

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



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Ověřování kvality sadebního materiálu
produkovaného technologickým
systémem PostCont**

Diplomová práce

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

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Kateřina Pešková

Lesní inženýrství

Název práce

Ověřování kvality sadebního materiálu produkovaného technologickým systémem PostCont

Název anglicky

Verification of the quality of planting material produced by the PostCont technology system

Cíle práce

Cílem práce je posoudit kvalitu a růstovou dynamiku sadebního materiálu lesních dřevin pěstovaného nově vyvíjeným technologickým systémem PostCont.

Vyhodnotit různé suroviny pro tvorbu rozpadavých kelímků a různá média (různé typy substrátů) pro plnění těchto kelímků a jejich vliv na růst sadebního materiálu a rozpadavost kelímku v půdě a trvanlivost kelímku mimo ni (na vzduchovém) polštáři.

Metodika

Navažte na výzkumné aktivity řešené ve Vaší bakalářské práci. U výpěstků vybrané dřeviny upravte kořenové systémy. S těmito rostlinami založte opakovací pokus srovnávající dynamiku růstu obaleného materiálu PostCont plněného nepřihnojenou rašelinou, rašelinou obohacenou vybraným typem hnojiva, příp. hnojeným růstovým substrátem a prostokořeným sadebním materiálem (i tento bude mít upravené kořeny). Zhodnoťte přežívání a přírůst výsadby a parametry chlorofylu během první vegetační sezóny po výsadbě.

Za využití jednoho typu růstového média (přihnojeného substrátu) otestujte na sadebním materiálu vybrané dřeviny parametry PostCont kelímků vyrobených z různých typů materiálu (např. kartonová stříž, kancelářský papír, nasávaná kartonáž). Možné uskutečnit i pro výsevy. Vyhodnoťte jejich rozpadavost v půdě a trvanlivost mimo půdu. Následně vyhodnoťte vliv těchto kelímků na růst a morfologii po první vegetační sezóně.

Za využití sadebního materiálu jedné dřeviny a jednoho materiálu pro výrobu kelímků PostCont (např. kartonová stříž či nasávaná kartonáž) otestujte vliv různých substrátů (např. nehnojená rašelina, hnojená rašelina, příp. hnojený růstový substrát) na parametry PostCont kelímků. Vyhodnoťte jejich rozpadavost v půdě a trvanlivost mimo půdu.

Základní měření doplňte doprovodnými studii na odolnost sadebního materiálu PostCont a jeho morfometrické ukazatele (počítačová tomografie a destrukční analýza kořenů).

Časový harmonogram:

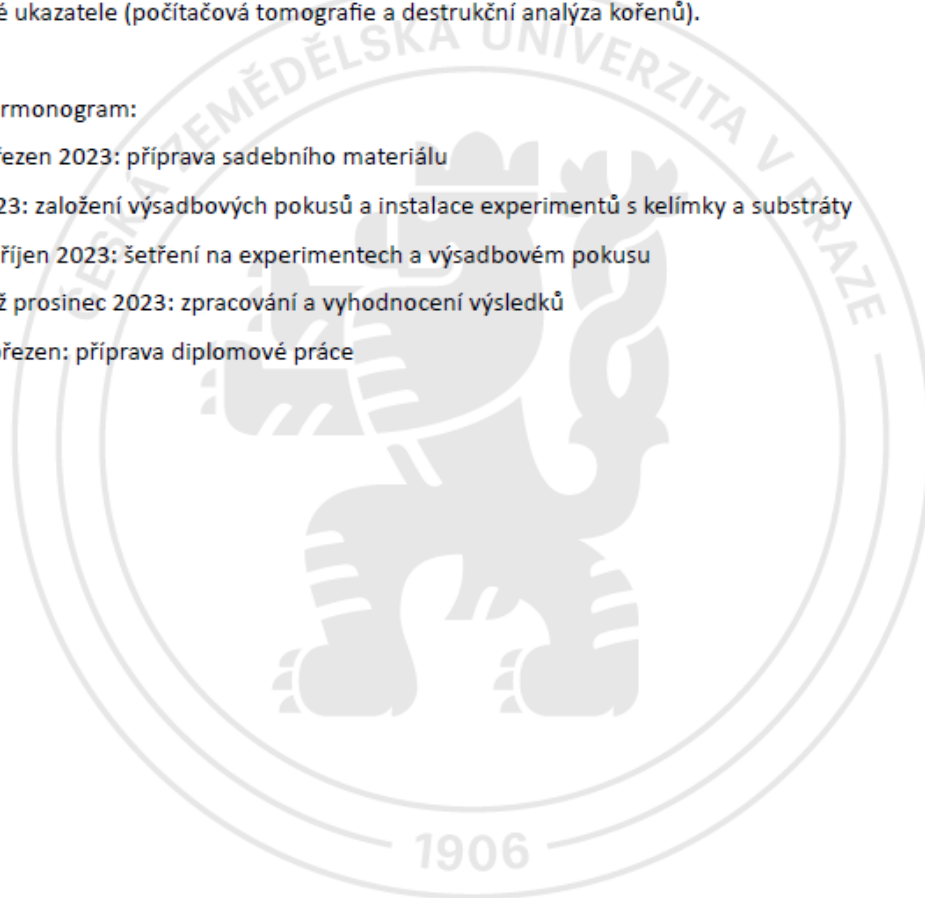
únor až březen 2023: příprava sadebního materiálu

duben 2023: založení výsadbových pokusů a instalace experimentů s kelímky a substráty

květen až říjen 2023: šetření na experimentech a výsadbovém pokusu

listopad až prosinec 2023: zpracování a vyhodnocení výsledků

leden až březen: příprava diplomové práce



Doporučený rozsah práce

min. 45 stran

Klíčová slova

PostCont; sádkový materiál; recyklace; substrát; dynamika výsadeb

Doporučené zdroje informací

- Burdett AN (1983). Quality Control in the Production of Forest Planting Stock. *Forestry Chronicle* 59, (3): 132–138
- ČNI (2012). ČSN 48 2115 Sádkový 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 sádkového materiálu vybraných dřevin pomocí přenosných přístrojů (certifikovaná metodika). *Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady*, pp. 46.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2023

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 08. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Ověřování kvality sadebního materiálu produkovaného technologickým systémem PostCont“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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 5. 4. 2024

Bc. Kateřina Pešková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, věnovaný čas a cenné rady při sepisování této práce. Poděkování patří rovněž panu Ing. Martinu Balášovi, Ph.D. za spolupráci a pomoc při výzkumu. Panu Ing. Jiřímu Turkovi děkuji za nápomoc a konzultace při počítačové tomografii sadebního materiálu.

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

Dále je na místě zde uvést, že tato práce vznikla v rámci aktivit spojených s řešením projektu TAČR SS01020189 Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont.

Ověřování kvality sadebního materiálu produkovaného technologickým systémem PostCont

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá ověřováním kvality sadebního materiálu produkovaného nově vyvíjeným technologickým systémem PostCont. Jedná se o technologii obalování prostokořenného sadebního materiálu do prorůstavých kelímků z recyklovaného papíru.

V práci je porovnávána fluorescence a koncentrace chlorofylu mezi různými variantami sadebního materiálu PostCont a prostokořennými sazenicemi. Parametry chlorofylu obalovaného sadebního materiálu v prvním roce po výsadbě nabývají podobných nebo nižších hodnot než toho prostokořenného. Důvodem je pravděpodobně zastřížení kořenů PostCont sazenic před obalením. Ve druhém roce měření je statisticky významných rozdílů mezi typy sadebního materiálu méně a ve třetím roce je již obalovaný sadební materiál s tím prostokořenným srovnatelný.

Mírně rozdílná je i růstová dynamika mezi typy sadebního materiálu. Nejedná se ale o jednoznačný trend, který by naznačoval, že některá varianta přirůstá lépe než jiná. Přežívání nových výsadeb bylo v roce 2023 kvůli suchu velmi nízké bez ohledu na variantu sadebního materiálu.

Dále je ověřeno, že různý materiál pro výrobu kelímků ani různý substrát nemá na parametry chlorofylu vliv. Různý materiál má ale vliv na rychlost rozpadavosti kelímků v půdě a trvanlivost mimo ni. Celkově lze obaly PostCont považovat za prorůstavé, rozpadavé v půdě a mimo půdu trvanlivé.

Morfologická kvalita sadebního materiálu je ověřena pomocí výpočetní tomografie a destrukční analýzou kořenů. Nepřípustné deformace kořenů se u obalovaného sadebního materiálu PostCont nevyskytují a sadební materiál splňuje požadavky na standard dle normy ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin.

Klíčová slova: PostCont; sadební materiál; recyklace; substrát; dynamika výsadeb

Verification of the quality of planting material produced by the PostCont technology system

Abstract

The diploma thesis is focused on the verification of the quality of planting stock produced by the newly developed technological system PostCont. This is a technology for containerization of bare-rooted planting stock into growing pots made of recycled paper.

The thesis compares chlorophyll fluorescence and chlorophyll concentration between different variants of PostCont planting stock and bare-rooted plants. The chlorophyll parameters of the containerized planting stock in the first year after plantation result in similar or lower values than those of the bare-rooted stock. This is probably due to the root pruning of the PostCont plants before containerization. In the second year of measurement, there are fewer statistically significant differences between the types of planting stock, and in the third year, the containerized planting stock is already comparable to the bare-rooted one.

The growth dynamics between the types of planting stock are, to a certain extent, also different. However, there is not a clear trend that would indicate that some type of planting stock grows better than the other one. The survival rate of new plantations was very low in 2023 due to drought regardless of the planting stock type.

Furthermore, it was observed that different materials for the production of paper pots or different substrates had no significant effect on the parameters of chlorophyll. However, different materials have an effect on the rate of decomposition of the pots in the soil and the durability outside of it. In general, PostCont pots can be considered to be permeable and degradable in the soil and durable outside of the soil.

The morphological quality of the planting stock was verified using computed tomography and also by destructive root analysis. Unacceptable deformations of the roots do not occur with the containerized planting stock PostCont; additionally, the planting stock meets the requirements of the ČSN 48 2115 technical standard “Forest reproductive material”.

Keywords: PostCont; planting stock; recycling; substrate; growth of plantations

Obsah

1 Úvod	12
2 Cíle práce	13
3 Literární přehled současného stavu řešené problematiky	14
3.1 Kvalita sadebního materiálu.....	14
3.1.1 ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin	15
3.2 Fluorescence chlorofylu	15
3.2.1 Princip fluorescence chlorofylu	16
3.2.2 Parametr Fv/Fm	16
3.3 Koncentrace chlorofylu	17
3.4 Prostokořenný sadební materiál	17
3.5 Krytokořenný sadební materiál	18
3.5.1 Základní typy krytokořenného sadebního materiálu	19
3.5.2 Klady a zápory krytokořenného sadebního materiálu	19
3.6 Technologický systém PostCont	20
3.6.1 Přednosti technologického systému PostCont	21
3.6.2 Proces obalování	22
3.6.3 Základní požadavky a doporučená velikost obalů	23
3.6.4 Hodnocení kvality sadebního materiálu PostCont prováděné Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.....	24
4 Metodika	25
4.1 Charakteristika původních pokusných vzorků z roku 2021	26
4.2 Měření parametrů chlorofylu a růstové dynamiky vysázených jedinců	26
4.3 Výroba pokusných vzorků v roce 2023	27
4.4 Vysázení opakovacích pokusných vzorků v roce 2023	28
4.5 Přírodní podmínky na výzkumné ploše.....	29
4.6 Parametry chlorofylu, přírůst a přežívání výsadby z roku 2023	30
4.7 Měření parametrů chlorofylu mimo minerální půdu záhonu	30
4.8 Přístroje použité na měření parametrů chlorofylu.....	31
4.9 Hodnocení rozpadavosti papírových obalů z různých materiálů v půdě	32
4.10 Měření trvanlivosti papírových obalů z různých materiálů mimo záhon	32
4.11 Morfologická kvalita kořenů posuzovaná počítačovou tomografií	33
4.12 Destrukční analýza kořenů	35
4.13 Zpracování dat.....	35
5 Výsledky	37
5.1 Fluorescence chlorofylu u výsadby z roku 2021	37
5.1.1 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu lípy srdčité	38
5.1.2 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu javoru mléče.....	39

5.1.3	Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu jedle bělokoré.....	40
5.1.4	Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu dubu letního	41
5.1.5	Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu buku lesního.....	42
5.2	Koncentrace chlorofylu u výsadeb z roku 2021	43
5.2.1	Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu lípy srdčité	44
5.2.2	Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu javoru mléče	45
5.2.3	Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu jedle bělokoré	46
5.2.4	Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu dubu letního	47
5.2.5	Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu buku lesního.....	48
5.3	Růstová dynamika u výsadeb z roku 2021.....	49
5.3.1	Výšky zkoumaného sadebního materiálu	49
5.3.2	Tloušťky zkoumaného sadebního materiálu.....	52
5.3.3	Růstová dynamika sadebního materiálu javoru mléče	54
5.3.4	Růstová dynamika sadebního materiálu buku lesního.....	55
5.3.5	Růstová dynamika sadebního materiálu jedle bělokoré	56
5.3.6	Růstová dynamika sadebního materiálu lípy srdčité	57
5.3.7	Růstová dynamika sadebního materiálu dubu letního	58
5.4	Výsledky opakovacích pokusů.....	59
5.4.1	Fluorescence chlorofylu u výsadeb z roku 2023	59
5.4.2	Koncentrace chlorofylu u výsadeb z roku 2023	60
5.4.3	Přežívání sadebního materiálu vysázeného v roce 2023	61
5.5	Parametry chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon	64
5.5.1	Fluorescence chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon	64
5.5.2	Koncentrace chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon .	66
5.6	Rozpadavost kelímků v půdě	68
5.7	Trvanlivost různých variant papírových obalů	69
5.8	Morfologická kvalita kořenů posuzovaná počítačovou tomografií	71
5.9	Morfologická kvalita ověřovaná destrukční analýzou kořenů	75
6	Diskuze	77
6.1	Parametry chlorofylu u výsadeb z roku 2021	77
6.2	Růstová dynamika výsadeb z roku 2021.....	78
6.3	Opakovací pokus	79
6.4	Parametry chlorofylu mimo minerální půdu záhonu	81
6.5	Parametry PostCont kelímků vyrobených z různých materiálů.....	81
6.6	Morfologická kvalita sadebního materiálu PostCont.....	82
7	Závěr.....	84
8	Přehled literatury a použitých zdrojů	86

Seznam použitých zkratek

Dřeviny

BK	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i> L.)
BO	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
DB	Dub letní (<i>Quercus robur</i> L.)
JD	Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i> Mill.)
JV	Javor mléč (<i>Acer platanoides</i> L.)
LP	Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i> Mill.)
MD	Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i> Mill.)
OL	Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i> L.)
SM	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karst)
TR	Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i> L.)

Varianty obalovaného sadebního materiálu

P	Prostokořenný sadební materiál
O	Obalený sadební materiál technologií PostCont v kelímku z kartonu
K/KANC	Obalený sadební materiál technologií PostCont v kelímku z kancelářského papíru
V/VAJÍČKA	Obalený sadební materiál technologií PostCont v kelímku z nasávané kartonáže (obalů od vajec)
BEZ U	Obaleno v kelímku z kartonu bez uhlí i bez přihnojení
U	Obaleno v kelímku z kartonu papíru s dřevěným uhlím bez přihnojení
U SI	Obaleno v kelímku z kartonu papíru s dřevěným uhlím s přihnojením
KANC B	Obaleno v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení

Ostatní zkratky

CT	Výpočetní (počítačová) tomografie
MIP	Maximum intensity projection – projekce v maximální intenzitě
MPR	Multiplanární rekonstrukce
VRT	Volume rendering technics – technika vykreslování objemu
PostCont	Technologický systém na obalování prostokořenného sadebního materiálu
Fv/Fm	Poměr variabilní a maximální fluorescence chlorofylu
Sm. o.	Směrodatná odchylka
ČSN	Česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
MZe	Ministerstvo zemědělství České republiky
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v. v. i.

1 Úvod

Obnova lesa je činnost, při které se využívá les a jeho produkty vypěstované našimi předchůdci a současně zakládá les nový pro budoucí generace. To je možné buď přirozeně (semeny či výmladností), uměle nebo kombinací těchto dvou možností. Lesní školkařství se zabývá pěstováním sadebního materiálu pro umělou obnovu lesů, která začíná být potřeba v 19. století. Tehdy přestává přirozená obnova stačit a dochází tak k rozvoji této oblasti lesnictví. Vedlo k tomu zintenzivnění lesního hospodaření a preference zalesňování smrkem. Zvýšení požadavků na produkci sazenic způsobovalo také stále častější využívání holosečí (Hrib et al. 2009).

Podle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022 (MZe, 2023) v současnosti jednoznačně převažuje využití umělé obnovy nad přirozenou. Po roce 2000 se jednalo zhruba o 20 000 ha lesa obnovovaných uměle a s kůrovcovou kalamitou se tento počet v letech 2021 i 2022 zdvojnásobil.

Pěstování sadebního materiálu v lesních školkách je v podstatě dvojího způsobu. Na volných plochách venkovních záhonů je pěstován prostokořenný sadební materiál. Druhou možností je krytokořenný sadební materiál pěstovaný v různých obalech. Oba způsoby pěstování mají řadu výhod i nevýhod. Nově vyvíjená technologie sekundárně obalovaného prostokořenného sadebního materiálu PostCont se snaží zkombinovat výhody obou typů pěstování a redukovat jejich nevýhody.

2 Cíle práce

Klíčem úspěchu při obnově lesa je kvalitní sadební materiál. Proto je hlavním cílem této diplomové práce posoudit kvalitu a růstovou dynamiku sadebního materiálu lesních dřevin pěstovaného nově vyvíjeným technologickým systémem PostCont. Práce navazuje na bakalářskou práci autorky s názvem Fyziologické charakteristiky materiálu produkovaného technologií PostCont, která měla za cíl posouzení obsahu a fluorescence chlorofylu u tohoto sadebního materiálu. Cílem navazující diplomové práce je dvouleté pokračování v měření zmíněných parametrů a rozšíření o další analýzy. Dalším cílem je vyhodnocení různých surovin pro tvorbu rozpadavých kelímků a různých médií (typů substrátů) pro plnění těchto kelímků. Zásadní je zjištění jejich vlivu na růst sadebního materiálu a rozpadavost kelímků v půdě a trvanlivost kelímků mimo ni (na vzduchovém polštáři).

3 Literární přehled současného stavu řešené problematiky

Kvalitní sadební materiál musí být schopen rychle, úspěšně a především bez zbytečných ztrát odrůst do fáze zajištěné kultury. Měl by být také dostatečným předpokladem budoucí kvalitní objemové produkce, druhové biodiverzity a odolného i stabilního lesního porostu (Kotrla a Indra, 2000). Kvalitu sadebního materiálu je důležité sledovat a nepoužívat na zalesňování materiál, který požadované kvality nedosahuje a zmenšit tak rozsah opakovaného zalesňování (Sarvaš, 2000). Ten v roce 2022 činil více než 6 000 ha z celkového počtu téměř 40 000 ha umělé obnovy (MZe, 2023).

Burdett (1983) uvádí, že ujímavost sadebního materiálu po výsadbě je výsledkem interakce vysázeného materiálu s jeho prostředím. Rozhodujícím parametrem tak jsou vždy charakteristiky sadebního materiálu. Bezprostředně po výsadbě je to spíše schopnost přizpůsobení se podmínkám na místě (fenotyp) než jeho genetický potenciál pro adaptaci na nové prostředí (genotyp).

3.1 Kvalita sadebního materiálu

Dle Juráska a Martincové (2000) je kvalita sadebního materiálu široký pojem, který zahrnuje celý komplex vzájemně podmíněných znaků a vlastností. Nejdůležitější složka je dána původem reprodukčního materiálu. Jedná se o kvalitu genetickou. Požadavky na genetickou variabilitu jsou přesně vymezeny legislativou.

Velkého významu nabývá i kvalita morfologická, která je zastoupena vnějšími měřitelnými znaky a také kvalita fyziologická. Ta se zabývá obtížněji měřitelnými, ale velmi důležitými vnitřními znaky sadebního materiálu. Morfologické nedostatky jsou většinou snadno zjistitelné, zatímco zjišťování fyziologické kvality je v provozních podmínkách mnohem obtížnější. Navíc se fyziologické vlastnosti v čase mění a snížená fyziologická kvalita je často výsledkem různorodého působení více faktorů (Linda et al. 2019). Dle Kotrly a Indry (2000) je součástí kvality sadebního materiálu bezesporu také posouzení zdravotního stavu.

Linda et al. (2019) uvádí, že pro zjištění celkové kvality sadebního materiálu lesních dřevin je třeba současně posuzovat jeho morfologické i fyziologické parametry. Tomu se věnuje tato práce u sadebního materiálu lesních dřevin, který byl sekundárně obalen do prorůstavého obalu z recyklovaného materiálu.

3.1.1 ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin

Kvalita sadebního materiálu je popsána především v české technické normě ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin (ÚNMZ, 2012), kde je uvedeno, že fyziologický stav sadebního materiálu lesních dřevin je dán množstvím vody v pletivech, obsahem zásobních látek, fází vegetačního klidu, stavem terminálních pupenů, růstovými možnostmi kořenů a stavem mykorrhizy. Dále je v této normě uvedeno, že fyziologické znaky se zjišťují převážně pomocí destruktivních metod a jsou proto prováděny pouze u reprezentativních vzorků sadebního materiálu. Většina testů probíhá na specializovaných pracovištích.

Oproti tomu morfologické znaky jsou v normě definovány jako měřitelné či vizuálně zjistitelné parametry, mezi které patří výška a tvar nadzemní části, tloušťka kořenového krčku, délka křivého kořene či architektura kořenového systému v podobě nepřijatelných deformací. Zjišťuje se také, v jakém poměru je objem kořenového systému k objemu nadzemní části nebo podíl objemu jemných kořínků (tenčích než 1 mm) na objemu celého kořenového systému.

3.2 Fluorescence chlorofylu

Určit přesnou fyziologickou kvalitu bez použití laboratorních metod je velmi problematické a většina testů této kvality měří pouze jednu funkci rostliny (Linda et al. 2019). Jako nejčastěji zjišťované charakteristiky Martincová (1999) uvádí obsah vody a zásobních látek, růstový potenciál kořenů či stav jemných kořenů. Dle Bindera et al. (1996) je měření fluorescence vhodné k doplnění těchto tradičních metod hodnocení kvality sadebního materiálu. Jedná se o rychlou a přesnou nedestruktivní metodu, umožňující zjistit reakci na stres a hodnocení fotosyntetického aparátu u velkého počtu jedinců.

Princip fluorescence chlorofylu byl pozorován již ve 30. letech minulého století. Přesto se z důvodu dostupnosti potřebných přístrojů ve větší míře využívá až v posledních letech. Moderní přenosné přístroje umožňují použití i v terénních podmínkách, a to je v současné době využíváno především v zemědělství nebo mikrobiologii, značně omezeně pak také v lesnictví (Linda et al. 2019).

3.2.1 Princip fluorescence chlorofylu

Tomášková a Kubásek (2016) uvádí, že měření fluorescence přenosnými přístroji je technicky mnohem snazší než komplikovaná měření fotosyntézy jako příjmu CO₂.

Stejní autoři popisují, že v rostlinných buňkách se nachází vysoce organizované komplexy bílkovin, které se nazývají fotosystémy. Jedná se o tylakoidní membrány, ve kterých je uloženo zelené barvivo chlorofyl. To je nedílnou součástí fotosyntézy díky své schopnosti pohlcovat sluneční záření a přeměnit ho v energii ukládanou rostlinami do zásobních látek (Linda et al. 2019).

Tvorba energeticky bohatých molekul chlorofylu je způsobena absorpcí fotonů fotosystémem II. Molekuly tohoto chlorofylu mohou být využity fotosyntézou nebo ztratit svou energii v podobě tepla či opětovným vyzařováním ve formě fotonu. Tento jev se dle van Bezouw et al. (2019) nazývá fluorescence. Dle těchto autorů je fluorescence chlorofylu citlivým, a proto extrémně užitečným nástrojem pro hodnocení fotosyntetického výkonu u rostlin. Dle Šimić et al. (2014) je fluorescence chlorofylu považována za spolehlivý časný kvantitativní indikátor stresu u rostlin. Linda et al. (2019) dodává, že fluorescence chlorofylu pomáhá odhalit intenzitu a dobu trvání stresového faktoru, nedovede ho ale přímo identifikovat.

Fluorescence je tedy poměrně malá část zachycené sluneční energie, která není přeměněna v chemickou, ale je vyzářena zpět do prostoru ve formě fotonu s vlnovou délkou kolem 700 nm. Praktické využití přináší především variabilita fluorescence chlorofylu, která se zakládá na nepřímé úměrnosti mezi intenzitou fluorescence a účinností fotosyntézy. Čím méně je rostlina v daném okamžiku schopna využít energii ve fotosyntéze, tím je vyšší intenzita fluorescence a naopak (Tomášková a Kubásek, 2016).

Princip měření spočívá ve vystavení listu nebo jehlice světelnému záření. V tomto okamžiku je fluorescence nejvyšší, protože ve fotosyntetickém aparátu dochází k postupné aktivaci enzymů. Nevyužitá energie je vyzářena zpět do prostoru v podobě fluorescence. Postupně dochází ke zrychlování fotosyntézy a zvyšování podílu využitých fotonů a tzv. zhášení fluorescence (Tomášková a Kubásek, 2016).

3.2.2 Parametr Fv/Fm

K detekci fyziologického stresu slouží poměr Fv/Fm. Jedná se o poměr variabilní fluorescence Fv a maximální fluorescence chlorofylu Fm při plném nasycení

Fotosystému II. Variabilní fluorescence chlorofylu se vypočítá jako rozdíl maximální fluorescence F_m a fluorescence F_o při nízké úrovni osvětlení, která ještě nevyvolává fotosyntézu. Předností tohoto poměru je rychlost změny, ke které dochází rychle po vzniku stresových podmínek. Odpověď při intenzivním šoku vedoucím ke zničení fotosyntetického aparátu je dokonce okamžitá. Nastupující stresové podmínky jsou signalizovány poklesem tohoto faktoru pod hodnotu 0,7 a silný stres je indikován hodnotami pod 0,6. V takovém případě začíná být poškození často viditelné (Linda et al. 2019).

3.3 Koncentrace chlorofylu

Parry et al. (2014) uvádí, že koncentrace chlorofylu v listech rostlin se nejpřesněji zjišťuje extrakcí chlorofylu v rozpouštědle a následným měřením ve spektrofotometru. Jedná se ale o destruktivní metodu, a proto se široce využívají optické přístroje, které poskytují relativní indikaci chlorofylu v listech na místě, bez nutnosti jejich utržení.

