

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Ověřování sadebního materiálu produkovaného
technologíí PostCont**

Bakalářská práce

Autor práce: Kristýna Nývltová

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|-------------------------|---|
| Autorka práce: | Kristýna Nývltová |
| Studijní program: | Lesnictví |
| Specializace: | Ochrana a pěstování lesních ekosystémů |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D. |
| Garantující pracoviště: | Katedra pěstování lesů |
| Jazyk práce: | Čeština |
| Název práce: | Ověřování sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont |
| Název anglicky: | Evaluation of Planting Stock Produced by the PostCont Technology |
| Cíle práce: | Provést morfologické analýzy sadebního materiálu PostCont Posoudit prorůstavost a biologickou nezávadnost kelímků PostCont |
| Metodika: | Vypracujte stručnou rešerši, která se bude týkat krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu (květen až září 2021). Ve spolupráci se školitelem navrhnete a založte experiment zaměřený na prorůstavost kelímků PostCont (květen až červen 2021). |

Stanovte základní morfologické charakteristiky sadebního materiálu: výška, tloušťka v krčku, délka křového kořene, objem nadzemní a podzemní části a posuďte morfologii kořenového systému. Morfologické charakteristiky porovnejte s údaji ve vyhlášce č. 29/2004 Sb. a v normě ČSN 48 2115.

Počty a opakování stanovte tak, aby bylo možné výsledky relevantně vyhodnotit.

Experiment bude dlouhodobější a s jeho konečným vyhodnocením se počítá v rámci diplomové práce.

Metodiku experimentu zapracujte do bakalářské práce (do října 2021).

Vyhodnořte první část experimentu (výšky, tloušťky v krčku, objem nadzemní a podzemní části, morfologie sadebního materiálu).

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

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

Doporučený rozsah práce: alespoň 35 stran

Klíčová slova: lesní školkařství; obalování; kvalita sadebního materiálu; produkce sadebního materiálu

Doporučené zdroje informací:

1. ČNI (2012). ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Český normalizační institut, Praha.
2. 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.

3. Dušek V (1997). Lesní školkařství. Matice lesnická, Písek, pp. 139.
4. 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.
5. 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.
6. Trenkel ME (2010). Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France, pp. 160.

Předběžný termín 2021/22 LS - FLD

obhajoby:

Elektronicky schváleno: 27. 4. 2021

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 26. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/diplomovou práci na téma: Ověřování sadebního materiálu produkovaného technologií 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 bakalářskou 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 bakalářské/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. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala projektu TAČR SS01020189 Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologií PostCont, díky kterému mohla tato práce vzniknout. Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. za vedení práce, obětavost, trpělivost a také poutavý výklad ve výuce, který mě k tomuto tématu dovedl. Dík také patří mé rodině a přátelům, kteří věrně stáli po mém boku po celou dobu studií.

Ověřování sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont

Abstrakt

Lesy jsou v České republice z velké části obnovovány a zalesňovány umělou sadbou. Proto je v našem zájmu produkovat co nejkvalitnější sadební materiál s co nejvyšší ujmavostí za co nejnižších nákladů. V současné době máme na trhu k dispozici prostokořenný a krytokořenný sadební materiál. Oba tyto typy sadebního materiálu mají svoje výhody i nevýhody. Alternativou k těmto způsobům je pěstování sadebního materiálu technologií PostCont, což je metoda, při níž se sazenice z počátku pěstují jako prostokořenný materiál, který je levnější a jednodušší na produkci. Následně po vyzvednutí prostokořenných sazenic dojde k obalení kořenových systémů rostlin do rašeliny s papírovým obalem poloautomatickým obalovacím strojem.

Tato práce je zaměřena na ověřování kořenových systémů sadebního materiálu pěstovaného touto technologií. Výzkum byl proveden v Kostelci nad Černými lesy na výzkumné stanici Truba. Vývoj dřevin byl zkoumán na třech stanovištích.

Na prvním stanovišti, kterým je pozemek bývalé lesní školky, byl sadební materiál pěstovaný technologií PostCont porovnáván s prostokořenným sadebním materiálem z hlediska růstu a vývoje. Dále u něj byl pozorován rozpad papírového kelímku, prorůstavost kořenových systémů obalem, deformace a hustota kořenového systému. Výsledky na tomto stanovišti ukázaly, že sadební materiál pěstovaný technologií PostCont měl v porovnání s prostokořenným sadebním materiálem nižší výškový přírůst, měl však vyšší hustotu kořenových systémů. Obaly se až na výjimku v půdě rychle rozpadly a tím pádem nebyl problém ani s prorůstavostí obalu, kořenové systémy nebyly deformovány.

Na druhém stanovišti byly zkoumány semenáčky buku lesního ve fóliovém krytu. Semena byla vyseta do obalů vytvořených technologií PostCont. Na semenáčcích byl pozorován růst kořenových systémů, u kterých byl eliminován vliv stroje při sázení. Zjistili jsme, že u kořenových systémů semenáčků nevznikl žádný problém s jejich vývinem, nebyly nijak deformovány a papírové kelímky se brzy rozpadly.

Třetí stanoviště bylo založeno za účelem pozorování porůstových obalů technologií PostCont mimo půdu. U sazenic byla zkoumána prorůstavost a rozpadavost obalů, prokořenění a deformace kořenových systémů. Rychle se rozkládaly obaly, u

kterých bylo do substrátu přidáno hnojivo, ty také dobře prorůstaly, kořenové systémy nevykazovaly žádnou deformaci a byly hustě prokořeněny. Nejpomaleji se rozpadaly obaly, u kterých bylo vyšší proudění vzduchu způsobující osychání stěn, docházelo zde k mírným deformacím kořenů, které však byly normou přípustné.

Klíčová slova: lesní školkařství; obalování; kvalita sadebního materiálu; produkce sadebního materiálu

Evaluation of Planting Stock Produced by the PostCont Technology

Summary

Forests are restored and afforested with artificial planting. We have to produce the highest quality planting material. At present, we have got the most widely used bare-rooting and container planting material available on the market.

This work is focused on verifying the root systems of planting material grown by PostCont technology, which is alternative of bare-rooting and container planting. The research was carried out at the Truba research station in Kostelec nad Černými lesy. Tree development was researched at three habitats.

In the first habitat, the planting material was cultivated with PostCont technology which was compared with bare-rooting planting material in terms of growth and development. The disintegration of the paper cup, the permeability of the root system through the packaging, the deformation and the density of the root system were observed. The results showed that the planting material had a lower height growth of the plant compared to the bare-root planting material, but had a higher density of root systems. The containers disintegrated rapidly in the soil, so there was no problem with the permeability through the containers, the root systems were not deformed.

In the second habitat, beech seedlings were examined in foil cover. The seeds were sown in a containers. The growth of root systems was observed on the seedlings, in which was eliminated the effect by technology during the planting. The root systems of the seedlings did not show any problems with their development, they were not deformed and the paper cups soon disintegrated.

The third habitat was based on observation of PostCont technology by using growth through containers off-soil.

In the case of plants growth, the permeability and disintegration of the containers, rooting and deformation of root systems were investigated.

The containers with fertilizer added to the substrate, disintegrated quickly, seedlings also grew well, the root systems showed no deformation and were densely rooted.

The containers with a higher air flow disintegrated the slowest, there was a slight deformation of the roots but were permissible by the standard.

Keywords: nursery practice, container planting, quality planting stock, planting

Obsah

| | |
|---|-------------|
| Seznam tabulek, obrázků a grafů | 13 |
| 1 Úvod | 16 - |
| 1.1 Výhody a nevýhody prostokořenného sadebního materiálu | 16 - |
| 1.2 Výhody a nevýhody krytokořenného sadebního materiálu | 17 - |
| 1.3 PostCont jako kompromis | 17 - |
| 2 Cíl práce | 18 - |
| 3 Literární rešerše | 19 - |
| 3.1 Krytokořenný a prostokořenný sadební materiál | 19 - |
| 3.1.1 Historie lesních školek a vývoje sadebního materiálu v Čechách do konce 20. století | 19 - |
| 3.1.2 Kvalita sadebního materiálu | 21 - |
| 3.1.2.1 Ideální architektura kořenových systémů dřevin s křivým kořenem | 22 - |
| 3.1.3 Prostokořenný sadební materiál | 22 - |
| 3.1.4 Krytokořenný sadební materiál | 23 - |
| 3.1.5 Ověřování biologické vhodnosti obalů | 24 - |
| 3.1.6 Růstové médium | 24 - |
| 4 Metodika | 25 - |
| 4.1 Technologie obalování metodou PostCont | 25 - |
| 4.1.1 Popis obalovacího stroje PostCont | 25 - |
| 4.1.2 Funkce obalovacího stroje PostCont | 25 - |
| 4.1.3 Papírová směs | 26 - |
| 4.1.4 Substrát | 26 - |
| 4.2 Sadební materiál použitý na výzkum | 26 - |
| 4.3 Výzkumná plocha | 27 - |
| 4.3.1 Stanoviště č. 1 - výsadba na bývalé lesní školce | 27 - |
| 4.3.2 Analýza kořenových systémů | 28 - |
| 4.3.3 Stupnice hodnocení obalů a kořenových systémů | 29 - |
| 4.3.3.1 Stupnice hodnocení prorůstavosti KS obalem | 29 - |

