

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Fyziologické charakteristiky materiálu
produkovaného technologií PostCont**

Bakalářská práce

Autor: Kateřina Pešková
Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Pešková

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Fyziologické charakteristiky materiálu produkovaného technologií PostCont

Název anglicky

Physiological Characteristics of Stock Produced by the PostCont Technology

Cíle práce

Posoudit obsah a fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu PostCont

Metodika

Vypracujte stručnou rešerši, která se bude týkat zjišťování parametrů chlorofylu u rostlin a významu těchto parametrů pro hodnocení fyziologického stavu dřevin (květen až září 2021).

Ve spolupráci se školitelem navrhnete a založte experiment, v němž budou zjišťovány hodnoty obsahu a fluorescence chlorofylu. Počty a opakování stanovte ve spolupráci s vedoucím tak, aby bylo možné výsledky relevantně vyhodnotit včetně statistické analýzy. Experiment bude dlouhodobější a s jeho konečným vyhodnocením se počítá v rámci diplomové práce. Termín první série měření proběhne ve vegetační sezóně 2021. Metodiku experimentu zapracujte do bakalářské práce (do října 2021).

Vyhodnoňte měření z vegetační sezóny 2021 (do konce listopadu 2021).

Výsledky komentujte a zapracujte do elaborátu závěrečné práce (do konce února 2022).

Dokončený rukopis předložte vedoucímu do konce března 2022 k finální kontrole a případným úpravám.

Doporučený rozsah práce

alespoň 35 stran

Klíčová slova

fluorescence chlorofylu; obsah chlorofylu; PostCont; krytokořený sadební materiál; prostokořený sadební materiál

Doporučené zdroje informací

- ČNI (2012). ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Český normalizační institut, Praha.
- Duryea ML, Landis TD (eds) (1984). Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers The Hague/Boston/Lancaster, pp. 375.
- Dušek V (1997). Lesní školkařství. Matice lesnická, Písek, pp. 139.
- Landis TD, Dumroese RK, Haase DL (2010). The Container Tree Nursery Manual, Volume 7: Seedling Processing, Storage, and Outplanting (Agriculture Handbook 674). U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, pp. 200.
- Landis TD, Tinus RW, McDonald SE, Barnett JP (1990). The Container Tree Nursery Manual, Volume Two: Containers and Growing Media (Agriculture Handbook 674). U. S. Department of Agriculture, Forest Service Washington, DC, pp. 88.
- Linda R, Zádrapová D, Křížová K, Kuneš I (2019). Měření obsahu a fluorescence chlorofylu v listech sadebního materiálu vybraných dřevin pomocí přenosných přístrojů (certifikovaná metodika). Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, pp. 46.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Martin Baláš, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2021

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 09. 09. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Fyziologické charakteristiky materiálu produkovaného technologií PostCont" vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Kuneše, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 10. 4. 2022

Kateřina Pešková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. za odborné vedení, věnovaný čas, ochotu a cenné rady při sepisování této práce a taktéž panu Ing. Martinu Balášovi, Ph. D. za přínosné konzultace.

Děkuji také svému partnerovi a mé i jeho rodině za přečtení a jazykovou korekturu této práce a za jejich podporu během celého studia.

V neposlední řadě je potřeba uvést, že tato práce vznikla v rámci aktivit spojených s řešením projektu TAČR SS01020189 Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont.

Fyziologické charakteristiky materiálu produkovaného technologií PostCont

Abstrakt

Lesní porosty jsou v České republice z velké části obnovovány pomocí umělé obnovy. Sadební materiál pro tuto obnovu je produkován v lesních školkách dvojitým způsobem – jako prostokořenný a krytokořenný. V rešeršní části práce jsou oba typy popsány a následuje vysvětlení, co je to technologie PostCont, která je předmětem této práce. Teoretická část se na základě literárních zdrojů věnuje také zjišťování parametrů chlorofylu u rostlin a významu těchto parametrů pro hodnocení fyziologického stavu dřevin i s popisem zkoumaných druhů.

Praktická část bakalářské práce posuzuje obsah a fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu PostCont v porovnání s prostokořenným materiálem téhož druhu. V metodice je popsáno kde a jak experiment probíhal a jak byla získaná data vyhodnocována. Na základě letních měření obou parametrů byly vyhodnoceny výsledky. Z těch vyplývá, že sadební materiál obalený technologií PostCont byl v prvním roce měření v porovnání s prostokořenným sadebním materiálem stejného druhu dřeviny srovnatelný nebo horší. Důvodem je pravděpodobně skutečnost, že rostlinám určeným k obalení technologií PostCont byly před tímto obalením upraveny kořeny stříhem, takže během první vegetační sezóny investovaly energii do regenerace a transformace kořenů. K podobnému efektu dochází u školování a podřezávání. Pro jednoznačné závěry bude ale zapotřebí v měření pokračovat i v dalších vegetačních sezónách. S konečným vyhodnocením se počítá v rámci diplomové práce.

Klíčová slova: fluorescence chlorofylu; obsah chlorofylu; PostCont; krytokořenný sadební materiál; prostokořenný sadební materiál

Physiological Characteristics of Stock Produced by the PostCont Technology

Abstract

The clearings in the Czech Republic are reforested mostly by artificial regeneration. The planting stock for this regeneration is produced in two forms: as a bare-rooted stock and container stock. Both approaches are described in the initial part of the thesis together with the general description of the PostCont method which is the main topic of this thesis. Based on the literature sources, the theoretical part also deals with the determination of chlorophyll parameters in plants and the importance of these parameters for the evaluation of the physiological state of tree species with a description of the investigated species.

The practical part of the bachelor thesis assesses the concentration and fluorescence of chlorophyll in the planting stock produced by the PostCont technology in comparison with the bare-rooted stock of the same tree species. The methodology describes where and how the experiment took place and how the obtained data were evaluated. The results were summarized based on measurements of both parameters during summer. Measured values show that the planting stock coated using the PostCont technology was comparable or worse during the first year of measurement in comparison with bare-rooted planting of the same tree species. The expected reason for this observation rests in the fact, that the PostCont plants (as contrasted to the bare-rooted plants) were root-pruned prior to the containerization. The analogous effect follows for example transplanting in forest nurseries that includes root-pruning as well. For final conclusions, it will be necessary to continue with the measurements in the next seasons. The final evaluation is planned as a topic of the diploma thesis.

Keywords: chlorophyll fluorescence; chlorophyll concentration; PostCont; container planting; bare root planting

Obsah

1 Úvod	11
1.1 Cíl práce	11
1.2 Struktura práce	11
2 Teoretická východiska	13
2.1 Prostokořenný sadební materiál	13
2.2 Krytokořenný sadební materiál	14
2.2.1 Současnost krytokořenného sadebního materiálu u nás.....	14
2.2.2 Výhody a nevýhody krytokořenného sadebního materiálu.....	15
2.2.3 Typy krytokořenného sadebního materiálu.....	15
2.3 PostCont	15
2.3.1 Princip obalování	16
2.3.2 Základní požadavky	16
2.3.3 Doporučená velikost obalů.....	17
2.4 Fluorescence chlorofylu	17
2.4.1 Princip měření	18
2.4.2 Poměr Fv/Fm.....	19
2.5 Koncentrace chlorofylu	19
2.6 Charakteristika zkoumaných dřevin	20
2.6.1 Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)	20
2.6.1.1 Ekologické nároky	20
2.6.1.2 Popis.....	21
2.6.1.3 Využití	21
2.6.2 Javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)	21
2.6.2.1 Ekologické nároky	21
2.6.2.2 Popis.....	22
2.6.2.3 Využití	22
2.6.3 Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i>).....	22
2.6.3.1 Ekologické nároky	23
2.6.3.2 Popis.....	23
2.6.3.3 Využití	23
2.6.4 Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>).....	23
2.6.4.1 Ekologické nároky	24
2.6.4.2 Popis.....	24
2.6.4.3 Využití	24

2.6.5	Dub letní (<i>Quercus robur</i>)	24
2.6.5.1	Ekologické nároky	25
2.6.5.2	Popis.....	25
2.6.5.3	Využití	25
3	Metodika.....	26
3.1	Vysázení pokusných vzorků.....	26
3.2	Podmínky na výzkumné ploše.....	27
3.3	Měření koncentrace a fluorescence chlorofylu.....	28
3.3.1	Použité přístroje	28
3.3.1.1	Opti-Sciences OS30p+.....	28
3.3.1.2	Opti-Sciences CCM-300.....	28
3.4	Zpracování dat	29
4	Výsledky	30
4.1	Fluorescence chlorofylu	30
4.2	Obsah chlorofylu	35
5	Diskuze	40
6	Závěr.....	43
7	Seznam použitých zdrojů.....	44
8	Přílohy	47

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Půdní chemismus lokality, na které experiment probíhal 27

Tabulka 1–5: Aritmetické průměry poměru F_v/F_m pro jednotlivé dřeviny a hodnota p pro každé měření (červen–září 2021).

*Tabulka 1: Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) 30*

*Tabulka 2: Javor mléč (*Acer platanoides*) 30*

*Tabulka 3: Jedle bělokorá (*Abies alba*) 30*

*Tabulka 4: Dub letní (*Quercus robur*) 30*

*Tabulka 5: Buk lesní (*Fagus sylvatica*) 31*

Tabulka 6–9: Aritmetické průměry koncentrace chlorofylu v mg/m^2 pro jednotlivé dřeviny a hodnota p pro každé měření (červen–září 2021).

*Tabulka 6: Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) 35*

*Tabulka 7: Javor mléč (*Acer platanoides*) 35*

*Tabulka 8: Jedle bělokorá (*Abies alba*) 35*

*Tabulka 9: Dub letní (*Quercus robur*) 35*

*Tabulka 10: Buk lesní (*Fagus sylvatica*) 36*

Grafy 1–10: Hodnoty aritmetických průměrů parametru F_v/F_m a obsahu chlorofylu.

Graf 1: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u lípy srdčité 31

Graf 2: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u javoru mléče 32

Graf 3: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u jedle bělokoré 33

Graf 4: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u dubu letního 33

Graf 5: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u buku lesního 34

Graf 6: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u lípy srdčité 36

Graf 7: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u javoru mléče 37

Graf 8: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u jedle bělokoré 37

Graf 9: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u dubu letního 38

Graf 10: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u buku lesního 39

1 Úvod

Ve značné části našich lesů se mýtní těžba provádí holou sečí, po které vzniká holina, kterou je zapotřebí opět zalesnit. Tyto plochy je možné nechat nalétnout přirozenou obnovou, ale ve většině případů jsou obnovovány uměle sadebním materiálem z lesních školek. Toho je v současné době při rekordních kalamitních těžbách způsobených kůrovcovou kalamitou zapotřebí stále více. Pěstuje se převážně dvěma způsoby, buď volně na záhonech jako prostokořenný sadební materiál nebo v různých obalech jako krytokořenný sadební materiál. Oba typy jsou v této práci pro zjednodušení označovány jako sazenice bez ohledu na pěstební vzorec konkrétních druhů zkoumaných dřevin.

Prostokořenný i krytokořenný způsob pěstování mají své výhody i nevýhody a každé lesní školce se vyplatí jiný z nich. Nejen pro ty menší by v budoucnosti mohlo být zajímavé právě zkoumané obalování sadebního materiálu technologií PostCont, kterému se věnuje i tato práce. Jedná se o alternativu mezi oběma zmiňovanými typy sadebního materiálu, která ruší některé nevýhody obou typů, a naopak kombinuje jejich přednosti.

1.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je posoudit obsah a fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu PostCont. Práce si klade za cíl měřením ve vegetační sezóně roku 2021 zjistit fyziologické charakteristiky sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont v porovnání s prostokořenným sadebním materiálem lípy srdčité (*Tilia cordata*), javoru mléče (*Acer platanoides*), jedle bělokoré (*Abies alba*), buku lesního (*Fagus sylvatica*) a dubu letního (*Quercus robur*).

