houbami během svého pěstování v lesní školce.

Podle studie PENNANENA (2005) byl na zkoumané lokalitě zaznamenán bohatý výskyt ektomykorhiz, jejichž morfologie se podobá mykorhizám typickým pro lesní školky. Tento nález poukazuje na možnost, že ektomykorhizy přenesené z prostředí školky mohou efektivně omezovat počáteční osídlování místními mykorhizními houbami. Houby, které byly pěstovány ve školkách, se mohou ukázat jako dominantní konkurenti, zejména na otevřených místech, jako jsou holiny, nebo při výsadbách na svazích. Je patrné, že stejný případ je i tato lokalita, kde kořeny byly s velkou pravděpodobností už mykorhizované z lesní školky.

Sledování výskytu plodnic hub odhalilo, že aplikace mykorhizních přípravků Ectovit a Symbivit vedla k relativně větší diverzitě houbových společenstev ve srovnání s kontrolní plochou. Na variantě Ectovit bylo nalezeno 6 druhů hub. Na variantě Symbivit 3 druhy a na variantě Kontrola 2. Z hlediska druhového složení

mykorhizních hub lze zjistit, že na variantě Ectovit byly nalezené dvě houby s mykorhizním stylem života na variantě Symbivit žádná oproti tomu na variantě Kontrola byla nalezená jedna. Ectovit má také dvě patogenní houby, u kterých bude do budoucna fytopatologický problém a které se pravděpodobně rozšíří po celé lokalitě. Pokud tedy se zaměříme na konkrétní druhy, je patrné, že mykorhizní přípravky neměly žádný vliv na mykorhizaci kořenů na dané lokalitě, jelikož nalezené exempláře mykorhizních hub se nacházely i na variantě Kontrola. Vzhledem k typu pozemku, který byla zemědělská půda, lze usuzovat, že mykorhizní druhy byly přineseny na kořenech už z lesní školky.

Efekty mykorhizní inokulace se často projeví až po několika letech, což je dáno potřebou delšího časového úseku pro osídlení a rozvoj mykorhiz. Tento postupný vývoj byl pozorován i v prostředí lesní školky, kde se projevy mykorhizní inokulace objevily až po třech letech, jak uvádí REPÁČ et al. (2022). Sběr dat pro tuto studii probíhal během tří vegetačních období, od jara 2021 do podzimu 2023. Tato doba byla dostatečně dlouhá, aby umožnila pečlivé sledování a hodnocení účinku umělé mykorhizní inokulace na růst a zdraví vybraných druhů dřevin.

7 Závěr

Práce se zabývá studiem vlivu mykorhizních přípravků Symbivit a Ectovit na prosperitu vybraných druhů dřevin na zalesněné bývalé zemědělské půdě. vysazených na podzim 2020 na bývalou zemědělskou půdu v lokalitě Praha – Horní Počernice. Během tří vegetačních sezón se na této lokalitě nepodařilo prokázat kladný účinek mykorhizních přípravků. Naopak, většina sledovaných parametrů je lepší na kontrolní variantě. Rozdíl je zřejmě dán nehomogenními mikrostanovištními charakteristikami, které před založením plochy nebyly známé, 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.

Z pestré směsi použitých dřevin nejlepší prosperitu vykazovaly druhy modřín opadavý, třešeň ptačí, jasan ztepilá. Dobrou vitalitu vykazují i jilm habrolistý. Naopak povýsadbový šok byl nejvíce patrný u douglasky tisolisté, borovice lesní, buku lesního a habru obecného. Zhoršená ujímavost a prosperita jehličnatých dřevin patrně souvisí s podzimním termínem výsadby, který je u jehličnanů obecně problematický. V případě jasanu je však potřebné brát v potaz riziko budoucích fytopatologických problémů, jelikož na lokalitě již byla zaznamenána nákaza houbou *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (tj. *Chalara fraxinea*). Budoucí fytopatologické problémy se mohou objevit také u jilmu habrolistého, kde hrozí fytopatologická nákaza *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier. Vzhledem ke své dobré vitalitě mohou jasan ztepilý i jilm habrolistý sloužit v mladém věku porostu jako výplňové druhy, přičemž později tuto funkci převezmou ostatní druhy. Zalesňování s využitím směsi více druhů dřevin se jeví jako vhodné řešení, neboť zhoršená prosperita některých druhů neohroží odrůstání a zapojování kultury jako celku.