| | | |
|---------|--|---------------|
| 4.3.3.2 | Hodnocení rozpadavosti obalů..... | - 30 - |
| 4.3.3.3 | Stupnice prokořnění sadebního materiálu | - 30 - |
| 4.3.3.4 | Stupnice deformací kořenového systému..... | - 31 - |
| 4.3.4 | Stanoviště č. 2 - foliový kryt..... | - 32 - |
| 4.3.5 | Stanoviště č. 3 - plastové přepravky | - 32 - |
| 5 | Výsledky..... | - 34 - |
| 5.1 | Výškový přírůst krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu naměřený v roce 2021 na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 34 - |
| 5.2 | Tloušťky krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu naměřeného v roce 2021 na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 35 - |
| 5.3 | Hustota zastoupení jemné kořenové frakce v kořenovém systému rostlin na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 37 - |
| 5.4 | Deformace KS na stanovišti č. 1 – venkovní záhon..... | - 38 - |
| 5.5 | Rozpadavost obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 40 - |
| 5.6 | Prorůstavost KS stěny obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon..... | - 41 - |
| 5.7 | Prorůstavost KS dnem obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 42 - |
| 5.8 | Stanoviště č. 2 – foliový kryt..... | - 43 - |
| 5.9 | Výšky dřevin na stanovišti č. 3 – plastové přepravky..... | - 44 - |
| 5.10 | Délka křivého kořene dřevin na stanovišti č. 3 – plastové přepravky - | 45 - |
| 5.11 | Rozpadavost obalu na stanovišti č. 3 - plastové přepravky..... | - 46 - |
| 5.12 | Prorůstavost KS stěny obalů na stanovišti č. 3 - plastové přepravky .- | 47 - |
| 5.13 | Prorůstavost KS dnem obalu na stanovišti č. 3 - plastové přepravky...- | 48 - |
| 5.14 | Hustota kořenového vlášení na stanovišti č. 3 - plastové přepravky | - 49 - |
| 5.15 | Deformace kořenového systému na stanovišti č. 3 – plastové přepravky- | 50 - |
| 6 | Diskuse..... | - 51 - |
| 6.1 | Výškový přírůst sazenic na stanovišti č. 1 – venkovní záhon..... | - 51 - |
| 6.2 | Tloušťky krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu č. 1 – venkovní záhon | - 51 - |
| 6.3 | Hustota zastoupení svazčitých kořenů v kořenových systémech na stanovišti č. 1 – venkovní záhon | - 52 - |
| 6.4 | Deformace KS na stanovišti č. 1 – venkovní záhon..... | - 52 - |
| 6.5 | Rozpadavost obalu u sazenic na stanovišti č. 1 – venkovní záhon..... | - 53 - |
| 6.6 | Prorůstavost obalů stěny i dnem obalů na stanovišti č. 1 - venkovní záhon - | 53 - |
| 6.7 | Sadební materiál buku lesního pěstovaný na stanovišti č. 2 - foliový kryt ..- | 53 - |
| 6.8 | Výšky dřevin a délky křivého kořene na stanovišti č. 3 – plastové přepravky..... | - 54 - |

| | | |
|-------------|---|---------------|
| 6.9 | Rozpadavost obalů na stanovišti č. 3 - plastové přepravky..... | - 54 - |
| 6.10 | Hustota kořenového vlášení na stanovišti č. 3 - plastové přepravky | - 55 - |
| 6.11 | Deformace KS na stanovišti č. 3 - plastové přepravky | - 55 - |
| 7 | Závěr | - 55 - |
| 8 | Seznam použitých zkratk a symbolů..... | - 57 - |
| 9 | Literatura | - 58 - |

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulky

| | |
|---|--------|
| Tabulka 1: Stupnice hodnocení prorůstavosti kořenových systému celulózovým kelímekem PostCont..... | - 30 - |
| Tabulka 2: Tabulka stupnice hodnocení rozpadavosti celulózového obalu PostCont | - 30 - |
| Tabulka 3: Tabulka stupnice hodnocení prokořenění svazčitými kořeny (<1 mm) u ověřovaných dřevin..... | - 31 - |
| Tabulka 4: Tabulka stupně hodnocení deformací kořenového systému ověřovaných dřevin | - 32 - |
| Tabulka 5 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost výškového přírůstu prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05 | - 35 - |
| Tabulka 6 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost tloušťek dřevin ze stanoviště č. 1 prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05 | - 36 - |
| Tabulka 7 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost prokořenění na stanovišti č. 1 prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05..... | - 38 - |
| Tabulka 8 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost deformací kořenového systému na stanovišti č. 1 prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05 | - 39 - |
| Tabulka 9 Výsledky hodnocení krytokořenného sadebního materiálu buku lesního (BK) pěstovaného ve foliovém krytu v písčitém substrátu..... | - 43 - |

Gragy

| | |
|--|--------|
| Graf 1 Porovnání průměru výškového přírůstu obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB) za vegetační sezónu 2021 Číselné hodnoty znázorňují průměry výšek a chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku. | - 34 - |
| Graf 2: Průměr tloušťek obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB) měřené 13. července roku 2021. Číselné hodnoty znázorňují průměr tloušťek sazenic. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku. | - 36 - |
| Graf 3: Graf stupně prokořenění prostokořenných a krytokořenných sazenic u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL), dle stupnice hodnocení: 1 – kořenový systém s velmi hustou frakcí tenkých svazčitých kořenů, 2 – kořenový systém s frakcí svazčitých kořenů rovnoměrně | |

rozmístěnou, 3 – kořenový systém s ojedinělým zastoupením svazčitých kořenů, 4 – kořenový systém s velmi nízkým zastoupením svazčitých kořenů. Číselné hodnoty znázorňují průměr stupnice prokořenění u dané dřeviny. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku. - 37 -

Graf 4: Graf deformací kořenových systémů na stanovišti č. 1 u obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléč (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP), dubu letního (DB) a olše lepkavé (OL) dle stupnice hodnocení 1-4: 1 – kořenový systém bez výskytu deformace, 2 – kořenový systém s ojedinělým výskytem mírných deformací, 3 – kořenový systém s přípustnou deformací, 4 – kořenový systém s nepřípustnou deformací. Číselné hodnoty znázorňují průměry deformací ze stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. . - 39 -

Graf 5: Graf rozpadavosti papírového obalu ze stanoviště č. 1 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice 1-4: 1 – obal je úplně rozpadlý, 2 – obal je rozpadlý z 50 % a více, 3 – obal je rozpadlý do 50 %, 4 – Obal se nerozpadá. Číselné hodnoty znázorňují průměry rozpadavosti obalů ze stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 40 -

Graf 6 Graf ukazuje hodnocení prorůstavosti kořenových systémů stěny papírového obalu u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojediněle prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstání stěny obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 41 -

Graf 7 Graf hodnocení prorůstavosti kořenových systémů dnem papírového obalu u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojedinělé prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstání obalů dnem dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 42 -

Graf 8 Průměrné výšky dřevin na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípa srdčitá s přidáním hnojiva (LPH). Číselné

hodnoty znázorňují průměrné výšky dřevin. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku..... - 44 -

Graf 9 Průměrná délka kořenových systémů na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípa srdčitá s přidáním hnojiva (LPH). Číselné hodnoty znázorňují průměrné délky kulových kořenů dřevin. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 45 -

Graf 10: Graf rozpadavosti papírového obalu na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípa srdčitá s přidáním hnojiva (LPH). Stupnice 1-4: 1 – obal je úplně rozpadlý, 2 – obal je rozpadlý z 50 % a více, 3 – obal je rozpadlý do 50 %, 4 – obal se nerozpadá. Číselné hodnoty znázorňují průměry rozpadavosti obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku. - 46 -

Graf 11: Graf ukazuje hodnocení prorůstavosti kořenových systémů stěny papírového obalu u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená Recultanem (LPH) ze stanoviště č. 3. Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojedinělé prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstavosti obalů stěny obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 47 -

Graf 12 Graf hodnocení prorůstavosti kořenových systémů dnem papírového obalu na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená (LPH) Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojediněle prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstavosti obalů dnem obalů stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.. - 48 -