Změna obsahu chlorofylu je na rozdíl od okamžité reakce fluorescence na stres dlouhodobější. Obsah chlorofylu je velmi variabilní v asimilačních orgánech rostlin v rámci roku i v závislosti na zastínění či oslunění jedince. Velkou roli hraje také to, jakou pozici list na rostlině zaujímá. Stanovit univerzální hodnotu, která by ukazovala na nějaký konkrétní stresový faktor, je tedy obtížné. Koncentraci chlorofylu je ale možné porovnávat mezi jednotlivými variantami zkoumaných dřevin. Pro zjištění zdravotního stavu sadebního materiálu je vhodné používat měření fluorescence i koncentrace chlorofylu společně (Linda et al. 2019).

3.4 Prostokořenný sadební materiál

Sadební materiál pěstovaný v lesních školkách za účelem umělé či kombinované obnovy lesů je buďto prostokořenný nebo krytokořenný. Neruda a Švehla (2000) uvádějí, že pěstování silných prostokořenných sazenic na volných záhonech je pro středoevropské pěstování sadebního materiálu typické. Prostokořenný sadební materiál pěstovaný na venkovních záhonech lesních školek se z nich následně vyzvedává. Během vyzvedávání může dojít ke zhoršení kvality sadebního materiálu vlivem poškození kořenů či jejich vyschnutí, na které je nechráněný kořenový systém velmi citlivý. Kořeny po vyzvednutí je tak zapotřebí chránit před ztrátou vody při skladování, převozu i výsadbě. Míra ovlivnění kvality sadebního materiálu manipulací je kromě opatrnosti

dána také stavem materiálu před vyzvednutím a podmínkami při vyzvedávání. Rychlost vysychání závisí na prostředí skladování, především na teplotě a vlhkosti vzduchu (Burdett a Simpson, 1984).

Mezi výhody prostokořenného sadebního materiálu dle Kuneše a Lopota (2021) patří menší potřeba závlahové vody, pesticidů i hnojiv při jeho pěstování. To je možné realizovat v jednodušších podmínkách oproti pěstování krytokořenného sadebního materiálu. Také proto Šišák et al. (2018) uvádí výsadby prostokořenného sadebního materiálu jako méně nákladově náročné.

Na druhou stranu je pěstování prostokořenného sadebního materiálu na venkovních záhonech závislé na vlastnostech půdy a počasí, zatímco u obalovaného sadebního materiálu je možné mít úrodnost a klima lépe pod kontrolou (van den Driessche, 1984). Za nevýhody prostokořenného sadebního materiálu lze považovat především jeho náchylnost k povýsadbovému šoku, výrazně kratší období výsadby a nutnost sázet v období vegetačního klidu (Kuneš a Lopot, 2021). Neruda a Švehla (2000) uvádějí, že dlouhý 3–4 roky trvající výrobní cyklus není příliš schopný reagovat na výkyvy poptávky.

3.5 Krytokořenný sadební materiál

Mauer a Houšková (2018) uvádějí, že v České republice se krytokořenný sadební materiál na obnovu lesů používá od 60. let minulého století a jeho podíl s jistými výkyvy narůstá. Dle Foltánka (2016) se v počátcích krytokořenného sadebního materiálu do Československa dostávaly jen části technologií ze zahraničí a docházelo k častému porušování technologických postupů. Efekt takového počínání nebyl zdaleka takový, jako při použití kompletní technologie a docházelo k řadě nedostatků typu deformací kořenů a následným ztrátám. Zájem o takový materiál nebyl nikterak vysoký. Jurásek et al. (2004) uvádí jako první detailně ověřované obaly používané dodnes rašelinocelulózové kelímky Jiffy pots.

Největšího rozmachu používání obalovaného sadebního materiálu bylo dle Foltánka (2016) dosaženo v osmdesátých letech minulého století. Neruda a Švehla (2000) tvrdí, že podíl krytokořenné sadby na konci 80. let minulého století byl 12–14 %. Následně se snížil k 5 % a nebyl předpokládán výraznější nárůst. K tomu ovšem došlo a dle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky (MZe, 2023) byl zájem o krytokořenný sadební materiál v roce 2022 podobně jako v předchozích letech vysoký.

Bylo tomu tak také proto, že výsadby-schopný krytokořenný sadební materiál ve vysoké fyziologické i morfologické kvalitě se dá vypěstovat poměrně rychle. Podíl krytokořenného sadebního materiálu, který byl v roce 2022 uveden do oběhu, byl 29,9 % a rozpěstovaného krytokořenného sadebního materiálu bylo 20,2 %.

Dle Katalogu lesnických adaptačních opatření (Čermák et al. 2016) patří využití obalované sadby mezi navržená adaptační opatření na teplotní extrém a sucho spojené s globální klimatickou změnou.

3.5.1 Základní typy krytokořenného sadebního materiálu

Sadební materiál lesních dřevin je pěstován ve dvou základních typech obalů. Dělení na rozpadavé a pevné obaly je dáno možností prorůstání kořenů stěnami a dnem obalu. Rozpadavé obaly prorůstání kořenů umožňují a sadební materiál je vysazován i s tímto obalem, u kterého se předpokládá, že se po výsadbě zcela rozpadne. Naopak pevné obaly prorůstání kořenů stěnami a dnem obalu neumožňují a sazenice jsou z nich před výsadbou vyjímány (Jurásek et al. 2006). Kořenové baly, které si tyto sazenice během pěstování ve školce vytvořily, se označují jako tzv. plugy.

3.5.2 Klady a zápory krytokořenného sadebního materiálu

Dle Juráska a Nárovcové (2002) je praktickou výhodou krytokořenného sadebního materiálu především účinná ochrana kořenů před vysycháním během manipulování se sadebním materiálem během výsadby a před ní. Tito autoři krytokořenné sadbě přisuzují také vyšší ujmavost způsobenou melioračním a hnojivým efektem organického substrátu v obalu a příznivým obsahem vody v kořenech. Obalovaný materiál překonává povýsadbový šok rychleji než ten prostokořenný a dochází tak i k rychlejšímu odrůstání založených kultur. Lze ho pěstovat intenzivními postupy ve sklenících nebo fóliovnících. Landis et al. (2010) jako výhodu krytokořenného sadebního materiálu oproti prostokořennému uvádí delší období, kdy lze výsadbu realizovat.

Ve vyhlášce č. 456/2021 Sb., o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa, jsou uvedeny minimální hektarové počty obnovovaných nebo zalesňovaných jedinců. Tyto počty je v případě použití krytokořenných semenáčků či sazenic možné snížit až o 10 %, při použití poloodrostků a odrostků až o 20 %.

Šmelková (2004) mezi nevýhody krytokořenného sadebního materiálu řadí větší náročnost na technické vybavení a technologii pěstování. Z biologického hlediska především nebezpečí deformací kořenů. Ty se mohou negativně projevit až několik let po výsadbě, a proto je zapotřebí intenzivního prověřování nezávadnosti obalů. Landis et al. (1990) uvádí jako jeden z nejzávažnějších problémů obalovaného sadebního materiálu tendence kořenů spirálovitě se otáčet kolem stěny obalu. Jurásek et al. (2004) dodává vyšší náklady na pěstování, dopravu i další manipulaci a také možnost vysychání či vymrzání při nevhodném výběru stanoviště.

Potřebu ověřování bezpečnosti obalů popisují Jurásek a Nárovcová v roce 2002, kdy zmiňují nově vznikající Katalog biologicky ověřených typů obalů. Dle Nárovcové (2004) bylo možné se s vzniklými katalogovými listy seznámit v samostatné příloze časopisu Lesnická práce č. 4/2004 a v současnosti je dostupný online na internetových stránkách Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Výzkumné stanice Opočno.

3.6 Technologický systém PostCont

Historie papírových obalů používaných na sadební materiály u nás sahá do sedmdesátých let, kdy se začali ve větší míře používat šestiboké papírové voštinové buňky Paperpot s kolmými stěnami bez dna. Zároveň byla snaha i o domácí produkci a vznikaly tak například obaly typu Kulticel. Opět se jednalo o voštinové buňky z laminovaného papíru (Foltánek, 2016).

Dle stejného autora byl předchůdcem dnešní PostCont technologie český patent z počátku osmdesátých let minulého století. S touto novou technologií výroby krytokořenného sadebního materiálu tzv. mokrou cestou, přišla lesní školka Zelená bouda nedaleko Staré Boleslavi.

„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)

Stejný autor dále uvádí, že myšlenka technologie obalování mokrým procesem byla i je progresivní, ale bylo od ní postupně upuštěno kvůli složitosti a nákladnosti vývoje. Zároveň připouští, že je možné, že dojde k obnovení vývoje z důvodu možnosti recyklačního využití vstupního materiálu, kterým je v této technologii papírovina.

To se v současné době děje ve spolupráci České zemědělské univerzity v Praze a Českého vysokého učení technického v Praze za přispění dalších subjektů při řešení projektu TAČR SS01020189 „Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont“.

V rámci výše zmíněného projektu bylo zkonstruováno poloautomatické zařízení na obalování kořenů původně prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Tento materiál byl vypěstován na venkovních záhonech lesních školek a následně obalen do růstového substrátu krytého prorůstavým papírovým obalem. Vyvíjená technologie dostala název PostCont z anglického Post-Containerization (Kuneš et al. 2023).

3.6.1 Přednosti technologického systému PostCont

Kuneš (2021) uvádí, že projekt se zabývá produkcí krytokořenného sadebního materiálu s výrazně menší ekologickou stopou než u klasického obalovaného materiálu. Jedná se především o výrobu z recyklovaných materiálů – různých druhů papírového odpadu jako je karton, kancelářský papír, nasávaná kartonáž či noviny, místo plastových sadbovačů. Menší je také spotřeba pesticidů, hnojiv a vody. Čistá voda se používá pouze na přípravu papíroviny, zatímco substrát je zvlhčován recyklovanou přebytečnou vodou, která je z kelímků odsátá na konci výroby. Všechna dodaná voda je tak v procesu výroby zcela využita.

Poloautomatické obalování je rychlejší než ruční přesazování. Samotné zařízení PostCont je možné jednoduše převážet a je použitelné všude, kde je zdroj vody a připojení k elektrické síti (Kuneš et al. 2023).

Zapouzdrněním kořenů původně prostokořenného sadebního materiálu dochází ke zvýšení jeho odolnosti proti stresům po výsadbě na lesní stanoviště jako je především sucho či extrémní půdní prostředí. Dochází také ke snížení náchylnosti k povýsadbovému šoku (Kuneš et al. 2023).

Obalený sadební materiál PostCont (obrázek 1) kombinuje přednosti krytokořenné sadby, která mívá větší ujímavost a je odolnější vůči nešetrnému zacházení před výsadbou, s přednostmi prostokořenného sadebního materiálu, jehož produkce je levnější a možná v jednodušších podmínkách než klasická krytokořenná technologie vyžadující vysoké investiční náklady na zavedení do provozu školky (ať už se jedná o samotnou obalovací linku a kontejnery nebo o skleníky, závlahový systém či skladovací zázemí) (Kuneš a Lopot, 2021).



Obr. 1: Sadební materiál zleva smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst), třešně ptačí (*Prunus avium* L.) a buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) obalený technologií PostCont do kelímků z recyklovaného kartonu.

S klasickou krytokořennou sadbou PostCont sdílí horší manipulovatelnost s vyrobenými sazenicemi, které zabírají větší prostor než svazek prostokořenných a jsou podstatně těžší. Oproti klasickému krytokořennému systému nemůže sadební materiál z počátku těžit z dostatečného prokořenění balu.

3.6.2 Proces obalování

Proces zapouzdřování probíhá v poloautomatizovaném zařízení vyfotografovaném na obrázku 2. První část zařízení se skládá ze zásobníků na papírovinu a substrát. Obě média proudí hadicemi do pracovního prostoru v druhé části stroje. V něm je do formy předem vybrané velikosti nejprve vstříknuta papírovina, kterou rozmetač rozmete na strany formy a vytvoří základ kelímku. Následně je do formy manuálně vložena sazenice se zkrácenými kořeny, aby nedošlo ke zbytečnému poškození či špatnému vložení kořenového systému při strojovém podávání a nutnosti manuálního urovnění kořenů. Poté je sazenice zalita růstovým substrátem a po odčerpání přebytečné vody je kelímek vysunut na povrch a připraven k odejmutí. Celý cyklus trvá méně než jednu

minutu a se sadebním materiálem je po obalení možné s jistou opatrností ihned manipulovat.



Obr. 2: Prototyp poloautomatizovaného zařízení na obalování prostokořenného sadebního materiálu technologií PostCont. V pravé části fotografie se nachází zásobníky na substrát a papírovinu. V levé části snímku je zachycen pracovní prostor, ve kterém dochází k výrobě obalené sazenice. Na snímku je zachycen vnitřek stroje bez vnějšího pláště, kterým je možné stroj zakrýt.

3.6.3 Základní požadavky a doporučená velikost obalů

Mezi základní požadavky na rozpadavé obaly patří možnost prorůstání kořenů stěnami a dnem obalu aniž by docházelo k jejich zaškrcování materiálem obalu. Tento materiál musí být homogenní a umožňovat rovnoměrné prorůstání kořenů do všech směrů a přirozený vývoj kořenových systémů. Obal by měl udržovat tvar a být soudržný až do okamžiku výsadby, po které dojde k rozpadu bez zanechání zbytků, které by následně zaškrcovaly kořeny nebo kmínek stromku. Důležité je také správné skladování jednotlivých kusů dostatečně daleko od sebe, aby nedocházelo k prorůstání kořenů z jednoho obalu do druhého (Jurásek et al. 2006). Doporučená velikost obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu je pro jednotlivé druhy a velikosti sadebního materiálu lesních dřevin dána normou ČSN 48 2115.

3.6.4 Hodnocení kvality sadebního materiálu PostCont prováděné Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. (VÚLHM) sídlící v Jílovišti, Strnady je od roku 2014 pověřen zjišťováním kvality semenného a sadebního materiálu lesních dřevin. Jejich kvalita je zde testována akreditovanými mezinárodně uznávanými postupy v nezávislých laboratořích. Morfologická a fyziologická kvalita sadebního materiálu je hodnocena Zkušební laboratoří „Školkařská kontrola“ při Výzkumné stanici Opočno (Linda et al. 2019).

Od roku 2020 probíhá testování kvality sekundárně obaleného i ze semene vypěstovaného sadebního materiálu PostCont akreditovanými postupy této laboratoře ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i za účelem zařazení kelímků PostCont do Katalogu biologicky ověřených obalů (VÚLHM, 2021). Tyto postupy byly použity také pro hodnocení morfologických parametrů různých variant sadebního materiálu PostCont. Jeho výsledky v roce 2021 ukázaly relativně dobrý růst a předpoklad vypěstování sadebního materiálu během jedné vegetační sezóny, který splňuje požadavky standardu dle normy ČSN 48215 Sadební materiál lesních dřevin (VÚLHM, 2022). Při experimentálním pěstování nebyly zaznamenány problémy s prorůstáním kořenů stěnami obalů vytvořených technologickým systémem PostCont. Bylo ale nutné kontrolovat výskyt plísní, které měly tendenci vytvářet se na povrchu obalů (VÚLHM, 2023a).

V Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu (VÚLHM, 2023b) je obal PostCont uveden jako vyhovující prozatím pro pěstování ve školce a 1. rok po výsadbě jako obal pro krátkodobé dopěstování sadebního materiálu na zavlažovaném uložišti. Ověřování 3. rok po výsadbě teprve proběhne.

Sadební materiál testovaných druhů lesních dřevin splňuje stanovené parametry výsadby schopného materiálu bez deformací kořenů, které nebyly zjištěny ani první rok po výsadbě. Odpovídá tak požadavkům ČSN 48 2115. Optimální doba pěstování je stanovena na 3–6 měsíců pro zakořenění v obalu. Jako maximální doba pěstování sadebního materiálu v obalech je uveden jeden rok. Za nutné se v katalogu považuje osazování obalů vhodnou velikostí sadebního materiálu a zkrácení kořenů na rozměry obalů. Je třeba odpovídající závlahy, aby byly obaly neustále i z vnější strany vlhké (VÚLHM, 2023b).

4 Metodika

Předkládaná diplomová práce navazuje na výzkum probíhající v rámci bakalářské práce autorky s názvem Fyziologické charakteristiky materiálu produkovaného technologií PostCont (Pešková, 2022). V rámci ní byl založen pokus porovnávající fluorescenci a koncentraci chlorofylu mezi prostokořenným sadebním materiálem a sadebním materiálem obalovaným technologií PostCont. Měření pokračovala následující dva roky v rámci diplomové práce. Byla doplněna měřením růstové dynamiky a opakovacím pokusem s různými variantami kelímků PostCont. Dále došlo k hodnocení rozpadavosti papírových obalů v půdě a trvanlivosti mimo ni. Parametry chlorofylu byly měřeny také u sadebního materiálu pěstovaného mimo minerální půdu záhonu. Tento materiál byl obalen v různých typech kelímků s různým substrátem. Součástí ověřování kvality bylo taktéž posuzování morfologické kvality pomocí počítačové tomografie a destrukční analýzy kořenů. Všechny pokusy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled pokusů se sekundárně obaleným sadebním materiálem PostCont, které jsou součástí této diplomové práce.

Výsadby z roku 2021	Měření parametrů (fluorescence a koncentrace) chlorofylu
	Měření růstové dynamiky (výšky a tloušťky)
	Hodnocení rozpadavosti papírových obalů v půdě
Výsadby z roku 2023	Opakovací pokus – různé kelímky
	Parametry chlorofylu, přírůst, přežívání, rozpadavost
Sadební materiál pěstovaný mimo záhon	Měření parametrů chlorofylu – různé kelímky a různý substrát
	Měření trvanlivosti (pevnosti) mimo půdu záhonu
	Morfologická kvalita ověřovaná pomocí CT
	Morfologická kvalita ověřovaná destrukční analýzou kořenů

Smyslem návaznosti na bakalářskou práci je prodloužení řady měření, doplnění dat a rozšíření metod, kterými je kvalita sadebního materiálu PostCont ověřována. Metody použité v rámci bakalářské práce byly prováděny i nadále analogickým postupem, pro ucelenost práce jsou zde ovšem znovu popsány.

4.1 Charakteristika původních pokusných vzorků z roku 2021

Pro založení výzkumné výsadby byly použity dvouleté prostokořenné sazenice javoru mléče (*Acer platanoides* L.), buku lesního (*Fagus sylvatica* L.), lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.) a dubu letního (*Quercus robur* L.) a čtyřleté jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). Sazenice byly vyzvednuty ze záhonů lesní školky v květnu 2021. Listnaté dřeviny byly dle pěstebního vzorce 1–1 pěstovány dva roky bez vyzvednutí ze záhonu, přičemž po prvním roce pěstování u nich došlo k podříznutí kořenů. V případě jedlí s pěstebním vzorcem 2+2 se jednalo o čtyřleté jedince, kteří byli po dvou letech pěstování školkováni.

U poloviny těchto sazenic byly zastřiženy kořeny a následně byly obaleny technologií PostCont do kelímků z recyklovaného kartonu, vyrobených ve formě s výškou 11 cm a horním průměrem 7 cm. Papírové obaly byly naplněny polotekutým substrátem z nepřihnojené rašeliny rozmíchané ve vodě. Hotové kelímky se nechaly deset dnů na vzduchu povrchově oschnout pro zajištění větší pevnosti obalu a lepší manipulaci.

Během května 2021 byl obalený sadební materiál společně se zbytkem prostokořenných sazenic těchto druhů vysazen na venkovní oplocenou plochu v Kostelci nad Černými lesy v areálu výzkumné stanice Truba. Celkem bylo vysázeno 440 kusů sadebního materiálu. Sazenice byly vysazeny do řad po 44 kusech, vždy vedle sebe řada prostokořenných a řada obalených sazenic v kartonových kelímcích PostCont stejného druhu dřeviny (Pešková, 2022).

Na počátku června 2022 byl tento sadební materiál přihnojen pomalu rozpustným hnojivem Recultan 80TE drť.

4.2 Měření parametrů chlorofylu a růstové dynamiky vysázených jedinců

Během následujících vegetačních sezón roku 2021 a 2022 byla u 15 vzorků a v roce 2023 u 10 vzorků obou typů sadebního materiálu a všech druhů dřevin měřena fluorescence a koncentrace chlorofylu. Menší počet měřených vzorků v posledním roce je dán zvyšující se mortalitou obou sledovaných variant a nemožností nalézt více měřitelných jedinců.

Měření probíhala v roce 2021 v rámci zmiňované bakalářské práce 17. června, 19. července, 12. srpna a 10. září. V následujících dvou letech již za účelem této diplomové práce v termínech 8. června, 20. července, 16. srpna a 19. září 2022 a 29. června, 21. července, 1. září a 6. října 2023.

Růstová dynamika byla měřena u stejného sadebního materiálu, u kterého byly v letech 2021–2023 měřeny parametry chlorofylu. Výšky sadebního materiálu byly zjišťovány v červnu a září 2021 a na konci vegetačních sezón 2022 a 2023. Tloušťky v červnu 2021 a dále kvůli malé změně v prvním vegetačním období až v závěru sezón 2022 a 2023. Následně byl vypočítán výškový a tloušťkový přírůst. Obalovaný sadební materiál byl porovnáván se svými prostokořennými protějšky vždy v rámci jednoho druhu dřeviny.

4.3 Výroba pokusných vzorků v roce 2023

V předjarním období roku 2023 byly prostokořenným sazenicím různých druhů lesních dřevin (tabulka 2) zastřiženy kořeny a následně byly obaleny do papírových kelímků vysokých 14 cm s horním průměrem 8 cm. Vyráběny byly recyklací kartonu, kancelářského papíru a nasávané kartonáže (obalů od vajec). I tyto obaly byly plněny polotekutým substrátem z rašeliny rozmíchané ve vodě. Na výrobu jednoho kelímku bylo potřeba asi 200 gramů suché rašeliny a 30 g papíru. Hmotnost čerstvě vyrobeného kelímku s vodou se pohybuje okolo 0,5 kg.

Substrát z rašeliny byl buď nepříhnojený nebo s přidáním hnojiva Silvamix Forte 60. V takovém případě bylo použito 200 gramů hnojiva na 100 sazenic, tedy zhruba 2 gramy na jednu. Další vyráběnou variantou byl sadební materiál se substrátem z rašeliny s přimícháním páleného dřevěného uhlí, tzv. biouhel (biochar). Na výrobu 100 kelímků s tímto substrátem byl použit jeden kilogram dřevěného uhlí. Poslední variantou je kombinace výše zmíněných typů. Různé varianty obalů jsou vyfotografovány na obrázcích 3 a 4.

Tabulka 2: Použité druhy sadebního materiálu lesních dřevin a jejich pěstební vzorce dle průvodních listů.

Dřevina	Pěstební vzorec
Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	0,5-1,5
Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	1-1
Dub letní (<i>Quercus robur</i> L.)	0,5-1,5
Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i> Mill.)	2+2
Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i> Mill.)	1-1
Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i> L.)	0,5-0,5
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karst)	1+2
Třešň ptačí (<i>Prunus avium</i> L.)	0,5-0,5



Obr. 3: Sadební materiál modřínu opadavého vlevo obaleného do kelímku z kartonu a vpravo v obalu z kancelářského papíru.

Obr. 4: Sazenice olše lepkavé v kelímku z kartonu s přidaným rozemletým dřevěným uhlím do obalu i substrátu.

4.4 Vysázení opakovacích pokusných vzorků v roce 2023

V druhé polovině dubna roku 2023 byl v areálu výzkumné stanice Truba v blízkosti Kostelce nad Černými lesy vyrobený sadební materiál vysázen. Jednalo se o jedli bělokorou, olši lepkavou, třešň ptačí, dub letní, buk lesní a modřín opadavý. U těchto druhů byla vysázena vždy řada 44 kusů obaleného sadebního materiálu v kelímku z kartonu, 44 kusů obaleného sadebního materiálu v kelímku z kancelářského papíru a 44 prostokořenných sazenic, kterým byl zastřižen kořenový systém stejně jako obalným jedincům. Dále bylo vysázeno 180 sazenic výše uvedených druhů obalených do kelímků z nasávané kartonáže, konkrétně z obalů od vajec. Všechny zmíněné varianty byly vysázeny také u druhů smrk ztepilý a borovice lesní v menším počtu 16 kusů na jednu variantu z kapacitních důvodů plochy.

Všechny vysázené druhy byly následně přihnojeny směsí pomalu a rychle rozpustného hnojiva Silvamix Forte 60 drť v množství 30 gramů na sazenici. Jeho předností je pomalá rozpustnost a dlouhodobé působení, jednorázovost aplikace oproti pravidelnému aplikování hnojivé závlivky a především to, že se snižuje riziko popálení sadebního materiálu závlivkou v případě nedodržení poměru vody a hnojiv či v případě nenadálé změny počasí (Burda, 2003).

4.5 Přírodní podmínky na výzkumné ploše

Výzkumná plocha se nachází v nadmořské výšce asi 365 m. Jedná se o oplocený lesní pozemek bývalé lesní školky s volnou, nezastíněnou plochou v katastrálním území Kostelec nad Černými lesy, který je dle katastru nemovitostí určený k plnění funkcí lesa (ČÚZK, 2024). Plocha se nachází v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina ve třetím, dubobukovém, vegetačním stupni. Lesní typ je 3S2 svěží dubová bučina chudší a cílový hospodářský soubor 43 (ÚHÚL, 2024).

V těsné blízkosti výzkumné plochy se nachází meteorologická stanice s GPS polohou N 50°0.382', E 14°50.236'. Její data ukazují, že období před výsadbou v roce 2021 bylo na srážky bohatší a sázelo se tak do vlhké půdy, zatímco v červnu po výsadbě nebyly srážky tak hojné a díky kombinaci s teplým a slunečným počasím byl zaznamenán jistý šok z přesazení.

Proto byly výsadby v roce 2023 vysázeny o měsíc dříve, i přesto se ale tato situace opakovala ještě ve větším měřítku. V dubnu byly srážky poměrně hojné, ovšem květen s 26 mm srážek byl výrazně srážkově podnormální. Situace se nezlepšila ani během června. Srážkově průměrný byl až červenec 2023. To vedlo k vysoké mortalitě vysázených jedinců všech variant.

Celkový roční úhrn srážek v roce 2023 byl 632 mm. To je více než v roce 2021, kdy to bylo 612 mm. Obě hodnoty značí rok s dostatečným množstvím srážek, jejich rozložení v průběhu roku bylo ale značně nerovnoměrné. Langův dešťový faktor byl s hodnotou 73 vyšší v roce 2021 než v roce 2023 s hodnotou 62. V obou letech šlo o vyšší hodnotu faktoru než v několika předchozích letech, která byla mnohem sušší. Průměrná roční teplota 8,4 °C v roce 2021 byla oproti předchozím letům poměrně nízká. V roce 2023 byla s hodnotou 10,3 °C spíše nadprůměrná.