Použití mykorhizních přípravků Ectovit vedlo k mírnému zvýšení diverzity houbových společenstev v porovnání s kontrolní plochou. U varianty Symbivit nebyl nalezen žádný druh hub s mykorhizním mutualistickým stylem života. Nicméně, přítomnost mykorhizních hub na ošetřených i neošetřených plochách ukazuje, že mykorhizní přípravky samy o sobě nezaručují specifickou mykorhizaci kořenů. Diverzita houbových společenstev a výskyt mykorhizních hub mohou být

ovlivněny i jinými faktory, především přenesením hub z externích zdrojů, v tomto případě pravděpodobně z lesní školky. Půdní poměry byly ovlivněny minimálně, nicméně lze na základě získaných výsledků detekovat přímé i nepřímé vlivy.

Výzkum neprokázala kladný účinek umělé mykorhizní inokulace na prosperitu vybraných druhů dřevin, který by se odlišoval od prosperity vybraných druhů dřevin na kontrolní variantě, kde mykorhizní inokulace nebyla provedená

8 Literatura

AGRESTI, A.; BINI, M.; BERTACCINI, B.; RYU, E.; Simultaneous confidence intervals for comparing binomial parameters. *Biometrics*, 2008, vol. 64, no.4, s. 1270–1275. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2008.00990.x>

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

BRUNNER I., BRODBECK S: Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. *Environmental Pollution*, 2001, vol. 114, s. 223–233.

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

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. 2021 Územní srážky ČHMÚ [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>, [cit. 2024-03-03].

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. 2021 Územní teploty ČHMÚ [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>, [cit. 2024-03-03].

ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. 2024 Informace o pozemku [online]. Dostupné z <https://cuzk.cz/>, [cit. 2024-03-10].

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. 2024. Mapový server [online]. Dostupné z <http://www.geology.cz>, [cit. 2024-03-10].

DAVIDS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 2005, vol. 30, s. 295–311.

ELTROP L., MARSCHNER H. Growth and mineral nutrition of non-mycorrhizal and mycorrhizal Norway spruce (*Picea abies*) seedlings grown in semi-hydroponic sand culture. I. Growth and mineral nutrient uptake in plants supplied with different forms of nitrogen *New Phytol.*, 1996, vol. 133, s. 469-478)

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

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

GARCIA, L. M. Post-transplant Establishment and Economic Value of Three Tree Species from Five Container Sizes, Texas A & M University, 1969 dostupné elektronicky z <https://hdl.handle.net/1969.1/155080>.

HAARHOFF, D.; BENNIE, A. T. P.; HENSLAY M. The relationship between above-ground material and root growth of maize in Rooiport/Clansthal ecotope. *South African Journal of Plant and Soil*. 1991, vol. 8, no.3, s. 158-160, eISSN 2167-034X

HAEFELE, S.M.; MOSSA, A.W.; GASHU, D.; NALIVATA, P.C.; BROADLEY, M.R.; MCGRATH, S.P.; THOMAS, C.L. Mehlich 3 as an indicator of grain nutrient concentration for five cereals in sub-Saharan Africa. *Field Crops Research*,

[online]. 2023, vol. 307 [cit. 2024-03-23]. ISSN 0378-4290. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109243>.

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, vol. 54. no. 4, s. 139–149.

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

IWAŃSKI, M.; RUDAWSKA M.; LESKI T.; Mycorrhizal associations of nursery grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Poland. *Annals of Forest Science*. 2006, vol. 63, no. 7, s. 715-723. ISSN 1286-4560.

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

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. vol. 32, s.1425–1433.

JURÁSEK A., MARTINCOVÁ, J., LEUGNER J. 2010: Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Recenzovaná metodika. VŮLHM, STRNADY, *Lesnický průvodce* 2010. no.5, s.34 S., ISBN 978-80-7417-035-5, ISSN 0862-7657.

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, vol. 50 s. 83–89

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

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

KŠÍR J., BERAN F., PODRÁZSKÝ V., NOVOTNÝ P., DOSTÁL J., KUBEČEK J. 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 vol.60, no.2, s. 104–114.

MAJDI, H.; DAMM, E.; NYLUND, J.E. Longevity of mycorrhizal roots depends on branching order and nutrient availability. *New Phytol.* 2001 150, 195–201.

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

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

MYKO – ČESKÁ MYKOLOGICKÁ SPOLEČNOST. 2024 MYKO ATLAS [online] Dostupné z <https://www.myko.cz/myko-atlas/> [cit. 2024-02-29].