1.2 Struktura práce

První část práce se zabývá problematikou sadebního materiálu. Jedná se o literární rešerši, ve které je popsán rozdíl mezi prostokořennými a krytokořennými sazenicemi, jak se u nás obalovaná metoda v minulosti vyvíjela, jaké jsou její typy, a především výhody a nevýhody. Následuje podrobné vysvětlení principu technologie PostCont. Teoretická část se na základě literárních zdrojů věnuje také zjišťování

fluorescence a obsahu chlorofylu u rostlin, principu měření a významu těchto parametrů pro hodnocení fyziologického stavu dřevin. Na to navazuje popis jednotlivých zkoumaných druhů zahrnující také jejich ekologické nároky a využití.

Praktická část bakalářské práce se zaměřuje na obsah a fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu PostCont. V metodice je popsáno vysázení pokusných vzorků na zkusné ploše v areálu výzkumné stanice Truba u Kostelce nad Černými lesy. Čtenář se zde také dozví, jak experiment probíhal a jak byla získaná data vyhodnocována. Výsledky měření, co z nich vyplývá a možné důvody těchto zjištění se nachází v závěrečné části práce.

2 Teoretická východiska

Lesní školkařství se začalo rozvíjet na počátku 19. století, kdy se vypěstovaný sadební materiál začal využívat k doplnění přirozené obnovy, která už k zalesnění vytěžených holin nedostačovala (Hrib et al. 2009). Hlavní cíl lesního školkařství je zabezpečení dostatečného množství kvalitního sadebního materiálu pro umělou obnovu či stabilizaci lesa. Podle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020 (MZe, 2021) bylo v roce 2020 zalesněno umělou obnovou přes 33 000 ha z celkových 40 286 ha. To dokazuje, že umělá obnova v našich lesích nad tou přirozenou zatím jednoznačně dominuje a tento stav přetrvává již značnou dobu. A to i přesto, že není ideální.

V literatuře (Hrib et al. 2009) se uvádí různé způsoby pěstování semenáčků a sazenic v lesních školkách. Kromě speciálních metod jako je pěstování materiálu vzniklého vegetativním rozmnožováním (in vitro řízkování atd.), se jedná především o produkci generativně namnoženého prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu.

2.1 Prostokořenný sadební materiál

Prostokořenný sadební materiál se (s výjimkou některých sítí) v lesních školkách pěstuje zpravidla na venkovních záhonech, ze kterých se později vyzvedává. Nechráněný kořenový systém je po vyzvednutí velmi citlivý na vysychání a vyžaduje tak zvýšenou ochranu před ztrátou vody během uskladnění, převozu i výsadby (Burdett a Simpson D.G. 1984). Především je zapotřebí chránit kořeny před přímým sluncem a zkrátit dobu nutnou k přesunu na minimum.

Předností tohoto materiálu je výrazně nižší náročnost na závlahovou vodu, pesticidy nebo hnojiva během pěstování. To je možné v jednodušších podmínkách, než je tomu u krytokořenného sadebního materiálu. Prostokořenný je tak i značně levnější. Mezi jeho nevýhody ale patří především náchylnost k povýsadbovému šoku, mnohem kratší období výsadby a nutnost sázet v období vegetačního klidu. (Kuneš a Lopot, 2021)

2.2 Krytokořenný sadební materiál

Ověřování různých typů obalů i technologických postupů má v našem lesním hospodářství tradici již od roku 1958 (Jurásek et al. 2004). Foltánek (2016) uvádí, že se k nám před rokem 1989 bohužel dovážely ze zahraničí jen fragmenty technologií a docházelo k hrubému porušování technologických postupů. Dle stejného autora byly výsledkem vysoké ztráty při zalesňování, deformace kořenů obalených sazenic a další nedostatky.

K většímu využívání a výzkumu obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu došlo v Československu až v druhé polovině šedesátých let. Jednalo se především o obaly v podobě sáčků z polyetylenu nebo různých textilií. Prvními významnými obaly, které se k nám začaly dovážet ve velkém, se v šedesátých letech staly rašelinocelulózové kelímky Jiffy pots (Foltánek, 2016), které později našly uplatnění například při obnově holin v imisních oblastech.

Následovalo zkoušení dalších obalů, pěstování krytokořenného sadebního materiálu v polyetylenových rolích, jeho modifikace, papírové obaly, netkané textilní sáčky a vznikaly i nové sadbovače (Foltánek, 2016). Většina modernějších typů vyráběných nejčastěji v podobě plastových bloků buněk (tzv. sadbovačů) měla již ochranné prvky proti vzniku deformací kořenů (Jurásek et al. 2004).

2.2.1 Současnost krytokořenného sadebního materiálu u nás

V posledních letech se pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin a poznatky o vhodnosti jednotlivých obalů dostaly na takovou úroveň, že je možné celou technologii výroby považovat za technologicky zvládnutou (Foltánek et al. 2018).

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020 (MZe, 2021) uvádí, že zájem o krytokořenný sadební materiál byl v roce 2020 podobně jako v letech předchozích vysoký. Mohla za to pokračující kůrovcová kalamita a s ní související narůstající rozsah kalamitních holin. Pro umělou obnovu těchto ploch je zapotřebí kvalitní sadební materiál. Krytokořenný sadební materiál je vhodný především proto, že je možné morfologicky a fyziologicky kvalitní materiál vypěstovat v poměrně krátkém časovém úseku. Potřebná kvalita je zajišťována

pomocí průběžně aktualizovaného katalogu biologicky vhodných pěstebních obalů (Nárovcová, 2004).

2.2.2 Výhody a nevýhody krytokořenného sadebního materiálu

Výhodou obalované sadby oproti prostokořennému sadebnímu materiálu je především delší období pro realizaci výsadby (Landis et al. 2010), větší odolnost vůči povýsadbovému šoku a s tím související nižší mortalita vysazených jedinců. Zároveň je možné zkrátit dobu pěstování a pružněji tak reagovat na poptávku. Výhodou je také ochrana kořenů během manipulace. U obalované sadby ale hrozí zvýšené nebezpečí deformací kořenů. Je proto důležité dodržovat komplexní technologické postupy. Vyšší je také vstupní cena a náklady na dopravu a další manipulaci s materiálem. (Jurásek et al. 2004)

2.2.3 Typy krytokořenného sadebního materiálu

Krytokořenný sadební materiál je možné pěstovat ve dvou typech obalů. Prvním z nich jsou rozpadavé obaly, které umožňují prorůstání kořenů stěnami a dnem obalu. Sazenice jsou pak vysazeny i s obalem, u kterého se předpokládá, že se po výsadbě zcela rozpadne. Druhým typem obalů jsou pevné neprorůstavé obaly, z kterých je sadební materiál před výsadbou vyjímán a sazen s kořenovým balem, který si rostliny během pěstování ve školce vytvořily. (Jurásek et al. 2004)

2.3 PostCont

PostCont je technologie obalování prostokořenného sadebního materiálu do speciálních kelímků. Její princip byl popsán na začátku osmdesátých let ve školce Zelená bouda nedaleko Staré Boleslavi a říkalo se jí technologie výroby krytokořenného sadebního materiálu tzv. mokrou cestou (Foltánek, 2016). „Jednalo se o technologický postup, kdy byl kořenový systém rostlin zasazen do kašovitě substance z rozšlehané papíroviny vstříknuté do zvláštní formy, která po odsátí přebytečné vody tvořila budoucí polotuhý prorůstavý obal.“ (Foltánek, 2016, s. 70)

Výše zmíněný autor uvádí, že se jedná o progresivní myšlenku, od které se vzhledem k složitosti a nákladovosti vývoje postupně upustilo. V současné době

se výzkum této technologie obnovil a pokračuje na sazenicích obalovaných zařízeními zkonstruovanými v rámci spolupráce ČVUT a ČZU za přispění dalších subjektů při řešení projektu TAČR SS01020189 „Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont“. Vyvíjená technologie se nazývá PostCont z anglického Post-Containerization. Prototyp zařízení, které bylo zkonstruováno v rámci výše zmíněného projektu, je vyfotografován na obrázku 1 v příloze této práce a na obrázku 2 a 3 se nachází sazenice obalené touto technologií.

2.3.1 Princip obalování

Jedná se o automatizované obalování rostlin do různě velkých prorůstavých obalů z recyklovaného materiálu jako je především starý papír nebo dřevovina (Kuneš, 2021). Tato alternativa mezi prostokořennou a krytokořennou sadbou eliminuje některé nevýhody obou typů pěstování. Stromky jsou pěstovány na venkovních záhonech lesních školek jako prostokořenné a až poté obaleny do růstového substrátu krytého prorůstavým obalem. Mají tak mnohem menší ekologickou stopu než klasický obalovaný materiál. Na jejich vypěstování není potřeba tolik vody ani pesticidů a využívá se recyklovaný papír namísto plastových sadbovačů. Zařízení navíc obal z papíroviny samo vyrobí a není tedy nutné obaly kupovat. Obalením sazenice získávají řadu předností krytokořenného sadebního materiálu, především výrazné zvýšení odolnosti vůči povýsadbovému šoku a větší ujmavost. Velkou výhodou jsou také nižší investiční náklady v porovnání s klasickou obalovanou sadbou. Je ale třeba dodat, že kupříkladu oproti klasickému typu krytokořenného materiálu nemohou sazenice PostCont zpočátku těžit z dostatečně prokořeněného balu. (Kuneš a Lopot, 2021)

2.3.2 Základní požadavky

Stejně jako jiné prorůstavé obaly, měl by i sadební materiál PostCont splňovat základní požadavky umožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem. Dle Juráska et al. (2004) mezi požadavky patří především homogenita obalu, který umožňuje rovnoměrné prorůstání kořenů do všech směrů a přirozený vývoj kořenových systémů bez jejich zaškrcování. Obal by si měl až do výsadby udržet svůj tvar, ale po ní se zcela rozpadnout. Důležité je také správné vkládání sadebního

materiálu do obalů, při kterém nevznikají kořenové deformace. Nesmíme opomenout ani správné skladování obalených sazenic v dostatečné vzdálenosti od sebe, aby nedocházelo k vzájemnému prorůstání kořenů mezi jednotlivými obaly (Jurásek et al. 2004). Ideální je skladování na vzduchovém polštáři nebo co nejrychlejší výsadba.

2.3.3 Doporučená velikost obalů

Doporučená velikost obalů pro pěstování výsadby schopného standardního krytokořenného sadebního materiálu je dána normou ČSN 48 2115 (ČNI, 2012). U sazenic jedle (*Abies*) s výškou nadzemní části do 35 cm má být výška obalu alespoň 18 cm a horní průměr 8 cm, u sazenic jedle s výškou nadzemní části od 36 do 50 cm je pak horní průměr 12 cm. U sazenic dubu (*Quercus*), buku (*Fagus*) a javoru (*Acer*) s nadzemní částí do 50 cm je touto normou doporučena výška obalu také 18 centimetrů a horní průměr alespoň 8 cm. Sazenice s výškou nadzemní části do 70 cm mají doporučený horní průměr 12 cm. Minimální výška obalů nesmí být menší, než je délka kulového kořene sadebního materiálu stejného výškového rozpětí.

2.4 Fluorescence chlorofylu

Pro úspěšnou obnovu lesa je zapotřebí kvalitního sadebního materiálu. Celková kvalita se zjišťuje současným posouzením morfologických i fyziologických parametrů s tím, že morfologické nedostatky se zjišťují měřením a jsou často patrné na první pohled, zatímco zjišťování fyziologických problémů bývá v provozních podmínkách výrazně složitější (Linda et al. 2019).