Graf 13: Graf prokořenění na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená Recultanem (LPH): 1 – kořenový systém s velmi hustým kořenovým vlášením, 2 – kořenový systém s kořenovým vlášením rovnoměrně rozmístěným, 3 – kořenový systém s ojedinělým kořenovým vlášením, 4 – kořenový systém nemá téměř žádné kořenové vlášení. Číselné hodnoty znázorňují průměry prokořenění dané dřeviny dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku..... - 49 -

Graf 14: Graf deformací kořenových systémů na stanovišti č. 3 u obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH), dle stupnice hodnocení 1–4: 1 – kořenový systém bez výskytu deformace, 2 – kořenový systém s ojedinělým výskytem mírných deformací, 3 – kořenový systém s přípustnou deformací, 4 – kořenový systém s nepřipustnou deformací. Číselné hodnoty znázorňují průměry deformací kořenového systému dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku. - 50 -

1 Úvod

Lesní plochy jsou z větší části obnovovány umělou obnovou. Uměle se obnovují např. holoseče, kalamitní plochy, vnáší se druhová příměs nebo se zalesňují nové, původně nelesní plochy. V roce 2021 bylo obnoveno 49 790 ha lesa. Z této plochy bylo pouze 9 111 ha (18,3 %) obnoveno přirozeně, 264 ha (0,53 %) bylo obnoveno sítí a zbylých 40 415 ha (81,17 %) bylo obnoveno umělou výsadbou (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2021). Z tohoto důvodu je v našem zájmu zajistit sadební materiál nejlepší kvality s vysokou ujímavostí a dosáhnout, aby co nejrychleji vykazoval trvalý přírůst.

V současnosti se k výsadbě používají hlavně dvě varianty sadebního materiálu: prostokořenný a krytokořenný sadební materiál. Oba tyto typy mají svoje přednosti a nevýhody z pohledu odběratelů i prodejců.

1.1 Výhody a nevýhody prostokořenného sadebního materiálu

Prostokořenný sadební materiál je mnohem jednodušší pěstovat v lesní školce. Na menší ploše můžeme vypěstovat více prostokořenných sazenic než sazenic krytokořenných. Cenově je prostokořenný materiál dostupnější, a to z hlediska jednoduchosti hnojení, závlahy atd. Prostokořenný sadební materiál vykazuje nižší náklady na dopravu, protože se lépe ukládá a nezabere tolik místa.

Nevýhod při pěstování prostokořenného sadebního materiálu však také není málo. Ve výhodách byla zmíněna snazší přeprava, to je ovšem jen z pohledu hmotnosti a objemu rostlin. Prostokořenný materiál je mnohem citlivější na způsob manipulace po vyzvednutí ze záhonu. Musí se mnohem důkladněji dbát na podmínky jeho skladování (kořeny stále udržovat vlhké a chráněné proti mrazu). Oproti krytokořennému sadebnímu materiálu může mít na komplikovanějších stanovištích nižší ujímavost v závislosti na mnoha okolnostech. Další značnou nevýhodou je jeho poměrně krátká doba na výsadbu (může se vysazovat pouze ve vegetačním klidu, jehličnany se nedoporučují vysazovat ani na podzim). Je náchylnější na šok z přesazení a tím pádem může déle trvat, než se dostane do stavu zajištěné kultury. (LEUGNER, MARTINCOVÁ A JURÁSEK 2012, POLÍVKA, SPORKOVÁ a ZÍTOVÁ 2017)

1.2 Výhody a nevýhody krytokořenného sadebního materiálu

Velikou výhodou krytokořenného sadebního materiálu je jeho odolnost vůči vnějším vlivům před výsadbou (nevhodná manipulace, sucho, mráz). Lze jej vysazovat po delší dobu během roku než prostokořenný sadební materiál. Není tolik náchylný na šok z přesazení, rychleji doroste do zajištěné kultury, má vyšší ujímavost než prostokořenný sadební materiál. Při výsadbě můžeme použít o 10 % sazenic méně, než určují minimální hektarové počty (Příloha č. 4 k vyhlášce č. 456/2021 Sb.). Musí se ale pěstovat v adekvátních obalech, aby se předcházelo kořenovým deformacím. (MAUER *et. al* 2006, JURÁSEK, MARTINCOVÁ a NÁROVCOVÁ 2004)

Nevýhodou krytokořenného sadebního materiálu je jeho vyšší cena výroby (zázemí, substrát, závlaha, sadbovače). Je potřeba velký prostor na skladování, ale i přepravu sadebního materiálu. Nevýhodou je jeho hmotnost. (MAUER *et. al* 2006, JURÁSEK, MARTINCOVÁ a NÁROVCOVÁ 2004)

1.3 PostCont jako kompromis

Kompromisem mezi těmito typy materiálu je nově vyvíjená metoda pěstování sazenic technologií PostCont. Jedná se o metodu pěstování, u které se sazenice zpočátku pěstují jako prostokořenný sadební materiál. Následně se sazenice vhodné k obalení vyzvednou ze záhonů a pomocí obalovacího zařízení PostCont obalí do substrátu s prorůstavým papírovým obalem z recyklovaného papíru.

Tím, že se sadební materiál produkovaný technologií PostCont pěstuje z počátku jako prostokořenný sadební materiál, má výrazně nižší ekologickou stopu. Není zde tak vysoká spotřeba závlahové vody, postřiků a hnojiv jako u obalované sadby. Tím, že se sadební materiál následně obalí a převezde se do porostu obalený, prodlouží se nám možnost výsadby sazenic během roku. Za normálních podmínek nebudou sazenice PostCont tak náchylné na šok z přesazení a budou odolnější vůči vnějším vlivům prostředí.

Jednou z dalších výhod je, že sadební materiál produkovaný technologií PostCont je sázen do prorůstavých obalů. Ty jsou vyrobeny ze směsi starého papíru (dřevoviny) a vody. Obal proto není závadný pro životní prostředí, v lese se rozloží a nevzniká z něj žádný odpad. Další z výhod pěstování technologií PostCont je poloautomatizovaná výroba, konkrétně automatizované sázení sazenic do kelímků.

Důvodem pěstování tímto způsobem není nahradit pěstování krytokořenného nebo prostokořenného sadebního materiálu, pouze trh obohatit o další možnosti. Tuto metodu lze uplatnit například v lesních školkách orientovaných na prostokořennou produkci, kdy z nějakého důvodu potřebují zvýšit odolnost prostokořenného sadebního materiálu při skladování, přepravě a na stanovišti při a po výsadbě.

2 Cíl práce

Cílem této práce je provedení morfologických analýz sadebního materiálu produkovaného technologií PostCont. Práce porovnává vývin dřevin produkovaných technologií PostCont s prostokořennými sazenicemi. Dále má ověřit prorůstavost kořenových systémů papírovým obalem a posoudit jeho biologickou nezávadnost ve vztahu k sadebnímu materiálu. Dále posuzuje rozpadavost obalů v půdě.

3 Literární rešerše

3.1 Krytokořenný a prostokořenný sadební materiál

3.1.1 Historie lesních školek a vývoje sadebního materiálu v Čechách do konce 20. století

Počátky obnovy lesa za použití sadebního materiálu sahají do sedmdesátých let 18. století, kdy se začaly rozšiřovat první formy lesního školkařství. Do této doby se lesní školky objevovaly jen u jednotlivců, a to například v roce 1664 na schwarzenberských lesích z důvodu nedostatku dubů a buků. V sedmdesátých letech 18. století se sazenice vyzvedávaly z hustého náletu nebo byly pěstovány v semeništech (lesních školkách). K velkému rozmachu pěstování sazenic (školkařství) došlo v první polovině 19. století, kdy bylo zjištěno, že obnova sítí, která se do té doby používala nejvíce, je dražší a méně efektivní než obnova sadbou. Jednalo se převážně o 3 až 4leté prostokořenné sazenice, jsou však doklady i o výsadbě 1 a 2letých sazenic. Ze třicátých let 19. století pocházejí i podklady o balíkové sadbě, konkrétně z roku 1831 z Jindřichohradecka a z roku 1838 z Plaska, což dokládá i prvopočátky obalovaného sadebního materiálu. (FOLTÁNEK 2016, ŠMELKOVÁ 2004)