NÁROVCOVÁ, J.; Růst jednoletých krytokořenných semenáčků výškové třídy 51-80 cm v období 3 roky po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu, 2016, vol. 61, no. 4, s. 290-297.

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

NOVÁK, P. Pedologické podklady pro zatravňování a zalesňování zemědělské půdy. In: Ekonomické podmínky využití půdního fondu ČR po vstupu České republiky do EU. Praha, Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, 2004.s. 135–139.

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. vol. 198, s. 179–184.

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, vol. 43, s. 95-103, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.01.021>.

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, vol. 213, s. 243–252.

PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. Review. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2006, vol. 51, no. 4, s. 279-286. ISSN 0322-9688.

PEŠKOVÁ, V. Mykoflora kořenových systémů lesních dřevin. Praha, 2006. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra ochrany lesa a myslivosti. Vedoucí práce prof. Ing. Vladimír Kalina, CSc.

PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F.; Srovnání rozvoje mykorhiz na krytých a exponovaných stanovištích horských smrčín Review. Zprávy lesnického výzkumu. 2009 vol.54, no.3, s. 223-229. ISSN 0322-9688.

PETERSON R. L., MASSICOTTE H. B., MELVILLE L. H. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. National Research Council of Canada, 2004, s.173 ISBN 0-660-19087-7

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, s. 100 eISBN: 978-80-86188-66-9

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

QUORESHI A.M., TIMMER V.R. Exponential fertilization increases nutrient uptake and ectomycorrhizal development of black spruce seedlings. Can. J. For. Res. 1998, vol. 28 s. 674-682

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/>

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, vol. 57, no. 12, s.555–564.

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, vol. 159, s. 775–783

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

SÁŇKA, M.; MATERNA, J. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta, Odborný časopis pro životní prostředí.* 2004 vol. 12, no. 11, s. 23-35. ISSN 1213-3393.

SÁŇKA, M.; VÁCHA, R.; POLÁKOVÁ, Š.; FIALA, P. Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd. Ministerstvo životního prostředí. Praha, 2018, s. 99 ISBN 978-80-7212-627-9

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

SOUKUP, F.; PĚŠKOVÁ V.; LANDA, J. Mykologické poměry na zalesněných a nezalesněných půdách. *Zprávy lesnického výzkumu.* 2008 vol. 53, no. 4, s. 291-300. ISSN 0322-9688.

STONE, E.C.; SCHUBERT G. H. Root regeneration of Ponderosa Pine seedlings lifted at different times of the year *Forest Science* 1959 vol. 5, no. 4, s. 322-332 ISBN0015-749X

SYMBIOM. 2024 Ectovit [online]. Dostupné z <https://eshop.symbiom.cz/ectovit/>, [cit. 2024-03-10].

SYMBIOM. 2024 Symbivit [online]. Dostupné z <https://eshop.symbiom.cz/symbivit-universal/> [cit. 2024-03-10].

VACEK, S., SIMON, J. et al. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2009: s. 792.

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 ISBN 978-80-213-2785-6.

VOPRAVIL, Jan; HOLUBÍK, Ondřej; BEITLEROVÁ, Hana; PODRÁZSKÝ, Vilém; VACEK, Stanislav et al. Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění: Metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2017. ISBN 978-80-87361-69-6.

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

WALLANDER H., NYLUND J. E. Effects of excess nitrogen on carbohydrate concentration and mycorrhizal development of *Pinus sylvestris* L. seedlings New Phytol., 1991, vol. 119, s. 405-411

WATSON, G. W.; SYDNOR T. D. The effect of root pruning on the root system of nursery trees. Journal of Arboriculture, 1987 vol. 13, no. 5, s.126-130 ISBN 0278-5226

ZIMOVÁ, E. et al. Zakládání místních územních systémů na zemědělské půdě. Praktická příručka pro projektanty územních systémů ekologické stability a pozemkových úprav. MZe ČR, Kostelec n. Č. l., Lesnická práce, s.r.o., 2002. s.52 .