Pro přesné určení fyziologické kvality sadebního materiálu jsou nejpřesnější laboratorní metody (Linda et al. 2019). Přímá měření fotosyntézy jako příjmu CO₂ jsou ale komplikovaná, a proto se k běžným měřením používá technicky mnohem snazší měření fluorescence chlorofylu přenosnými přístroji (Tomášková a Kubásek, 2016).

Měření fluorescence se používá především ke zjišťování vlivu stresu na rostliny nebo při studiu adaptace rostlin na jejich prostředí (Tomášková a Kubásek, 2016). Mezi jeho výhody patří kromě jednoduchosti a rychlosti také fakt, že se jedná

o neinvazivní způsob zhodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu (Linda et al. 2019).

Princip fluorescence chlorofylu je známý již z první poloviny 20. století, využívá se ale ve větší míře až v posledních letech, kdy začaly být potřebné přístroje dostupnější a bylo tak umožněno i měření v terénu (Linda et al. 2019). Podle stejných autorů se u nás měření parametrů chlorofylu v současnosti prakticky využívá především v zemědělství nebo v mikrobiologii, zatímco v lesnictví je zatím jen velmi omezené.

2.4.1 Princip měření

Měření fluorescence chlorofylu je významnou metodou pro hodnocení stavu fotosyntetického aparátu rostlin (Tomášková a Kubásek, 2016).

Chlorofyl je zelené barvivo uložené v rostlinné buňce v tylakoidních membránách chloroplastu v komplexech bílkovin nazývaných fotosystémy (Tomášková a Kubásek, 2016). Je nedílnou součástí fotosyntézy, protože má schopnost pohlcovat sluneční záření a přeměnit ho v energii, kterou rostlina dále ukládá do zásobních látek jako jsou především sacharidy. Přeměna energie fotonu na energii ve světelné fázi fotosyntézy je ale možná pouze pokud skutečně dojde ke kontaktu fotonu s reakčním centrem Fotosystému II. (Linda et al. 2019)

List rostliny je schopen absorbovat a přeměnit jen část energie slunečního záření. Část je přes pletivo rostliny propuštěna a část světelné energie se odrazí a je přeměněna na teplo nebo vyzářena zpět do prostoru. Tento jev se nazývá fluorescence. (Landis et al. 2010)

Mezi účinností fotosyntézy a intenzitou fluorescence je nepřímá úměrnost. Čím více energie využívá rostlina ve fotosyntéze na fixaci CO₂, tím je intenzita fluorescence nižší a naopak. Fluorescence je nejvyšší na počátku po vystavení rostliny světelnému záření, protože fotosyntetický aparát začíná fungovat pomalu díky postupné aktivaci enzymů. S postupem času se fotosyntéza zrychluje, zvyšuje se podíl fotonů, které jsou fotosyntézou využity a fluorescence naopak klesá – dochází ke zhášení fluorescence. (Tomášková a Kubásek, 2016)

Při stresových podmínkách je fluorescence větší a fotosyntéza tak využije menší část absorbované energie než při optimálních podmínkách (Krause a Weis, 1991 in Linda et al. 2019). Měřením fluorescence můžeme zjistit intenzitu a dobu trvání působení nepříznivých faktorů, pro identifikaci konkrétního stresového faktoru je ale zapotřebí dalších metod. (Papageorgiou a Govindjee, 2004 in Linda et al. 2019)

2.4.2 Poměr Fv/Fm

Při měření nás zajímá poměr Fv/Fm, který reaguje na vyvolání stresových podmínek velmi rychle, řádově v jednotkách minut až hodin. Okamžitá odpověď nastává, pokud dojde k intenzivnímu šoku, který má za následek destrukci fotosyntetického aparátu. Hodnota Fv je variabilní fluorescence, která se vypočítává jako rozdíl maximální fluorescence chlorofylu Fm a fluorescence Fo, která nastává při nízkém osvětlení, které ještě neiniculuje proces fotosyntézy. Fm značí maximální fluorescenci chlorofylu, ke které dochází při plném nasycení Fotosystému II. Poměr Fv/Fm se s narůstající mírou stresových podmínek snižuje. Nástup stresu ukazuje pokles pod hodnotu 0,7 a pokud jsou hodnoty okolo 0,6 a nižší, poškození způsobená přítomností silných stresorů začínají být často viditelná. (Linda et al. 2019)

2.5 Koncentrace chlorofylu

Linda et al. (2019) uvádějí, že měření koncentrace (obsahu) chlorofylu přenosnými přístroji je stejně jako měření fluorescence jednodušší, ovšem méně přesné než měření laboratorními metodami. Nejpřesnější je měření obsahu chlorofylu v listech extrakcí chlorofylu v rozpouštědle a následným měřením ve spektrofotometru (Parry et al. 2014). Jedná se ale o destruktivní metodu, a tak se široce používají spíše nedestruktivní optické přístroje, které poskytují relativní indikaci chlorofylu v listech na místě, bez nutného utržení vzorku.

Na rozdíl od okamžité reakce fluorescence na stres je změna obsahu chlorofylu dlouhodobější. Velmi variabilní je obsah chlorofylu v asimilačních orgánech rostlin v rámci roku i v závislosti na oslunění či zastínění sazenice. Velkou roli má také pozice listu na rostlině, je tedy složité určit univerzální hodnotu, která by ukazovala na nějaký konkrétní stresový faktor. Můžeme ale porovnávat koncentraci chlorofylu zkoumaných sazenic obalených technologií PostCont oproti jejich neobaleným

protějškům. Uvádí se, že je vhodné pro zjištění zdravotního stavu sazenic a semenáčků používat měření fluorescence i koncentrace chlorofylu a nikoli jen jednoho z nich. (Linda et al. 2019)

2.6 Charakteristika zkoumaných dřevin

Tato práce je zaměřena na pětici původních českých dřevin – lípu srdčitou (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*), jedli bělokorou (*Abies alba*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a dub letní (*Quercus robur*).

2.6.1 Lípa srdčitá (*Tilia cordata*)

V současné době jsou porosty s vyšším zastoupením lípy v České republice velmi vzácné, jedná se spíše o roztroušený výskyt po celém území. Určitou výjimku představují porosty na území hlavního města Prahy, kde se lípa často uplatňovala v nově zakládaných porostech v 60. až 80. letech 20. století.

Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) roste v dubovém a nižším bukovém stupni společně s habrem a dubem. Vyhovují jí spíše kontinentální podmínky a najdeme ji od nížin do podhůří, v horských oblastech je poměrně vzácná. Jedná se o větší opadavý strom, dorůstající do výšky 30 m se silným kmenem. V přirozených podmínkách netvoří čisté lesní porosty. Historicky lípy najdeme jako český národní strom spíše jako solitéry a okrasné dřeviny v blízkosti lidských sídel. (Hrib et al. 2009)

2.6.1.1 Ekologické nároky

Lípa srdčitá nebo také malolistá je podle Úradníčka et al. (2001) polostinná až stín snášející dřevina, která se často vyskytuje ve spodních patrech smíšených lesů. Podle této publikace je velmi přizpůsobivá klimatu. Nejsou známy škody vysokými teplotami ani silnými mrazy. Dává přednost vlhčím a bohatším půdám, které jsou dobře provzdušněné. Najdeme ji především na stinných suťových svazích. Lípa má skvělou výmladnost.

2.6.1.2 Popis

Lípa srdčitá má obvykle lysé letorosty s vejčitými pupeny. Kryjí je dvě různě dlouhé šupiny, přičemž vnější šupina přesahuje přes polovinu pupenu. Jak už název napovídá, listy jsou srdčité, z vrchní strany tmavě zelené, na rubu mají v paždí žilek chomáčky rezavých chloupků. Plodem jsou oříšky, které jsou v prstech lehce smáčknutelné a nemají výrazná žebra. Tím se liší od lípy velkolisté (*Tilia platyphyllos*). Osivo se sbírá na podzim po dozrání. Dobře klíčí osivo, které je sebráno ještě před dozráním a je ihned vyseto. Jinak dochází k hluboké dormanci, kvůli které je potřebná dlouhá stratifikace. Semenáček má dva typické dlanité děložní lístky s hlubokými laloky, které se od normálních listů zcela liší. Ty vyrůstají brzy po vyklíčení. (Ešnerová et al. 2014)

2.6.1.3 Využití

Měkké a lehké dřevo je v interiéru trvanlivé a používá se v řezbářství, truhlářství i na výrobu hraček. Lipové lýko se používalo k vazbě na rohože nebo různé nádoby. Jedná se o významnou léčivku, medonosnou dřevinu a uplatňuje se i jako meliorační či půdoochranná dřevina. (Hrib et al. 2009)

2.6.2 Javor mléč (*Acer platanoides*)

Javor mléč je středně vysoký strom s bohatě zavětvenou, klenutě vejčitou korunou, který dorůstá výšky okolo 30 metrů. Najdeme ho v nižších polohách ve smíšených lesích. Vyskytuje se prakticky v celé Evropě od Skandinávie až po Kavkaz. (Větvička, 1999)

2.6.2.1 Ekologické nároky

Javor mléč dobře využívá světlo díky své proměnlivé velikosti listů a délky řapíků. Dobře snáší zastínění a je odolný proti nízkým teplotám i imisím. Dává přednost živným půdám s dostatkem dusíku i s vyšším obsahem skeletu. Má vysoké nároky na vláhu. Často se s ním můžeme setkat v tvrdém luhu, protože snáší vyšší hladinu podzemní vody včetně vody stagnující. (Hrib et al. 2009)

2.6.2.2 Popis

Světlá borka mléče je v mládí hladká a později rozbrázděná a tmavá. Listy jsou opadavé, ostře špičatě laločnaté s dlouhými řapíky, které po narušení roní bělavou, mléčně zbarvenou šťávu. Na podzim se listy mléče zbarvují do atraktivní oranžovočervené barvy. Žlutozelené vonné květy tvoří vzpřímené chocholíky a začínají kvést na přelomu dubna a května. Plodem jsou dvounažky s dlouhými křídly, které svírají tupý úhel. (Větvička, 1999)

Plody dozrávají koncem léta a na podzim opadávají. Ešnerová et al. (2014) uvádějí, že osivo je možné skladovat v chladu vysušené, ale klíčivost se udržuje jen jeden rok a před vysetím vyžaduje stratifikaci. Semenaček má dva jazykovité děložní lístky podobné javoru klenu, které jsou trochu zmačkané. První normální lístky mají srdčitý tvar a jsou téměř celokrajné. Až další listy připomínají klasický list javoru mléče. Letorosty jsou typické červenohnědými křížmostojnými pupeny.