K plnému uplatnění umělé sadby došlo v období druhé poloviny 19. století, kdy bylo potřeba zalesnit rozsáhlé holiny vzniklé větrnou, sněhovou i kůrovcovou kalamitou, kterými byla postižena střední Evropa. U nás byla od roku 1850 do roku 1870 nejvíce zasažena Šumava. V těchto letech se začaly zakládat lesní školky trvalé, které postupně čím dál víc nahrazovaly dočasná semenišť, jež byla doposud používána. Na kvalitu sadebního materiálu se začal klást vyšší důraz, sazenice se začaly školkovat. Zdokonaloval se provoz lesních školek v oblasti úpravy půd. Půdy se začaly hnojit kompostem, po čase i hnojivy umělými. Dále se zemina vápnila a kypřila. U kypření dokonce došlo i k částečné mechanizaci, kde se pro prokypření zeminy začaly používat pluhy a brány. Na konci 19. a začátku 20. století se počalo se sadebním materiálem obchodovat. Na úrodnějších půdách se zakládaly velkoškolky, osivo se nakupovalo od nezávislých sběračů. V tomto období docházelo ve velkoškolkách často i k pěstování dřevin z biologicky nekvalitního materiálu, který byl pěstován v přehoustlých sítích, často bylo používáno osivo z nevhodných porostů. (FOLTÁNEK 2016)

K dalšímu většímu rozmachu lesního školkařství a tím pádem i sadebního materiálu došlo po druhé světové válce. V tomto období byly lesy ve vážném stavu (ovlivnění

exploatačním válečným hospodařením, suchem i kůrovcovou kalamitou). Nutnost vyžadovalo i zalesnění nelesních půd. Pro obnovu či založení lesa na kalamitních plochách a plochách zemědělských půd určených k zalesnění, které měly v roce 1945 dohromady cca 245 000 ha, bylo potřeba ročně vypěstovat 596 milionů sazenic pro celou ČSR. Výměra lesních školek v ČSR tehdy činila okolo 1 222 ha. Lesní školky tedy potřebovaly zvětšit na více než dvojnásobek. Potřebnou plochu se podařilo po dvanácti letech i převýšit a v roce 1957 bylo na našem tehdejší území evidováno 3 597 ha. Z větší části se však jednalo o velkoškolkařské závody a sazenice byly často převáženy na větší vzdálenosti. (FOLTÁNEK 2016)

V druhé polovině 20. století, od roku 1960, se tedy zaměřilo umístění lesních školek tak, aby jednotlivé kraje byly soběstačné. Důraz se kladl na to, aby sadební materiál nebyl převážen na velké vzdálenosti. Většina původních velkošcolek se rušila nebo upravovala a zakládaly se nové menší lesní školky. Pozornost se opět ve větším zaměřila na technologie pěstování sazenic. V této době se začala považovat kvalita sazenic za zásadnější než jejich kvantita. Pro dosažení vyšší jakosti se doporučovalo sít semena lesních dřevin (hlavně jehličnanů) do plnosíjí místo síjí do proužků a rývek ve volných záhonech. Zahájilo se pěstování sadebního materiálu na půdách obohacených o substrát, dále také na jehličnatých hrabankách a následně i na rašelinových substrátech pod polyetylenovým krytem takzvanou finskou metodou. (FOLTÁNEK 2016)

Do této doby (šedesátá až sedmdesátá léta 20. století) sahají i počátky vývoje pěstování krytokořenných sazenic v neprorůstavých obalech. Nejprve se jednalo o různé pokusy v polyetylenových sáčcích nebo v obalech z textilu. V 60. letech se u nás začaly používat rašelinocelulózové rozpadavé obaly (RCK) o objemu 400 až 1 000 cm³, které se k nám dostaly ze zahraničí. Do celulókových kelímků se umístila rašelina, do níž byly vysazeny semenáčky, které se ještě toho roku vysadily do porostu. Krytokořenné sazenice pěstované tímto způsobem se dobře ujímaly i v extrémních podmínkách. Tento princip se dodnes používá. Na trh se v tomto období dostaly také polyetylenové roláky Nisula pocházející z Finska, které však nepříznivě ovlivňovaly strukturu kořenových systémů. (ŠMELKOVÁ 2004, POLENO a VACEK *et. al* 2009, MAUER *et. al* 2006)

V sedmdesátých až devadesátých letech 20. století došlo v lesním školkařství k dalším větším změnám. Opět se začalo ustupovat od malých školek, ve kterých nebylo možné uplatňovat moderní technologie, a budovaly se velkoškolky či školkařská sdružení. Malé školky se zpočátku rušily, po čase se však zjistilo, že i ty jsou pro lesnictví nezbytné. (FOLTÁNEK 2016) V období sedmdesátých až devadesátých let prošel i

obalovaný sadební materiál řadami změn. V sedmdesátých letech se na trh kromě obalů ze zahraničí, jako například papírovo-voštinové Paperpots nebo sadbovače pevné Kopparfors, dostaly také sadbovače vyrobené v Česku, a to jak voštinové, tak pevné. V osmdesátých letech u nás dokonce vznikly i dva patenty na výrobu krytokořenného sadebního materiálu. Jeden byl vynalezen v lesní školce Zelená bouda. Sazenice byla obalena kašovitou směsí s papírovým obalem. Druhý patent byl udělen obalovanému sadebnímu materiálu PSL 80/50 z výzkumné stanice VÚLHM Křtiny. Postupem času však o tento sadební materiál klesala poptávka. Jednalo se totiž o obalovaný sadební materiál středního objemu, který se těžko přepravoval a následně se také objevovaly potíže s deformací kořenů. Zlom k opětovnému nárůstu využívání krytokořenného sadebního materiálu nastal koncem devadesátých let. Na trh přišly opět nové typy obalů vyrobených jak v Čechách, tak v zahraničí. Rozmachu se také dočkala tuzemská výroba substrátů a foliových krytů. V tomto období začalo docházet také k ověřování kvality a biologické vhodnosti sadebního materiálu. (POLENO a VACEK *et. al* 2009, MAUER *et. al* 2006)

3.1.2 Kvalita sadebního materiálu

Velice důležitá je kvalita sadebního materiálu. Kvalita se rozlišuje podle genetických, fyziologických a morfologických znaků. Důležitý je samozřejmě i zdravotní stav rostlin. Genetické znaky závisí na původu semen a částech rostlin z mateřských stromů.

Fyziologické vlastnosti ovlivňuje především obsah vody a zásobních látek, stav terminálních pupenů a další. Tyto údaje se převážně zjišťují pomocí destrukčních analýz, pomocí přístrojů, či laboratorních postupů. Oproti morfologickým vlastnostem se tyto údaje mohou velice rychle měnit (změny je vyzvednutí sazenice, přesazení atd.). (POLENO a VACEK *et. al* 2009)

Morfologické znaky se po výsadbě výrazně nemění. Snadno se měří nebo se ověřují vizuálně. Mezi morfologické znaky řadíme výšku nadzemní části (měřená je od kořenového krčku k terminálnímu pupenu v centimetrech), tvar, poměr objemu nadzemního a kořenového systému rostliny, u kořenových krčků jeho tloušťku (měřenou v milimetrech v místě barevné změny mezi podzemní a nadzemní částí dřeviny těsně nad zemí), tvar a velikost kořenových systémů.

K obnově a zalesnění pozemků musí být použit sadební materiál s odpovídající kvalitou. (POLENO a VACEK *et. al* 2009, ÚNMZ 2012, LANDIS, DUMROESE, HAASE 2010)

3.1.2.1 Ideální architektonika kořenových systémů dřevin s křivým kořenem

Norma 48 2115 příloha A (normativní) uvádí ideální architektoniku kořenových systémů a jejich přípustné odchylky. U ideálního křivého kořene vyrůstá z kmenové báze jeden geotropický kořen, který roste přirozeným směrem, z něž jsou rovnoměrně rozmístěny boční kořeny. U dřevin s křivým kořenem existují přípustné odchylky. Z konce kmene roste přirozeně několik geotropických panoh správně rostoucích (může být vícenásobná u poloodrostků). U kořenů, které rostou geotropicky správně, je přípustná odchylka plus mínus 4 cm od svislé osy, která nesmí být překročena. Vychýlená osa nadzemní části kmene nepřevyšuje čtyřnásobek tloušťky kořenového krčku. Maximální odchylka, která je přípustná při odchýlení křivého kořene nebo panoh od osy nadzemní části, je 45°. Kořenová špička křivého kořene nesmí od osy kmene nadzemní části přesáhnout 10 cm. Boční kořeny nesmějí růst tak, aby obtáčely nebo se vzájemně proplétaly, musejí zachovat stále stejný směr růstu. Přípustná odchylka je pouze u kořenů rostoucích povrchově, které se změny na kořeny rostoucí geotropicky správně. U krytokořeného sadebního materiálu je přípustná tvorba panoh. (ÚNMZ 2012, POLENO a VACEK *et. al* 2009, ÚNMZ 2012, MAUER 2013)