Půda na výzkumné ploše je chudší, spíše lehčí hlinito-písčítá až písčito-hlinitá. Byla hodnocena v roce 2020 a dle Gallo et al. (2020) v porovnání s Duškem (1997) se jedná

o mírně kyselou půdu. Obsah humusu (1,8 %) je nízký a velmi malé je také množství dusíku ($N_{Kjeldahl} = 0,1 \%$). Průměrné množství přístupného fosforu 55 mg/kg a hořčíku 99 mg/kg lze považovat za dostatečné na rozdíl od draslíku, kterého se na tomto stanovišti vyskytuje průměrně 120 mg/kg. Sorpční nasycenost půdy bázemi 61,9 % lze považovat za dostatečnou a výměnná půdní reakce 4,7 pH KCl je taktéž blízká normální.

4.6 Parametry chlorofylu, přírůst a přežívání výsadeb z roku 2023

U sadebního materiálu vysázeného v roce 2023 bylo v plánu hodnocení přírůstu, přežívání a parametrů chlorofylu. Fluorescence a koncentrace chlorofylu byla měřena u 15 jedinců prostokořenných sazenic, 15 obalených v kelímku z kancelářského papíru a u 15 v obale z kartonu. K měření nakonec došlo pouze 23. června, protože při červencovém měření byla zjištěna vysoká mortalita vlivem sucha a nebylo možné nalézt patnáct měřitelných jedinců od každé varianty každého druhu. Z tohoto důvodu nebyl měřen ani přírůst vysázeného sadebního materiálu. Přežívání bylo vyhodnoceno 6. října 2023.

4.7 Měření parametrů chlorofylu mimo minerální půdu záhonu

Mimo minerální půdu záhonu byly měřeny také parametry chlorofylu jednotlivých variant kelímků i přihnojení. V tomto případě se jednalo o sadební materiál jedle bělokoré a buku lesního. Fluorescence a koncentrace chlorofylu byla měřena v červnu u 14 jedinců a v září u 10 jedinců variant uvedených v tabulce 3.

Tabulka 3: Varianty sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon.

Zkratka	Dřevina	Materiál obalu	Přihnojení	Dřevěné uhlí
JD U SI	jedle bělokorá	karton	Silvamix Forte 60	ano
BK U SI	buk lesní	karton	Silvamix Forte 60	ano
BK U	buk lesní	karton	ne	ano
JD BEZ U	jedle bělokorá	karton	ne	ne
BK BEZ U	buk lesní	karton	ne	ne
JD KANC B	jedle bělokorá	kancelářský papír	ne	ne
BK KANC B	buk lesní	kancelářský papír	ne	ne

Jednalo se o sadební materiál jedle bělokoré obalené v kartonu, přihnojené hnojivem Silvamix Forte 60 s dřevěným uhlím, buku lesního obaleného v kartonu, přihnojeného hnojivem Silvamix Forte 60 s dřevěným uhlím, buku lesního obaleného v kelímku z kartonu se substrátem s dřevěným uhlím bez přihnojení, jedle bělokoré obalené v kelímku z kartonu bez uhlí i bez přihnojení, buku lesního obaleného v kelímku z kartonu bez uhlí i bez přihnojení, jedle bělokoré obalené v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení a buku lesního obaleného v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení.

Zkoumané druhy byly obalovány začátkem měsíce června 2023 s výjimkou bukových sazenic obalených v kartonovém kelímku s uhlím i bez něj. Tito jedinci byli obalováni již v dubnu 2023. První měření proběhlo 29. června a druhé 1. září 2023.

4.8 Přístroje použité na měření parametrů chlorofylu

Všechna měření fluorescence i koncentrace chlorofylu byla provedená pomocí přenosných přístrojů. V případě fluorescence chlorofylu byl použit přístroj Opti-Sciences OS30p+, u kterého je třeba adaptovat vzorek na tmou pomocí speciálních zatemňovacích svorek. Ty jsou dodávány spolu s použitým přístrojem. Nasadí se na list či jehlici a posuvnou částí se vzorek zatemní na dobu minimálně 20–30 minut. Důvodem je stejný počáteční stav všech měření, kdy jsou reakční centra Fotosystému II otevřena. Během samotného měření je chlorofyl přístrojem ozářen a dochází k postupnému uzavírání reakčních center. Ta nejsou dostupná pro přenos energie a stoupá tak fluorescence – podíl fotonů vyzářených zpět do prostoru (Linda et al. 2019). Pro hodnocení fluorescence chlorofylu byl využíván poměr variabilní a maximální fluorescence F_v/F_m .

Obsah chlorofylu byl měřen pomocí ručního fluorometru Opti-Sciences CCM-300 bez nutnosti adaptace na tmou. Tento přístroj pro stanovení koncentrace chlorofylu v rostlinném materiálu využívá poměr mezi emisí fluorescenčního světla o vlnové délce 735 a 700 nm. Zmíněný poměr je na koncentraci chlorofylu lineárně závislý. Obsah chlorofylu v mg/m^2 listové plochy se ihned zobrazí na displeji přístroje. Měření pomocí použitých přístrojů vysvětluje Linda et al. (2019).

Oba používané přístroje na měření parametrů chlorofylu jsou vyfotografovány na obrázku 5.



Obr. 5: Vlevo se nachází přenosný přístroj Opti-Sciences OS30p+ na měření fluorescence chlorofylu i se zatemňovacími svorkami používanými na adaptaci vzorku na tmu. Vpravo je umístěn přístroj Opti-Sciences CCM-300 sloužící k měření koncentrace chlorofylu.

4.9 Hodnocení rozpadavosti papírových obalů z různých materiálů v půdě

Parametry PostCont kelímků vyrobených z různých materiálů byly zkoumány v podobě rozpadavosti v půdě a trvanlivosti mimo půdu. Na počátku roku 2024 byla rozpadavost hodnocena u výsadeb z roku 2021, kdy byly náhodně vykopány obalované sazenice všech vysázených druhů a zjišťována přítomnost kartonového obalu či jeho případné bránění kořenům v prorůstání obalem do okolní půdy. Zároveň byly vykopány také vzorky z výsadeb z roku 2023 a hodnocena rozpadavost jejich obalů po jedné vegetační sezóně. V tomto případě byly posuzované nalezené přeživší stromky ve všech třech typech obalů – z kartonu, kancelářského papíru i nasávané kartonáže (z obalů od vajec).

4.10 Měření trvanlivosti papírových obalů z různých materiálů mimo záhon

Trvanlivost papírových obalů z různých materiálů byla měřena 23. června 2023 pomocí kapesního penetrometru 16-T0163 značky CONTROLS k testování půd. Bylo

náhodně vybráno 20 kusů čerstvě obalených sazenic různých druhů v kelímku z kartonu a 20 kusů čerstvě obalených v kelímku z kancelářského papíru. Obdobně bylo vybráno po 20 kusech kelímků obou variant týden po obalení, které byly již mírně oschlé, a také kartonových obalů s přidáním dřevěným uhlím o stejné vlhkosti. Následovalo 20 kusů suchých kartonových kelímků a 20 kusů zcela vysušených, dva roky starých kelímků bez sazenic. Zmíněným penetrometrem s nasazeným největším hrotem o průměru 8,98 mm byl následně měřen tlak potřebný pro proražení stěny jednotlivých obalů a hodnocena trvanlivost (soudržnost) kelímků na volné ploše mimo minerální půdu záhonu.

4.11 Morfologická kvalita kořenů posuzovaná počítačovou tomografií

Architektura kořenů obaleného sadebního materiálu PostCont byla posuzována nedestruktivní metodou počítačové tomografie (CT) s následným ověřením destrukční analýzou kořenů.

Jednalo se o CT snímání sedmi kusů obaleného sadebního materiálu PostCont lípy srdčité, sedmi kusů buku lesního, sedmi kusů třešně ptačí a sedmi kusů modřínu opadavého v kelímcích vyrobených z recyklovaného kartonu. První snímání proběhlo před vegetační sezónou 2. května 2023 v hi-tech pavilonu Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze na multidetektorovém výpočetním tomografu Siemens Somatom Scope Power. Následně byl tento sadební materiál převezen na Výzkumnou stanici Truba u Kostelce nad Černými lesy, kde byl ponechán na venkovní ploše a zavlažován dle potřeby. Druhé snímání proběhlo v závěru vegetační sezóny 19. září 2023.

Před prvním snímáním byly všechny stromky označeny číslem a křížkem na papírovém kelímku, aby bylo zajištěno, že budou snímány pokaždé ve stejné poloze (obrázek 6).



Obr. 6: Očíslované sazenice modřínu opadavého označené křížkem pro zachování stejné polohy při snímkování.

Následně byla měřena vlhkost substrátu, protože viditelnost kořenů na snímcích je největší měrou ovlivňována právě množstvím vody. Vyšší kontrast kořenů vůči okolnímu substrátu je nejlépe patrný na snímcích sazenic s co nejmenším množstvím vody v balu. Se snižujícím se množstvím ale stoupá riziko trvalého poškození sazenic. Bylo tak zapotřebí nalézt optimální množství vody, při kterém jsou kořeny na snímcích dobře viditelné, ale rostlina ještě není stresována příliš.



Obr. 7: Snímání sadebního materiálu na multidetektorovém výpočetním tomografu Siemens Somatom Scope Power.

Sadební materiál byl snímán po třech a čtyřech vzorcích dle šíře gantry (kruhového otvoru) CT, jak je zachyceno na obrázku 7. Snímání probíhalo technikou spirálního skenování zdrojovými řezy šíře 5 mm, kolimací detektorů $16 \times 0,6$ mm a pitch faktorem 1,3. Následně byly rekonstruovány řezy 0,75–1,5 mm (High Resolution protokolem) s rekonstrukčním algoritmem zvýrazňujícím denzitní rozhraní pro vysoké rozlišení malých struktur. Výsledné snímky jsou rekonstruovány do 3D MPR – multiplanárního zobrazení, tedy ve všech rovinách na sebe kolmých (a – axiální, b – sagitální, c – koronární). V tomto zobrazení jsou nejlépe viditelné jemné kořínky. Pro hodnocení směru a tvaru růstu hlavního kořene byly snímky hodnoceny také v 3D zobrazení VRT (volume rendering technics). Na tomografických snímcích zmíněných sazenic byly hodnoceny nepřípustné deformace kořenů dle ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin.

4.12 Destrukční analýza kořenů

Nepřítomnost deformací byla v průběhu podzimu 2023 ověřována destrukční analýzou kořenů. Nascanovaným sazenicím byly značky pro určení polohy snímání přepsány na kmínek a papírové obaly se substrátem rozebrány. U sadebního materiálu s rozebraným obalem byla změřena výška nadzemní části, přírůst, tloušťka kořenového krčku a délka kulového kořene v centimetrech. Dále byl v mililitrech změřen objem listů nebo jehlic, objem nadzemní části a kořenového systému i jemných kořenů o tloušťce do 1 mm. Vypočítán byl poměr objemu kořenů k objemu nadzemní části a procentuální podíl jemných kořínků. Výsledné hodnoty byly porovnány s ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin.

4.13 Zpracování dat

Naměřená data byla zpracována v programu MS Excel, kde byly vypočteny aritmetické průměry, směrodatné odchylky, popřípadě mediány a vytvořena většina grafů, které se nachází v této práci.

Statistické zpracování dat proběhlo v programu Statistica verze 14. U všech hodnot byla testována normalita dat pomocí Shapiro-Wilkova W testu.

V případě sadebního materiálu vysázeného v roce 2021 se jednalo o porovnání dvou variant. Tento sadební materiál byl porovnáván pomocí t-testu, pokud nebyla normalita jeho dat na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ vyvrácena. V případě, že normalita

vyvrácena nebyla, ale byla na této hladině významnosti vyvrácena homogenita rozptylů, byla použita modifikace t-testu Welchův test. Neparametrický Mann-Whitney U test byl použit, jestliže nebyly splněny obě tyto podmínky pro parametrické srovnání dvou výběrů.

Sadební materiál z roku 2023 měl ve všech případech více než dvě varianty. Pokud byl splněn požadavek na normalitu dat a homogenitu rozptylů, byla tato data hodnocena pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) a následným Tukey HSD post-hoc testem. V opačném případě byl použit Kruskal-Wallisův test.

Statisticky významný rozdíl je v grafech znázorněn odlišnými písmennými indexy u srovnávaných variant sadebního materiálu. Pokud není uvedeno jinak, tak byly porovnávány jednotlivé varianty sadebního materiálu vždy v rámci jednoho druhu dřeviny. Chybové úsečky v grafech znázorňují směrodatné odchylky. U grafů fluorescence a koncentrace chlorofylu výsadeb z roku 2021 tyto úsečky pro přehlednost nejsou zobrazeny. Při zpracování dat s nimi ale bylo počítáno.

5 Výsledky

Následující kapitola se zabývá výsledky všech částí této diplomové práce, které jsou popsány v kapitole metodika.

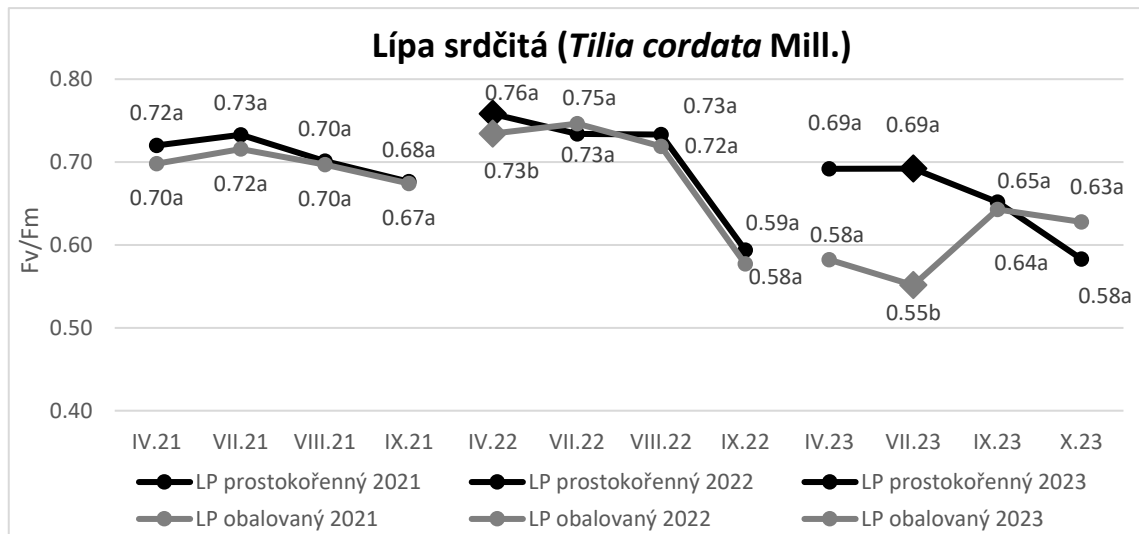
5.1 Fluorescence chlorofylu u výsadeb z roku 2021

Reprezentativním parametrem fluorescence chlorofylu byl zvolen poměr variabilní a maximální fluorescence F_v/F_m . Hodnoty aritmetických průměrů tohoto poměru u jednotlivých druhů se nachází v tabulce 4 a znázorněny jsou na grafech 1–5. Směrodatné odchylky nejsou v tabulce a grafech z důvodu přehlednosti uvedeny, při zpracování dat s nimi ale bylo počítáno. Statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je v tabulce zvýrazněn zeleně, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál, a červeně, pokud prostokořenný. Z tabulky 4 je patrné, že ve všech třech letech měření převažovaly hodnoty, které se od sebe statisticky významně nelišily. Pokud se od sebe lišily, tak v prvním roce měření vyšších hodnot nabýval spíše prostokořenný sadební materiál, zatímco ve třetím roce ten obalovaný. V grafech jsou tyto průkazné rozdíly znázorněny čtyřúhelníky.

Tabulka 4: Hodnoty aritmetického průměru poměrů F_v/F_m u jednotlivých dřevin v průběhu vegetačních sezón 2021, 2022 a 2023. Zelená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál (O), a červená, pokud prostokořenný (P).

Fv/Fm	IV.21	VII.21	VIII.21	IX.21	IV.22	VII.22	VIII.22	IX.22	IV.23	VII.23	IX.23	X.23
LP_P	0,72	0,73	0,70	0,68	0,76	0,73	0,73	0,59	0,69	0,69	0,65	0,58
LP_O	0,70	0,72	0,70	0,67	0,73	0,75	0,72	0,58	0,58	0,55	0,64	0,63
JV_P	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69	0,71	0,71	0,66	0,48	0,54	0,73	0,64
JV_O	0,64	0,71	0,70	0,72	0,69	0,69	0,69	0,65	0,51	0,56	0,71	0,66
JD_P	0,54	0,73	0,71	0,73	0,74	0,77	0,74	0,71	0,53	0,41	0,76	0,79
JD_O	0,49	0,70	0,65	0,58	0,71	0,75	0,76	0,72	0,56	0,44	0,79	0,70
DB_P	0,68	0,70	0,70	0,68	0,77	0,71	0,73	0,65	0,68	0,61	0,63	0,58
DB_O	0,66	0,70	0,67	0,68	0,77	0,72	0,73	0,64	0,62	0,61	0,69	0,59
BK_P	0,57	0,68	0,70	0,72	0,71	0,76	0,73	0,65	0,49	0,53	0,72	0,66
BK_O	0,60	0,64	0,64	0,60	0,69	0,76	0,75	0,67	0,49	0,53	0,77	0,71

5.1.1 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu lípy srdčité



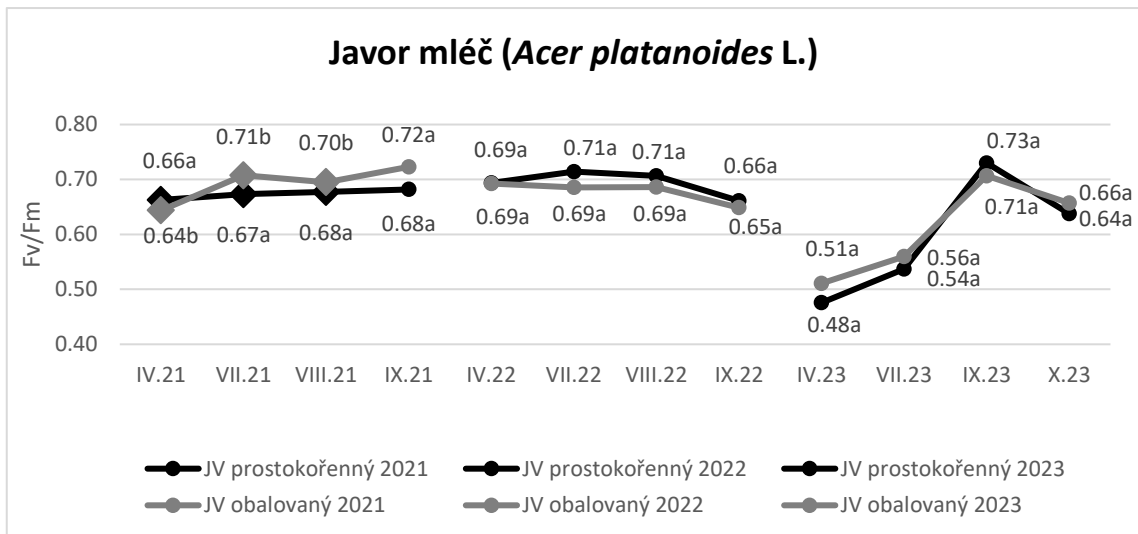
Graf 1: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.)

U sadebního materiálu lípy srdčité je na grafu 1 vidět, že v roce 2021 prokazatelný rozdíl mezi prostokořennými sazenicemi a těmi obalenými technologií PostCont nebyl ani v jednom případě měření. V následujícím roce jsou výsledky velmi obdobné, rozdíl byl prokázán pouze v červnovém měření. Průměrné hodnoty si byly v obou letech velmi blízké. Na základě těchto měření bylo tedy možné soudit, že parametr F_v/F_m se u prostokořenných a PostCont sazenic neliší. V roce 2023 to dle grafu 1 vypadá na odlišný průběh tohoto parametru. V první části sezóny na velmi malé množství srážek reagoval nízkými hodnotami fluorescence chlorofylu především obalovaný sadební materiál. Statisticky významný rozdíl byl ovšem prokázán pouze v červenci. V zářijovém měření byly hodnoty obou variant již téměř shodné a na počátku října patřilo vyšší číslo PostContu.

Celkově se statisticky významný rozdíl podařil prokázat pouze v červnu 2022 a červenci 2023, kdy v obou případech vyšších hodnot nabýval prostokořenný sadební materiál. Průměrné hodnoty parametru F_v/F_m byly během všech třech let měření u sadebního materiálu lípy srdčité velmi podobné a lze tedy obě varianty tohoto druhu považovat za téměř shodné.

První tři měření roku 2021, srpnové měření 2022 a měření ze září a října 2023 byly hodnoceny pomocí t-testu. Ostatní hodnoty nevykazovaly normální rozdělení dat a byly hodnoceny pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu.

5.1.2 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu javoru mléče



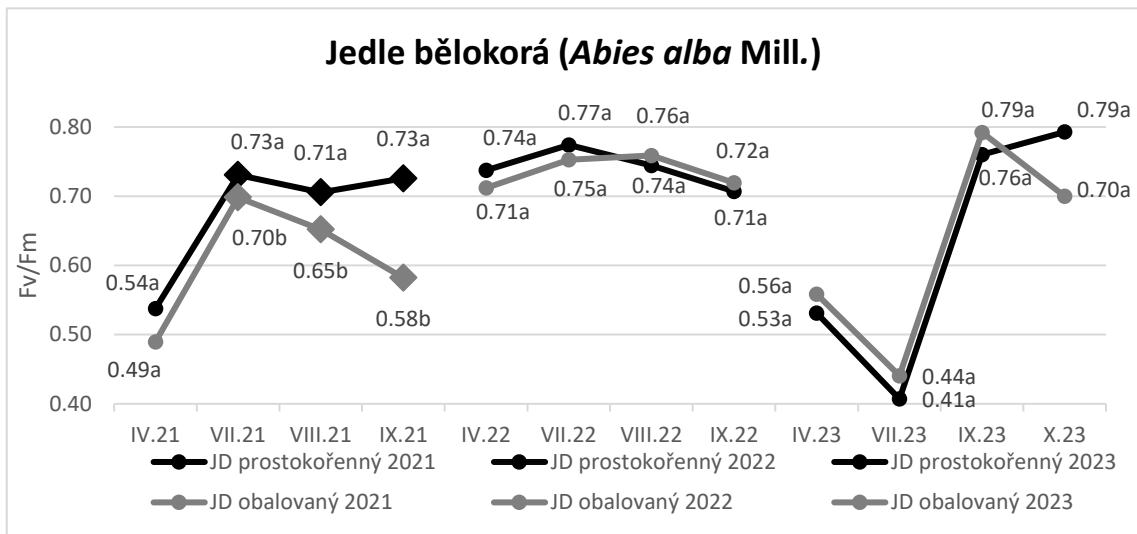
Graf 2: Hodnoty aritmetického průměru parametru F_v/F_m u javoru mléče (*Acer platanoides* L.)

Zatímco u javoru mléče byl v roce 2021 rozdíl prokázán hned v prvních třech měřeních, v roce 2022 a 2023 byly hodnoty parametru F_v/F_m natolik podobné, že rozdíl prokázán nebyl ani v jednom případě. Na grafu 2 lze vyčíst, že prostokořenný sadební materiál dosahoval prokazatelně vyšších hodnot pouze při prvním měření v červnu 2021. Následovala dvě měření, kdy v červenci a srpnu téhož roku nabýval vyšších hodnot obalovaný sadební materiál. V dalších případech měření již vycházely obě varianty obdobně.

Lze tedy konstatovat, že ani obalený sadební materiál javoru mléče se od toho prostokořenného ve fluorescenci chlorofylu zásadně nelišil.

Naměřená data byla porovnáována pomocí t-testu kromě dat z června 2021, srpna 2022 a června, září a října 2023. Tato čísla byla posuzována pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu, díky svému rozdělení dat, které nevykazovalo normalitu.

5.1.3 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu jedle bělokoré



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

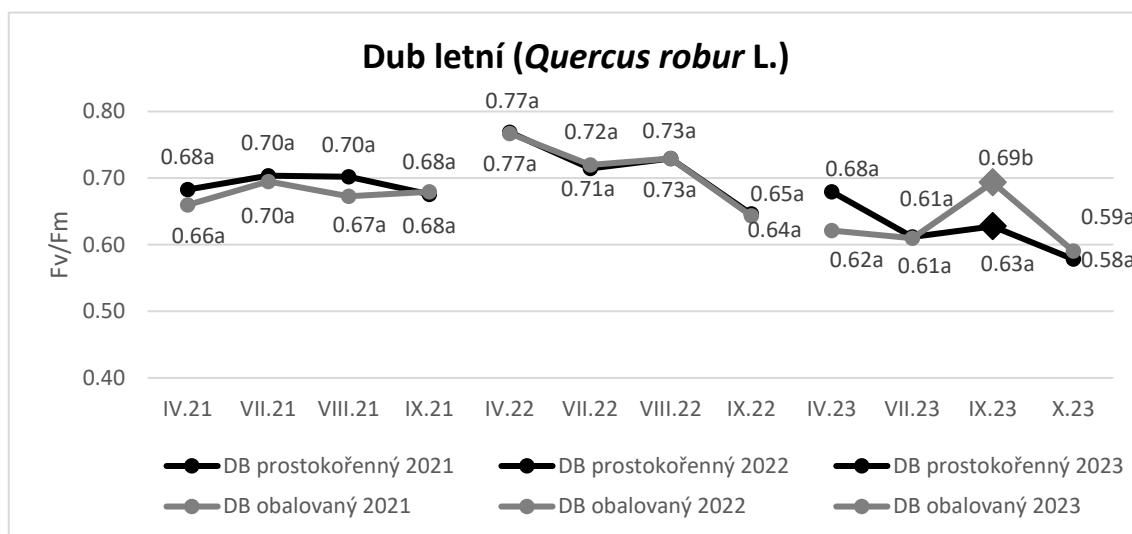
Sadební materiál jedle bělokoré vykazoval v roce 2021 největší rozdíly ze všech druhů. PostCont sazenice byly od července do září v hodnotách fluorescence chlorofylu prokazatelně horší než jejich prostokořenné protějšky. V následujících dvou letech tento trend ale prokázán nebyl. Hodnoty obou typů sadebního materiálu byly velmi podobné a statistický rozdíl se mezi nimi prokázat nepodařilo.

Po překonání stresu v prvním roce měření byly i jedlové varianty v dalších letech z hlediska fluorescence chlorofylu téměř shodné.

Na grafu 3 je u jedle také nejvíc patrná reakce na suché období v květnu, červnu a červenci 2023, kdy červencové hodnoty okolo 0,4 indikují silný stres u obou variant podobně.

T-testem byla porovnávána data s normálním rozdělením, která byla naměřena v roce 2021 kromě září, červnová a zářijová data z roku 2022 a červencová data roku 2023. Data z ostatních měření byla posuzována Mann-Whitney U testem.