2.6.2.3 Využití

Pro své malé zastoupení není javor mléč významnou hospodářskou dřevinou. Běžně se pěstuje v alejích a poskytuje dobrou pastvu pro včely. Vysazována je řada okrasných kultivarů v parcích a zahradách. (Úradníček et al. 2001)

Tvrdé trvanlivé dřevo se používá v nábytkářství i řezbářství, ale je méně kvalitní než z javoru klenu. Má výborné rezonanční vlastnosti a je vyhledávaným materiálem na výrobu hudebních nástrojů. Pro svou dobrou stabilitu se javor mléč používá jako meliorační dřevina. (Hrib et al. 2009)

2.6.3 Jedle bělokorá (*Abies alba*)

Jedle bělokorá je jednodomý, vždyzelený statný strom, který dosahuje výšky až 50 metrů. Dle odhadů původně pokrývala 18 % našich přirozených lesů. V současné době je to méně než jedno procento. Je významnou dřevinou středoevropského horského lesa, kde často roste společně s bukem a smrkem a vytváří tak tzv. hercynskou směs. Čisté porosty jedle přirozeně nevytváří. Trpí okusem, loupáním a vytloukáním zvěří. (Hrib et al. 2009)

2.6.3.1 Ekologické nároky

Jedle bělokorá patří mezi stinné dřeviny. Hlavně v mládí snáší silné zastínění a dokáže při něm přežít bez výraznějšího přírůstu i deset let. Při vystavení světelnému záření se přírůst nejdříve zrychluje, ale klima na volných plochách jí nevyhovuje. Má značné nároky na vláhu a vzdušnou vlhkost, dlouhodobě podmáčeným půdám se ale jedle vyhýbá. (Ešnerová et al. 2014)

2.6.3.2 Popis

Jehlice jsou tmavě zelené, hřebenovitě rozčísnuté do dvou řad. Na rubové straně se nachází dva bílé pruhy tvořené průduchy. Letorosty jsou šedohnědé, drsně chloupkaté, vejčité pupeny jsou většinou bez pryskyřice. Jedle má vzpřímené rozpadavé šišky, dlouhé přes 10 cm. Při dobrých podmínkách je schopna plodit téměř každoročně, při horších jednou za 2–6 let. Jedle má dobře vyvinutý kulový kořen i postranní kořeny a v porostech je tedy schopna plnit zpevňující funkci. (Hieke, 2019)

2.6.3.3 Využití

Jedlové dřevo nemá jádro ani pryskyřičné kanálky. Má široké uplatnění, v minulosti sloužilo hlavně jako stavební a důlní dříví pro svou schopnost vrzavými zvuky varovat před zborcením výdřevy. Tradičně se používalo také při výrobě štípaných šindelů i hudebních nástrojů. Ceněné jsou jedle jako vánoční stromky a uplatnění nalézá i okrasný klest po těžbě. (Úradníček et al. 2001)

2.6.4 Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Jednou z ekonomicky nejvýznamnějších listnatých dřevin v Evropě je buk lesní. Vyskytuje se především v západní, střední a jižní Evropě. Buk dorůstá do výšky 35 m a dožívá se až 400 let. Strom je v půdě dobře upevněn kořenovým systémem, takže je odolný k vývrátům. (Ešnerová et al. 2014)

V horských a podhorských oblastech se dříve jednalo o nejčastější dřevinu. V současné době je na řadě stanovišť nahrazen smrkem a původní zachovalé bučiny jsou často vyhlášovány jako chráněná území, hlavně pokud mají bylinný podrost s typickými bučinovými druhy. (Hrib et al. 2009)

2.6.4.1 Ekologické nároky

Buk nesnáší zamokřená stanoviště a ulehlé půdy. Vyžaduje dobře provzdušněné, čerstvě vlhké půdy, které jsou minerálně bohaté. Nedaří se mu ani na půdách suchých a písčítých. Jeho produkční optimum se nachází v bukovém stupni, kde je vůdčí dřevinou. Stejně jako jedle a tis je i buk tolerantní k zástinu. Sám pak zástin vytváří a vytlačuje jím většinu konkurenčních dřevin. (Hrib et al. 2009)

2.6.4.2 Popis

Pro buk je typická nápadně hladká šedá kůra. Tenké letorosty má zakončené skořicově hnědými špičatými pupeny připomínajícími kopí vřetenovitého tvaru. Listy jsou celokrajné se zvlněným okrajem. Plodem jsou bukvice ukryté v tvrdé číšce. Osivo se sbírá na podzim a po vysušení ztrácí klíčivost. Do dormance bukvice upadají jen výjimečně. Čerstvě vyklíčený semenáček je velmi citlivý na pozdní mrazy. Poznáme ho podle dvou ledvinovitých děložních lístků, které se od normálních listů tvarem zcela odlišují. (Ešnerová et al. 2014)

2.6.4.3 Využití

Buk je v České republice nejdůležitější listnatou hospodářskou dřevinou. Má roztroušeně pórovité dřevo, které není rozlišené na jádro a běl, často se u něj ale vyskytuje nepravé jádro. Jeho cenné sortimenty mají všestranné využití. Používá se také jako palivo a na výrobu celulózy. V okrasném zahradnictví najdeme řadu kultivarů a často je ozdobou zámeckých parků. (Úradníček et al. 2001)

2.6.5 Dub letní (*Quercus robur*)

Duby patří k důležitým hospodářským dřevinám, které se vyskytují ve velké části Evropy, kde jsou charakteristickými druhy některých lesních klimaxových společenstev. Dub letní je statný strom, dorůstající asi 35 metrů, který má mohutnou korunu a pevnou borku. (Větvička, 1999)

2.6.5.1 Ekologické nároky

Dub letní je teplomilná dřevina, která se často vyskytuje v nížinných lužních lesích. Vyhovují mu totiž minerálně bohaté půdy s dostatkem vláhy. Dokáže ale růst i na kyselém podloží. Je náročný na světlo a citlivý k pozdním mrazům. (Hrib et al. 2009)

2.6.5.2 Popis

Pupeny dubu jsou nahloučené na koncích silných letorostů. Lysé listy jsou typicky peřenolaločné se zpeřenou žilnatinou a vykrajovanou čepelí s krátkým řapíkem. Plodem je žalud – nažka uložená v miskovité čišce, která visí na dlouhých stopkách. Osivo se sbírá na podzim a jeho skladování je velmi obtížné. Na rozdíl od předchozích druhů klíčí duby hypogeicky, takže děložní lístky zůstávají pod zemí a na povrchu najdeme hned normální dubové listy. Semenáček od počátku intenzivněji roste do země, kde vytváří hluboký kulový kořen, zatímco nadzemní část roste zpočátku výrazně pomaleji. (Ešnerová et al. 2014)

2.6.5.3 Využití

Dřevo této lesnické významné dřeviny má celou řadu využití. Je kruhovitě pórovité s tmavým jádrem a výraznými dřeňovými paprsky. Používá se jako stavební dříví, na výrobu nábytku, pražců i sudů. V lodním stavitelství se využívá jeho trvanlivosti pod vodou. Žaludy se používaly jako krmivo a kůra zase k léčebným účelům díky značnému obsahu tříslovin. Jedná se o významný prvek naší krajiny. (Úradníček et al. 2001)

3 Metodika

Výzkum probíhal v létě 2021 v Kostelci nad Černými lesy na oplocené ploše v areálu výzkumné stanice Truba. Na jaře téhož roku zde bylo vysázeno celkem 440 stromů pěti druhů, a to lípy srdčité (*Tilia cordata*), javoru mléče (*Acer platanoides*), jedle bělokoré (*Abies alba*), buku lesního (*Fagus sylvatica*) a dubu letního (*Quercus robur*). Jednalo se vždy o 44 prostokořenných sazenic a 44 sazenic obalovaných technologií PostCont. Každý měsíc od června do září se měřila fluorescence a obsahu chlorofylu přenosnými přístroji u 15 vzorků každého typu každé dřeviny. Použité přístroje jsou v kapitole 3.3.1. popsány podrobněji. Měření proběhlo 17. června, 19. července, 12. srpna a 10. září 2021.

3.1 Vysázení pokusných vzorků

V květnu roku 2021 byly vyzvednuty dvouleté (v případě jedlí čtyřleté) prostokořenné sazenice ze záhonů v lesní školce a polovina z nich byla obalena technologií PostCont. Listnaté dřeviny byly vypěstovány s pěstebním vzorcem 1–1. Byly tedy pěstovány dva roky bez vyzvednutí ze záhonu s podříznutím kořenů po roce pěstování. Čtyřleté jedle měly pěstební vzorec 2+2 z čehož vyplývá, že po dvou letech u nich došlo ke školkování.

Na obalování byla použita forma pro kelímky s výškou 11 cm se spodním průměrem 6,5 cm a horním 7 cm. V rámci obalování byly do formy vkládány sazenice se zastřiženými kořeny, aby se předešlo zbytečným deformacím a podpořila se tvorba kořenového vlášení. Papírové obaly byly naplněny polotekutým substrátem obsahujícím hnědou litevskou rašelinu rozmíchanou ve vodě bez přidaného hnojiva. Následně se vyrobené obaly nechaly deset dnů na vzduchu povrchově oschnout, aby došlo ke zvýšení pevnosti papírového obalu a bylo možné s nimi lépe manipulovat. Na konci května byly společně s prostokořennými sazenicemi stejných druhů vysazeny na venkovní výzkumnou plochu v areálu výzkumné stanice Truba u Kostelce nad Černými lesy.

3.2 Podmínky na výzkumné ploše

Výzkumná výsadba je založena v nadmořské výšce asi 365 m n. m. na volné, oplocené, nezastíněné ploše na pozemku bývalé lesní školky. Před výsadbou byly srážky hojné a sázelo se do vlhké půdy. Období po výsadbě bylo ale srážkově chudší, teplé a slunečné, a proto byl zaznamenán jistý šok z přesazení. Pršet začalo až ke konci června.

Dle dat z meteorologické stanice nacházející se na Trubě v těsné blízkosti výzkumné plochy (GPS: N 50°0.382', E 14°50.236'), byla průměrná roční teplota v roce 2021 8,4 °C. Jedná se o nejnižší hodnotu za posledních 9 let měření. Roční úhrn srážek 612 mm značí, že se jednalo o srážkově bohatší rok. O tom svědčí i Langův dešťový faktor, který dosáhl hodnoty 73, což je vyšší hodnota, než ve většině předchozích let od roku 2014, která byla výrazně sušší.

Půda na stanovišti výsadeb je spíše lehčí (hlinito-písčítá až písčito-hlinitá), půdní chemismus popisuje obrázek 1. Katastrálně se jedná o lesní pozemek, resp. pozemek určený k plnění funkcí lesa (ČUZK, 2022).

Table 2: Soil characteristics on investigated experimental plot. SBs – sum of soil bases, CEC – cation exchange capacity, BS – base saturation, sd – standard deviation.

Tabelle 2: Informationen zu Bodeneigenschaften auf der untersuchten Versuchsfläche. SBs - Summe der Bodenbasen, CEC – Kationenaustauschkapazität, BS – Basensättigung, sd ist die Standardabweichung.

Soil characteristic	unit	mean value	sd
pH/H ₂ O	-	5.5	0.43
pH/KCl	-	4.7	0.55
SBs	meg/100g	4.6	2.53
CEC	meg/100g	6.8	2.07
BS	%	61.9	18.79
Humus (Springel-Klee)	%	1.8	0.45
Oxidizable Carbon	%	1.0	0.26
Nitrogen (Kjeldahl)	%	0.1	0.01
P	mg/kg	55.0	5.97
K	mg/kg	120.4	43.31
Ca	mg/kg	991.7	354.20
Mg	mg/kg	99.4	14.73

Obrázek 1: Půdní chemismus lokality, na které experiment probíhal, převzato od Gallo et al. (2020)

3.3 Měření koncentrace a fluorescence chlorofylu

Měření je v obou případech poměrně jednoduché vložení listu nebo jehlice do měřicí hlavy, respektive kolíčku a stisknutím příslušného tlačítka. Rozdíl je v tom, že při měření koncentrace chlorofylu není nutné adaptovat list na tmu a můžeme ho změřit rovnou (Linda et al. 2019).

3.3.1 Použité přístroje

Každý měsíc se změřila fluorescence a obsah chlorofylu u 15 sazenic prostokořenného materiálu a 15 sazenic obalených technologií PostCont u každého druhu dřevin. Na měření fluorescence byl použit přenosný přístroj Opti-Sciences OS30p+ a na měření obsahu chlorofylu Opti-Sciences CCM 300.