3.1.3 Prostokořený sadební materiál

Prostokořený sadební materiál je sadební materiál, který je pěstován v lesních školkách na minerální půdě a vyzvedáván ze záhonů. Kořenové systémy (KS) tohoto sadebního materiálu jsou po vyzvednutí obnaženy a tím pádem jsou i velmi citlivé na vysychání či působení slunečního záření a mrazu a při převozu či skladování ve větším množství také na zapaření. Je u něj nutno pečlivě dbát na ochranu kořenových systémů při skladování, přepravě i vysazování. (POLENO a VACEK *et. al* 2009, DURYEA a LANDIS 1984, DUŠEK 1997)

Česká státní norma 48 2115 (ÚNMZ 2012) dělí sadební materiál na semenáčky, sazenice, poloodrostky a odrostky. Semenáček je typ sadebního materiálu, který vyrostl ze semene a jeho kořenový systém nebyl nijak dále upravován. Sazenice je sadební materiál vypěstovaný buď ze semenáčku, nebo pomocí vegetativního množení. Úpravou kořenového systému se rozumí školkování, přepichování, podřezávání (v případě

krytokořenné sazenice jde o semenáček nebo rostlinu vegetativního množení přesazenou do obalu) nebo zakořeněním náletových semenáčků. Nadzemní výška sazenice je do 70 cm. Poloodrostek je sadební materiál, u nějž se doporučuje dvojnásobná úprava kořenového systému. Zmiňuje se možnost tvarování nadzemní části. Jeho nadzemní výška je 51–120 cm. Posledním typem jsou odrostky, u nichž je dvojnásobný zásah do kořenového systému již požadován (nikoliv pouze doporučován). Je zde požadavek na tvarování koruny. Odrostky mají výšku 121–250 cm. Výškové rozpětí může být omezeno v závislosti na druhu dřeviny (ÚNMZ 2012).

3.1.4 Krytokořenný sadební materiál

Jedná se o sadební materiál, jehož KS je krytý substrátem. Jeho počátky se objevují okolo roku 1960 a to v Severní Americe a ve Skandinávii. Zde tyto sazenice slouží jako levný, homogenní a rychle vypěstovaný sadební materiál, kterým se zalesní nebo obnoví velké plochy. (POLENO a VACEK *et. al* 2009)

Obalovaný sadební materiál můžeme členit podle vzniku kořenového obalu na hrudkový, balíčkový a krytokořenný. Hrudkový kořenový bal vzniká pouhým vyzvednutím sazenice nebo semenáčku za pomoci dutého rýče i s půdou z lesní školky, ve které vyrostl. Tento způsob je však možné využít pouze v těsné blízkosti místa, kde budou stromy i vysazeny, neboť se kořenový bal rychle rozpadá. Balíčkový bal vzniká lisováním zeminy na kořeny dřeviny, dochází zde však k deformaci KS a také k rychlému rozpadu obalu. Tento způsob obalů se využívá v zelinářství, nikoli v lesnictví. Nejčastěji používanou technologií obalů v lesnictví je krytokořenný bal. Jedná se o víceméně stálý obal naplněný pěstebním médiem, v němž roste sazenice. V krytokořenném balu se pěstují tři typy sazenic: krytokořenný semenáček, krytokořenná sazenice a krytokořenný poloodrostek. Krytokořenný semenáček vzniká zasetím semene do substrátu v obalu, jeho kořeny se následně nijak neupravují. Krytokořenná sazenice je do obalu přesazený prostokořenný nebo krytokořenný semenáček, kořenový systém je mechanicky upraven přesazením. Krytokořenný poloodrostek je takový sadební materiál, jehož kořenový systém je dvakrát mechanicky upraven, jde o přesazenou sazenici, a to ať původně krytokořennou nebo prostokořennou. (MAUER 2012)

Dalším způsobem dělení krytokořenného sadebního materiálu je podle materiálu, ze kterého jsou obaly vyráběny. Obaly tedy rozdělujeme na pevné (neprorůstavé), prorůstové a přechodné. Pevnými obaly kořeny nemohou prorůst skrz, před vysazením do sadební jamky se rostliny z těchto obalů musejí vyjmout. Kořenový bal je po vyjmutí

díky prokořenění kompaktní a není problém s jeho manipulací. Tyto obaly je možné plnit substrátem mechanizovaně, a dokonce i automatizovaně. Vzhledem k pevnosti hmoty, ze které je obal vyroben, je možné ho využít i vícekrát, a to až pětkrát. Semenáčky, které se takto vypěstují, jsou označovány jako plugy. (JURÁSEK, MARTINCOVÁ a NÁROVCOVÁ 2004) Prorůstové obaly umožňují kořenům prorůst stěnami a před výsadbou se ve většině případů nesnímají. Do porostu se sazenice obvykle sází i s prorůstavým obalem, kelímek se brzy rozpadá. (MAUER 2012, JURÁSEK a MARTINCOVÁ 2001)

3.1.5 Ověřování biologické vhodnosti obalů

Aby nedocházelo k velkým škodám při použití biologicky nevhodných obalů, pověřilo ministerstvo zemědělství (MZe) VÚLHM Opočno k testování biologické vhodnosti obalů. Výsledky ověření obalů jsou poté zveřejňovány v Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin. Testování se, kromě kvality ověřování sazenice/semenáčku ze školky, zaměřuje na vitalitu stromku po vysazení na lesní stanoviště. Ověřovaný obal tedy prochází minimálně třemi kontrolami. Nejčastější kontroly jsou po vypěstování v lesní školce, následně se testují stromky jeden rok po výsadbě, a nakonec tři roky po výsadbě. Při testování krytokořenného sadebního materiálu je kontrolováno, zda nedochází k deformacím KS. KS jsou kontrolovány podle normy 4821 15/Z1 (2002) a jejich změn. Standardní materiál musí splňovat určitá kritéria. Tyto kritéria uvádí Česká státní norma 4821 15: „*tloušťka kořenového krčku, výška nadzemní části, maximální věk, nepřipustné deformace kořenových systémů, poměr objemu kořenů k nadzemní části (K/N)*.“ Výsledky kontrolovaného krytokořenného sadebního materiálu jsou poté kontrolovány podle normy. Za vhodný obal se považuje ten, u kterého se neprokáže více než 5 % nevhodných jedinců. (NORMA 4821 15, NÁROVCOVÁ 2004, JURÁSEK, NÁROVCOVÁ, NÁROVEC 2004, NÁROVCOVÁ a NÁROVEC 2006, NÁROVCOVÁ 2015, NÁROVCOVÁ 2016, LEUGNER, JURÁSEK, MARTINCOVÁ 2011, JURÁSEK a MARTINCOVÁ 2001)

3.1.6 Růstové médium

Dalším kritériem pro vypěstování kvalitního sadebního materiálu je použití vhodného růstového média. Na pěstování rostlin v obalech není možné použít klasickou minerální zeminu. Půdy z pole obsahují vysoké množství mikroorganismů, které rostlinám zajišťují dostatek vody a živin. Pokud je tato půda umístěna do obalu, je zde

narušen režim půdního edafonu a rostliny mohou velice rychle trpět nedostatkem vody a živin. Z toho důvodu se začaly vyrábět půdy uměle vytvořené. U substrátu je velice podstatné, aby měl schopnost vázat vodu, byl pórovitý, obsahoval dostatečné množství minerálních živin s vysokou kationtovou výměnnou kapacitou a v neposlední řadě i dostatečnou tuhost, která zajistí pevné ukotvení rostliny v obalu. Pro obalovaný sadební materiál jsou vhodné substráty, které jsou mírně kyselější, mají vysokou sorpční výměnnou kapacitu, měl by být dostatečně pórovitý (aerační póry a póry zadržující vodu), neměl by obsahovat škodlivé organismy ani škodlivé látky a měl by být cenově dostupný. Pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu by se dala použít čistá dohnojená rašelina. To je však velmi nákladné, a proto se pěstební médium často míchá z více komponentů. Substrát se skládá většinou ze dvou nebo tří složek. Tyto složky se dělí na organické a anorganické. Organická složka zajišťuje především vázání vody, odolává zhutnění půdy a zadržuje ionty živin v substrátu. Nejčastěji používanou organickou složkou v substrátu je rašelina. Jen zřídka se používají například piliny, kůra nebo dřevní štěpka. Anorganická složka v substrátu zajišťuje provzdušnění a odvodnění nadbytečné vody ze substrátu. Do substrátů se jako anorganická složka přidává například písek, perlit nebo také vermikulit. (LANDIS, TINUS, TINUS, MCDONALD, BERNETT 1990)