5.1.4 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu dubu letního



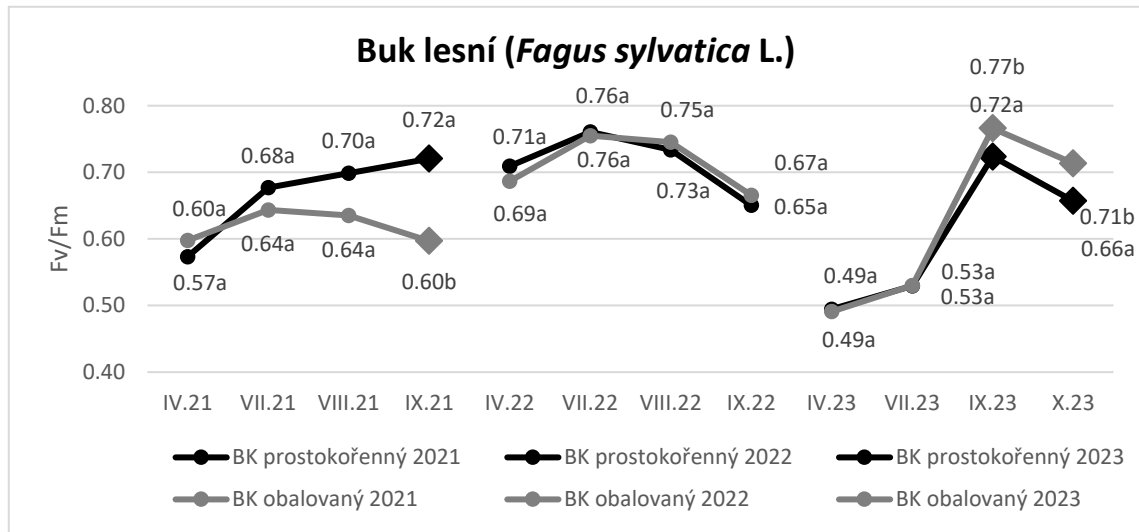
Graf 4: Hodnoty aritmetického průměru parametru Fv/Fm u dubu letního (*Quercus robur L.*)

Dub letní je jedinou zkoumanou dřevinou, u které prokazatelný rozdíl mezi oběma typy sadebního materiálu nebyl zjištěn ani v jednom měření ani v roce 2021 ani v roce 2022. Hodnoty aritmetických průměrů obou variant byly v roce 2022 ještě podobnější než v roce předchozím a bylo tedy možné odlišnost fluorescence chlorofylu mezi jednotlivými typy materiálu zamítnout. V roce 2023 byl signifikantní rozdíl prokázán pouze v srpnovém měření, kdy vyšší hodnoty vykazoval obalovaný sadební materiál. Jedná se tak o jedinou dřevinu, u které byl během všech tří let prokázán rozdíl mezi prostokořennou a obalovanou sadbou v parametru Fv/Fm pouze v jediném případě, a to ve prospěch sazenic PostCont.

Z grafu 4 je patrné, že během všech tří vegetačních sezón byly naměřeny podobné hodnoty a je možné považovat obě varianty dubu z hlediska fluorescence chlorofylu za rovnocenné. Stejně jako u ostatních dřevin se naměřené hodnoty pohybovaly okolo hraniční stresové hodnoty fluorescence chlorofylu 0,7.

U dubových dat byla v prvním roce měření stejně jako v červenci a září 2022 i červnu 2023 vyvrácena normalita dat a byla hodnocena neparametrickým Mann-Whitney U testem. Zbytek měření normalitu vykazoval a byl tedy hodnocen jako u ostatních dřevin pomocí t-testu. Červencové měření z roku 2023 nemělo homogenní rozptyly a t-test byl tedy potvrzen ještě svojí modifikací pro tyto případy – Welchovým testem.

5.1.5 Fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu buku lesního



Graf 5: Hodnoty aritmetického průměru parametru Fv/Fm u buku lesního (*Fagus sylvatica* L.)

Průběh aritmetických průměrů fluorescence chlorofylu u sadebního materiálu buku lesního v roce 2021 začínal na podobných hodnotách u obou zkoumaných variant a s postupem času byly rozdíly mezi jednotlivými variantami vyšší. Statisticky významně se však lišily pouze v září, kdy vyšších hodnot dosáhl prostokořenný materiál. Z grafu 5 je zřejmé, že v roce 2022 byly hodnoty poměru Fv/Fm u obou variant velmi podobné a rozdíl se nepodařilo prokázat ani v jednom případě měření. V první polovině vegetační sezóny 2023 tomu nebylo jinak. Signifikantní rozdíl byl prokázán až v případě zářijového a říjnového měření, kdy byla fluorescence chlorofylu prokazatelně vyšší u obalovaného sadebního materiálu PostCont.

V prvním roce měření nabýval vyšších hodnot fluorescence chlorofylu spíše prostokořenný sadební materiál, v druhém roce měření se porovnávané varianty mezi sebou nelišily a v druhé polovině třetího roku vykazoval lepší hodnoty sadební materiál obalovaný.

Data z roku 2021 a první poloviny vegetační sezóny 2022 nevykazovala normalitu dat, stejně jako říjnové měření z roku 2023 a byla tak posuzována pomocí Mann-Whitney U testu. Na porovnání ostatních hodnot byl použit t-test.

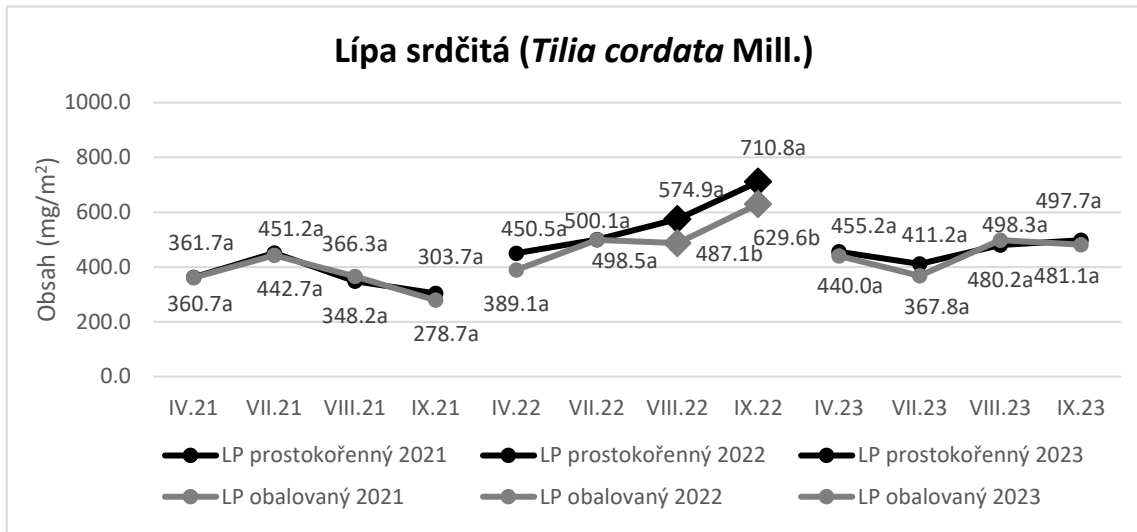
5.2 Koncentrace chlorofylu u výsadeb z roku 2021

Koncentrace chlorofylu byla měřena v mg/m^2 u jedinců stejných dřevin jako fluorescence chlorofylu a taktéž statisticky porovnávána na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Hodnoty aritmetických průměrů koncentrace chlorofylu u jednotlivých druhů jsou zaznamenány v tabulce 5 a znázorněny na grafech 6–10. Pro přehlednost tabulky a grafů nejsou uvedeny směrodatné odchylky, při zpracování dat s nimi ale bylo počítáno. Statisticky významný rozdíl je v tabulce zvýrazněn červeně. Je patrné, že stejně jako v případě fluorescence chlorofylu ve všech třech letech měření převažovaly hodnoty, které se od sebe statisticky významně nelišily. Na rozdíl od fluorescence ale v této tabulce nenajdeme zelené hodnoty. Pokud se tedy zkoumané varianty od sebe lišily, tak vyšších hodnot nabýval prostokořenný sadební materiál. Bylo tomu tak v některých případech v prvním a druhém roce měření, ve třetím roce statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami prokázán nebyl ani u jedné posuzované dřeviny. Jediná dřevina, jejíž varianty se mezi sebou prokazatelně nelišily v žádném z měření za všechny tři vegetační sezóny je dub letní (*Quercus robur* L.). V grafech jsou průkazné rozdíly znázorněny čtyřúhelníky.

Tabulka 5: Hodnoty aritmetického průměru koncentrace chlorofylu v mg/m^2 u jednotlivých dřevin v průběhu vegetačních sezón 2021, 2022 a 2023. Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál (P), obalovaný sadební materiál (O) prokazatelně vyšších hodnot nenabývá.

	IV.21	VII.21	VIII.21	IX.21	IV.22	VII.22	VIII.22	IX.22	IV.23	VII.23	IX.23	X.23
LP_P	361,7	451,2	348,2	303,7	450,5	500,1	574,9	710,8	455,2	411,2	480,2	497,7
LP_O	360,7	442,7	366,3	278,7	389,1	498,5	487,1	629,6	440,0	367,8	498,3	481,1
JV_P	319,3	370,9	333,9	334,6	400,0	510,5	563,3	687,0	417,3	290,3	526,9	518,6
JV_O	286,1	334,1	287,1	306,7	310,4	535,7	497,6	621,2	412,5	344,3	538,9	545,9
JD_P	198,9	381,5	401,2	459,6	374,0	619,9	651,5	754,2	541,3	532,2	601,4	678,3
JD_O	145,9	289,3	222,5	233,4	352,3	514,1	550,9	770,4	521,2	555,8	611,8	563,4
DB_P	282,7	410,7	350,1	364,1	511,1	513,6	501,4	720,6	550,7	448,7	623,8	631,0
DB_O	270,7	473,6	370,1	302,0	436,3	494,3	501,5	677,2	580,2	468,1	638,7	589,7
BK_P	239,5	310,9	246,5	312,5	420,9	419,9	446,9	735,6	560,6	336,6	552,9	471,6
BK_O	253,3	248,7	163,7	168,7	311,8	459,6	419,5	668,3	554,1	364,4	519,9	492,7

5.2.1 Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu lípy srdčité



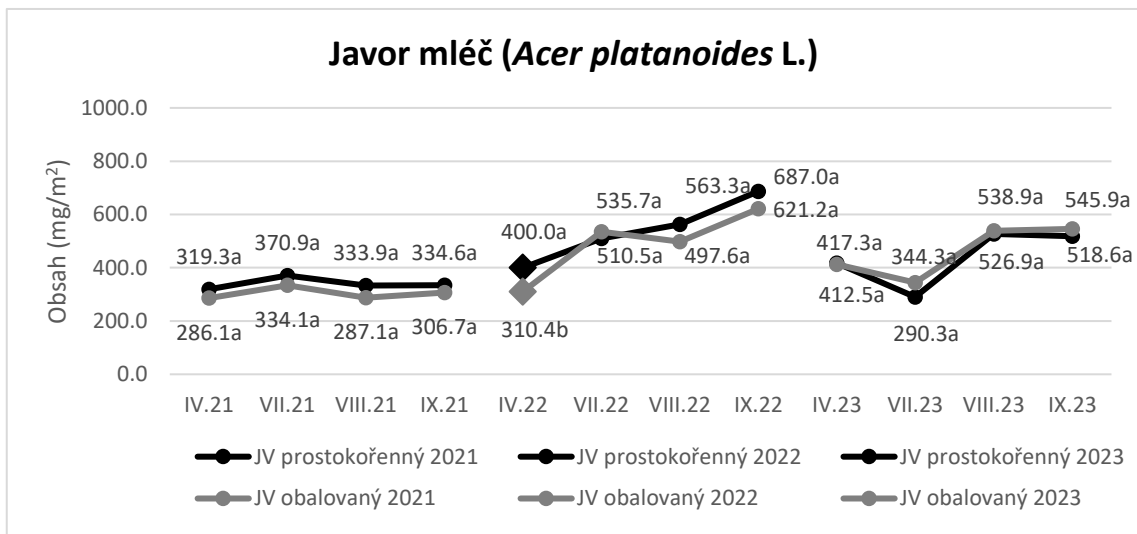
Graf 6: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.)

Na grafu 6 se hodnoty koncentrace chlorofylu u lípy srdčité v roce 2021 téměř překrývají a není tedy překvapením, že se ani statisticky nelišily. Podobně tomu bylo také v červnu a červenci dalšího roku měření, ovšem v srpnu a září 2022 byl již rozdíl v hodnotách obsahu na tolik rozdílný, že se stal statisticky prokazatelným. Vyšších hodnot v obou případech dosahoval prostokořenný sadební materiál. Data z třetího roku měření se velmi podobají prvnímu a opět se významně nelišila.

Hodnoty aritmetických průměrů sadebního materiálu lípy srdčité se na grafu 6 ve většině případů téměř překrývají. Celkově tak lze prostokořennou i obalovanou variantu tohoto materiálu považovat z hlediska obsahu chlorofylu za srovnatelnou.

U lipového sadebního materiálu byla normalita dat koncentrace chlorofylu vyvrácena pouze v červenci 2022, kdy byla data testována pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu. Všechna ostatní měření byla hodnocena pomocí silnějšího t-testu.

5.2.2 Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu javoru mléče

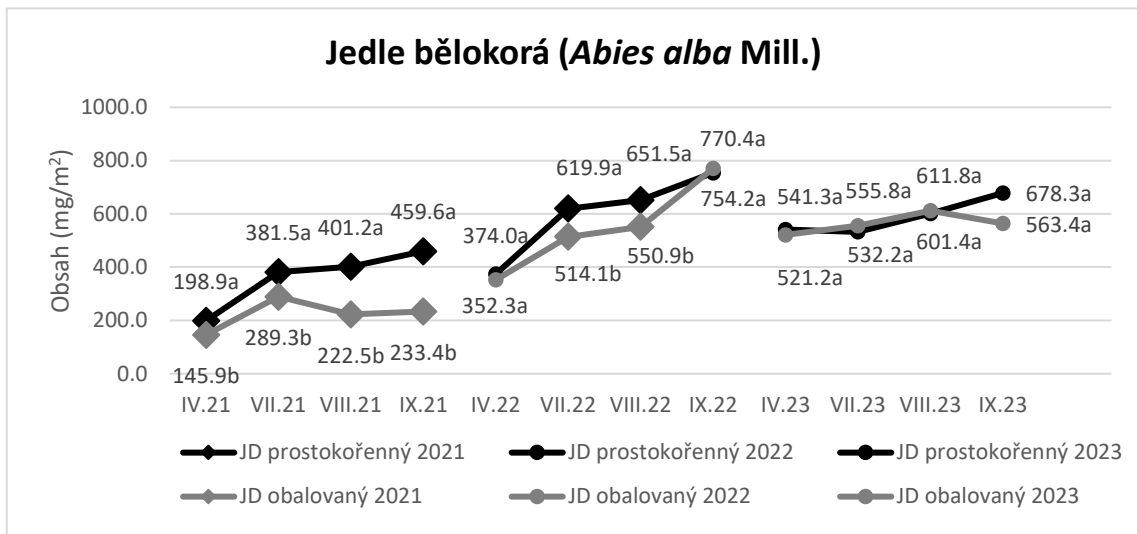


*Graf 7: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u javoru mléče (*Acer platanoides* L.)*

Na grafu 7 jsou zachyceny hodnoty sadebního materiálu javoru mléče, který vykazoval v roce 2021 podobné hodnoty koncentrace chlorofylu u obou typů. Jinak tomu bylo hned v prvním měření roku 2022, kdy se rozdíl mezi nimi povedlo statisticky prokázat. V dalších měřeních roku 2022 i 2023 byly ovšem hodnoty opět velmi podobné a rozdíl se již znovu prokázat nepodařilo. Vzhledem k tomu, že byl signifikantní rozdíl prokázán pouze v jednom případě ze všech dvanácti měření, je možné o javorech tvrdit, že obalení nemá na obsah chlorofylu v jeho listech prokazatelný vliv.

Podobně jako u dat lípy srdčité vykazovala většina javorových dat normalitu a bylo tak možné k jejich testování použít t-test. Tento test byl v červenci 2023 ověřen ještě svou modifikací Welchovým testem z důvodu nehomogenity rozptylů naměřených dat. Neparametrický Mann-Whitney U test byl použit pouze u dat z července druhého roku měření a října roku 2023, která nevykazovala normální rozložení.

5.2.3 Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu jedle bělokoré



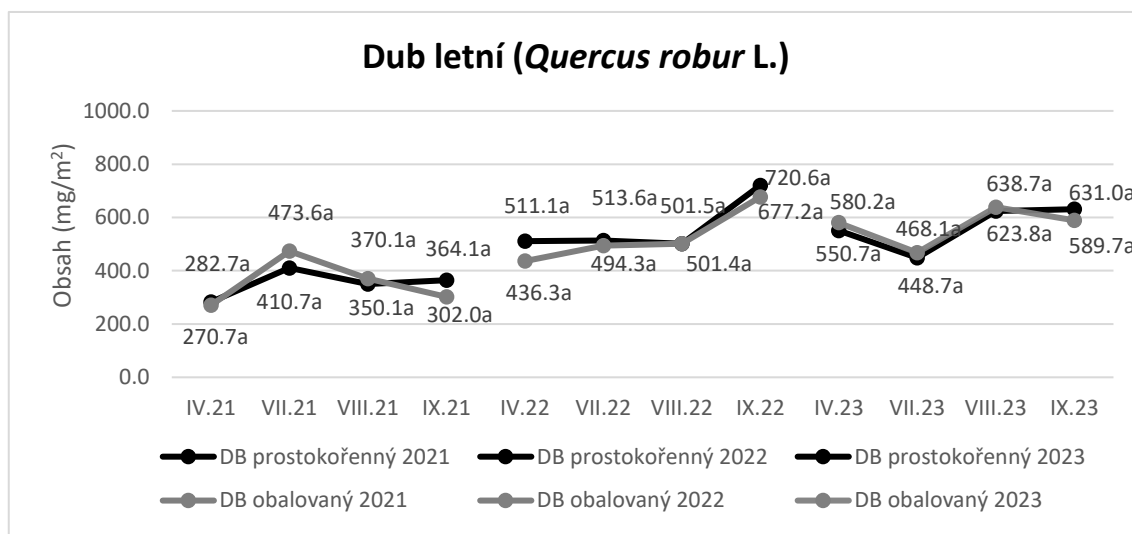
Graf 8: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.)

U jedle bělokoré byl rozdíl mezi hodnotami koncentrací chlorofylu statisticky dokázán v největším počtu měření ze všech dřevin. V roce 2021 se statisticky lišily hodnoty ze všech čtyřech provedených měření. Vyšších hodnot dosahoval vždy prostokořenný typ sazenic. Oproti tomuto výsledku první měření roku 2022 vypadalo pro PostCont sadební materiál nadějněji, když rozdíl prokázán nebyl. Ovšem v červenci a srpnu byl tento typ opět prokázán jako horší. Zářijové hodnoty pak byly stejně jako červnové srovnatelné. V dalším roce měření zůstaly již hodnoty obou typů jedlových sazenic podobné a rozdíl se stejně jako u ostatních dřevin ani u jedle v roce 2023 prokázat nepodařilo.

Stres jedlových sazenic v prvním roce po obalení byl z grafu 8 jasně patrný. V druhém roce dosahovaly hodnoty obsahu chlorofylu vyšších čísel a situace se začínala lepší. Na základě měření v prvních dvou vegetačních sezonách po obalení bylo ale stále zjevné, že se prostokořenné a obalené PostCont sazenice mezi sebou liší. Tento rozdíl byl smazán až v třetím roce měření, kde se hodnoty obou typů téměř vyrovnaly.

Většina jedlových dat vykazovala normální rozdělení a byla tak posuzována pomocí t-testu. Mann-Whitney U test byl využit pouze u červnových a srpnových dat prvního roku měření.

5.2.4 Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu dubu letního

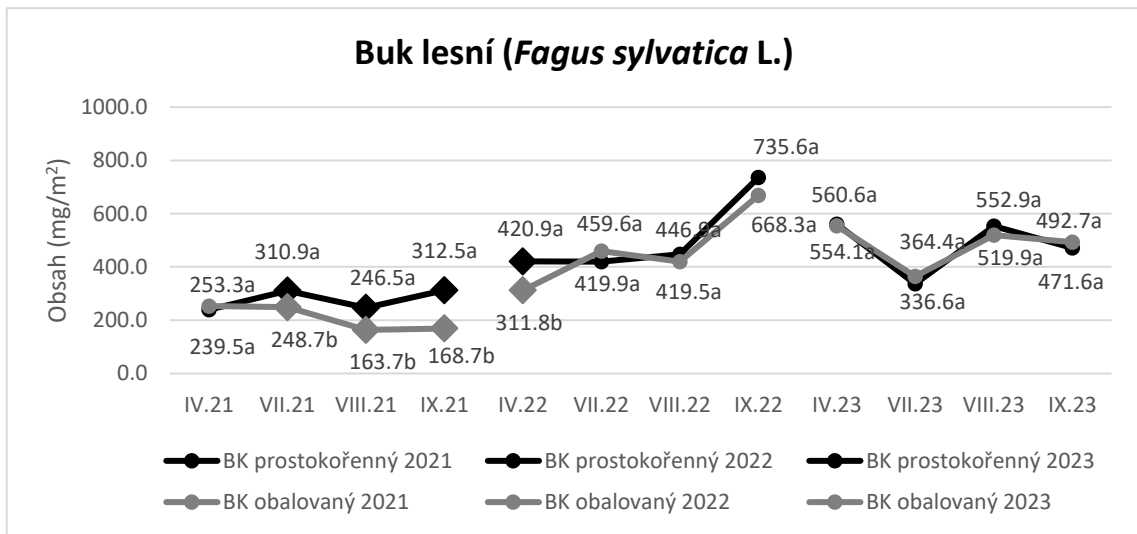


Graf 9: Hodnoty aritmetického průměru obsahu chlorofylu u dubu letního (*Quercus robur* L.)

Sadební materiál dubu letního byl jediný, u kterého se rozdíl mezi prostokořennou a obalovanou PostCont variantou nepodařilo prokázat ani v jednom z provedených měření obsahu chlorofylu. Na grafu 9 je patrné, že hodnoty obou typů sazenic jsou ve všech případech měření velmi podobné a dubový sadební materiál obou variant lze i v tomto parametru považovat za rovnocenný.

Koncentrace chlorofylu byla kromě dat ze září 2021 a července 2023 posuzována pomocí t-testu. Tato dvě zmíněná měření nevykazovala normalitu dat a byla porovnávána neparametrickým Mann-Whitney U testem. Zářijová data z roku 2022 nevykazovala homogenitu rozptylů, a tak byl použitý t-test potvrzen ještě svojí modifikací Welchovým testem.

5.2.5 Koncentrace chlorofylu u sadebního materiálu buku lesního



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

U sadebního materiálu buku lesního je tomu jinak než u dubového. Jeho hodnoty koncentrace chlorofylu v roce 2021 měly podobný průběh jako u jedlového materiálu. Při prvním měření tohoto roku si byly obsahy chlorofylu obou variant velmi blízké. Průměrná hodnota obalovaného sadebního materiálu PostCont byla nepatrně vyšší než prostokořenného. Lišit se začaly významněji až v červenci ve prospěch prostokořenných jedinců. Tento trend pokračoval i v srpnu, září a stejně tak v červnu 2022. Při dalších měřeních tohoto ani dalšího roku se už ale statisticky významný rozdíl prokázat nepodařilo. Jak je vidět z grafu 10, v druhé a třetí vegetační sezoně bylo tedy možné prostokořenný a obalovaný buk považovat v hodnotách obsahu chlorofylu za téměř shodný.

Srpnové hodnoty z roku 2022 a říjnové z roku 2023 byly hodnoceny neparametrickým Mann-Whitney U testem. Ostatní hodnoty vykazovaly normalitu dat a byly porovnávány pomocí t-testu. Homogenitu rozptylů nevykazovala data ze srpna roku 2021 a byl u nich tak použitý t-test potvrzen ještě svojí modifikací Welchovým testem.

5.3 Růstová dynamika u výsadeb z roku 2021

U stejného sadebního materiálu, u kterého byly v letech 2021–2023 měřeny parametry chlorofylu, byla v těchto letech měřena také růstová dynamika v podobě výšek a tloušťek. Následně byl vypočítán výškový a tloušťkový přírůst. Zjištěná data byla statisticky zpracována na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pomocí t-testu. Mann-Whitney U test byl použit, pokud hodnoty nevykazovaly normalitu dat.

5.3.1 Výšky zkoumaného sadebního materiálu

Průměrné výšky, výškové přírůsty a směrodatné odchylky sadebního materiálu jsou uvedeny v tabulce 6. Statisticky významný rozdíl byl alespoň v jednom měření prokázán u všech zkoumaných druhů.

Tabulka 6: Hodnoty aritmetického průměru a směrodatné odchylky výšek a výškových přírůstů v cm u jednotlivých dřevin v průběhu vegetačních sezón 2021, 2022 a 2023. Zelená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál (O), a červená, pokud prostokořenný (P).