3.3.1.1 Opti-Sciences OS30p+

Měření fluorescence se provádí pomocí svorky pro adaptaci vzorku na tmu. Ta je dodávána s přístrojem Opti-Sciences OS30p+, který byl pro měření použit. Svorka se na list jednoduše nasadí a posuvnou částí se vzorek zatemní. Adaptace na tmu by měla být alespoň 20–30 minut. To se provádí z toho důvodu, aby měla všechna měření stejný počáteční stav, kdy jsou reakční centra Fotosystému II otevřena. Poté co je chlorofyl ozářen přístrojem během samotného měření, dochází k postupnému uzavírání reakčních center. Ta nejsou dostupná pro přenos energie a stoupá tak podíl fotonů, které jsou vyzářeny zpět do prostoru – fluorescence. (Linda et al. 2019)

3.3.1.2 Opti-Sciences CCM-300

Opti-Sciences CCM 300 je přenosný ruční fluorometr, který obsah chlorofylu v rostlinném materiálu přímo vypočítává na základě poměru mezi emisí fluorescenčního světla o vlnové délce 735 a 700 nm. Tento poměr je na obsahu chlorofylu lineárně závislý. Hodnota obsahu chlorofylu v mg/m² listové plochy se okamžitě zobrazí na displeji přístroje. (Linda et al. 2019)

3.4 Zpracování dat

Z naměřených dat byly v programu MS Excel vypočteny aritmetické průměry a z nich vytvořeny grafy zvláště pro fluorescenci a zvláště pro obsah chlorofylu. Dále byla stejná data zpracována v programu Statistica. U obou srovnávaných variant (prostokořenná sazenice i PostCont) byla testována normalita dat pomocí Shapiro-Wilkova W testu. Pokud nebyla normalita na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ vyvrácena, byl použit silnější t-test. Pokud byla na stejné hladině významnosti vyvrácena homogenita rozptylů, ale normalita vyvrácena nebyla, použila se modifikace t-testu Welchův test.

V případě, že nebyly splněny podmínky pro parametrické srovnávání dvou výběrů, byl použit neparametrický Mann-Whitney U test. Oběma způsoby byla zjištěna hodnota p, která byla konfrontována se zvolenou hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Na této zvolené hladině se rozhodovalo, zda je mezi sazenicemi obalenými technologií PostCont a jejich prostokořennými protějšky téhož druhu statisticky průkazný rozdíl.

4 Výsledky

Následující kapitola se zabývá výsledky měření fluorescence a obsahu chlorofylu u všech pěti zkoumaných dřevin.

4.1 Fluorescence chlorofylu

Jako reprezentativní parametr byl vybrán poměr variabilní a maximální fluorescence F_v/F_m , který byl statisticky porovnáván na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Z tabulky 1 a 4 je patrné, že statistický rozdíl mezi prostokořennými sazenicemi a obalenými technologií PostCont u lípy srdčité (*Tilia cordata*) a dubu letního (*Quercus robur*) nebyl prokázán ani v jednom měření. Zato u javoru mléče (*Acer platanoides*) a jedle bělokoré (*Abies alba*) hned ve třech případech (tabulka 2 a 3). Sazenice buku lesního (*Fagus sylvatica*) se prokazatelně lišily jen při posledním zářijovém měření (tabulka 5).

Tabulka 2–5: Aritmetické průměry poměru F_v/F_m pro jednotlivé dřeviny a hodnota p pro každé měření (červen–září 2021). Červeně jsou zvýrazněny hodnoty, u kterých byl prokázán staticky významný rozdíl.

Tabulka 1: Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)			
Fv/Fm	LP prosto	LP obal	LP p
17.6.	0,72	0,70	0,075
19.7.	0,73	0,72	0,219
12.8.	0,73	0,72	0,219
10.9.	0,68	0,67	0,701

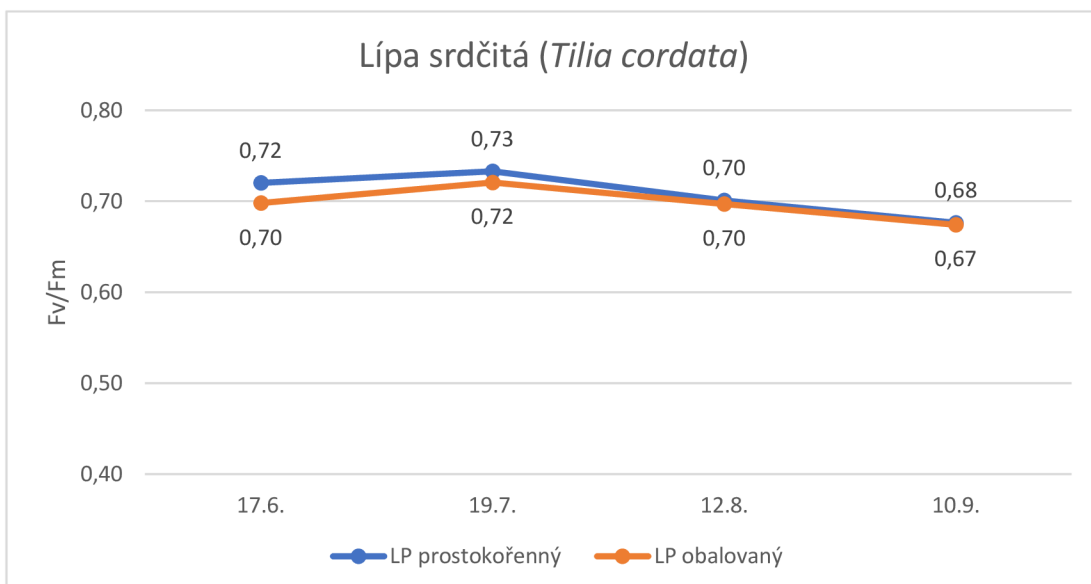
Tabulka 2: Javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)			
Fv/Fm	JV prosto	JV obal	JV p
17.6.	0,66	0,64	0,046
19.7.	0,67	0,71	0,008
12.8.	0,68	0,70	0,008
10.9.	0,68	0,72	0,058

Tabulka 3: Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i>)			
Fv/Fm	JD prosto	JD obal	JD p
17.6.	0,54	0,49	0,129
19.7.	0,73	0,70	0,035
12.8.	0,71	0,65	0,035
10.9.	0,73	0,58	<0,001

Tabulka 4: Dub letní (<i>Quercus robur</i>)			
Fv/Fm	DB prosto	DB obal	DB p
17.6.	0,68	0,66	0,285
19.7.	0,70	0,70	0,512
12.8.	0,70	0,67	0,512
10.9.	0,68	0,68	0,780

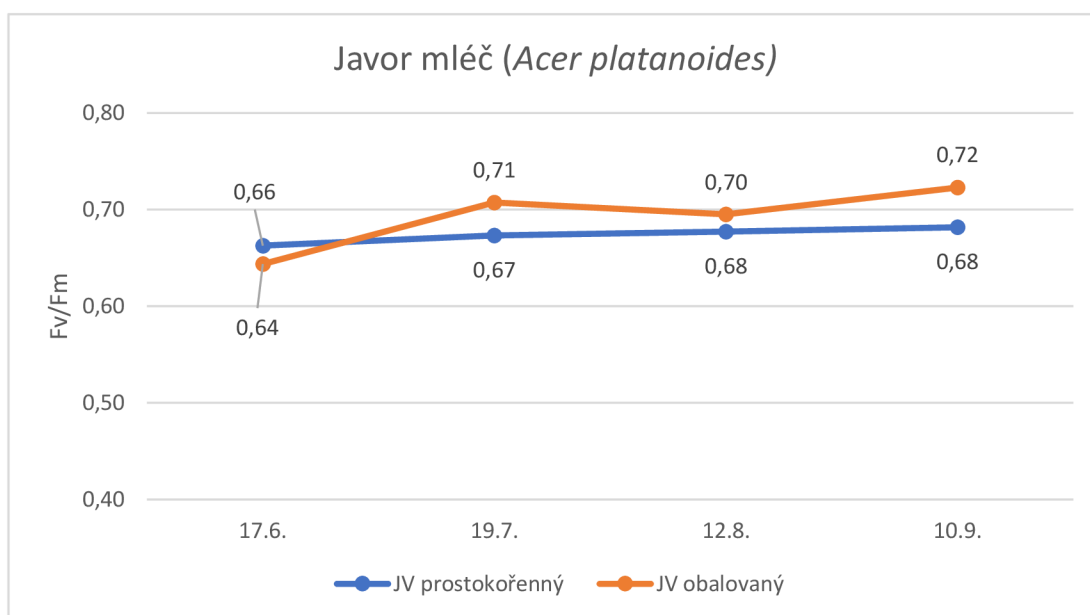
Tabulka 5: Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)			
Fv/Fm	BK prosto	BK obal	BK p
17.6.	0,57	0,60	0,217
19.7.	0,68	0,64	0,412
12.8.	0,70	0,64	0,412
10.9.	0,72	0,60	<0,001

Hodnoty aritmetických průměrů z tabulek 1–5 jsou dobře patrné na následujících grafech 1–5. Na grafu 1 jsou vyznačené průměrné hodnoty poměru Fv/Fm u lípy srdčité (*Tilia cordata*), u které nebyl dokázán prokazatelný rozdíl mezi prostokořenným a obalovaným PostCont sadebním materiálem ani v jednom z uskutečněných měření. V grafu je dobře vidět, že průměrné hodnoty byly skutečně velmi podobné. První tři měření byly hodnoceny pomocí t-testu, zářijové hodnoty ovšem nevykazovaly normální rozdělení dat a byl tak použit neparametrický Mann-Whitney U test.



Graf 1: Hodnoty aritmetického průměru parametru Fv/Fm u lípy srdčité (*Tilia cordata*)

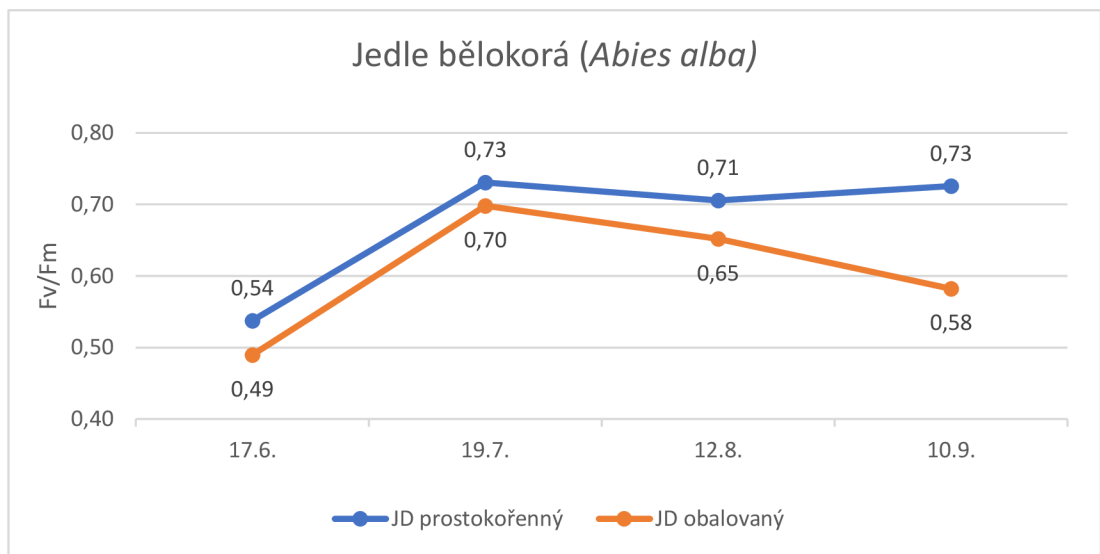
V případě javoru mléče (*Acer platanoides*) byl dokázán statistický rozdíl v červnu pomocí Mann-Whitney U testu a v červenci a srpnu t-testem. Stejný test neprokázal rozdíl mezi zářijovými hodnotami měření. Z grafu 2 můžeme vyčíst, že v červnu byl lepší prostokořenný materiál, zatímco v červenci a srpnu byl jako lepší vyhodnocen sadební materiál obalovaný technologií PostCont. Jedná se o jediná dvě měření, kdy obalované PostCont sazenice vyšly jako prokazatelně lepší.