4 Metodika

4.1 Technologie obalování metodou PostCont

4.1.1 Popis obalovacího stroje PostCont

Obalovací zařízení se skládá ze dvou hlavních částí, a to zásobníků médií a vlastní obalovací části. Zásobník médií je složen ze dvou nádrží. Jedna je určena pro rašelinu nebo jiné růstové médium. Druhá nádrž je určena pro papírovinu, ze které se následně vyrobí prorůstavý kelímek. Z nádrží jsou obalovací hmota a růstové médium mechanizovaně přemísťovány do obalovací části. Obalovací část je složená z dávkovače papíroviny, dávkovače rašeliny, vakuové komory pro tvorbu kelímku a manipulátoru sazenice. (KUNEŠ a LOPOT 2022)

4.1.2 Funkce obalovacího stroje PostCont

Nejprve je dávkovačem papíroviny do vakuové komory přivedena papírová směs, která je následně rozmetačem vytvarována do potřebného tvaru v příslušné formě za

působení podtlaku. Po vytvoření kelímku je do vakuové komory za pomoci nosiče sazenic umístěna sazenice (do nosiče sazenic se sazenice vkládají ručně). Rostlinám je před výsadbou upraven kořenový systém stříhem. Po vložení sazenice je manipulátorem rašeliny přivedeno médium. Nakonec je obalená sazenice za pomoci přetlaku a vynašeče vynesena z vakuové komory. Proces obalování jednoho stromku trvá zhruba 50 vteřin a existuje možnost na jeho zkrácení. (KUNEŠ a LOPOT 2022)

4.1.3 Papírová směs

Papírovina je připravována ze směsi papíru a vody. Papírová surovina musí být nejprve roztrhána na drobnější části a následně ponořena do vody. Máčena musí být minimálně 1 hodinu, nejlépe alespoň do druhého dne. Následně je směs rozmělněna na kašovitou hmotu za pomoci míchače se čtyřmi lopatkami a dostatečnými otáčkami. Po rozmělnění papíru je směs potřeba mixovat alespoň 30 minut při otáčkách 700–1000 otáček za minutu kvůli dosažení homogenity směsi. Na přípravu papírové směsi byl konkrétně použit kartonový papír, který byl promíchán s vodou v poměru cca 1 : 10. (KUNEŠ a LOPOT 2021)

4.1.4 Substrát

Jako růstové médium byla v našem výzkumu do obalů použita hnědá rašelina. Na obalování zkoumaných sazenic byla použita zhruba rašelina o obsahu sušiny cca 50 %, která byla míchána s vodou až do vytvoření polotekuté kašovité hmoty (v poměru 1:1,7 až 1:2).

4.2 Sadební materiál použitý na výzkum

Z lesní školky byly pro účely výzkumu dodány sazenice javoru mléče (*Acer platanoides*) s výškou 16–25 cm po 200 kusech (CZ-1-2C-JV-30148-26-4-L), buku lesního (*Fagus sylvatica*) s výškou 16–25 cm po 150 kusech, 26–35 cm po 450 kusech, lípy srdčité (*Tilia cordata*), dubu letního (*Quercus robur*) o výšce 16–25 cm po 150 ks, s výškou 26–35 cm bylo dodáno 150 ks a 36–50 cm po 25 ks (CZ-1-2C-DB-00009-10-3-S), jedle bělokoré (*Abies alba*) o výškách 16–25 cm po 450 kusech a 26–35 cm po 75 ks (CZ-2-2B-BK-04609-8-2-S). Následně byla zahrnuta i olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) s výškou 26–50 cm po 200 kusech (CZ-1-2C-OL-992-29-4-T).

Sazenice javorů, buků, dubů a lip byly dvouleté. Byly jeden rok pěstovány v záhonu, následně byly podříznuty a další jeden rok pěstovány v záhonu. Následně byly vyzvednuty a dovezeny na výzkumnou stanici Truba. Jejich pěstební vzorce tedy jsou 1-1.

Jedle bělokorá byla pěstována v záhonu dva roky, poté byla školkována a další dva roky pěstovány v záhonu. Její pěstební vzorec je 2+2 a sazenice je stará čtyři roky. Sazenice olše lepkavé byla pěstována půl roku, poté byla podříznuta a následně pěstována opět půl roku. Pěstební vzorec je 0,5-0,5.

4.3 Výzkumná plocha

Výzkum byl prováděn na výzkumné stanici Truba v Kostelci nad Černými lesy. Lokalita spadá do přírodní lesní oblasti č. 10 Středočeská pahorkatina. Výzkumná stanice Truba se nachází na ploše bývalé lesní školky cca 365 m n. m. ve 3. dubobukovém LVS na kyselém stanovišti středních poloh. Lesní typ je zde svěží dubová bučina chudší (3S2). (Geoporal ÚHÚL, 2021). V roce 2021 zde byla průměrná roční teplota: 8,4 °C a roční úhrn srážek: 612,0 mm. Langův dešťový faktor měl hodnotu 73. (Údaje o teplotách a srážkách jsou převzaty z meteorostanice Truba, provozované KPL FLD ČZU v Praze.)

Sazenice byly sledovány na 3 stanovištích. Prvním stanovištěm (stanoviště č. 1) byla plocha bývalé lesní školky. Druhé stanoviště se nacházelo ve foliovém krytu (stanoviště č. 2). Sazenice, které byly na třetím stanovišti, se nacházely v plastových přepravkách v zástínu ve venkovních podmínkách (stanoviště č. 3). První stanoviště bylo určeno pro zjištění vlastností obalu v půdě a porovnání vitality s prostokořenným sadebním materiálem. Druhé stanoviště bylo založeno pro zjišťování deformací kořenů v testovaném obalu. Třetí stanoviště bylo založeno kvůli zjišťování rozpadavosti a prorůstavosti obalu mimo půdu.

4.3.1 Stanoviště č. 1 - výsadba na bývalé lesní školce

V květnu 2021 byl na výzkumnou stanici Truba dovezen prostokořenný sadební materiál. Jednalo se o pět druhů dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), dub letní (DB), lípu srdčitou (LP) a z jehličnatých dřevin jedle bělokorá (JD). Listnaté dřeviny byly dvouleté, jedle bělokorá byla čtyřletá. Tyto dřeviny byly obaleny obalovacím strojem technologií PostCont do prorůstových obalů o rozměrech: 11 cm výška kelímku, 6,5 cm průměr spodní části (dna) kelímku a 7 cm průměr horní část kelímku. Po obalení byly sazenice umístěny po dobu deseti dnů do uzavřené místnosti o teplotě 18 °C, kde proběhlo

vysušení a zpevnění obalu. Po deseti dnech od obalení stromku bylo 44 sazenic od každého druhu vysázeno na plochu bývalé lesní školky (stanoviště č. 1). Současně s krytokořeným sadebním materiálem obaleným technologií PostCont byl vysázen i prostokořený sadební materiál taktéž po 44 kusech od každého druhu dřeviny pro porovnání růstu dřevin. Celkem se na výzkumnou plochu (stanoviště č. 1) vysázelo 440 kusů stromků, 220 krytokořených produkovaných technologií PostCont a 220 prostokořených. Stromky byly sázeny klasickou jamkovou metodou.

Na jaře 2021 proběhlo měření výšek pro zjištění ročního přírůstu sazenic po výsadbě. Za pomoci výškoměrné latě se naměřily výšky stromků. Po ukončení vegetační doby 10. září se změřily výšky stromů s přírůstem z roku 2021. Přesnost měření výšek byla 1 cm.

U každého jedince byla 13. července také zjištěna tloušťka kmínku v místě kořenového krčku za použití posuvného měřítka. Přesnost měření tlouštěk byla 1 mm.

Následně se vypočítal u každé dřeviny průměrný přírůst a data byla vyhodnocena v MS Excel a uvedena do grafu. Dále byla zjištěna také směrodatná odchylka, která byla do grafu umístěna ve formě chybové úsečky. Plánované zjišťování poměru objemu kořenů k nadzemní části bylo po dohodě s vedoucím práce odloženo na pozdější období, aby bylo rostlinám poskytnuto více času po zaškolkování do obalů na dostatečnou růstovou reakci. Rozdíly mezi prostokořeným a krytokořeným sadebním materiálem byly hodnoceny v programu statistika v rámci jednotlivých druhů prostřednictvím dvouvýběrových testů. Data byla ověřena Shapiro-Wilk W testem a Kolmogorov-Smirnov & Liliefors testem, které prověřily normalitu dat. Homogenita rozptylů se testovala pomocí F-testu. Když měla data normální rozdělení a neměla průkazně odlišné rozptyly, vyhodnotila se t-testem. Pokud byla prokázána rozdílnost rozptylu dat, byla data porovnávána Welchovým t-testem. V případě, že normalita nebyla splněna, byl na porovnání dat použit neparametrický Mann-Whitney-U test. Tyto testy byly prováděny na hladině významnosti 0,05.