9 Seznam tabulek, obrázků a grafů

Graf 1 Územní teploty kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ 2024).....	28
Graf 2 Územní srážky kraj Praha a Středočeský (data ČHMÚ 2024)	29
Graf 3 Zastoupení dřevin na výzkumné ploše.....	36
Graf 4 Kvalita výchovného zásahu[ks]	42
Graf 5 Porovnání ostatních charakteristik v rámci variant, souhrnně za celé sledované období [ks]	49
Obrázek 1 Geologická mapa v oblasti zájmové lokality (převzato z www.geology.cz)	27
Obrázek 2 Očištěný kořenový systém <i>Quercus robur</i> L	33
Obrázek 3 Ukázka fotodokumentace varianty <i>Ectovit Crocicreas coronatum</i>	34
Tabulka 1 Početnost dřevin a mortalita celkem	37
Tabulka 2 Početnost dřevin a mortalita u varianty <i>Ectovit</i>	37
Tabulka 3 Početnost dřevin a mortalita u varianty <i>Symbivit</i>	38
Tabulka 4 Početnost dřevin a mortalita u varianty <i>Kontrola</i>	39
Tabulka 5 Procenta mortality a index statistická rozdílnosti [%]	40
Tabulka 6 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty <i>Ectovit</i>	42
Tabulka 7 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty <i>Symbivit</i>	43
Tabulka 8 Podíl suchých vrcholů pro listnaté dřeviny u varianty <i>Kontrola</i>	44
Tabulka 9 Procenta podílu SV mezi variantami pro listnaté dřeviny [%]	44
Tabulka 10 Průměrný výškový přírůst.....	46
Tabulka 11 Průměrný tloušťkový přírůst.....	47
Tabulka 12 Přítomnost mykorhizních špiček.....	48
Tabulka 14 Sledování výskytu plodnic hub.....	50

10 Seznam samostatných příloh

Příloha 1 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování a celková mortalita – varianta Ectovit	72
Příloha 2 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování a celková mortalita – varianta Symbivit	72
Příloha 3 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování a celková mortalita – varianta Kontrola.....	73
Příloha 4 Ortofoto mapa se schematickým zákresem sledované lokality a vylišením variant aplikace mykorhizních přípravků před zalesněním. Šipky označují směr číslování jedinců v řadách. Snímek byl pořízen 22. 4. 2020. (mapový portál mapy.cz 2022).	74
Příloha 5 Mapa výzkumné lokality po zalesnění a ožínání s neožnutou 1/2 výzkumné plochy. Snímek byl pořízen v září 2021 (ČZUK 2022). příloha 4 Ortofoto mapa se schematickým zákresem sledované lokality a vylišením variant aplikace mykorhizních přípravků před zalesněním. Šipky označují směr číslování jedinců v řadách. Snímek byl pořízen 22. 4. 2020. (mapový portál mapy.cz 2022).	74
Příloha 6 Pohled na nevyžnutou část výzkumné lokality (foto: M. Baláš).....	75
Příloha 7 Výzkumná lokalita duben 2021 (foto: M. Baláš).....	75
Příloha 8 Označení řad výzkumné plochy (foto: M. Baláš).....	76
Příloha 9 Uhynulý exemplář hlodavce.....	76
Příloha 10 srnec obecný <i>Capreolus capreolus</i> L. v oplocené části výzkumné plochy.....	77
Příloha 11 Pobytové znaky lišky obecné <i>Vulpes vulpes</i> L.....	77
Příloha 12 Vyčkávající dravec na výzkumné ploše.....	78
Příloha 13 Meziroční výsledky půdních charakteristik na výzkumné ploše. Vzorky z roku 2021 a 2023.....	78

11 Samostatné přílohy

Příloha 1 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování [ks] a celková mortalita [%] – varianta Ectovit.

Ectovit	jaro 2021	podzim 2021	podzim 2022	podzim 2023	rozdíl	mortalita
dřevina	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(%)
BK	53	48	46	40	-13	25 %
BO	23	11	11	11	-12	52 %
BRK	9	9	9	9	0	0 %
DB	480	434	425	420	-60	13 %
DG	34	26	15	15	-19	56 %
HB	28	26	24	23	-5	18 %
JL	15	15	15	15	0	0 %
JS	14	14	14	13	-1	7 %
KL	31	31	29	31	0	0 %
LP	68	65	64	64	-4	6 %
MD	21	18	17	14	-7	33 %
TR	24	23	23	24	0	0 %
	800	720	692	679	-121	15 %

Příloha 2 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování [ks] a celková mortalita [%] – varianta Symbivit.

Symbivit	jaro 2021	podzim 2021	podzim 2022	Podzim 2023	rozdíl	mortalita
dřevina	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(%)
BK	67	49	37	30	-37	55 %
BO	16	3	2	2	-14	88 %
BRK	14	14	14	14	0	0 %
DB	461	404	385	377	-84	18 %
DG	28	15	13	13	-15	54 %

HB	36	32	29	30	-6	17 %
JL	36	36	35	35	-1	3 %
JS	29	29	27	27	-2	7 %
KL	10	9	8	9	-1	10 %
LP	49	48	48	47	-2	4 %
MD	22	19	18	17	-5	23 %
TR	32	30	30	29	-3	9 %
	800	688	646	630	-170	21 %

Příloha 3 Početnost dřevin za jednotlivé roky sledování [ks] a celková mortalita [%] – varianta Kontrola.