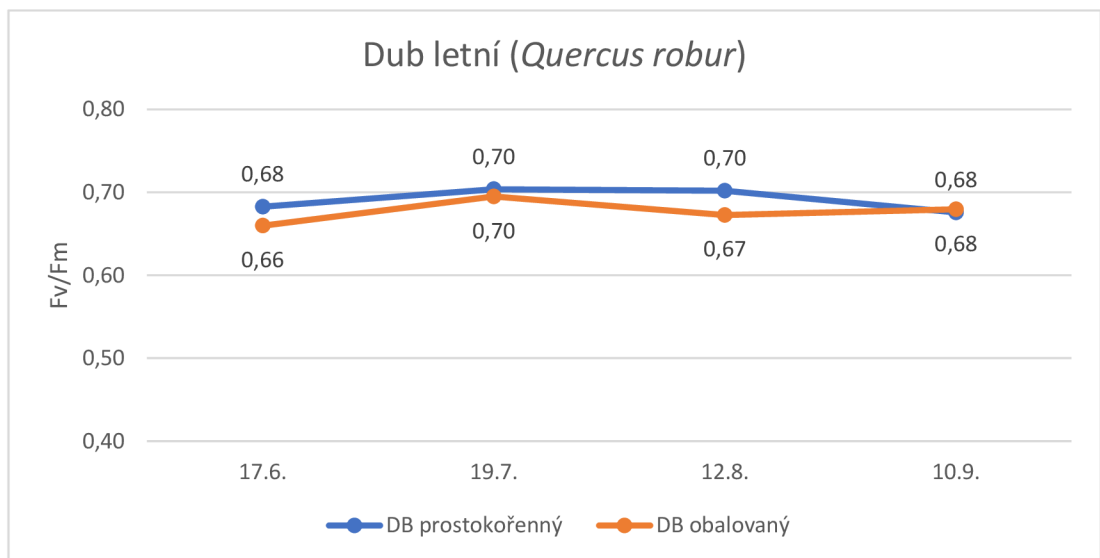
Graf 2: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u javoru mléče (*Acer platanoides*)

U sadebního materiálu jedle bělokoré (*Abies alba*) nebyl rozdíl t-testem prokázán pouze v červnovém měření. Zářijové hodnoty nevykazovaly normalitu dat, a tak byl použit opět Mann-Whitney U test. Také z grafu 3 je jasně patrné, že jedle v PostCont kelímcích v druhé polovině vegetační sezóny 2021 vykazovala průkazně horší fluorescenci než stejně staré prostokořenné sazenice. Hodnoty PostCont dokonce v červnu a září poklesly pod 0,6, což mohlo indikovat silnější stres.

Naopak mezi dubovými sazenicemi (*Quercus robur*) rozdíl prokázán nebyl ani v jednom z měření a hodnoty se stejně jako u ostatních dřevin pohybovaly okolo hraniční stresové hodnoty 0,7 (graf 4). U této dřeviny byl pro všechna měření použit neparametrický Mann-Whitney U test, protože byla ve všech případech vyvrácena normalita dat.

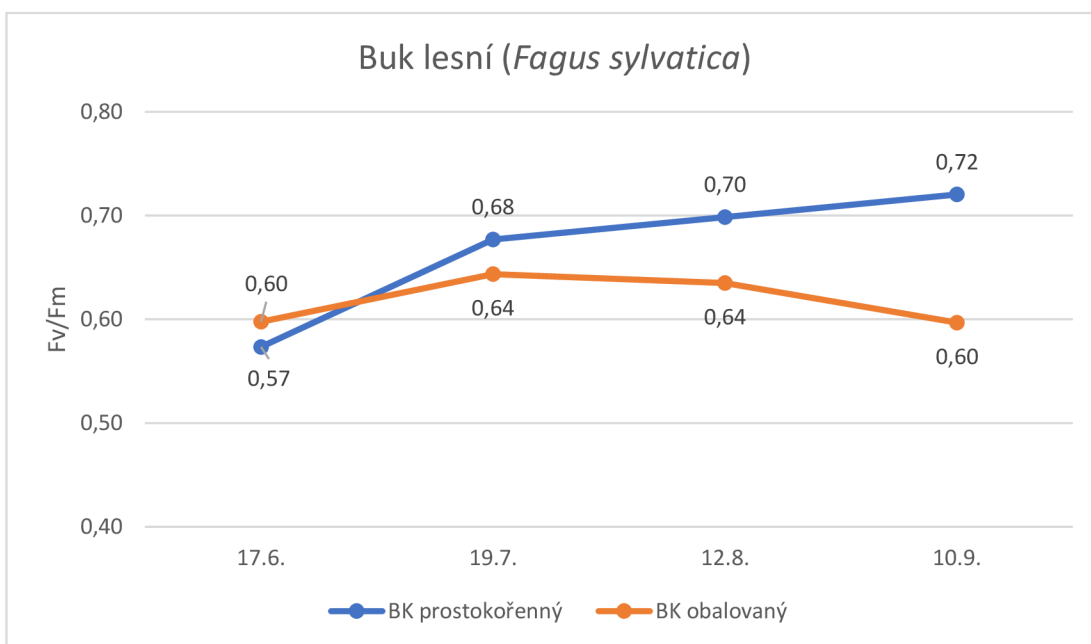


Graf 3: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u jedle bělokoré (*Abies alba*)



Graf 4: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u dubu letního (*Quercus robur*)

Poslední zkoumanou dřevinou byl buk lesní (*Fagus sylvatica*). Ani tato dřevina nevykazovala normalitu dat, a proto byla opět zkoumána pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu. Na grafu 5 aritmetické průměry poměru F_v/F_m ukazují, že v červnu byl lepší PostCont. Po zbytek měření u něj ale zůstávaly na podobných hodnotách, zatímco prostokořenný sadební materiál měl hodnoty s postupem času čím dál vyšší. Statisticky prokazatelným se rozdíl stal ovšem pouze v září, kdy už byl rozdíl mezi průměrnými hodnotami 0,12.



Graf 5: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u buku lesního (*Fagus sylvatica*)

4.2 Obsah chlorofylu

Obsah chlorofylu u jednotlivých dřevin byl zjišťován u 15 jedinců každého druhu dřeviny a typu sadebního materiálu v mg/m² listové plochy a statisticky porovnáván na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. V tabulkách 6, 7 a 9 můžeme vidět, že statistický rozdíl mezi prostokořennými sazenicemi a obalenými technologií PostCont stejně jako v případě fluorescence nebyl prokázán ani v jednom měření u lípy srdčité (*Tilia cordata*) ani dubu letního (*Quercus robur*), a navíc také u javoru mléče (*Acer platanoides*). Sazenice jedle bělokoré (*Abies alba*) se ale odlišovaly dokonce ve všech případech měření (tabulka 8). Při zkoumání fluorescence se sadební materiál buku lesního (*Fagus sylvatica*) prokazatelně lišil jen při posledním zářijovém měření, zatímco v koncentraci chlorofylu se kromě září prokazatelně lišil i v červenci a srpnu (tabulka 10).

Tabulka 6–9: Aritmetické průměry koncentrace chlorofylu v mg/m² listové plochy pro jednotlivé dřeviny a hodnota p pro každé měření (červen–září 2021). Červeně jsou zvýrazněny hodnoty, u kterých byl prokázán staticky významný rozdíl.

Tabulka 6: Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)			
obsah	LP prosto	LP obal	LP p
17.6.	361,73	360,73	0,956
19.7.	451,20	442,73	0,763
12.8.	348,20	366,27	0,622
10.9.	303,73	278,73	0,493

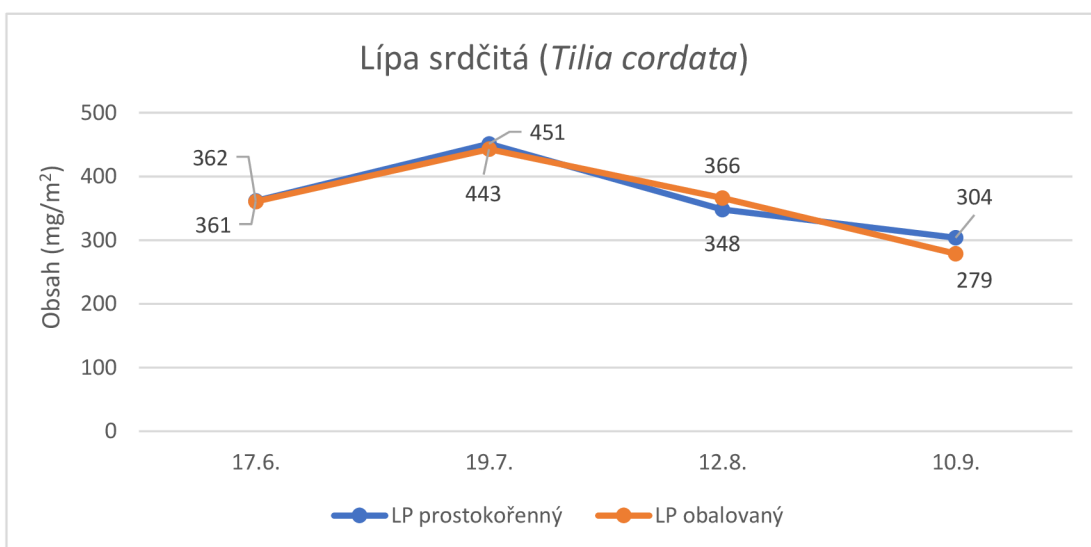
Tabulka 7: Javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)			
obsah	JV prosto	JV obal	JV p
17.6.	319,29	286,07	0,194
19.7.	370,86	334,07	0,354
12.8.	333,86	287,13	0,190
10.9.	334,64	306,73	0,443

Tabulka 8: Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i>)			
obsah	JD prosto	JD obal	JD p
17.6.	198,87	145,86	0,033
19.7.	381,53	289,33	0,001
12.8.	401,20	222,53	<0,001
10.9.	459,60	233,40	<0,001

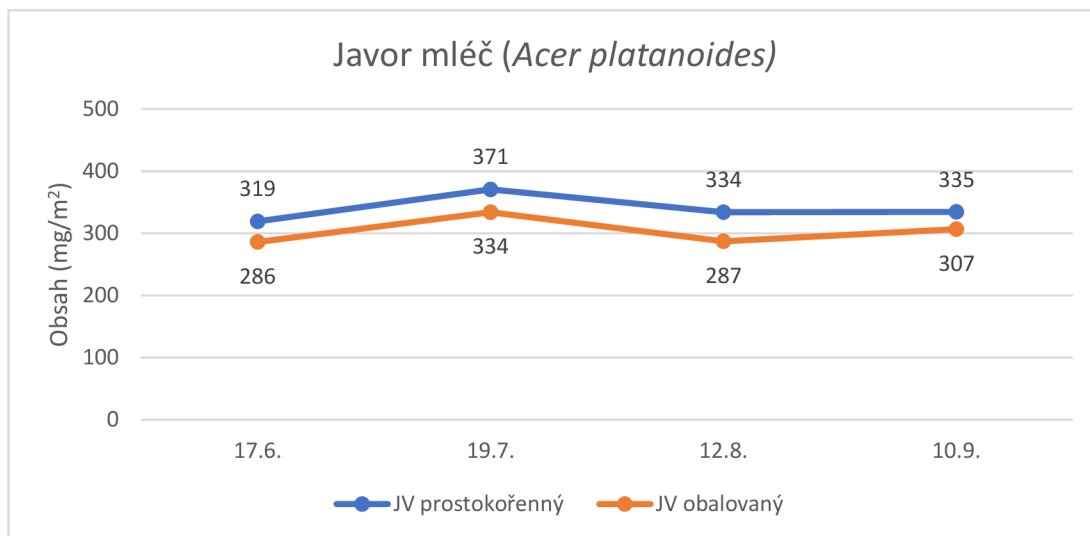
Tabulka 9: Dub letní (<i>Quercus robur</i>)			
obsah	DB prosto	DB obal	DB p
17.6.	282,71	270,67	0,627
19.7.	410,67	473,60	0,071
12.8.	350,14	370,07	0,523
10.9.	364,14	302,00	0,201

Tabulka 10: Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)			
obsah	BK prosto	BK obal	BK p
17.6.	239,47	253,33	0,384
19.7.	310,87	248,73	0,028
12.8.	246,47	163,73	0,040
10.9.	312,53	168,73	<0,001

Obdobně jako v případě fluorescence jsou aritmetické průměry z předchozích tabulek 6–10 znázorněny na grafech 6–10. U lípy srdčité (*Tilia cordata*) ani javoru mléče (*Acer platanoides*) nebyla normalita dat vyvrácena, a tak se rozdílnost dat testovala pomocí silnějšího t-testu. Ani ten ale prokazatelný rozdíl mezi koncentracemi chlorofylu u prostokořenných stromků a těch obalených technologií PostCont neprokázal. Při pohledu na graf 6, na kterém se průměrné hodnoty změřené na lipách víceméně překrývají, je jasné proč. U javorů je na grafu 7 rozdíl mezi zkoumanými typy sadebního materiálu viditelný, ale ani v tomto případě není natolik velký, abychom mohli hovořit o prokazatelném rozdílu dat. Zajímavé je, že rozdíl průměrných hodnot u javoru byl ve všech čtyřech měsících víceméně konstantní a koncentrace chlorofylu obou typů kolísala podobně.