Dřevina		07.2021	09.2021	2022	2023	přírůst21	přírůst22	přírůst23
JV_O	Průměr	12,75	17,40	18,46	24,40	4,77	1,88	4,90
JV_O	Sm. o.	3,761	4,557	5,846	6,132	2,885	6,415	6,822
JV_P	Průměr	12,48	21,87	22,23	26,17	9,49	0,88	3,17
JV_P	Sm. o.	4,469	7,427	7,753	8,111	6,700	7,307	6,214
BK_O	Průměr	18,79	22,88	24,28	25,31	4,12	1,63	0,00
BK_O	Sm. o.	3,174	4,296	6,186	5,851	3,621	5,621	6,886
BK_P	Průměr	12,34	17,21	25,34	31,46	4,79	8,13	1,31
BK_P	Sm. o.	2,803	3,522	8,939	9,448	3,356	7,657	7,962
JD_O	Průměr	13,89	15,14	17,65	25,07	1,75	2,28	5,50
JD_O	Sm. o.	4,238	3,441	4,715	8,783	1,422	4,394	9,238
JD_P	Průměr	12,41	14,25	20,58	28,43	1,84	6,25	4,79
JD_P	Sm. o.	2,171	2,796	5,724	10,420	1,554	4,819	9,006
LP_O	Průměr	18,66	22,43	28,32	35,50	3,77	5,89	4,80
LP_O	Sm. o.	3,935	5,069	7,718	9,985	4,192	7,821	8,181
LP_P	Průměr	31,34	33,11	40,36	56,77	1,77	7,40	12,81
LP_P	Sm. o.	7,179	7,972	13,150	18,138	5,882	9,085	9,697
DB_O	Průměr	19,59	23,46	23,21	28,00	3,30	0,30	4,84
DB_O	Sm. o.	7,098	7,971	7,819	12,384	4,061	8,421	11,393
DB_P	Průměr	16,53	21,22	28,25	37,11	4,89	8,62	7,30
DB_P	Sm. o.	4,447	5,344	9,244	13,233	4,361	9,116	10,281

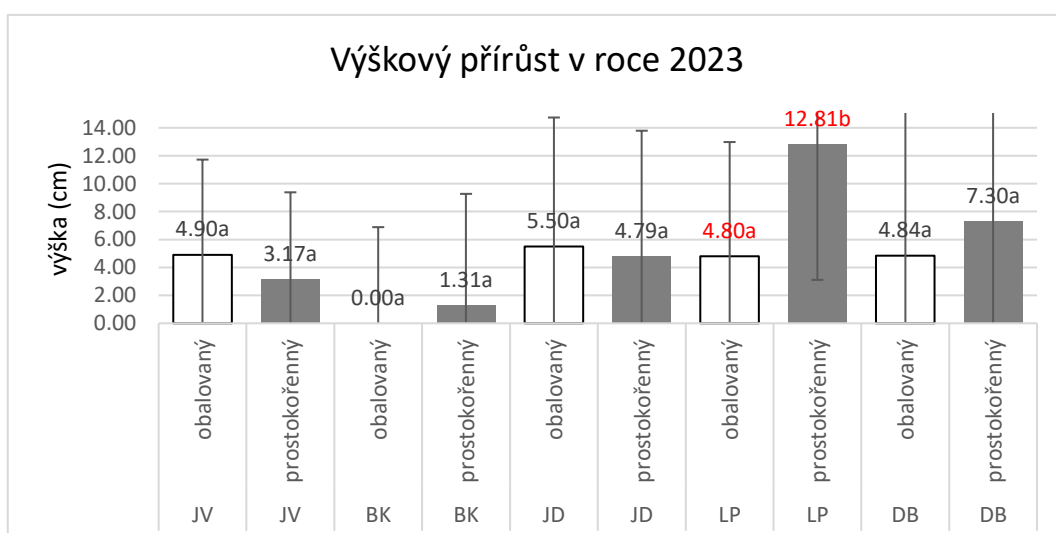
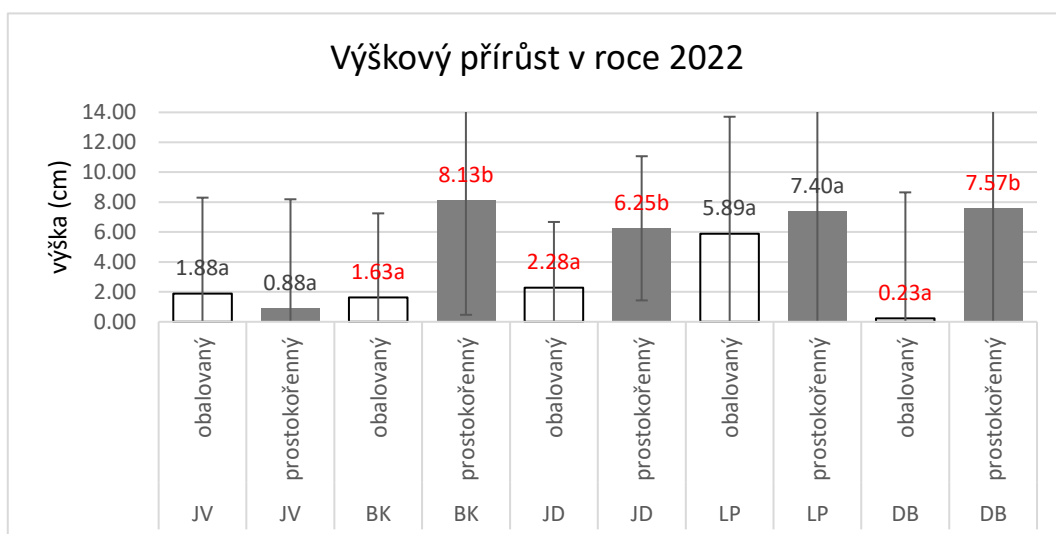
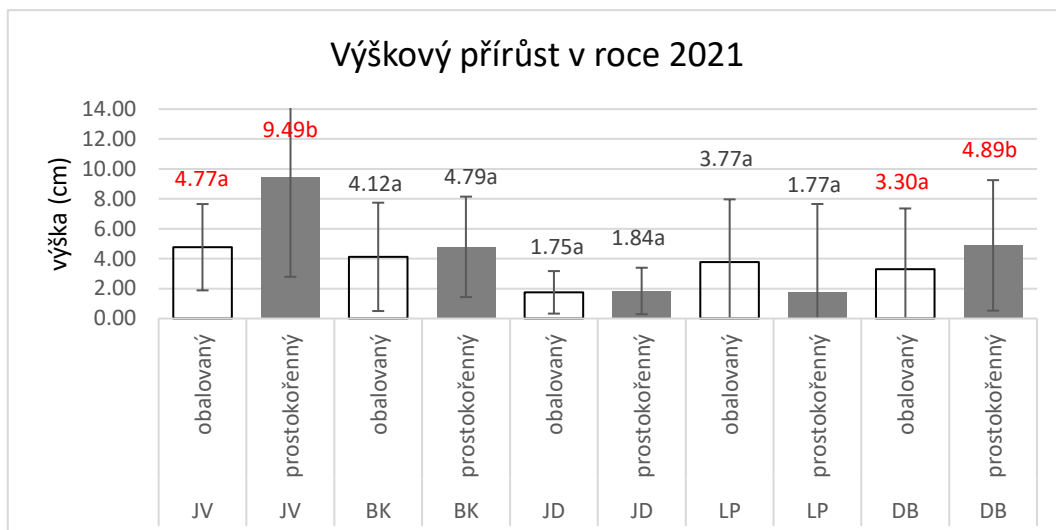
V případě buku lesního (*Fagus sylvatica* L.), byl statisticky významný rozdíl prokázán v prvních dvou měřeních v roce 2021. V obou případech vyšších hodnot nabýval obalovaný sadební materiál. V dalších dvou letech měření se již výšky prostokořenného a obalovaného bukového materiálu vyrovnaly a rozdíl mezi nimi nebyl prokázán. Výškový přírůst se významně lišil pouze v roce 2022, kdy byl větší u prostokořenného sadebního materiálu.

Při prvním měření roku 2021 statisticky významně vyšších hodnot nabývaly také obalené sazenice dubu letního (*Quercus robur* L.). V druhém měření téhož roku se ale již vyrovnaly a v letech 2022 a 2023 byl statisticky vyšší aritmetický průměr výšek zjištěn u materiálu prostokořenného, který disponoval v letech 2021 a 2022 i prokazatelně vyšším přírůstem. V dalším roce již nikoli.

U javoru mléče (*Acer platanoides* L.) a jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) byl signifikantní rozdíl zjištěn jen v jednom případě měření, a to s vyššími hodnotami u prostokořenného sadebního materiálu. Stejně tomu bylo i v případě výškového přírůstu těchto druhů.

Nejvýraznější rozdíl výšek mezi jednotlivými variantami sadebního materiálu je patrný u lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.). U lip byl rozdíl prokázán ve všech čtyřech měřeních a vždy nabýval vyšších hodnot prostokořenný sadební materiál. Výškový přírůst byl ale prokazatelně odlišný pouze v posledním roce měření.

Průměrný výškový přírůst všech zkoumaných druhů v letech 2021–2023 je znázorněn na grafech 11–13. Nejvíce statisticky významných rozdílů u něho bylo dosaženo v druhém roce měření, zároveň ale u všech druhů kromě dubu letního byl prokazatelný pouze jednou ze tří zkoumaných vegetačních sezón. Poměrně velké směrodatné odchylky průměrných přírůstů znázorněné na grafech značí velkou variabilitu zjištěných dat.



Graf 11, 12 a 13: Průměrný výškový přírůst v letech 2021, 2022 a 2023 u sadebního materiálu vysázeného v roce 2021. Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál. Obalovaný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

5.3.2 Tloušťky zkoumaného sadebního materiálu

Spolu s výškami sadebního materiálu byly měřeny také tloušťky stejných jedinců a vypočítán průměrný tloušťkový přírůst. Na rozdíl od výšek ale v tomto případě nebyl statisticky významný rozdíl prokázán u všech druhů. Průměrné hodnoty změřených tlouštěk, tloušťkových přírůstů a směrodatné odchylyk sadebního materiálu jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Hodnoty aritmetického průměru a směrodatné odchylyk tlouštěk a tloušťkového přírůstu v mm u jednotlivých dřevin v průběhu vegetačních sezón 2021, 2022 a 2023. Zelená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál. Červená, pokud prostokořenný.

Dřevina	typ	d 21	d 22	d 23	přírůst22	přírůst23
JV	obalovaný Průměr	2,25	3,85	4,40	1,50	0,20
JV	obalovaný Směrodatná odchylna	0,534	1,317	0,516	1,273	1,135
JV	prostokořenný Průměr	2,05	4,15	4,17	2,08	0,00
JV	prostokořenný Směrodatná odchylna	0,645	1,047	0,857	1,093	1,085
BK	obalovaný Průměr	1,91	3,75	4,46	1,86	0,00
BK	obalovaný Směrodatná odchylna	0,426	1,204	0,877	1,291	1,414
BK	prostokořenný Průměr	1,57	3,97	5,00	2,38	0,46
BK	prostokořenný Směrodatná odchylna	0,545	1,177	0,913	1,157	0,967
JD	obalovaný Průměr	2,93	5,62	6,79	2,56	0,43
JD	obalovaný Směrodatná odchylna	0,587	1,498	1,251	1,418	1,016
JD	prostokořenný Průměr	2,75	6,81	8,07	4,03	0,50
JD	prostokořenný Směrodatná odchylna	0,719	1,582	1,592	1,558	0,941
LP	obalovaný Průměr	3,09	6,43	7,37	3,34	0,60
LP	obalovaný Směrodatná odchylna	0,741	2,050	1,903	2,045	1,545
LP	prostokořenný Průměr	4,84	7,79	10,32	3,02	2,32
LP	prostokořenný Směrodatná odchylna	1,380	2,136	3,103	1,841	1,579
DB	obalovaný Průměr	1,77	3,75	5,15	1,96	2,20
DB	obalovaný Směrodatná odchylna	0,677	1,691	2,183	1,765	2,375
DB	prostokořenný Průměr	1,70	3,96	5,53	2,21	1,63
DB	prostokořenný Směrodatná odchylna	0,599	1,105	1,541	1,197	1,707

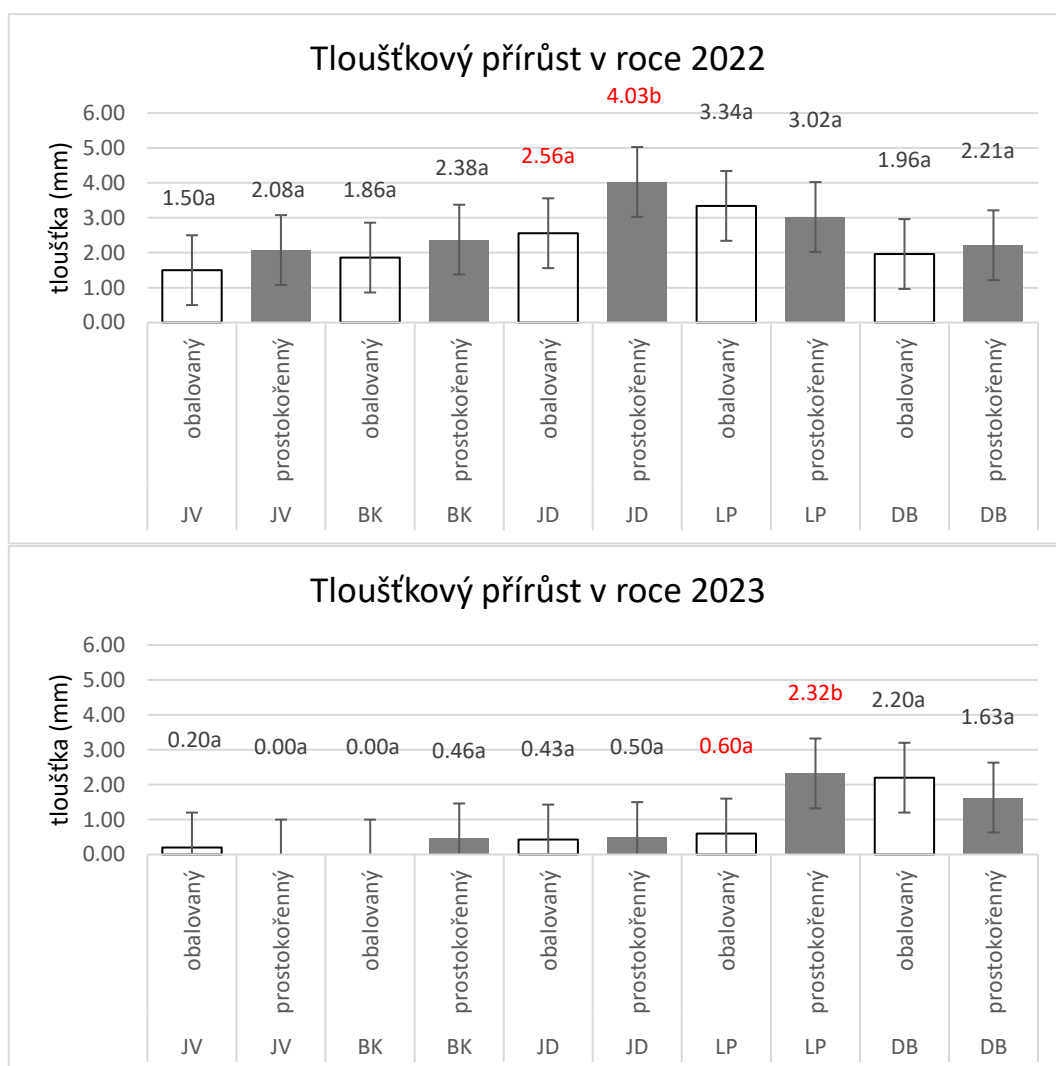
Porovnání tlouštěk zkoumaných jedinců buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) má podobné výsledky jako srovnání výšek. V prvním roce měření byl zjištěn průkazný rozdíl s vyššími hodnotami obalovaného sadebního materiálu. V letech 2022 a 2023 rozdíl v naměřených tloušťkách mezi jednotlivými variantami prokázán nebyl stejně jako u přírůstu v těchto letech.

Průměrné tloušťky i tloušťkové přírůsty sadebního materiálu javoru mléče (*Acer platanoides* L.) a dubu letního (*Quercus robur* L.) byly u jednotlivých variant srovnatelné a statisticky významný rozdíl nebyl dokázán ani v jednom případě měření.

Naopak u sadebního materiálu jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) byl významný rozdíl vyhodnocen v letech 2022 a 2023, kdy byly tlustší jedle prostokořenné. Přírůst se statisticky významně lišil ovšem pouze v roce 2022.

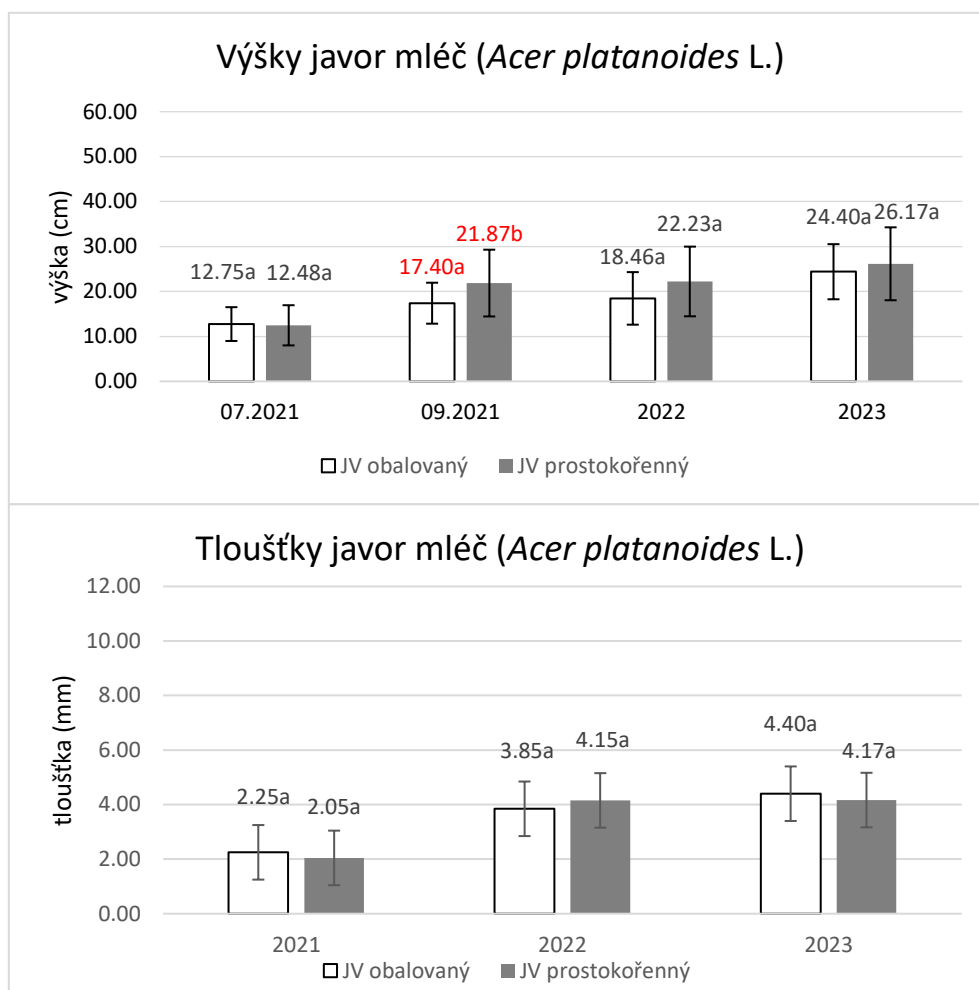
Stejný trend jako u výšek se projevil také u tlouštěk sadebního materiálu lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.). U všech výšek i tlouštěk tohoto druhu byl vyhodnocen signifikantní rozdíl s vyššími hodnotami prostokořenné varianty. Tloušťkový přírůst se ale stejně jako u jedle významně lišil pouze v roce 2022.

Průměrné tloušťkové přírůsty a směrodatné odchylky (chybové úsečky) všech měřených druhů z let 2022 a 2023 jsou znázorněny na grafech 14 a 15.



Graf 14 a 15: Průměrný tloušťkový přírůst v letech 2022 a 2023 u sadebního materiálu vysázeného v roce 2021. Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál. Obalovaný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

5.3.3 Růstová dynamika sadebního materiálu javoru mléče

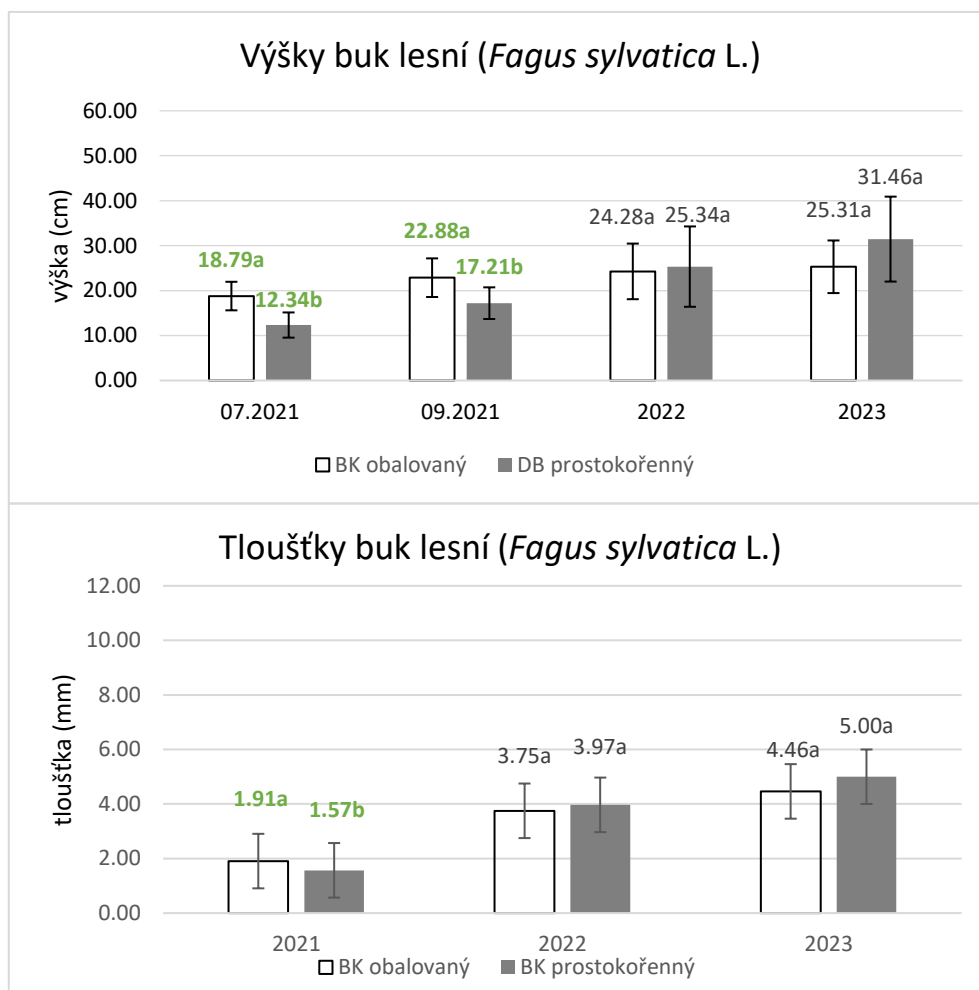


Graf 16 a 17: Hodnoty aritmetického průměru výšek a tlouštěk u javoru mléče (*Acer platanoides* L.). Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál. Obalovaný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

Hodnoty aritmetického průměru výšek a tlouštěk u sadebního materiálu javoru mléče jsou znázorněny na grafech 16 a 17. Statisticky se odlišovaly pouze v případě výšek v září 2021. Celkově je tedy možné z těchto výsledků usuzovat, že obalovaný a prostokořenný javorový materiál dosahuje podobných výšek i tlouštěk a jejich přírůstků, a tedy se od sebe neliší.

Tento sadební materiál byl hodnocen pomocí t-testu v případě výšek z roku 2022, 2023 a výškového přírůstu 2021 a 2022. V září 2021 byla použita jeho modifikace Welchův test z důvodu nehomogenity rozptylů. Červnové výšky z roku 2021 nevykazovaly normalitu dat stejně jako všechna tloušťková data a výškový přírůstek z roku 2023 s oběma tloušťkovými přírůsty a byly tak hodnoceny pomocí neparametrického Mann-Whitney U testu.

5.3.4 Růstová dynamika sadebního materiálu buku lesního



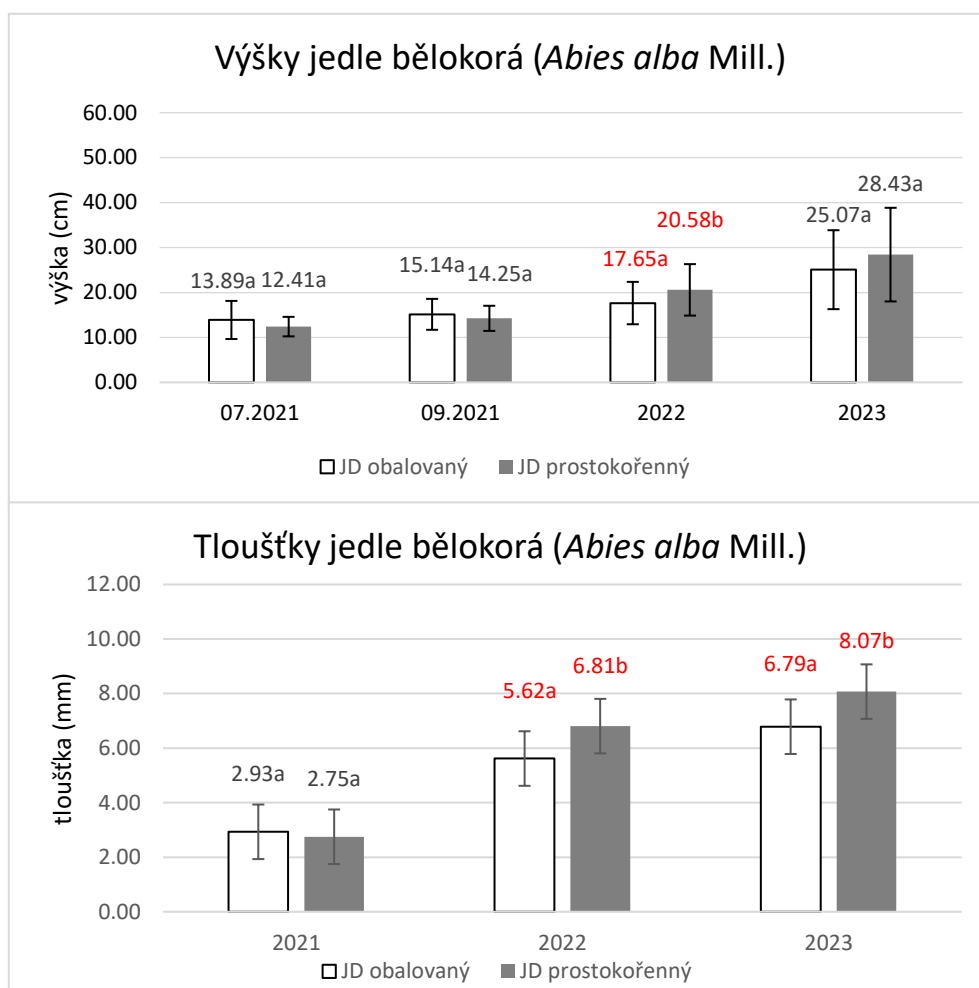
Graf 18 a 19 : Hodnoty aritmetického průměru výšek a tlouštěk u buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Zelená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál. Prostokořenný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

Na grafu 18 jsou znázorněny průměrné výšky buku lesního. Bukový sadební materiál je jediný, u kterého obalovaný materiál nabýval pouze vyšších nebo srovnatelných hodnot výšek jako prostokořenný sadební materiál.

Stejně je tomu u tlouštěk tohoto sadebního materiálu na grafu 19. V roce 2021 tedy vyšších hodnot prokazatelně dosahovaly obalované bukové sazenice. V dalších dvou letech již byly hodnoty obou variant dosti podobné. Stejně jako tloušťkový i výškový přírůst, který se významně lišil pouze v roce 2022. Zato byl vyšší u prostokořenného materiálu.

Výšky ze září 2021, 2022 i 2023 a přírůsty z roku 2023 byly porovnávány pomocí t-testu. Na červnová data z roku 2021 byl použit stejně jako na hodnoty tlouštěk a ostatních přírůstů Mann-Whitney U test z důvodu nenormálního rozdělení dat.