4.3.2 Analýza kořenových systémů

V podzimním období (26. listopadu 2021) proběhlo zhodnocení kořenových systémů. Z výzkumné plochy se náhodně vyzvedli 4 zástupci od každého druhu dřeviny obou typů sadebního materiálu, celkem tedy 40 stromků, 20 prostokořených a 20 krytokořených. Prostřednictvím destrukční analýzy se provedla kontrola stavu kořenového systému. U prostokořeného i krytokořeného sadebního materiálu se

zjišťovalo prokořenění (hustota svazčitých kořenů) a deformace kořenů. U sazenic vypěstovaných technologií PostCont se ještě zaznamenávaly údaje o rozpadavosti obalu a prorůstání kořenů dnem a stěnami papírového kelímku. K údajům o prokořenění, deformaci kořenů, prorůstavosti obalů a rozpadavost obalů, byla sestavena stupnice o hodnotách 1–4, podle které byly sazenice hodnoceny. Stupnice a způsob hodnocení můžeme vidět v následující kapitole. Ze získaných dat byly následně vypočítány aritmetické průměry a sestaveny grafy v MS Excel. Byla vypočtena i směrodatná odchylka, která byla v grafu znázorněna chybovými úsečkami. Tato data byla taktéž porovnána v programu statistika za pomoci parametrických i neparametrických dvouvýběrových testů (popis postupu zmíněn výše). Při kontrole stavu kořenových systémů a prorůstavých kelímků byly vykopány i čtyři sazenice olše lepkavé *Alnus glutinosa* (OL), která původně neměla být hodnocena. Projevily se však u ní zajímavé výsledky, proto byla zahrnuta do výzkumu zpětně. Byla u ní hodnocena rozpadavost a přirůstavost obalů, prokořenění a výskyt deformací kořenového systému. Hodnotila se opět podle stupnic hodnocení uvedených v následující kapitole.

4.3.3 Stupnice hodnocení obalů a kořenových systémů

4.3.3.1 Stupnice hodnocení prorůstavosti KS obalem

V tabulce č. 1 je uvedena stupnice hodnocení prorůstavosti kořenových systémů skrz obal. Stupněm č. 1, neboli výborná prorůstavost obalu, byl hodnocen takový obalený sadební materiál, jehož kořeny neměly problém prorůst v celé ploše kelímku a prorostlé kořeny byly rovnoměrně rozmístěny. Stupněm č. 2 (dobrá prorůstavost), byly hodnoceny obaly, ze kterých kořenové systémy prorůstaly v některých částech obalu ve skupinkách rovnoměrně rozmístěných po celém obalu. Do stupně prorůstavosti č. 3 (ojedinělé prorůstání obalů) byl zařazen obalený sadební materiál, u něhož kořeny prorůstaly jen výjimečně, a to jednotlivé kosterní kořeny a nedocházelo k prorůstání jemných svazčitých kořenů nebo se toto prorůstání soustředilo jen na určité místo. Čtvrtý stupeň hodnocení označoval obaly, jimiž kořenové systémy vůbec neprorostly.

Tabulka 1: Stupnice hodnocení prorůstavosti kořenových systému celulóзовým kelímkem PostCont

PRORŮSTAVOST

| STUPNICE | HODNOCENÍ |
|-----------------|----------------------------|
| 1 | Výborná prorůstavost obalu |
| 2 | Dobrá prorůstavost obalu |
| 3 | Ojedinělé prorůstání obalu |
| 4 | Kořeny obalem neprorůstají |

4.3.3.2 Hodnocení rozpadavosti obalů

Hodnocení prorůstavosti obalů bylo úzce spojeno s rozpadavostí obalů. Ta byla hodnocena následovně: V prvním stupni hodnocení byly zařazeny obaly, které se úplně rozpadly. Stupně č. 2 byly označeny obaly, které byly rozpadnuté z více než 50 %. Třetí stupeň rozpadavosti obalů zahrnoval obaly, které byly rozpadlé do 50 % svojí původní plochy. Ve stupni č. 4 byly poté zařazeny obaly, které se nerozpadly, měly svůj původní vzhled jako v době obalování.

Tabulka 2: Tabulka stupnice hodnocení rozpadavosti celulóзовého obalu PostCont

ROZPADAVOST OBALU

| STUPNICE | HODNOCENÍ |
|-----------------|--------------------------------|
| 1 | Obal je úplně rozpadlý |
| 2 | Obal je rozpadlý z 50 % a více |
| 3 | Obal je rozpadlý do 50 % |
| 4 | Obal se nerozpadá |

4.3.3.3 Stupnice prokořenění sadebního materiálu

Stupnice hodnocení prokořenění nebo také hustota svazčitých kořenů (průměr <1 mm) byla stanovena následovně: Do stupně č. 1 byl zahrnut sadební materiál, jehož kořenové systémy byly hustě pokryty svazčitými kořeny v celé délce kořenového systému (byly přítomny od 75 do 100 % jeho obsahu kelímku). Ve druhém stupni byl zařazen sadební materiál, u kterého svazčité kořeny zaujímaly 50–75 % plochy kořenových systémů a byly rovnoměrně rozmístěny po celé ploše. Do třetího stupně byl

zařazen sadební materiál s lokálním výskytem svazčitých kořenů. Skupina sadebního materiálu čtvrtého stupně hodnocení byla tvořena sadebním materiálem, který svazčité kořeny vykazoval v minimální míře (<5 %).

Tabulka 3: Tabulka stupnice hodnocení prokořenění svazčitými kořeny (<1 mm) u ověřovaných dřevin

PROKOŘENĚNÍ

| STUPNICE | HODNOCENÍ |
|-----------------|--|
| 1 | Kořenový systém s bohatě zastoupenou frakcí svazčitých kořenů |
| 2 | Kořenový systém s dostatečně zastoupenou frakcí svazčitých kořenů |
| 3 | Kořenový systém s řídce zastoupenou frakcí svazčitých kořenů |
| 4 | Kořenový systém s velmi řídce zastoupenou frakcí svazčitých kořenů |

4.3.3.4 Stupnice deformací kořenového systému

K deformaci kořenových systémů nebo také odchylkám od morfologického standardu byla sestavena stupnice deformací kořenových systémů za použití normy ČSN 48 2115. V prvním stupni byl zařazen sadební materiál, jehož kořenový systém nevykazoval žádnou deformaci. Do druhého stupně byl zařazen sadební materiál, u kterého se vyskytla mírná deformace, z důvodů například nevhodně použitého rozměru sadebního materiálu versus kelímku, která ovšem neměla dopad na další růst sazenice a byla považována za přípustnou dle ČSN 48 2115. Třetím stupněm byl hodnocen sadební materiál, na kterém se objevila deformace, která by v budoucnu mohla způsobit problém v růstu a byla na hranici přípustnosti dle ČSN 48 2115. Stupněm č. 4 byl hodnocen sadební materiál, jehož kořenové systémy kvůli deformacím neodpovídaly normě ČSN 48 2115.

Tabulka 4: Tabulka stupně hodnocení deformací kořenového systému ověřovaných dřevin

DEFORMACE KOŘENOVÉHO SYSTÉMU

| STUPNICE | HODNOCENÍ |
|----------|---|
| 1 | Kořenový systém bez výskytu deformace |
| 2 | Kořenový systém s ojedinělým výskytem mírných deformací |
| 3 | Kořenový systém s přípustnou deformací |
| 4 | Kořenový systém s nepřípustnou deformací |

4.3.4 Stanoviště č. 2 - foliový kryt

Ve foliovém krytu byly pěstovány semenáčky buku lesního – *Fagus sylvatica* (BK). Toto stanoviště bylo založeno pouze pro hodnocení prokořenění, deformací kořenového systému a délky křivých kořenů a výšky dřeviny, tj. s vyloučením vlivu technologií zaškolování dřeviny do obalu. Hodnotila se také rozpadavost a prorůstavost obalů.

V květnu byly technologií PostCont vytvořeny rozpadavé papírové obaly naplněné rašelinou. Rozměry kelímků byly totožné jako u předchozího stanoviště: 11 cm vysoký, 7 cm průměr horní části kelímku a 6,5 cm průměr ve spodní části kelímku. Tyto obaly se nechaly po dobu 10 dní při teplotě 18 °C v uzavřené místnosti vyschnout, aby držely svůj tvar. Následně do nich byla ručně naseta semena buku lesního (BK) vždy po jednom semeni na jeden obal. Oseté obaly byly posléze umístěny do písčitého lože ve foliovém krytu. Výsev byl zaléván dle potřeby, většinou dvakrát týdně. Semenáčky rostly po dobu 6 měsíců. Po uplynutí půl roku se přešlo k hodnocení kořenových systémů, rozpadavosti a prorůstavosti obalů. Proběhlo také měření nadzemní části rostliny a délky kořenového systému. Kontrola těchto údajů proběhla 26. listopadu 2021. Stav kořenových systémů a kelímku se hodnotil opět podle čtyřhodnotové stupnice uvedené v kapitole výše 4.3.3. Stupnice hodnocení obalů a kořenových systémů.