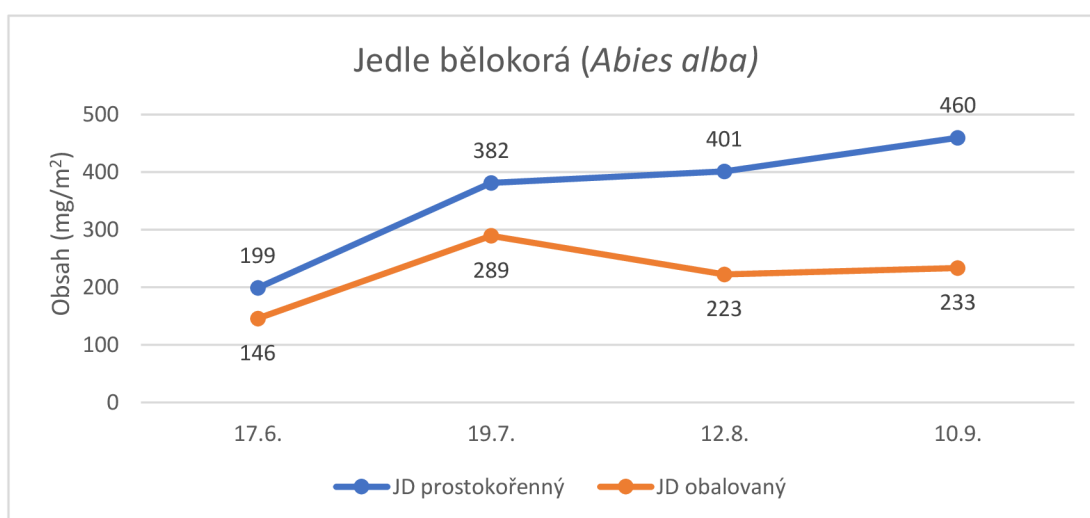


Graf 6: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u lípy srdčité (*Tilia cordata*)



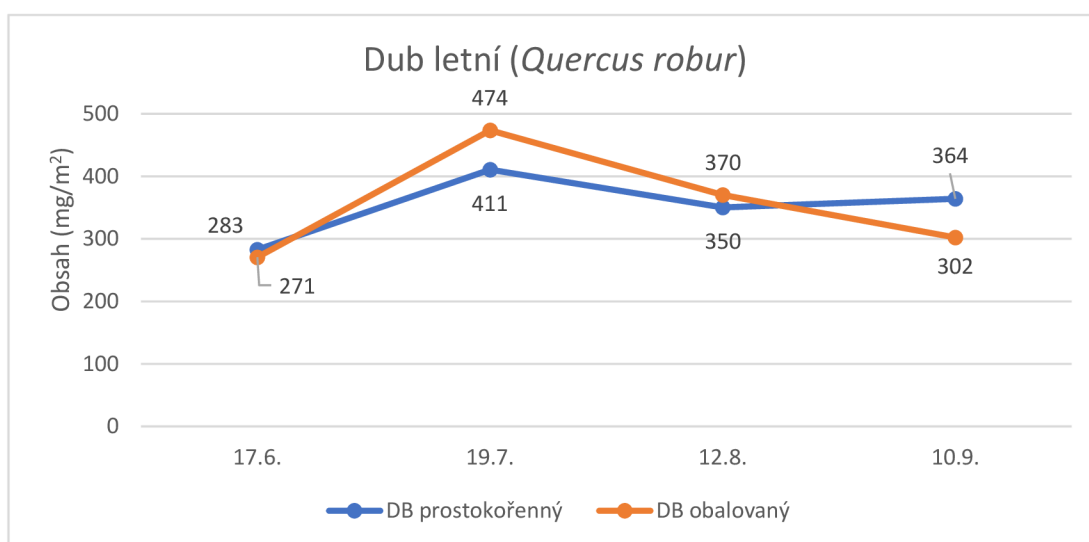
Graf 7: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u javoru mléče (*Acer platanoides*)

U jedle bělokoré (*Abies alba*) červnová a srpnová data nevykazovala normalitu, takže byl použit Mann-Whitney U test. Červencová a zářijová data normalitu vykazovala, a tak byla porovnáována pomocí silnějšího t-testu. Na grafu 8 je jasně patrný rozdíl zjištěných aritmetických průměrů mezi prostokořenným a obalovaným sadebním materiálem. Je znatelný již z prvního červnového měření a s postupem času se zvětšuje až na téměř dvojnásobnou hodnotu. Není proto divu, že oba testy prokázaly rozdíl ve všech čtyřech případech měření a PostCont sazenice jedle měly obsah chlorofylu výrazně a signifikantně nižší.



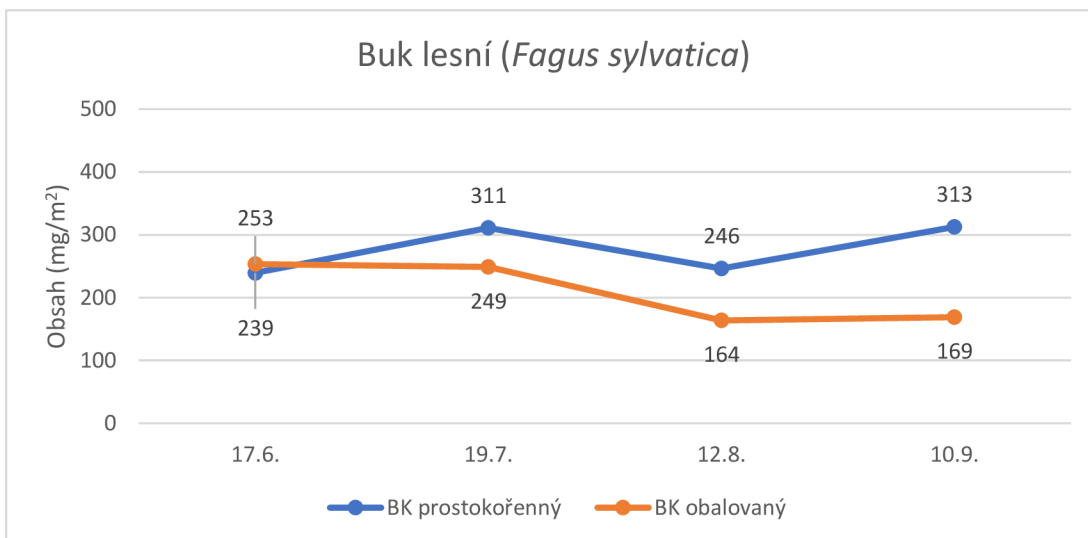
Graf 8: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u jedle bělokoré (*Abies alba*)

U obsahu chlorofylu dubu letního (*Quercus robur*) nebyl stejně jako u fluorescence prokázán statisticky významný rozdíl. Koncentrace v prvních třech měsících měření byly porovnávány pomocí parametrického t-testu, protože vykazovaly normalitu dat. Zářijové hodnoty byly otestovány neparametrickým Mann-Whitney U testem. Z grafu 9 můžeme vyčíst, že hodnoty aritmetického průměru všech patnácti měření obalovaných i všech patnácti měření prostokořenných stromků v každém měsíci jsou velmi podobné a neprokazatelný rozdíl mezi nimi tak není překvapením.



Graf 9: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u dubu letního (*Quercus robur*)

U sazenic buku lesního (*Fagus sylvatica*) je pozorovatelný podobný trend jako u jedlí. Na počátku měření jsou hodnoty koncentrace chlorofylu velmi podobné a v případě buku je dokonce aritmetický průměr PostCont nepatrně vyšší než prostokořenných rostlin. Pak se ale hodnoty začínají rozcházet jako rozevírající se nůžky. Obsah chlorofylu v PostCont sazenicích klesá, zatímco prostokořenný sadební materiál dosahuje vyšších hodnot. Významnost rozdílu mezi hodnotami z grafu 10 byla prokázána pomocí t-testu v červenci a září. Také srpnové hodnoty se prokazatelně liší, ovšem data nevykazovala homogenitu rozptylů, a tak byl t-test potvrzen ještě jeho modifikací Welchovým testem.



*Graf 10: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u buku lesního (*Fagus sylvatica*)*

5 Diskuze

Prokazatelný rozdíl mezi prostokořenným sadebním materiálem a novou zkoumanou technologií PostCont byl zjištěn jen u některých dřevin. A to jak v případě fluorescence chlorofylu, tak v případě obsahu chlorofylu. Nelze tedy učinit jednoznačný závěr, že všechny zkoumané dřeviny byly jednoznačně lepší nebo horší v tom či onom případě a rozhodně není možné v této fázi experimentu posoudit, zda je technologie obalování PostCont špatná či dobrá. Pro přesnější závěry bude vhodné měření opakovat v dalších letech. Z prvního roku vyplývá, že lipové ani dubové sazenice PostCont za prostokořennými ve fyziologických charakteristikách výrazně nezaostávají, ale ani před nimi nijak nevyčníkají.

Zajímavější je situace u javoru mléče (*Acer platanoides*). Na dlouhodobějším ukazateli stresu v podobě koncentrace chlorofylu opět nebyl prokázán rozdíl. Jinak je tomu ale u fluorescence. V červnu sice vyšly PostCont sazenice jako horší, ale jen těsně pod hodnotou hranice statistické průkaznosti ($p = 0,046$). V dalších dvou měsících se ale vzpamatovaly a jako jediné ze všech dřevin a měření dokázaly mít průkazně lepší poměr variabilní a maximální fluorescence F_v/F_m .

Největší možný problém naznačují výsledky u jedle bělokoré (*Abies alba*). Neprůkazný rozdíl u této dřeviny najdeme jen u červnových hodnot fluorescence. U všech ostatních bylo jasně prokázáno strádání, a to v některých případech až hodnotou $p < 0,001$ (viz tabulka 3 a 8). Méně razantní problém je viditelný u buku lesního (*Fagus sylvatica*). Rozdíl v poměru F_v/F_m byl prokázán pouze v září, zato koncentrace chlorofylu byla u PostCont sazenic prokazatelně horší hned ve třech ze čtyř případů měření.