Kontrola	jaro	podzim	podzim	podzim		
dřevina	2021	2021	2022	2023	rozdíl	mortalita
	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(ks)	(%)
BK	35	34	31	29	-6	17 %
BO	6	1	1	1	-5	83 %
BRK	2	1	0	0	-2	100 %
DB	506	479	434	436	-70	14 %
DG	36	32	27	22	-14	39 %
HB	36	32	30	30	-6	17 %
JL	41	41	39	40	-1	2 %
JS	17	17	17	17	0	0 %
KL	21	19	19	17	-4	19 %
LP	40	40	38	38	-2	5 %
MD	14	13	13	13	-1	7 %
TR	46	41	42	43	-3	7 %
	800	750	691	686	-114	14 %

příloha 4 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 5 Mapa výzkumné lokality po zalesnění a ožínání s neožnutou 1/2 výzkumné plochy. Snímek byl pořízen v září 2021 (ČZUK 2022).



Příloha 6 Pohled na nevyžnutou část výzkumné lokality (foto: M. Baláš).



Příloha 7 Výzkumná lokalita duben 2021 (foto: M. Baláš).



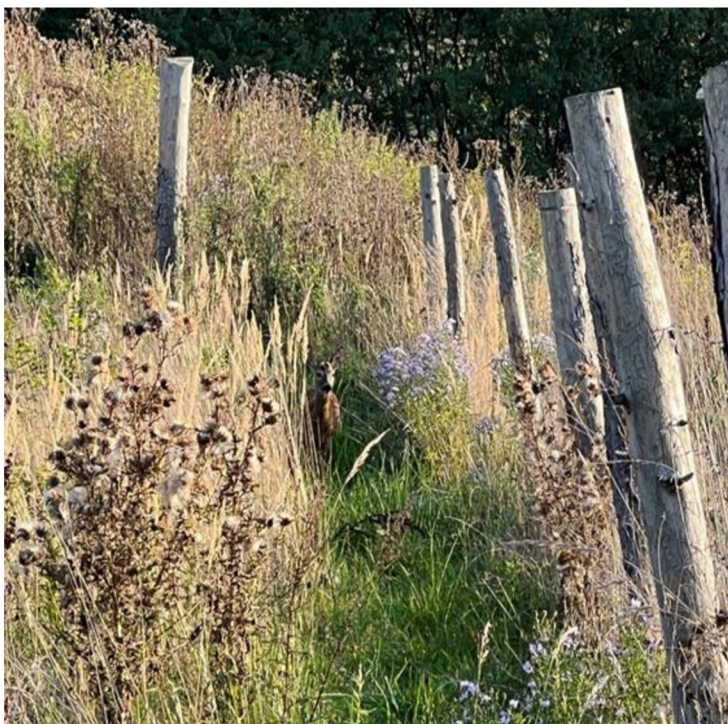
Příloha 8 Označení řad výzkumné plochy (foto: M. Baláš).



Příloha 9 Uhynulý exemplář hlodavce.



Příloha 10 srnec obecný *Capreolus capreolus* L. v oplocené části výzkumné plochy.



Příloha 11 Pobytové znaky lišky obecné *Vulpes vulpes* L.



Příloha 12 Vyčkávající dravec na výzkumné ploše.



Příloha 13 Meziroční výsledky půdních charakteristik na výzkumné ploše. Vzorky z roku 2021 a 2023.

Datum	vzorek	pH H ₂ O	pH KCl -KPP	Cox [%]	N tot Primacs [%]
03.06.2021	E-C	6,45	5,64	2,34	0,276
03.06.2021	S-C	6,17	5,11	2,44	0,288
03.06.2021	K-C	6,09	5,01	2,54	0,284
07.11.2023	E1	6,53	5,83	2,42	0,262
07.11.2023	E2	6,17	5,39	2,38	0,272
07.11.2023	S1	5,84	5,08	2,9	0,318
07.11.2023	S2	5,93	5,03	2,54	0,292
07.11.2023	K1	5,6	4,71	2,61	0,305
07.11.2023	K2	5,67	4,66	2,71	0,301