5.3.5 Růstová dynamika sadebního materiálu jedle bělokoré

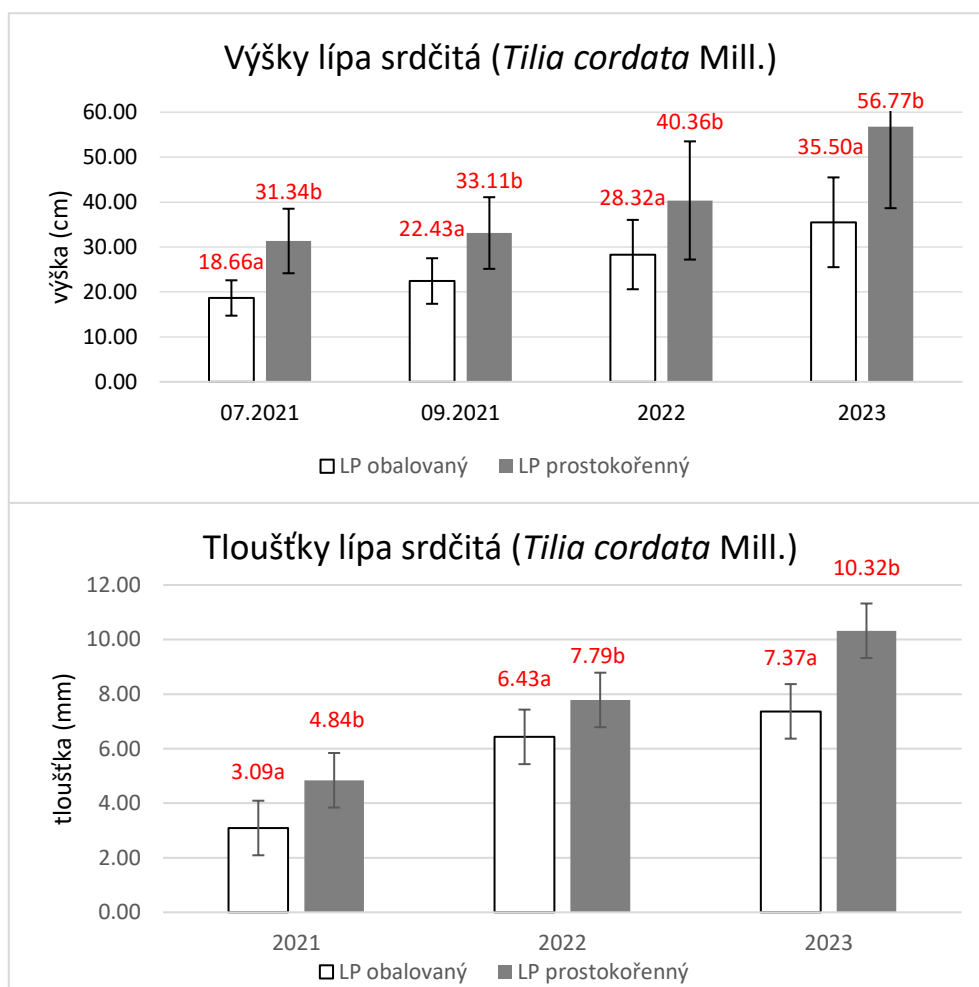


Graf 20 a 21: Hodnoty aritmetického průměru výšek a tloušťek u jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál. Obalovaný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

Na grafu 20 je znázorněno, že výšky sadebního materiálu jedle bělokoré se od sebe lišily pouze v roce 2022, kdy se lišil také jejich výškový přírůst. Tloušťky jedlí byly významně odlišné kromě roku 2022 také v roce následujícím (graf 21), tloušťkový přírůst se prokazatelně lišil ovšem pouze v roce 2022. Ve všech případech zjištěného rozdílu vyšších hodnot dosahovaly prostokořenné jedle.

U jedlového sadebního materiálu byl pro statistické účely použit t-test v případech výšek z roku 2022 i 2023, obou přírůstů z roku 2022 a tloušťek 2023. Ostatní čísla nevykazovala normalitu dat a byla tak porovnávána neparametrickým Mann-Whitney U testem.

5.3.6 Růstová dynamika sadebního materiálu lípy srdčité

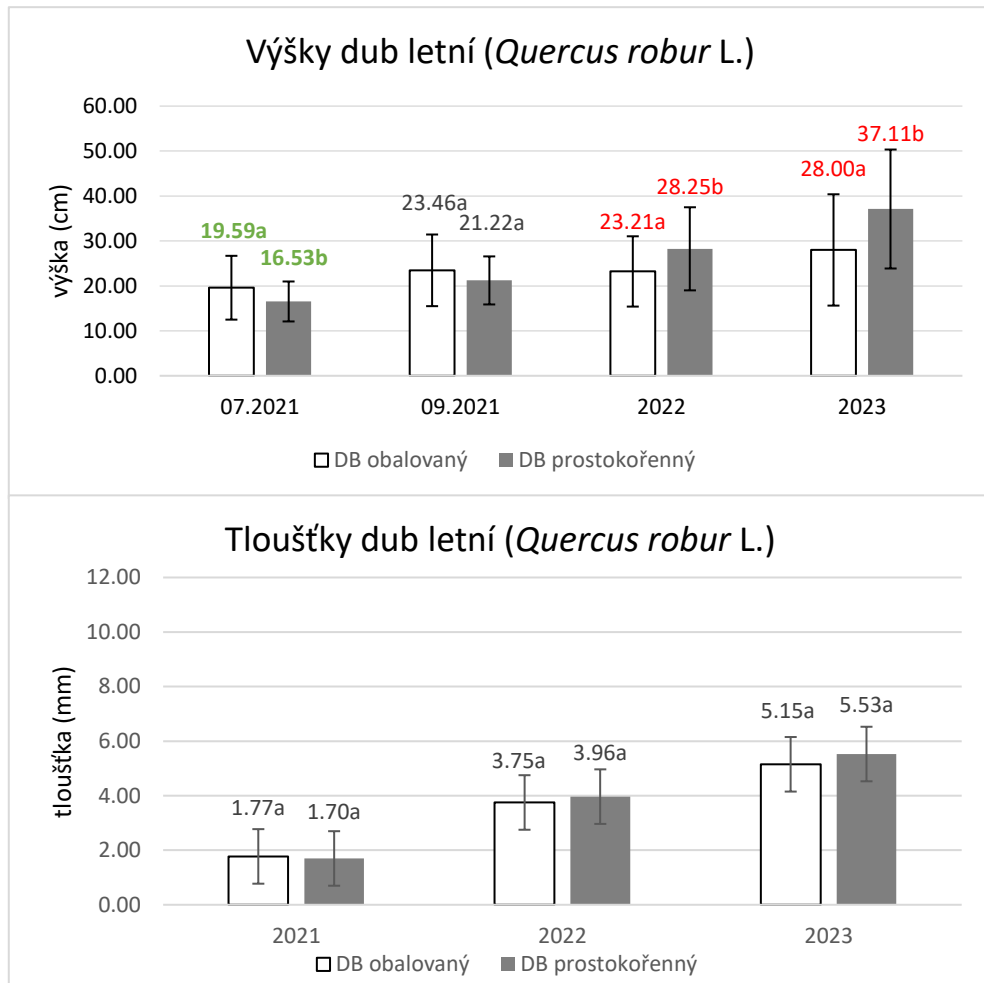


Graf 22 a 23: Hodnoty aritmetického průměru výšek a tlouštěk u lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.). Červená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá prostokořenný sadební materiál. Obalovaný sadební materiál vyšších hodnot nenabývá.

Na grafech 22 a 23 je patrné, že prostokořenný sadební materiál lípy srdčité na konci měření dosahoval vůbec nejvyšších výšek i tlouštěk ze všech zkoumaných dřevin. Zároveň se jedná o jedinou dřevinu, u které byl statisticky významný rozdíl prokázán u všech měření výšek i tlouštěk a vždy vyšších hodnot nabýval prostokořenný sadební materiál. Statisticky odlišný výškový i tloušťkový přírůst byl prokázán až v posledním roce měření.

Rozdíly výšek byly prokázány v září 2021 a v roce 2023 pomocí t-testu stejně jako u tlouštěk v roce 2022 a výškového přírůstu z let 2022 a 2023. Výšky v červnu 2021 a v roce 2022 byly hodnoceny Welchovým testem kvůli nehomogenním rozptylům. Tloušťky z roku 2021 a 2023 s nenormálním rozdělením dat a zbytkem přírůstů posuzoval neparametrický Mann-Whitney U test.

5.3.7 Růstová dynamika sadebního materiálu dubu letního



Graf 24 a 25: Hodnoty aritmetického průměru výšek a tlouštěk u dubu letního (*Quercus robur* L.). Zelená čísla značí statisticky významný rozdíl, pokud vyšších hodnot nabývá obalovaný sadební materiál, a červená, pokud prostokořenný.

Z grafu 24 je zřejmé, že v červnu 2021 prokazatelně vyšších hodnot dosahovaly výšky obalovaného PostCont sadebního materiálu dubu letního. V září téhož roku se hodnoty obou variant vyrovnaly a v následující dvou letech již statisticky významně vyšších hodnot nabývaly výšky prostokořenných dubů. Výškový přírůst se významně lišil v letech 2021 a 2022. V obou případech byl vyšší u prostokořenného sadebního materiálu. Jinou situaci popisuje graf 25, na kterém jsou porovnávány aritmetické průměry tlouštěk v jednotlivých letech měření. Ty jsou ve všech případech velmi podobné a rozdíl mezi nimi nebyl prokázán stejně jako u obou tloušťkových přírůstů.

Všechny tloušťky a červnové výšky z roku 2021 spolu s rokem 2023 a oběma přírůsty nevykazovaly normalitu dat a byly tak porovnávány pomocí Mann-Whitney U testu. Výšky roku 2022 hodnotil t-test a červen 2021 jeho modifikace Welchův test.

5.4 Výsledky opakovacích pokusů

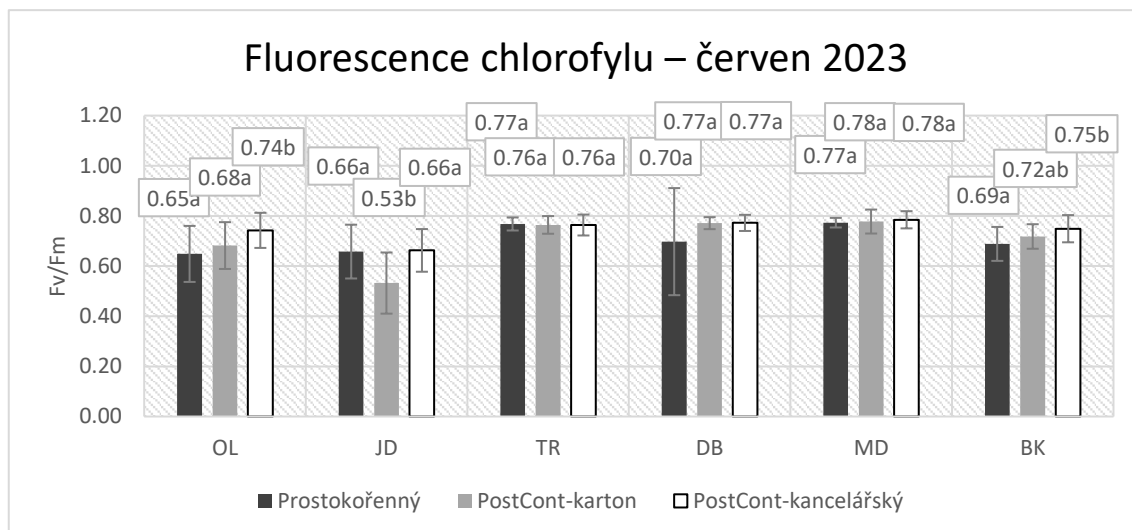
Na výzkumné ploše bylo v dubnu 2023 vysázeno celkem 1 068 sazenic s cílem zjišťování parametrů chlorofylu, přežívání a růstové dynamiky těchto jedinců. Vzhledem k suchému počasí během následujících měsíců došlo k vysoké mortalitě a bylo možné provést měření fluorescence a koncentrace chlorofylu pouze v červnu. Počátkem října bylo vyhodnoceno přežívání jednotlivých variant jednotlivých druhů.

5.4.1 Fluorescence chlorofylu u výsadeb z roku 2023

U šesti druhů sadebního materiálu byla fluorescence i koncentrace chlorofylu porovnávána mezi prostokořenným a obalovaným sadebním materiálem v obalu z kartonu a kancelářského papíru. Hodnoty fluorescence chlorofylu jsou zaznamenány v tabulce 8. Ta se mezi jednotlivými variantami nelišila u sadebního materiálu třešně ptačí, dubu letního a modřínu opadavého. Na grafu 26 je patrné, že v případě olše lepkavé statisticky významně vyšší hodnoty parametru F_v/F_m nabýval sadební materiál obalený v kelímku z kancelářského papíru a lišil se tak od obou zbývajících variant, které byly srovnatelné. V případě jedle bělokoré se od ostatních variant významně lišili jedinci v kelímku z kartonu, když nabývaly nejnižších hodnot fluorescence. Sadební materiál buku lesního se významně lišil prostokořenný, s nejnižší hodnotou, od toho v obalu z kancelářského papíru, s nejvyšší hodnotou. Materiál v kartonovém obalu nabýval středních hodnot a nelišil se ani od jednoho ze zbylých typů. Celkově lze fluorescenci chlorofylu mezi jednotlivými variantami považovat za podobnou. Pouze obal z kancelářského papíru nebyl v žádném případě prokazatelně horší než zbylé varianty, v některých případech byl dokonce nejlepší. Žádná hodnocená data fluorescence chlorofylu nevykazovala normalitu dat a byla tak porovnávána na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu.

Tabulka 8: Aritmetické průměry a směrodatné odchylky parametru F_v/F_m u jednotlivých variant dřevin v červnu 2023.

Druh		OL	JD	TR	DB	MD	BK
PostCont-karton	Průměr	0,68	0,53	0,76	0,77	0,78	0,72
PostCont-karton	Sm.o.	0,093	0,122	0,035	0,024	0,048	0,049
PostCont-kancelářský	Průměr	0,74	0,66	0,76	0,77	0,78	0,75
PostCont-kancelářský	Sm.o.	0,070	0,085	0,042	0,032	0,034	0,054
Prostokořenný	Průměr	0,65	0,66	0,77	0,70	0,77	0,69
Prostokořenný	Sm.o.	0,112	0,107	0,026	0,214	0,019	0,068



Graf 26: Průměrné hodnoty fluorescence chlorofylu v červnu 2023 u jednotlivých variant dřevin vysázených téhož roku.

5.4.2 Koncentrace chlorofylu u výsadeb z roku 2023

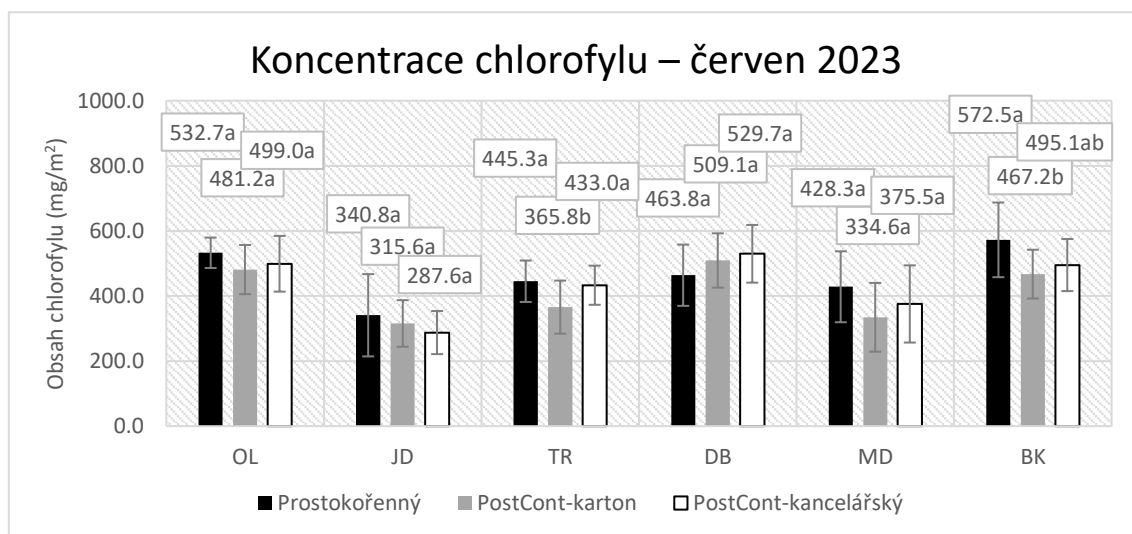
Jednotlivé varianty sadebního materiálu se mezi sebou v koncentraci chlorofylu lišily ještě méně, než tomu bylo v případě jeho fluorescence. Z grafu 27 je zřejmé, že v případě olše lepkavé, jedle bělokoré, dubu letního i modřínu opadavého nebyl rozdíl mezi žádnými varianty na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ prokázán. Významně se od ostatních variant lišil pouze sadební materiál třešně ptačí obalený v kelímku z kartonu, když nabýval prokazatelně nejnižší průměrné hodnoty. U sadebního materiálu buku lesního významně vyšších hodnot než materiál obalený v kartonu nabýval prostokořenný sadební materiál. Ten obalený v kelímcích z kancelářského papíru se ale významně nelišil ani od jedné z uvedených variant.

Hodnoty aritmetických průměrů a směrodatných odchylek koncentrace chlorofylu jsou zaznamenány v tabulce 9. Na základě výsledků tohoto jediného provedení měření nelze vyvodit závislost koncentrace chlorofylu na typu obalu.

Data koncentrace chlorofylu sadebního materiálu jedle bělokoré a modřínu opadavého neměla normální rozložení dat a byla porovnáována pomocí Kruskal-Wallisova testu. Data ostatních zkoumaných dřevin byla hodnocena pomocí jednofaktorové ANOVY s následným Tukey HSD post-hoc testem.

Tabulka 9: Aritmetické průměry a směrodatné odchylky koncentrace chlorofylu v mg/m² u jednotlivých variant dřevin v červnu 2023.

Druh		OL	JD	TR	DB	MD	BK
PostCont-karton	Průměr	481,2	315,6	365,8	509,1	334,6	467,2
PostCont-karton	Sm.o.	75,6	71,5	81,6	83,4	105,6	74,9
PostCont-kancelářský	Průměr	499,0	287,6	433,0	529,7	375,5	495,1
PostCont-kancelářský	Sm.o.	85,6	66,2	60,1	88,6	118,6	80,1
Prostokořenný	Průměr	532,7	340,8	445,3	463,8	428,3	572,5
Prostokořenný	Sm.o.	46,8	126,4	63,7	94,1	109,0	114,7



Graf 27: Průměrné hodnoty koncentrace chlorofylu u jednotlivých variant dřevin v červnu 2023.

5.4.3 Přežívání sadebního materiálu vysázeného v roce 2023

V říjnu 2023 bylo napočítáno 92 živých jedinců z původních 1 068 vysázených. Přežívání na této výzkumné ploše bylo tedy 8,61 %. Z tabulky 10 lze vyčíst, že žádná z vysázených dřevin neměla mortalitu nižší než 80 %. Nejvíce přežilo dubových a třešňových sazenic (téměř 20 %) a nejméně olšových, které přežily pouze 2 v obalu z nasávané kartonáže (1 %).

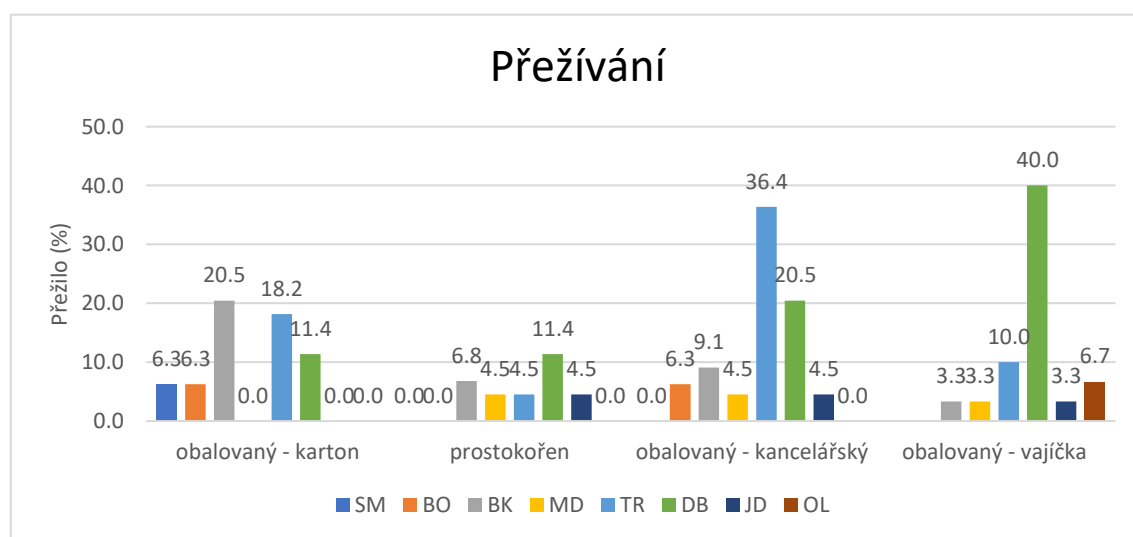
Tabulka 10: Počty vysázených a napočítaných živých sazenic po jedné vegetační sezóně dle dřevin a varianty obalení.

Dřevina	Vysázeno	Přežilo	%
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karst)	48	1	2,1
Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	48	2	4,2
Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	162	17	10,5
Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i> Mill.)	162	5	3,1
Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i> L.)	162	29	17,9
Dub letní (<i>Quercus robur</i> L.)	162	31	19,1
Jedle bělokora (<i>Abies alba</i> Mill.)	162	5	3,1
Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i> L.)	162	2	1,2
Celkem	1068	92	8,6

Varianta	Vysázeno	Přežilo	%
Karton	296	24	8,1
Prostokořenný	296	14	4,7
Kancelářský	296	34	11,5
Vajíčka	180	20	11,1
Celkem	1068	92	8,6

Nejlépe přežíval sadební materiál v obalech z kancelářského papíru a obalů od vajíček (přes 11 %) a nejhůře prostokořenný sadební materiál, kterého přežilo necelých 5 %.

Přežívání jednotlivých variant jednotlivých dřevin je znázorněno na grafu 28 s uvedením počtů v tabulce 11.



Graf 28: Přežívání jednotlivých variant obalů u jednotlivých dřevin po první vegetační sezóně.

Tabulka 11: Počty vysázených a napočítaných přežívajících kusů jednotlivých variant jednotlivých druhů sadebního materiálu.

Dřevina		Vysázeno	Přežilo (ks)	%
SM	SM_O	16	1	6,3
	SM_P	16	0	0,0
	SM_K	16	0	0,0
BO	BO_O	16	1	6,3
	BO_P	16	0	0,0
	BO_K	16	1	6,3
BK	BK_O	44	9	20,5
	BK_P	44	3	6,8
	BK_K	44	4	9,1
	BK_V	30	1	3,3
MD	MD_O	44	0	0,0
	MD_P	44	2	4,5
	MD_K	44	2	4,5
	MD_V	30	1	3,3

Dřevina		Vysázeno	Přežilo (ks)	%
TR	TR_O	44	8	18,2
	TR_P	44	2	4,5
	TR_K	44	16	36,4
	TR_V	30	3	10,0
DB	DB_O	44	5	11,4
	DB_P	44	5	11,4
	DB_K	44	9	20,5
	DB_V	30	12	40,0
JD	JD_O	44	0	0,0
	JD_P	44	2	4,5
	JD_K	44	2	4,5
	JD_V	30	1	3,3
OL	OL_O	44	0	0,0
	OL_P	44	0	0,0
	OL_K	44	0	0,0
	OL_V	30	2	6,7

5.5 Parametry chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon

K měření fluorescence a obsahu chlorofylu došlo kromě vysázených jedinců také u buků lesních a jedlí bělokorých různých variant pěstovaných na venkovní ploše mimo minerální půdu záhonu. V tomto případě mezi sebou byly porovnávány kelímky vyrobené z kartonu a kancelářského papíru s nebo bez přihnojení hnojivem Silvamix Forte 60 a dřevěným uhlím.

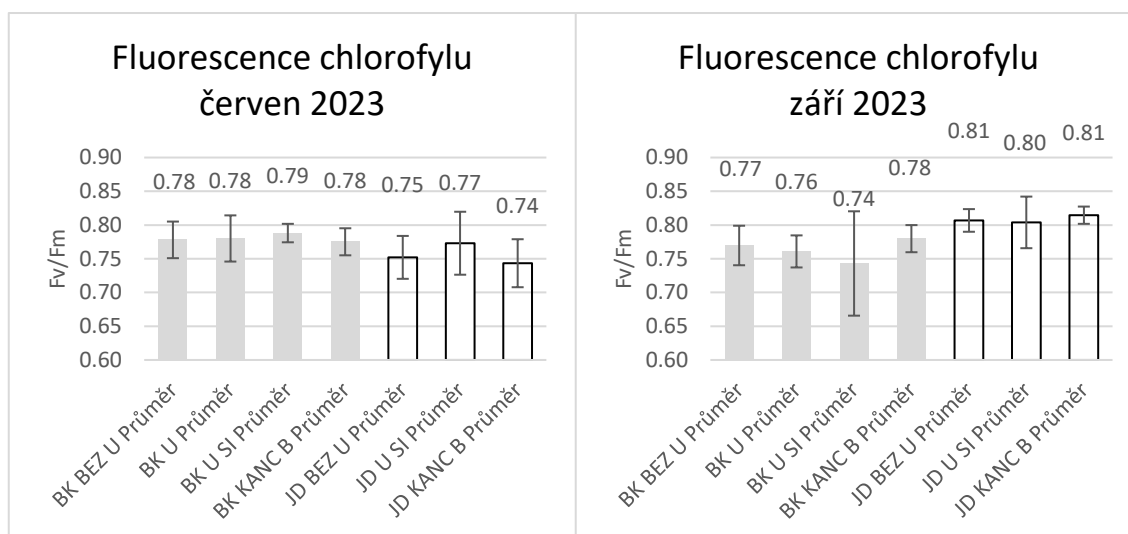
5.5.1 Fluorescence chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon

V červnu 2023 se v parametru F_v/F_m statisticky lišil sadební materiál jedle bělokoré obalené v kartonu, přihnojené hnojivem s dřevěným uhlím od sadebního materiálu jedle bělokoré obalené v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení. Dále se lišil buk lesní obalený v kartonu, přihnojený hnojivem Silvamix Forte 60 s dřevěným uhlím od dvou jedlových variant, a to v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení a v kelímku z kartonu bez uhlí i bez přihnojení.

V září 2023 se v parametru F_v/F_m lišil sadební materiál buku lesního obaleného v kelímku z kartonu se substrátem s dřevěným uhlím bez přihnojení i s přihnojením od jedle bělokoré obalené v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení a taktéž od jedle obalené v kelímku z kartonu se stejným substrátem. Na rozdíl od června se tedy od sebe lišily jednotlivé dřeviny a nikoli varianty obalů ani substrátu. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky parametru F_v/F_m u jednotlivých variant sadebního materiálu jsou zaznamenány v tabulce 12 a na grafech 29 a 30. Protože naměřená data nevykazovala normalitu ani homogenitu rozptylů, byla statisticky porovnávána Kruskal-Wallisovým testem na hladině významnosti 0,05.