Jedním z nejpravděpodobnějších důvodů, proč vycházely sazenice obalené technologií PostCont hůře, je zastřížení kořenů před obalením o 30 až 40 % kořenové biomasy, jak k němu dochází při tvorbě sazenic. To se provádí nejen proto, aby se sazenice do obalu vešly, ale podle Duška (1997) to také omezuje vznik deformací kořenů a podporuje zmnožení vertikálních i bočních kořenů. V průběhu jedné vegetační sezóny po zkrácení dojde k podpoře větvení kořenového systému na jemnější svazčité kořeny, které přijímají vodu a živiny (Kuneš et al. 2022). Bezesporně se ale pro rostlinu jedná o stres, se kterým se musí vyrovnat. A vyrovnává

se s ním právě v průběhu vegetační sezóny, ve které probíhala i tato fáze experimentu. Zda je tedy důvodem horších fyziologických hodnot u některých PostCont sazenic stříh kořenů, bude třeba zjistit měřením v nadcházejících vegetačních sezónách.

Může se ale jednat o řadu jiných důvodů. PostCont kelímky jsou vyráběné z papíroviny vytvářené z recyklovaného papíru, v tomto případě z kartonové stříže. V té se mohou vykytovat nežádoucí látky jako například různá lepidla (klihy), jejichž přítomnost může rostlinám opět způsobovat stres. Opomenout nesmíme ani substrát, kterým jsou obaly plněny. Jedná se o rašelinu, která ze zásobníku prochází přihřovačem přes hadice a může docházet k přílišnému rozmělnění vláken rašeliny a následnému zhutnění substrátu a ztrátě jeho porosity v kelímku. Přílišné zhutnění růstového média vede často ke zhoršenému růstu a prosperitě kořenů i nadzemních částí rostlin (Landis et al. 1990).

Rašelina nebyla v prvním roce přihnojena, což mělo technické důvody, aby substrát při odladování stroje (a pomalejším tempu produkce) neměl tendenci plesnivět. Její funkce byla především chránit kořeny před osycháním. Na druhou stranu se jednalo prakticky o sterilní substrát, který kořenům v kelímku nedodal živiny, zatímco minerální půda, do níž byly vysazeny prostokořenné sazenice, ano.

Klíčem může být ale také některý z dalších nežádoucích stresů, které nebyly při obalování podchyceny (Kuneš et al. 2022).

Měřením fluorescence a obsahu chlorofylu můžeme pouze zjistit, zda jsou rostliny stresovány, ale nikoli o jaký konkrétní stres se jedná. V našem případě se jako nejpravděpodobnější z uvedených možností jeví právě dočasný stres ze stříhu kořenů obalovaných sazenic. Otázkou ale zůstává, zda tomu tak skutečně je, když byl stres jednoznačně prokázán jen u jedlí a buků. Může to souviset s tím, že jsou tyto dřeviny stínomilné a pokusná plocha se nachází na přímém slunci? To by pak ale měly strádat oba typy sadebního materiálu. Kdyby se s touto skutečností dokázal prostokořenný materiál vyrovnat lépe, stále zůstává otázkou, proč tomu tak je a který ze zmíněných důvodů za to může. Ale z principu obalování by tomu mělo být spíše naopak. Obalený sadební materiál si s sebou nese část substrátu do začátku, aby netrpěl tak výrazným povýsadbovým šokem a zmiňovaný stříh kořenů by měl mít za následek vyšší počet svazčitých kořenů a tím pádem větší plochu jemných kořenů schopných nasávat vodu

a živiny. Tvorba těchto kořenů ale zabere nějaký čas. Pravdou je, že po výsadbě v květnu 2021 nepršelo a bylo sucho. I v tomto případě by ale měl mít výhodu právě obalený sadební materiál oproti prostokořennému. Ale nestalo se. Pro odhalení příčiny rozdílných hodnot a zjištění dalšího vývoje bude potřeba v měřeních pokračovat i v dalších letech a případné doplnění dalšími výzkumnými metodami.

6 Závěr

Cílem této práce bylo posoudit obsah a fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu PostCont. Měření během první vegetační sezóny po vysazení ukázalo, že tento sadební materiál v porovnání s prostokořenným vykazoval srovnatelné nebo nižší hodnoty koncentrace a fluorescence chlorofylu. Průkazně nižší hodnoty obou nebo alespoň jednoho z uvedených parametrů vyšly především u obalovaných sazenic jedle bělokoré (*Abies alba*), ale také buku lesního (*Fagus sylvatica*). Víceméně srovnatelné pak byly parametry chlorofylu u lípy srdčité (*Tilia cordata*), dubu letního (*Quercus robur*) a v podstatě i javoru mléče (*Acer platanoides*).

Javor jako jediný vykazoval ve dvou prázdninových měřeních fluorescence vyšší hodnoty u PostContu než u prostokořenné výsadby, v zářijovém případě ale byly tyto dva typy srovnatelné a v červnovém byl PostCont dokonce vyhodnocen jako horší. Na koncentraci chlorofylu se tyto výkyvy ale neprojevíly, a i u javoru byly parametry obsahu chlorofylu v průběhu vegetační sezóny 2021 mezi sazenicemi PostCont a prostokořennými sazenicemi v podstatě srovnatelné.

Nejpravděpodobnější příčinou, proč se u obalovaného sadebního materiálu neprojevíly jeho přednosti, je nejspíše stříh kořenů, který byl u něho před obalením na rozdíl od prostokořenného materiálu proveden. Měření probíhala první vegetační sezónu po stříhu a následném vysazení a je tedy pravděpodobné, že rostliny se s tímto stresem teprve vypořádávaly. Zda tomu tak skutečně je anebo je u obalování technologií PostCont nějaký skrytý problém, ukáží až měření v dalších letech, kdy by již měl být kořenový systém zkoumaných jedinců zregenerovaný.

7 Seznam použitých zdrojů

- BURDETT A.N., SIMPSON D.G. (1984). Chapter 21. Lifting, Grading, Packaging, and Storing. In Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings, Eds M.L. DURYEY AND T.D. LANDIS. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster 227–234.
- ČNI (2012). ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut.
- ČUZK (2022). Nahlížení do katastru nemovitostí. Webová aplikace. Český úřad zeměměřický a katastrální. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/>
- DUŠEK, V. (1997). Lesní školkařství. Písek, Matice lesnická: 139 s
- EŠNEROVÁ J., KUNEŠ I., BALÁŠ M. (2014). Určování dřevin pro lesní školkaře. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, 65 s. ISBN 978-80-213-2500-5.
- FOLTÁNEK V. (2016). Lesní školkařství v České republice - od historie k současnosti. Praha, Národní zemědělské muzeum, 155 s. ISBN 978-80-86874-70-8.
- FOLTÁNEK V., PAŘÍZKOVÁ A., PAŘÍZEK M. (2018). Historie a současný stav užití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin v České republice. In: Houšková K. (ed.): Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Sborník příspěvků. Brno, 4. října 2018, Praha, Česká lesnická společnost, 7-15 ISBN 978-80-02-02820-8.
- GALLO J., BALÁŠ M., LINDA R., KUNEŠ I. (2020). The effects of planting stock size and weeding on survival and growth of small-leaved lime under drought-heat stress in the Czech Republic. [Effekt von Pflanzmaterialgröße und Unkrautbekämpfung auf Überleben und Wachstum der Winterlinde unter Dürre und Hitzestress in der Tschechischen Republik]. Austrian Journal of Forest Science 137, (1): 43–66
- HIEKE K. (2019). Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. Brno CPress, 246 s. ISBN 978-80-264-2461-1.
- HRIB M., KOPP J., KŘIVÁNEK J., KYZLÍK P., MOUCHA P., NĚMEC J., OLIVA J., PELC F., PEŠKOVÁ V., ROČEK I., ŘEZÁČ J., SLABA M., VANČURA K., VAŠÍČEK J., ZAHRADNÍK P., ZATLOUKAL V. (2009). Lesy v České republice. Praha: Consult pro Lesy ČR, 399 s. ISBN 80-903482-5-4.
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J., NÁROVCOVÁ J. (2004). Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách České republiky. In: Jurásek A. (ed.): Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. 3. a 4. června 2004. Opočno. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 6-15. ISBN 80-86386-51-1.

- KUNEŠ, I. (2021). Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont. Fakulta lesnická a dřevařská [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 18.6.2020 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.fld.czu.cz/cs/r-6826-veda-a-vyzkum/r-7936-projekty/r-11773-externi-projekty/r-11253-narodni-vedecke-projekty/r-15748-realizovane-projekty/r-16088-obalovani-sadebniho-materialu-lesnich-drevin-technologickym-systemem-postcont/obalovani-sadebniho-materialu-lesnich-drevin-technologickym-.html>
- KUNEŠ, I., LOPOT F. (2021). Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont. Česká informační agentura životního prostředí [online]. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí, [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/09/Postcont_Kunes_Lopot.pdf
- KUNEŠ I., LOPOT F. (2022) Výzkumná zpráva k projektu Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů, 64 s.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P. (1990). The Container Tree Nursery Manual, Volume Two: Containers and Growing Media (Agriculture Handbook 674). U. S. Department of Agriculture, Forest Service Washington, DC, 88 s.
- LANDIS T. D., DUMROESE R.K., HAASE D.L. (2010). The Container Tree Nursery Manual, Volume 7: Seedling Processing, Storage, and Outplanting (Agriculture Handbook 674). U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, 200 s.
- LINDA R., ZÁDRAPOVÁ D., KŘÍŽOVÁ K., KUNEŠ I. (2019). Měření obsahu a fluorescence chlorofylu v listech sadebního materiálu vybraných dřevin pomocí přenosných přístrojů (certifikovaná metodika). Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce, 46 s. ISBN 978-80-7417-172-7.
- MZe (2021). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020. Praha, Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-625-5.
- NÁROVCOVÁ, J. (2004) Systém testování biologické vhodnosti obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin a poznatky s jeho uplatněním v praxi. In: Jurásek A. (ed.): Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. 3. a 4. června 2004. Opočno. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 40–48. ISBN 80-86386-51-1.
- PARRY, C., BLONQUIST JR, J. M., BUGBEE, B. (2014). In situ measurement of leaf chlorophyll concentration: analysis of the optical/absolute relationship. *Plant, cell & environment*, 37(11), 2508-2520.

- TOMÁŠKOVÁ I., KUBÁSEK J. (2016). Fyziologie lesních dřevin I.: fyziologie, produkce a stresy rostlin. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin, 267 s. ISBN 978-80-213-2608-8.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., KOLIBÁČOVÁ S., KOBLÍŽEK J., ŠEFL J. (2001). Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s. ISBN 80-86271-09-9
- VĚTVIČKA V. (1999). Stromy. Praha, AVENTINUM NAKLADATELSTVÍ, s.r.o. 216 s. ISBN 80-7151-238-9

8 Přílohy

Obrázek 1: Prototyp stroje na obalování sadebního materiálu technologií PostCont

Obrázek 2: Sazenice modřinu čerstvě obalená technologií PostCont

Obrázek 3: Sazenice jedle obalená technologií PostCont po roce venkovního skladování



Obrázek 1: Prototyp stroje na obalování sadebního materiálu technologií PostCont. Ze zásobovačů na papírovinu a substrát (v pravé části obrázku) tyto materiály proudí hadicemi do pracovního prostoru. Zde je do formy nejprve vstříknuta papírovina, která je rozmetačem rozmetena na stěny. Následně je do formy podavačem vložena sazenice s předem zkrácenými kořeny a zalita substrátem. Hotový kelímek je vystrčen na povrch a připraven k odejmutí.



Obrázek 2: Sazenice modřínu čerstvě obalená technologií PostCont



Obrázek 3: Sazenice jedle obalená technologií PostCont po roce venkovního skladování