Tabulka 12: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky parametru F_v/F_m u jednotlivých variant sadebního materiálu buku lesního (BK) a jedle bělokoré (JD) z červnového a zářijového měření 2023.

Varianta	F_v/F_m červen	F_v/F_m září
BK BEZ U Průměr	0,78	0,77
BK BEZ U Směrodatná odchylka	0,027	0,029
BK U Průměr	0,78	0,76
BK U Směrodatná odchylka	0,034	0,024
BK U SI Průměr	0,79	0,74
BK U SI Směrodatná odchylka	0,014	0,077
BK KANC B Průměr	0,78	0,78
BK KANC B Směrodatná odchylka	0,020	0,020
JD BEZ U Průměr	0,75	0,81
JD BEZ U Směrodatná odchylka	0,032	0,038
JD U SI Průměr	0,77	0,80
JD U SI Směrodatná odchylka	0,047	0,017
JD KANC B Průměr	0,74	0,81
JD KANC B Směrodatná odchylka	0,036	0,013



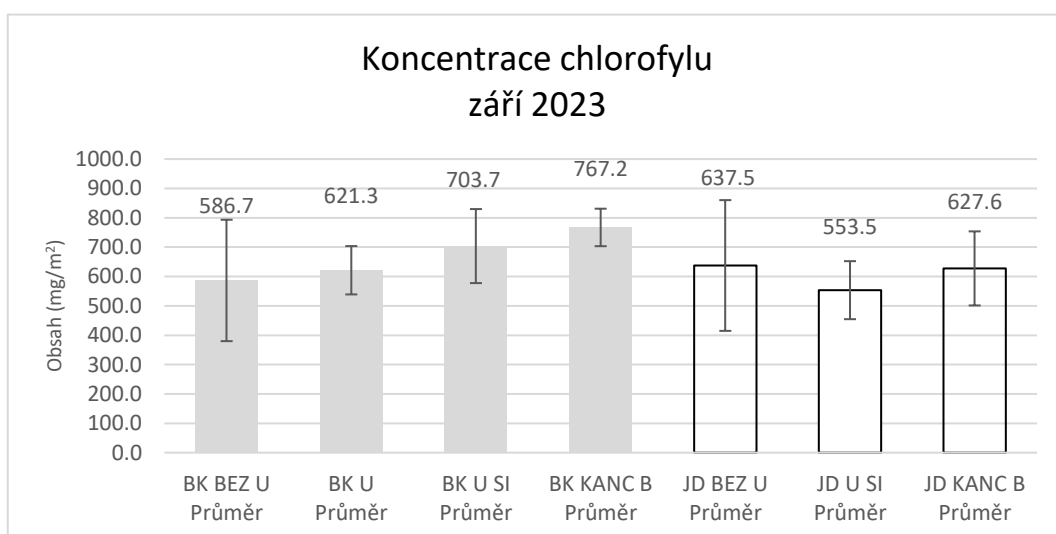
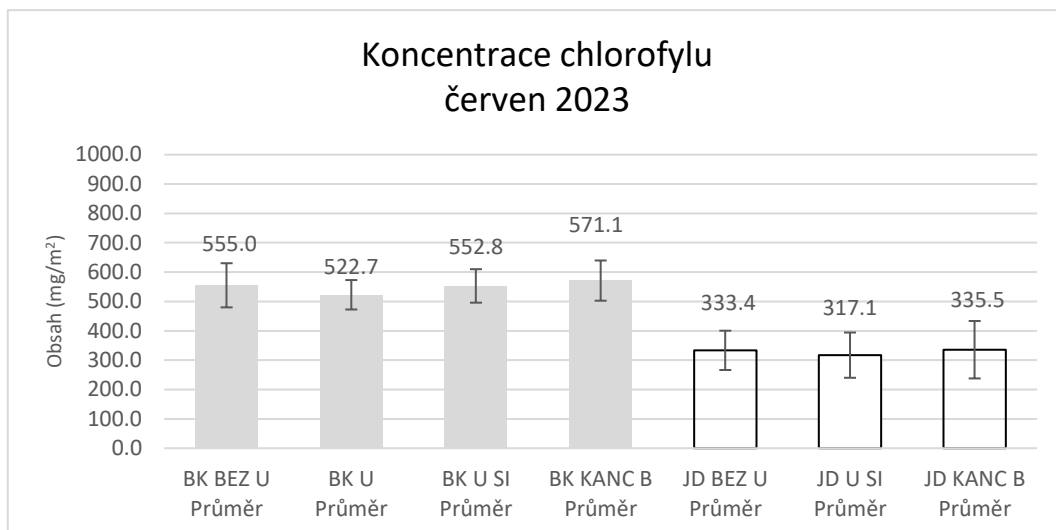
Graf 29 a 30: Průměrné hodnoty parametru F_v/F_m u jednotlivých variant sadebního materiálu buku lesního (BK) a jedle bělokoré (JD) z červnového a zářijového měření 2023.

5.5.2 Koncentrace chlorofylu sadebního materiálu pěstovaného mimo záhon

Na grafu 31 je dobře viditelné, že v červnu se od sebe v koncentraci chlorofylu lišily pouze jednotlivé dřeviny. Všechny bukové varianty sadebního materiálu se statisticky významně odlišovaly od všech jedlových variant. Mezi jednotlivými variantami stejné dřeviny rozdíl prokázán nebyl. V září již rozdíly nebyly tak významné, když se lišila pouze varianta jedle bělokorá obalená v kartonu, přihnojená hnojivem Silvamix Forte 60 s dřevěným uhlím od buku lesního obaleného v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení (graf 32). Různé materiály, ze kterých byly kelímky vyrobeny, ani různé varianty substrátu tedy neměly na koncentraci chlorofylu vliv stejně jako na jeho fluorescenci. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky koncentrace chlorofylu u jednotlivých variant sadebního materiálu jsou zaznamenány v tabulce 13. Červnové hodnoty byly statisticky porovnávány pomocí jednofaktorové ANOVY na hladině významnosti 0,05, zatímco zářijové hodnoty nevykazovaly normalitu dat ani homogenitu rozptylů a byly tak statisticky porovnávány pomocí Kruskal-Wallisova testu.

Tabulka 13: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky koncentrace chlorofylu v mg/m² u jednotlivých variant sadebního materiálu buku lesního (BK) a jedle bělokoré (JD) z červnového a zářijového měření 2023.

Varianta	Koncentrace červen	Koncentrace září
BK BEZ U Průměr	555,0	586,7
BK BEZ U Směrodatná odchylka	75,19	206,79
BK U Průměr	522,7	621,3
BK U Směrodatná odchylka	50,11	82,32
BK U SI Průměr	552,8	703,7
BK U SI Směrodatná odchylka	57,07	126,11
BK KANC B Průměr	571,1	767,2
BK KANC B Směrodatná odchylka	68,54	63,89
JD BEZ U Průměr	333,4	637,5
JD BEZ U Směrodatná odchylka	66,91	222,67
JD U SI Průměr	317,1	553,5
JD U SI Směrodatná odchylka	77,07	98,86
JD KANC B Průměr	335,5	627,6
JD KANC B Směrodatná odchylka	97,83	126,20



Graf 31 a 32: Průměrné hodnoty koncentrace chlorofylu v mg/m² u jednotlivých variant sádkového materiálu buku lesního (BK) a jedle bělokoré (JD) z červnového a zářijového měření 2023.

5.6 Rozpadavost kelímků v půdě

Obalený sadební materiál javoru mléče, buku lesního, jedle bělokoré, lípy srdčité i dubu letního vysázený v roce 2021 měl po třech vegetačních obdobích papírový obal z kartonu zcela rozložený. U výsadeb z roku 2023 byly zcela rozloženy kartonové obaly i ty z nasávané kartonáže. Kelímky vyrobené z kancelářského papíru ještě zcela rozloženy nebyly. Zato měly hustěji prokořeněný bal jemnými kořínky. Všechny tři typy obalů z výsadeb 2023 jsou vyfotografovány na obrázku 8. V žádném z případů nebylo zaznamenáno, že by papírový obal bránil prorůstání a kořeny nevykazovaly nepřipustné deformace dle ČSN 48 2115. Ve většině případů byl papírový obal beze zbytku rozložen. Výjimečně byly v původním místě papírového obalu zaznamenané drobné šupinky ze zbytků obalu, nijak ale nebránily prorůstání kořenů. Přechod mezi balem a okolní půdou byl rozpoznatelný pouze podle odstínu zeminy. Rašelinový substrát byl výrazně tmavší než půda na záhonu.



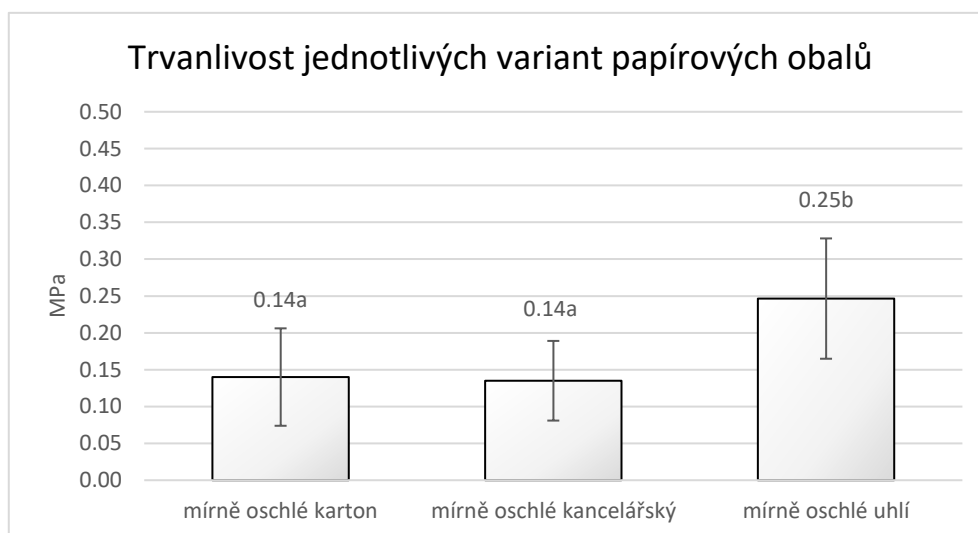
*Obr. 8: Na obrázku vlevo je zachycena sazenice smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst) vysazená v obalu z kartonu. Tento obal se zcela rozpadl stejně jako obal z nasávané kartonáže na prostředním snímku. Na prostřední a pravé fotografii je sazenice olše lepkavé (*Alnus glutinosa* L.), ovšem vpravo je zřejmý jen částečně rozložený obal z kancelářského papíru, který byl oproti stavu při vysazení rozložen nejméně. Ani jeden z materiálů prorůstání kořenů obalem nijak nebránil.*

5.7 Trvanlivost různých variant papírových obalů

Obaly z kancelářského papíru i z kartonu vykazovaly podobné hodnoty tlaku potřebného k proražení stěny obalu. Pevnější byly kartonové kelímky v případě, že do nich bylo přidáno dřevěné uhlí (tabulka 14 a graf 33). Tento rozdíl byl vzhledem k nenormálnímu rozdělení dat prokázán statisticky pomocí Kruskal-Wallisova testu na hladině významnosti 0,05.

Tabulka 14: Průměrné hodnoty a směrodatné odchytky tlaku (MPa) potřebného k proražení stěny kelímku z různého materiálu.

Varianta	Průměr	Sm. odchylka
mírně oschlé karton	0,14	0,066
mírně oschlé kancelářský	0,14	0,054
mírně oschlé uhlí	0,25	0,082



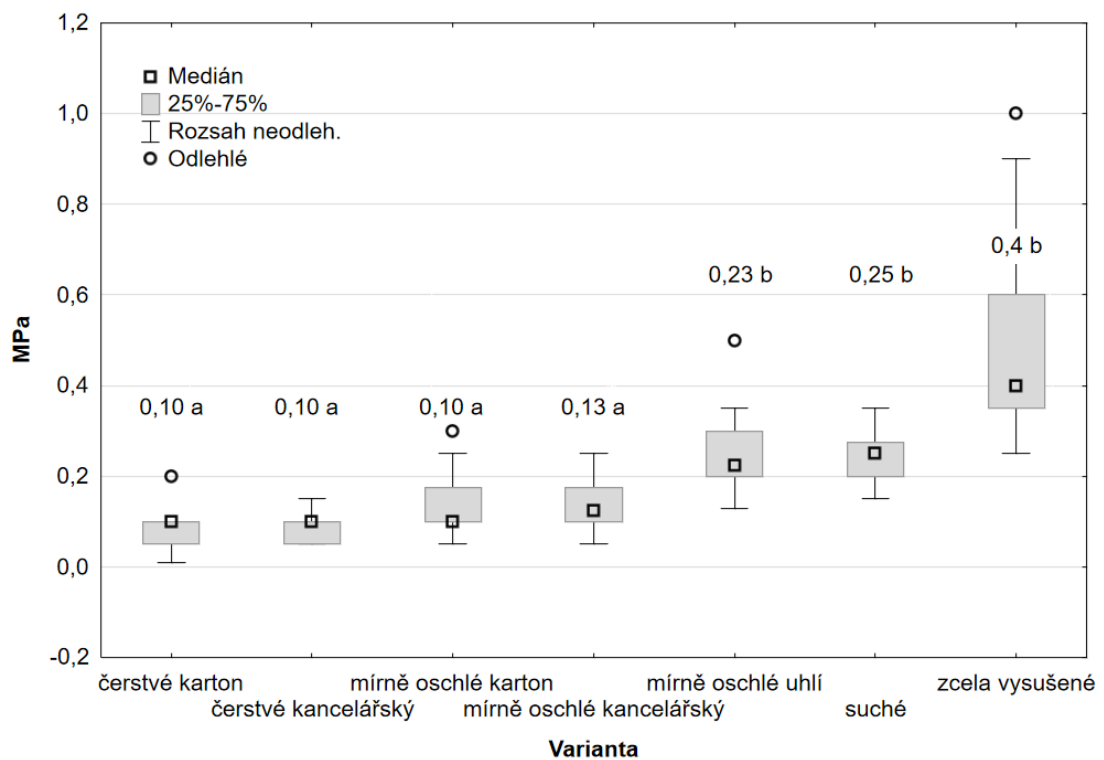
Graf 33: Porovnání průměrného tlaku potřebného k proražení stěny kelímku z kartonu, kancelářského papíru a kartonového kelímku s dřevěným uhlím při shodné vlhkosti dosažené mírným oschnutím týden po obalení.

Stejný test dokázal, že pevnost papírových obalů závisí na množství vody. Pokud je kelímek čerstvě obalený, s vysokým obsahem vody, je pevnost nejnižší. Kelímky z kartonu jsou mírně pevnější než z kancelářského papíru, statisticky tento rozdíl ale prokázán nebyl. Z průměrných hodnot v tabulce 15 je viditelné, že po mírném oschnutí se pevnost kelímků ze všech materiálů zvětšuje, ale opět se nejedná o statisticky významný rozdíl. Ten nastává až v případě přidání dřevěného uhlí nebo

vysušení kelímků. Porovnání naměřených hodnot tlaku potřebného k proražení stěny kelímku jednotlivých variant je znázorněno na grafu 34.

Tabulka 15: Průměrné hodnoty, směrodatné odchylky a mediány tlaku (MPa) potřebného k proražení stěny kelímku u jednotlivých materiálů v závislosti na množství vody v obale (dle doby od obalení).

Varianta	Průměr	Sm. odchylka	Medián
čerstvé karton	0,09	0,039	0,10
čerstvé kancelářský	0,08	0,034	0,10
mírně oschlé karton	0,14	0,066	0,10
mírně oschlé kancelářský	0,14	0,054	0,13
mírně oschlé uhlí	0,25	0,082	0,23
suché	0,25	0,060	0,25
zcela vysušené	0,51	0,234	0,40



Graf 34: Porovnání mediánů tlaku potřebného k proražení stěny kelímku z různých materiálů dle doby od obalení (množství vody v obale).

5.8 Morfologická kvalita kořenů posuzovaná počítačovou tomografií

Na tomografických snímcích ve 3D zobrazení VRT (obrázek 9) jsou dobře patrné hlavní kořeny. Vzhledem k heterogennímu substrátu se projevuje horší viditelnost u jemných kořínků. Ty jsou lépe viditelné ve 3D multiplanárním zobrazení MIP 10 mm (obrázek 10). Přesto je ale jemných kořínků ve skutečnosti mnohem více, než kolik se jich zobrazuje na snímcích. Počítačová tomografie byla tedy využita především pro posouzení deformací kosterních kořenů, které jsou ze snímků dobře rozpoznatelné bez nutnosti rozebírání obalu. Zároveň jsou na obrázcích 9 i 10 viditelné změny kořenového systému, jak zvětšoval svůj objem a rozrůstal se.



Obr. 9: Kořenový systém bukové sazenice číslo 3. Na levém obrázku je zachycen po rozebrání papírového kelímku na podzim 2023. Prostřední obrázek zachycuje hlavní kořen v květnu 2023 a třetí v září téhož roku ve 3D zobrazení VRT.



Obr. 10: Kořenový systém modřínové sazenice číslo 3. Na levém obrázku je zachycen po rozebrání papírového kelímku na podzim 2023. Prostřední obrázek zachycuje kořenový systém v květnu 2023 a pravý v září téhož roku ve 3D multiplanárním zobrazení MIP 10 mm.

Tomografické snímky zkoumaného sadebního materiálu nepřipustné deformace kořenů dle ČSN 48 2115 neprokázaly. U čtyř jedinců byly zjištěné pouze drobné deformace, které byly viditelné jak na snímcích, tak po rozebrání obalů (obrázek 11). Byly způsobené vložením sazenice do formy během obalování a nesouvisely s prorůstavostí obalu pro rozvíjející se kořeny.



Obr. 11: Kořenový systém třešňové sazenice číslo 2. Na levém obrázku je zachycen po rozebrání papírového kelímku na podzim 2023. Prostřední obrázek zachycuje hlavní kořen v květnu 2023 a třetí v září téhož roku ve 3D zobrazení VRT. Na levém a pravém obrázku je patrné zahnutí postranního kořenu směrem nahoru (označeno šipkou), které bylo způsobeno vkládáním sazenice do formy během obalování.

Na obrázku 12 je třešňová sazenice číslo 3, u které došlo při obalování k natlačení kmínku a kořene rostliny na stěnu obalu. Následné prokořeňování tak bylo možné pouze na jednu stranu, když se kořeny rozvíjely směrem do volného prostoru s růstovým substrátem uvnitř kelímku. Kořeny prorůstající stěnou kelímku ven byly redukovány vzdušným stříhem.

Při pohledu na CT snímek zepředu (A – anterior) tento problém není patrný. Při otáčení s kelímkem ve 3D a pohledu zprava (R – right) je již vidět, že je hlavní kořen natlačen na stěně kelímku. Zmíněné jednostranné prokořeňování je ale viditelné až při rozebrání obalu.



Obr. 12: Kořenový systém třešňové sazenice číslo 3. Na levém obrázku je zachycen po rozebrání papírového kelímku na podzim 2023. Prostřední obrázek zachycuje hlavní kořen v září 2023 ve 3D zobrazení VRT v pozici A, kde natlačení na stranu kelímku není zřejmé. To je viditelné až na pravém obrázku, kde je tentýž kořen ve stejném čase v pozici R. Husté jednostranné prokořeňování obalu je ale viditelné pouze na levém obrázku rozebraného obalu.

5.9 Morfologická kvalita ověřovaná destrukční analýzou kořenů

Nepřítomnost nepřipustných deformací kořenů dle ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin byla kromě počítačové tomografie potvrzena také destrukční analýzou kořenů (obrázek 13).

V tabulce 16 jsou zaznamenány průměrné hodnoty a směrodatné odchylky výšky nadzemní části, přírůstu, tloušťky kořenového krčku a délky křivého kořene v centimetrech pro jednotlivé dřeviny. Dále v mililitrech změřený objem listů nebo jehlic, objem nadzemní části a kořenového systému i jemných kořenů o tloušťce do 1 mm. Vypočítán byl poměr objemu kořenů k objemu nadzemní části a procentuální podíl jemných kořínků.

Průměrné hodnoty výšky nadzemní části, délky křivého kořene, poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části a podíl objemu jemných kořenů k objemu celého kořenového systému byly porovnány s ČSN 48 2115. U lipového, bukového a třešňového sadebního materiálu byly tyto parametry splněny v porovnání s hodnotami uvedenými v normě pro sazenice dubu, buku, javoru a jasanu. Modřínový sadební materiál má v normě vlastní hodnoty, které splňoval kromě průměrné délky křivého kořene, která byla u zkoumaných sazenic menší. To bylo dáno zvolenou velikostí formy pro tvorbu kelímků a zastřížením kořenů.

*Obr. 13: Sadební materiál modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) s rozebraným kořenovým balem bez nepřipustných deformací kořenového systému.*



Tabulka 16: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky morfologických parametrů scanovaného sadebního materiálu PostCont po jedné vegetační sezóně u zkoumaných dřevin.

Druh	Výška nadzemní části (cm)	Přírůst (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)	Délka kůlového kořene (cm)	Objem listů (jehlic)	Objem NČ (ml)	Objem KS (ml)	Objem jemných kořenů (<1mm)	Poměr objemu KS/NČ	Podíl JK (%)
LP Průměr	31,50	13,58	0,78	12,67	1,17	7,17	11,33	4,33	1,65	39,54
LP Sm. o.	9,859	6,152	0,147	1,211	2,401	3,061	3,882	1,211	0,276	7,297
BK Průměr	32,00	8,57	0,57	11,14	1,43	5,86	4,57	1,71	0,81	35,87
BK Sm. o.	10,536	4,158	0,095	3,934	1,618	2,734	2,299	1,113	0,193	4,523
TR Průměr	35,93	7,00	0,57	12,71	0,86	5,29	10,43	4,43	2,24	35,83
TR Sm. o.	6,003	5,802	0,076	1,799	2,268	3,988	5,318	2,992	1,352	20,482
MD Průměr	33,64	12,86	0,56	8,64	2,00	8,00	4,57	2,14	0,63	46,19
MD Sm. o.	4,634	4,269	0,127	1,314	0,816	2,708	1,902	1,069	0,340	11,774

6 Diskuze

Výsledky této diplomové práce ukazují potenciál sadebního materiálu PostCont jako alternativy klasickému prostokořennému a krytokořennému sadebnímu materiálu. Zároveň ukazují prostor pro další výzkum. Možné faktory ovlivňující výsledky práce a srovnání s literaturou jsou diskutovány v následujících podkapitolách.

6.1 Parametry chlorofylu u výsadeb z roku 2021

Parametry chlorofylu u sadebního materiálu vysázeného v roce 2021 byly měřeny v průběhu tří vegetačních sezón po vysázení. Nejvíce průkazných rozdílů mezi obaleným a prostokořenným sadebním materiálem bylo u obou parametrů naměřeno v prvním roce. Jednalo se především o sadební materiál jedle bělokoré. V poměru variabilní a maximální fluorescence F_v/F_m u ní byl signifikantní rozdíl prokázán ve třech ze čtyř měření prvního roku a vždy vyšších hodnot nabýval prostokořenný sadební materiál. Podobně tomu bylo i u buku lesního. Naopak u javoru mléče ve dvou ze tří významně odlišných měření vyšších hodnot nabýval obalovaný sadební materiál. V druhém roce byl statisticky významný rozdíl prokázán pouze v jednom případě ze všech provedených měření a lze tak u všech druhů označit obě varianty ve fluorescenci chlorofylu za srovnatelné. Ve třetím roce došlo k nárůstu prokazatelných rozdílů, když bukové a dubové obalené sazenice nabývaly vyšších hodnot než jejich prostokořenné protějšky. Celkově ale ve všech třech letech převažovaly hodnoty podobné, u kterých statisticky významný rozdíl nebyl prokázán. Obecně tak lze říci, že obalený sadební materiál se od toho prostokořenného ve fluorescenci chlorofylu téměř neodlišuje.

Podobné je to i u koncentrace chlorofylu. Stejně jako v případě fluorescence se ve většině případů ve všech třech letech statisticky významný rozdíl mezi variantami prokázat nepodařilo. Na rozdíl od fluorescence, ale v případě, že se od sebe lišily, tak vždy vyšších hodnot nabýval prostokořenný sadební materiál. To se dělo v prvních dvou letech, ve třetím roce již žádný rozdíl mezi zkoumanými typy sadebního materiálu prokázán nebyl. Největší počáteční rozdíly byly zjištěny u sadebního materiálu jedle bělokoré a buku lesního. V případě dubu letního rozdíl nebyl prokázán ani jednou ze všech provedených měření za všechny tři vegetační sezóny.

Důvodem častějších vyšších hodnot fluorescence i koncentrace chlorofylu u prostokořenného materiálu v prvním roce měření bylo pravděpodobně zastřížení kořenů před obalením. Dle Duška (1997) se nadměrně dlouhé kořeny zkracují především

za účelem omezení vzniku deformací a podpory zmnožení vertikálních i bočních kořenů. Kuneš et al. (2022) uvádí, že se kořeny zastříhují jako prevence vzniku deformací také proto, aby se do vyráběného obalu vešly a neohnuly se o dno kelímku či kelímek nepoškodily. Z místa stříhu se následně začnou vyvíjet nové kořeny sledující přirozený tvar kořenového systému a podpoří se tvorba jemných svazčitých kořenů přijímajících vodu a živiny. K větvení kořenového systému na jemnější kořinky dochází v průběhu jedné až dvou vegetačních sezón po zastřižení. To ovšem nutí rostlinu vynaložit část své energie na překonání dočasného stresu způsobeného zastřižením a tato energie ji pak chybí např. na výškový přírůst. To může být vysvětlením horších výsledků obalovaného sadebního materiálu v prvním roce po zastřižení kořenů a vyrovnání fluorescence i koncentrace chlorofylu obou typů v následujících letech.

Dalším důvodem může být přítomnost různých nežádoucích látek typu rozpouštědel či lepidel obsažených v recyklovaném papíru, ze kterého se vyrábí kelímky. Ty mohou rostlinám způsobovat stres stejně jako fakt, že rašelina v kelímcích nebyla v prvním roce z technických důvodů přihnojena, aby neměl substrát sklony plesnivět při odlaďování stroje a pomalejším tempu produkce. Šlo tedy o prakticky sterilní substrát bez živin, zatímco prostokořenné sazenice mohly živiny čerpat rovnou z minerální půdy.

Dle Kuneše et al. (2022) se ale mohlo jednat také o některý z dalších stresů, které nebyly podchyceny při obalování, převozu sadebního materiálu či delších prostojích během obalování při odlaďování vyvíjené technologie.

6.2 Růstová dynamika výsadeb z roku 2021

Růstová dynamika a parametry chlorofylu byly měřeny u stejného sadebního materiálu vysázeného v roce 2021. Výsledky růstové dynamiky a výsledky měření parametrů chlorofylu u některých dřevin ukazují různé závěry. V koncentraci ani fluorescenci chlorofylu u sadebního materiálu lípy srdčité se jednotlivé varianty téměř nelišily. Zato v růstové dynamice byl tento rozdíl markantní. Výškový i tloušťkový přírůst byl ovšem prokazatelně odlišný pouze v roce 2023. To může znamenat, že již při výsadbě byl prostokořenný sadební materiál vyšší než ten obalovaný a obalení tak na jeho výšku ani tloušťku nemělo vliv. Ten se projevil až v posledním roce měření.

Naopak u buku lesního byla růstová dynamika obalovaného sadebního materiálu v prvním roce měření prokazatelně lepší, zatímco u parametrů chlorofylu tomu bylo naopak. V dalších dvou letech měření se hodnoty obou typů tohoto druhu v koncentraci

chlorofylu i růstových veličinách nelišily. Stejně tomu bylo i u tloušťkového přírůstu, výškový zaznamenal rozdíl jen v druhém roce měření, kdy byl větší u prostokořenných sazenic. Celkově lze tedy obě varianty z hlediska růstu považovat za téměř totožné.

Výšky i tloušťky jedlového sadebního materiálu byly z počátku podobné, významně se odlišovaly až v závěru měření. Výškový a tloušťkový přírůst byl prokazatelně odlišný jen v roce 2022. U parametrů chlorofylu jedlí jsou výsledky opačné. Obalovaný sadební materiál zpočátku za tím prostokořenným zaostával a časem se jejich hodnoty vyrovnaly.

Ze všech měření javoru mléče vyplývá, že se mezi sebou obalovaný sadební materiál PostCont a ten prostokořenný nijak významně neliší.

Růstová dynamika u dubu letního je složitější. V parametrech chlorofylu ani tloušťkách a tloušťkovém přírůstu se od sebe jednotlivé varianty neliší. Jinak je tomu u výšek, které byly v prvním roce měření vyšší u obalovaného sadebního materiálu. Ani na to ale zřejmě nemělo vliv obalení, protože přírůst v letech 2021 a 2022 byl vyšší u prostokořenných jedinců. V roce 2023 byl srovnatelný na rozdíl od celkových výšek, které byly v letech 2022 a 2023 vyšší u prostokořenného sadebního materiálu.

Vývoj růstové dynamiky je ovlivněn mortalitou a okusem, ke kterým na výzkumné ploše docházelo. To může mít za následek také to, že v některých letech vyšel ve výjimečných případech menší aritmetický průměr výšek či tlouštěk než v předchozím měření. Minimální tloušťkový přírůst u většiny druhů v roce 2023 je pravděpodobně způsoben klimatickými podmínkami, které byly v tomto roce výrazně suché.

Na základě měření růstové dynamiky a parametrů chlorofylu lze konstatovat, že jisté rozdíly se mezi zkoumaným obaleným a prostokořenným sadebním materiálem vyskytovaly, nejednalo se ovšem o jednoznačný trend, který by naznačoval nevhodnost obalování technologií PostCont.

6.3 Opakovací pokus

V roce 2023 byl vysázen opakovací pokus za účelem měření parametrů chlorofylu, růstové dynamiky jedinců a zjišťování jejich přežívání. Červnové měření fluorescence chlorofylu dosahuje podobných hodnot u jednotlivých variant sadebního materiálu. Prostokořenný sadební materiál dosahuje nejčastěji nejnižších hodnot, nejedná se ale o průkazný rozdíl. Průkazně nejvyšších hodnot v některých případech nabývá sadební materiál obalený v kelímku z kancelářského papíru. Celkově lze na základě tohoto

jednoho měření jednotlivé varianty považovat za srovnatelné. Stejně tomu bylo i u koncentrace chlorofylu zjišťované v červnu 2023 zároveň s fluorescencí.

K dalšímu měření již nedošlo, když byla v červenci zjištěna vysoká mortalita. Po dvou měsících s množstvím srážek okolo 30 mm za měsíc nebylo možné najít dostatečný počet živých, měřitelných jedinců. Podobný problém popisuje Martincová (1999) u výsadeb z roku 1998, kdy suché období způsobilo úhyn i sazenic, které by v příznivějších podmínkách normálně rostly. Za hlavní problém je zde považován nedostatečný kořenový systém sazenic v poměru k velikosti nadzemní části. O to se mohlo jednat i v případě pokusných výsadeb v roce 2023, kterým byly před obalováním zastřiženy kořeny a následně byly vysazeny. Neměly tak nový bal zřejmě dostatečně prokořeněný a následné suché období vedlo k vysoké mortalitě. Ta byla zaznamenána i u prostokořenného sadebního materiálu, kterému byly kořeny zastřiženy stejně jako obalovanému.

Dle Kuneše et al. (2022) mohou PostCont sazenice těžit z větší kořenové biomasy, pokud je jim před výsadbou na cílové stanoviště umožněno dostatečně zakořenit v podmínkách lesních školek ve vhodném substrátu s pravidelnou závlahou.

Možným řešením by tedy mohlo být nevysazovat čerstvě obalený sadební materiál s čerstvě zastřiženými kořeny, ale nechat ho ve školce dostatečně prokořenit s občasným zaléváním. V Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin (VÚLHM, 2023b) je jako optimální doba pěstování pro zakořenění v obalu uváděno 3 – 6 měsíců. To dokazují i výsledky destrukční analýzy sadebního materiálu PostCont. Ten byl ponechaný jednu vegetační sezónu mimo minerální půdu záhonu. Obal byl následně dostatečně prokořeněn a morfologické parametry včetně poměru objemu kořenového systému k objemu nadzemní části a podílu objemu jemných kořenů k objemu celého kořenového systému splňovaly parametry dané ČSN 48 2115.

Otázkou zůstává, zda by delší čas k prokořenění vysoké mortalitě při takto nízkém množství srážek pomohl. Mauer a Houšková (2018) uvádí, že při normálním průběhu počasí odrůstá lépe krytokořenný než prostokořenný materiál. Ovšem v období sucha je tomu naopak. Zároveň je krytokořenný sadební materiál možné vysazovat v průběhu celého roku, pokud je průběh počasí standardní. Z hlediska možnosti jarního přísušku lze za jistější dle těchto autorů považovat podzimní výsadbu, ovšem ani ta v období extrémního sucha ztrátám významněji nezabrání a za výhodnější uvádí sadbu zimní.

Vzhledem k vysoké mortalitě by bylo vhodné v budoucnosti výzkum vlivu kelímků z různých materiálů na parametry chlorofylu a růst sadebního materiálu zopakovat.

Při výsadbách v roce 2021 byl kořenový systém zastřižen pouze obalovanému sadebnímu materiálu. Prostokořenný tak v prvním roce po výsadbě dosahoval často vyšších hodnot zkoumaných parametrů. Proto mu byl v případě opakovacího pokusu kořenový systém zastřižen stejně jako jeho obalovaným protějšekům. Následkem toho byla mortalita prostokořenného sadebního materiálu největší. Jako optimální se tedy jeví při dalším výzkumu porovnávat prostokořenný sadební materiál bez zastřižených kořenů, tak jak je tomu při běžných výsadbách, s dostatečně prokořeněným obalovaným sadebním materiálem PostCont, aby se mohly jeho přednosti projevit naplno.

6.4 Parametry chlorofylu mimo minerální půdu záhonu

Parametry chlorofylu byly hodnoceny u sadebního materiálu pěstovaného na volné ploše mimo záhon v různých variantách kelímků a přihnojení substrátu. Statisticky významný rozdíl byl prokázán pouze v červnovém měření mezi sadebním materiálem jedle bělokoré obalené v kartonu, přihnojené hnojivem s dřevěným uhlím a jedle bělokoré obalené v kelímku z kancelářského papíru bez uhlí i bez přihnojení. Rozdíl mezi tímto přihnojeným materiálem a kartonovým nepřihnojeným prokázán nebyl. Nejvyšší hodnoty fluorescence chlorofylu v červnu dosahovala přihnojená jedle, v září se hodnoty jednotlivých variant vyrovnaly. U buku byly vyrovnanější v červnu, ovšem ani v září se posuzované varianty mezi sebou nelišily. U koncentrace chlorofylu z naměřených dat žádný jednoznačný trend nevyplývá a ani statisticky významný rozdíl se mezi variantami jedné dřeviny prokázat nepodařilo. Celkově jsou tedy parametry chlorofylu u různých kelímků s přihnojením nebo bez velmi podobné a materiál kelímku ani přihnojení hnojivem Silvamix Forte 60 s dřevěným uhlím nemělo na tyto parametry zásadní vliv.

6.5 Parametry PostCont kelímků vyrobených z různých materiálů

Kromě hodnocení vlivu kelímků z různých materiálů na parametry chlorofylu byla hodnocena také rozpadavost těchto obalů v půdě a trvanlivost mimo ni. Sadební materiál vysázený v obalech z recyklovaného kartonu v roce 2021 byl po třech vegetačních sezónách v půdě zcela rozložen a nebylo možné najít jeho pozůstatky. U obalů zkoumaných po jednom vegetačním období v půdě tomu bylo podobně. Kartonové kelímky byly zcela rozpadlé stejně jako obaly z nasávané kartonáže. Jediný nalezený obal byl ten vyrobený z kancelářského papíru. U tohoto typu kelímku došlo pouze k mírnému

rozpadu, a tak si po jedné sezóně stále držel svůj původní tvar. Byl ale nejlépe prokořeněn jemnými kořínky. Lze předpokládat, že k úplnému rozpadu dojde v následující sezóně a všechny typy kelímků bude možné považovat za zcela rozpadavé. Také Nývltová (2023) uvádí, že s rozpadavostí obalů sadebního materiálu PostCont po jedné vegetační sezóně nebyl žádný problém. Kořenový systém rostlin volně prorůstal obaly ze všech materiálů a nebyly nalezeny zbytky obalu, které by kořeny či kmínek zaškrcovaly. To považuje Jurásek et al. (2006) u prorůstavých obalů za důležitý požadavek. Nalezeny nebyly ani nepřijatelné deformace dle ČSN 48 2115.

Naopak při skladování na volné ploše školek je dle Juráskova et al. (2006) zapotřebí, aby krytokořený sadební materiál do výsadby držel svůj tvar a nerozpadal se příliš brzy. Proto byla měřena trvanlivost kelímků pomocí tlaku potřebného na proražení stěny obalu. Čerstvě po vytažení obaleného sadebního materiálu působí kancelářský papír méně soudržně než ten kartonový. Měření tento pocit ale nepotvrdilo a průměr i medián tlaku vyšel velmi podobný. Statisticky významný rozdíl tak prokázán nebyl. Stejně tomu v porovnání těchto dvou variant bylo i týden po obalení, kdy už byly kelímky mírně oschlé a pevnější. Statisticky se velikost tlaku ale od obou variant čerstvých kelímků nelišila. Významně větší pevnost vykazovaly obaly, ve kterých bylo přidáno dřevěné uhlí. V takovém případě se hodnoty tlaku nutného k proražení podobaly suchým kelímkům. Největší tlak bylo zapotřebí vyvinout na zcela vysušené prázdné kelímky.

Kuneš a Lopot (2022) uvádí, že mírné rozdíly v tlaku potřebném k proražení stěny kelímku jsou u stejného materiálu způsobeny její rozdílnou tloušťkou. Kelímky z různých materiálů jsou z hlediska průměrného tlaku téměř srovnatelné i podle těchto autorů a pevnost kelímků tedy závisí především na jejich vlhkosti. Čerstvé kelímky jsou nejméně pevné a dle Kuneše et al. (2023) je možné s nimi manipulovat s jistou opatrností. Pro zvýšení pevnosti je třeba nechat obaly mírně oschnout nebo přimíchat dřevěné uhlí. Celkově lze trvanlivost kelímků mimo minerální půdu záhonu vyhodnotit jako dostatečnou. K předčasnému rozpadu dochází jen ve výjimečných případech při samotné výrobě kelímku či při nevhodném zacházení.

6.6 Morfologická kvalita sadebního materiálu PostCont

Morfologická kvalita sadebního materiálu PostCont byla posuzována pomocí počítačové tomografie a destrukční analýzou obalů. Předností počítačové tomografie je to, že se jedná o nedestrukční metodu a není tak potřeba obaly pro hodnocení kořenů

rozebírat. Na druhou stranu CT snímky nabízejí pouze omezený pohled na kosterní kořeny zatímco většinu jemných kořenů nezachytí (Kuneš a Lopot, 2023). Jedná se tedy o vhodnou metodu k posuzování změny objemu kořenového systému a především deformací tlustších kořenů. Na snímcích všech zkoumaných dřevin nebyly nepřijatelné deformace dle ČSN 48 2115 nalezeny. U čtyřech jedinců se na snímcích projeví drobné deformace v podobě zahnutí postranního kořenu směrem nahoru. K vzniku této deformace došlo vkládáním sazenice do obalu, kdy byl kořenový systém moc dlouhý a ohnul se o stěnu kelímku. Tomu lze předejít ještě razantnějším stříhem kořenů před obalováním, opatrným vkládáním sazenice do vznikajícího obalu nebo urovnáním kořenů po vložení sazenice do formy na papírový kelímek. To ovšem proces obalování zpomaluje. Sadební materiál byl obalován s maximální opatrností, a proto se jednalo spíše o výjimečný problém demonstrující nutnost pečlivého zacházení obsluhy stroje. Nejednalo se o závažné deformace, které by souvisely s prorůstavostí kořenů obaly.

Destrukční analýza kořenů potvrdila nepřítomnost nepřijatelných deformací i výskyt výše zmíněných drobných deformací, které byly pozorovány také při zkoumání rozpadavosti kelímků v půdě. U jednoho jedince třešně ptačí bylo zaznamenáno jednostranné prokořenění obalu. To bylo způsobeno natlačením kmínku na stranu obalu během obalování a nové kořínky se tak rozvíjely směrem do volného prostoru s růstovým substrátem uvnitř kelímku.

Zjištěné morfologické charakteristiky byly v souladu s hodnotami uvedenými v ČSN 48 2115. Zkoumaný sadební materiál PostCont lípy srdčité, buku lesního, třešně ptačí i modřínu opadavého byl tedy z morfologického hlediska kvalitní. Menších hodnot, než uvádí norma, dosahovala pouze průměrná délka křivého kořene modřínových sazenic. To bylo způsobeno zastřížením kořenů, které se dle Juráska et al. (2004) provádí proto, aby délka kořenů odpovídala velikosti obalu a zabránilo se tak jejich ohýbání při vkládání do obalů, v případě PostContu do formy na tvorbu papírových obalů.

Také Kuneš a Lopot (2023) uvádí, že u žádné dřeviny sekundárně obalené technologickým systémem PostCont nebyly zaznamenány deformace kořenů a kvalita zkoumaného sadebního materiálu byla dobrá se splněním parametrů pro standardní sadební materiál dle ČSN 48 2115. Tento sadební materiál byl dle autorů nezávisle testován Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti v roce 2022.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posoudit kvalitu a růstovou dynamiku sadebního materiálu lesních dřevin pěstovaného nově vyvíjeným technologickým systémem PostCont a vyhodnotit různé suroviny pro tvorbu rozpadavých kelímků a různá média pro plnění těchto kelímků a jejich vliv na růst sadebního materiálu a rozpadavost kelímků v půdě a trvanlivost kelímků mimo ni.

Součástí práce bylo navázání na výzkumné aktivity z bakalářské práce autorky, během které byla posuzována fluorescence a koncentrace chlorofylu u pěti druhů lesních dřevin. Porovnáván byl prostokořenný sadební materiál s obalovým v kelímku z kartonu a oba parametry chlorofylu v prvním roce měření vycházely u těchto variant srovnatelně nebo nižších hodnot nabýval obalovaný sadební materiál PostCont.

Jako nejpravděpodobnější příčina těchto výsledků byl vyhodnocen stříh kořenů, který byl proveden pouze u obalovaného sadebního materiálu. Z tohoto důvodu bylo v rámci diplomové práce v měření parametrů chlorofylu pokračováno další dvě vegetační sezóny a v roce 2023 byl vysázen opakovací pokus, při němž došlo k zastřižení kořenů jak obalovaných, tak prostokořenných jedinců.

V druhém roce měření fluorescence chlorofylu byly obě zkoumané varianty srovnatelné bez statisticky významných rozdílů. V třetím roce se objevilo několik měření při nichž statisticky významně vyšších hodnot nabýval obalovaný sadební materiál PostCont. Celkově se obě varianty sadebního materiálu postupně vyrovnaly.

U koncentrace chlorofylu se vyskytovaly významné rozdíly mezi variantami ještě v druhé vegetační sezóně. Ve třetím roce byly ale rozdíly smazány a obě varianty sadebního materiálu tak bylo možné považovat za rovnocenné.

U stejných jedinců byla hodnocena také růstová dynamika. Z měření výšek, tloušťek a jejich přírůstků byly zjištěny určité rozdíly mezi prostokořenným a obalovým sadebním materiálem. Nelze ale hovořit o jednoznačných výsledcích, které by naznačovaly horší dynamiku růstu sadebního materiálu PostCont.

Opakovací pokus byl postižen vysokou mortalitou a tak bylo možné vyhodnotit pouze přežívání jednotlivých vysázených variant. Prostokořenného sadebního materiálu se zastřiženými kořeny přežilo jednu vegetační sezonu nejméně, naopak nejlépe přežíval sadební materiál obalový v kelímcích z kancelářského papíru a nasávaný kartonáže.

Měření parametrů chlorofylu mimo záhon s minerální půdou rozdíl mezi obaly z různých materiálů a s různými substráty neprokázalo a jejich vliv na přežívání nebyl zásadní.

Obaly vyrobené z kartonu a nasávané kartonáže lze po jedné vegetační sezóně po výsadbě považovat za zcela rozpadavé. Obaly z kancelářského papíru po jedné sezóně udržovaly svůj původní tvar, ale prorůstání kořenů nebránily. Tyto obaly byly hustěji prokořeněné jemnými kořínky a lze předpokládat, že k jejich rozpadu dojde během následující vegetační sezóny.

Trvanlivost kelímků mimo půdu a jejich manipulovatelnost je dostatečná. Kelímky po obalení drží svůj tvar a k proražení stěny obalu je zapotřebí vynaložit určité úsilí. Větší pevnost vykazoval sadební materiál se sušším balem a s balem v němž bylo přidáno rozemleté dřevěné uhlí.

Morfologická kvalita sadebního materiálu obaleného technologií PostCont byla stanovena jako dostatečná. Pomocí počítačové tomografie ani destrukční analýzou kořenů nebyly zjištěny nepřijatelné deformace kořenového systému dle ČSN 48 2115 a všechny zjištěné morfologické charakteristiky byly s touto normou v souladu.

Sadební materiál lesních dřevin produkovaný technologickým systémem PostCont lze tedy na základě výsledků této diplomové práce považovat za kvalitní se srovnatelnou růstovou dynamikou jako prostokořenný sadební materiál stejných druhů.

Vliv různých surovin použitých na výrobu kelímků ani různých substrátů na parametry chlorofylu nebyl prokázán. Vliv na rozpadavost i trvanlivost kelímků prokázán byl, ovšem ve všech případech se jedná o kelímky v půdě rozpadavé a mimo půdu trvanlivé.

Na základě této práce se technologický systém PostCont jeví jako perspektivní. Před jeho zavedením do praxe bude ale vhodné ve vývoji dále pokračovat, stejně jako v ověřování kvality sadebního materiálu, který produkuje.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

- BINDER, W. D., FIELDER, P., MOHAMMED, G.H., L'HIRONDELLE, S. J. (1996) Applications of chlorophyll fluorescence for stock quality assessment with different types of fluorometers. *New Forests*, 13, č. 1 – 3, s. 63-89.
- BURDETT, A.N. (1983). Quality Control in the Production of Forest Planting Stock. *Forestry Chronicle* 59, (3): 132–138
- BURDETT A.N., SIMPSON D.G. (1984). Chapter 21. Lifting, Grading, Packaging, and Storing. In *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*, Eds Duryea M.L. and Landis T.D. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster 227–234.
- BURDA, P. (2003). Využití hnojiv SILVAMIX v lesních školkách - vyhodnocení pokusů z lesních školek založených na jaře 2001: studie. Praha: Česká zemědělská univerzita. 48 s. ISBN 80-213-1055-3.
- ČERMÁK P., ZATLOUKAL V., CIENCIALA E., POKORÝ R., KADAVÝ J., KNIEFL M., KADLEC J., DOBROVOLNÝ L., MARTINÍK A., MIKITA T., ADAMEC Z., KUPEC P., SLOUP R., ŠIŠÁK L., PULKRAB K., TRNKA M., JUREČKA M. (2016). Katalog lesnických adaptačních opatření. Brno. Mendelova univerzita v Brně: 152 s. [online] [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: https://www.frameadapt.cz/coajdfadlf/uploads/2016/11/KATALOG_FINAL_po_strankach_web.pdf
- ČESKO. (2021) Vyhláška č. 456/2021 Sb., o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 2024-03-06]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-456>
- ČÚZK (2024). Nahlížení do katastru nemovitostí. Webová aplikace. Český úřad zeměměřický a katastrální. [online] [cit. 2024-03-22] Dostupné z: <https://nahlizidenidokn.cuzk.cz/>
- DUŠEK, V. (1997). Lesní školkařství. Písek, Matice lesnická: 139 s
- FOLTÁNEK V. (2016). Lesní školkařství v České republice - od historie k současnosti. Praha, Národní zemědělské muzeum, 155 s. ISBN 978-80-86874-70-8.
- 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

- 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. (2000) Návrh národního standardu kvality sadebního materiálu. In: Jurásek A.(ed.) Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí. Opočno, 7. – 8.2.2000. Jíloviště Strnady; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti; Výzkumná stanice Opočno, 9–20. ISBN 80-902615-6-6.
- JURÁSEK A., NÁROVCOVÁ J. (2000). Aktuální stav ověřování biologické vhodnosti obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu. Lesnická práce, 81, č. 11, s. 498. ISSN 0322-9254
- 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.
- JURÁSEK A., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. (2006) Průvodce krytokořenným sadebním materiálem lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. Metodika pro hospodářskou praxi. 55 s. ISBN 80-86386-78-3.
- KOTRLA P., INDRA P. (2000) Kvalita reprodukčního materiálu v praxi LČR, s.p. (Využití normy a standardů sadebního materiálu, kontrola kvality v návaznosti na legislativu). In: Jurásek A.(ed.): Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí. Opočno, 7. – 8.2.2000. Jíloviště Strnady; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti; Výzkumná stanice Opočno,9–20. ISBN 80-902615-6-6.
- 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. 2024-03-02]. 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. 2024-03-02]. 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.
- KUNEŠ I., LOPOT F. (2023) Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2022 k projektu Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, České vysoké učení technické v Praze, 32 s.
- KUNEŠ I., LOPOT F., HAVRÁNEK Z., ŠTOČEK O., ŠTANCL J., BALÁŠ M., BURDA P., JIRÁČEK T., HLÍDKOVÁ A., PODRÁZSKÝ V. (2023). Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont. Newsletter pro praxi, Lesnická práce, 102, č.1, s. 2–3. ISSN 0322-9254
- 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., KRÍŽOVÁ 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.
- MARTINCOVÁ, J. (1999). Hodnocení kvality sadebního materiálu před výsadbou. Lesnická práce, 78, č. 3, s. 124–125. ISSN 0322-9254
- MAUER O., HOUŠKOVÁ K. (2018). Možnosti užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesů, vliv sucha na úspěšnost jeho výsadeb. In: Houšková K., Mauer O. (eds): Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Sborník příspěvků. Hotel Myslivna Brno, 4. 10. 2018, Praha, Česká lesnická společnost. ISBN 978-800-2028-208.
- MZe (2023). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022. Praha, Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-703-0.
- 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.

- NERUDA J., ŠVEHLA A. (2000) Technický a technologický rozvoj v lesních školkách. *Lesnická práce*, 79, č. 3, s. 111–113. ISSN 0322-9254
- NÝVLTOVÁ K. (2023). Ověřování sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont (bakalářská práce). Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 61 s.
- PARRY, CH., BLONQUIST JR, J. M., BUGBEE, B. (2014). In situ measurement of leaf chlorophyll concentration: analysis of the optical/absolute relationship. *Plant, cell and environment*, 37(11), 2508–2520. ISSN 1365-3040.
- PEŠKOVÁ K. (2022). Fyziologické charakteristiky sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont (bakalářská práce). Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 48 s.
- SARVAŠ M. (2000). Hodnotenie fyziologickej kvality sadbového materiálu na Slovensku. In: Jurásek A. (ed.): *Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí. Opočno, 7. – 8.2.2000. Jíloviště Strnady; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti; Výzkumná stanice Opočno*, 9–20. ISBN 80-902615-6-6.
- ŠIMIĆ, D., LEPEDUŠ, H., JURKOVIĆ, V., ANTUNOVIĆ, J., CESAR, V. (2014) Quantitative genetic analysis of chlorophyll a fluorescence parameters in maize in the field environments. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56(7), 695–708. ISSN 1744-7909.
- ŠIŠÁK L., PULKRAB K., BUKÁČEK J., NOVOTNÝ S. (2018). Ekonomické aspekty hodnocení obnovy lesa prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem. In: Houšková K., Mauer O. (eds): *Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Sborník příspěvků. Hotel Myslivna Brno, 4.10.2018, Praha, Česká lesnická společnost*. ISBN 978-800-2028-208.
- ŠMELKOVÁ L. (2004) Používanie krytokořenného sadbového materiálu pestovaného intenzívnymi technológiami na Slovensku. 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.
- 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.
- ÚHÚL (2024). Oblastní plány rozvoje lesů. Webová aplikace. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. [online] [cit. 2024-03-22] Dostupné z: <https://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOprl.html>
- ÚNMZ, 2012. ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

- VAN BEZOUW, R.F.H.M., KEURENTJES, J.J.B, HARBINSON, J., AARTS, M.G.M. (2019) Converging phenomics and genomics to study natural variation in plant photosynthetic efficiency. *The Plant Journal*, 97(1), 112–133. ISSN 1365-313X.
- VAN DEN DRIESSCHE (1984). Chapter 7. Soil Fertility in Forest Nurseries. In *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*, Eds Duryea M.L. and Landis T.D. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster 63–74.
- VÚLHM, v.v.i. (2021). Výroční zpráva 2020. Jíloviště, Strnady. VÚLHM, v.v.i.[online] [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2021/06/Vyrocnizprava-RUZ-2020.pdf>
- VÚLHM, v.v.i. (2022). Výroční zpráva 2021. Jíloviště, Strnady. VÚLHM, v.v.i.[online] [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2022/07/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD-zpr%C3%A1va-RUZ-2021.pdf>
- VÚLHM, v.v.i. (2023a). Výroční zpráva 2022. Jíloviště, Strnady. VÚLHM, v.v.i.[online] [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2023/06/Vyrocnizprava-RUZ-2022.pdf>
- VÚLHM, v.v.i. (2023b). Katalog biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin. Opočno. VÚLHM, v.v.i.[online] [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: http://vulhm.opocno.cz/download/katalog4/kl40_PostCont_D80H140_240209.pdf