4.3.5 Stanoviště č. 3 - plastové přepravky

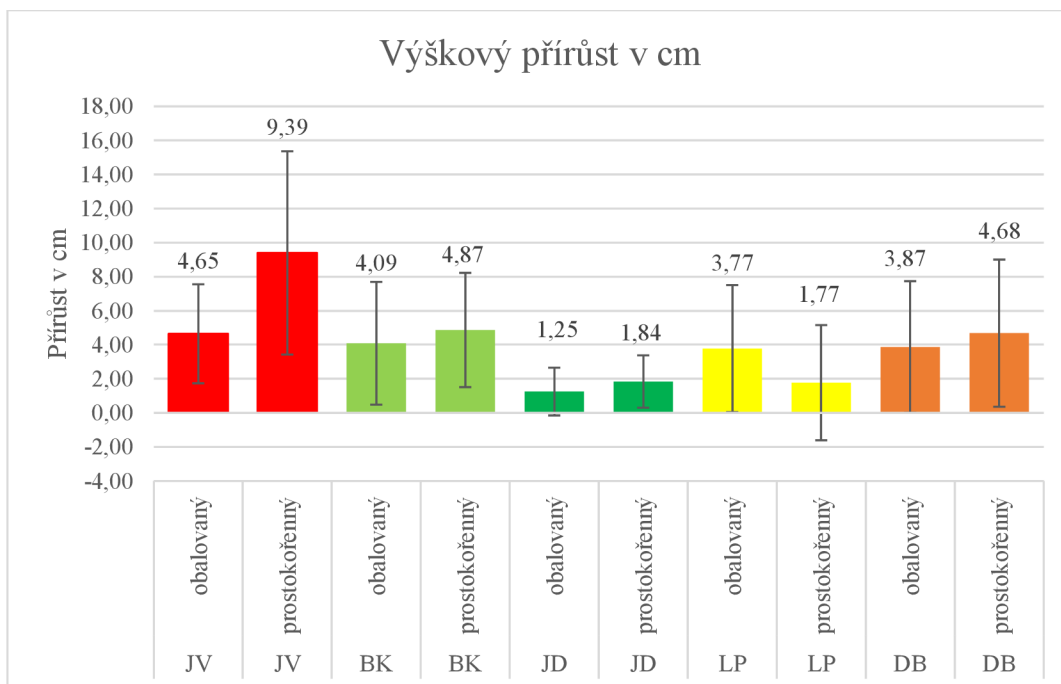
Sazenice pěstované na stanovišti č. 3 byly určeny pro zhodnocení vlastností obalů v prostředí mimo půdu, v podmínkách, za jakých by se nejpravděpodobněji skladovaly v provozu v lesních školkách, než by dorazily k odběrateli. Jednalo se o sazenice javoru

mléče (JV), buku lesního (BK), dubu letního (DB), lípy srdčité (LP) nehnojené, lípy srdčité hnojené (LPH), která byla při obalování obohacena o hnojivo Recultan, a jedle bělokoré (JD). Sazenice byly v květnu 2021 obaleny technologií PostCont do prorůstových kelímků o výšce kelímku 11 cm, horní šířce kelímku 7 cm a spodnímu průměru kelímku 6,5 cm. Následně proběhlo umístění obalených sazenic do stinných venkovních podmínek v přepravních bednách. Dne 26. listopadu 2021 byla u těchto sazenic provedena kontrola následujících údajů: délka nadzemní části dřeviny, délka kořenového systému, prokořenění (zastoupení frakcí svazčitých kořenů), deformace kořenového systému, rozpadavost obalu a prorůstání kořenů dnem a stěnami papírového kelímku. Kontrola proběhla na deseti kusech sazenic od každého druhu. Údaje se opět hodnotily podle stupnic uvedených v kapitole 4.3.3. Stupnice hodnocení obalů a kořenových systémů. Data byla poté zprůměrována aritmetickým průměrem a byla u nich vypočtena směrodatná odchylka. V MS Excel byly hodnoty zpracovány do grafů.

5 Výsledky

5.1 Výškový přírůst krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu naměřený v roce 2021 na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Sloupcový graf ukazuje porovnání průměrů výškového přírůstu krytokořenných a prostokořenných sazenic v centimetrech u javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB) z přírůstu v roce 2021 pěstovaných na ploše č. 1. Ze sloupcového grafu si můžeme povšimnout, že výškové přírůsty u všech dřevin kromě lípy srdčité (LP) byly vyšší u prostokořenných sazenic.



Graf 1 Porovnání průměru výškového přírůstu obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB) za vegetační sezónu 2021 Číselné hodnoty znázorňují průměry výšek a chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku.

T-testem a Welchovým testem na hladině významnosti 0,05 bylo možné porovnat pouze data u javoru mléče, kde byla prokázána rozdílnost dat u krytokořenného a prostokořenného materiálu. U buku lesního t-test neprokázal rozdílnost dat mezi krytokořenným a prostokořenným sadebním materiálem. Ostatní dřeviny nesplňovaly podmínku normality dat, byly tedy podrobeny Mann-Whitnovu U testu na hladině významnosti 0,05. Mann-Whitneya U test prokázal rozdílnost dat mezi prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem pouze u dubu letního. V následující tabulce

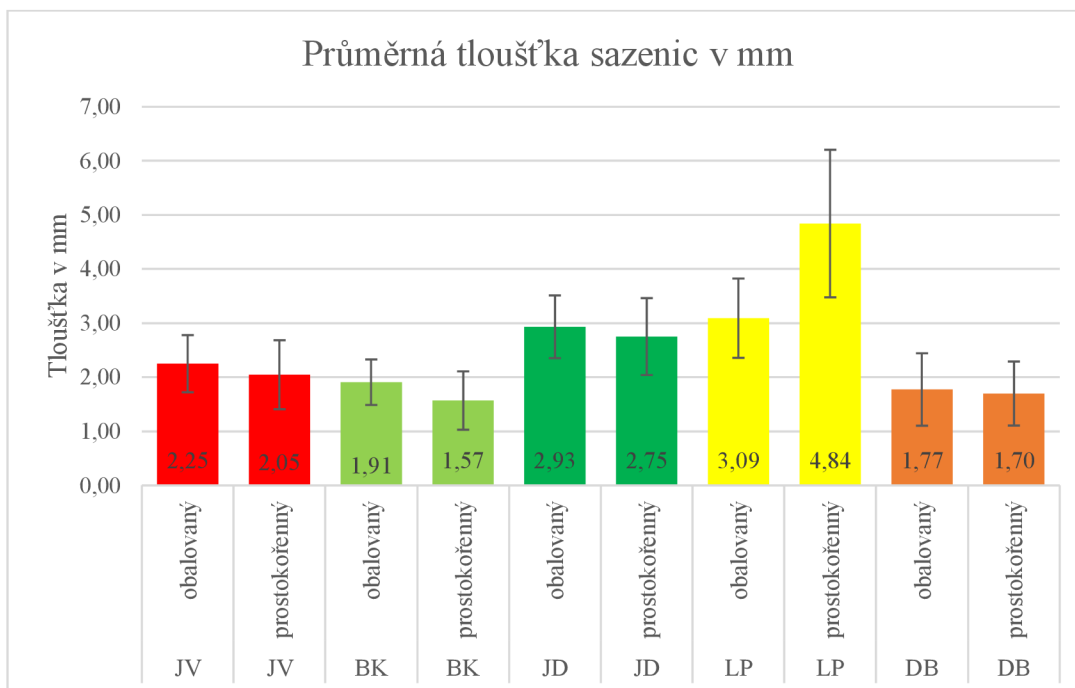
můžeme vidět hodnoty p z výsledků statistiky. Červeně jsou zvýrazněna data, u kterých byla prokázána statistická rozdílnost dat.

Tabulka 5 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost výškového přírůstu prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05

| DŘEVINA | HODNOTA P |
|----------------|------------------|
| JV | 0,000000 |
| BK | 0,272594 |
| JD | 0,927216 |
| LP | 0,927216 |
| DB | 0,035991 |

5.2 Tloušťky krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu naměřeného v roce 2021 na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

V následujícím sloupcovém grafu můžeme vidět aritmetický průměr tlouštěk dřevin obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB), které byly naměřeny 13. července roku 2021 na stanovišti č. 1. Na stanovišti byly měřeny tloušťky všech dřevin.



Graf 2: Průměr tlouštěk obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a dubu letního (DB) měřené 13. července roku 2021. Číselné hodnoty znázorňují průměr tlouštěk sazenic. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku.

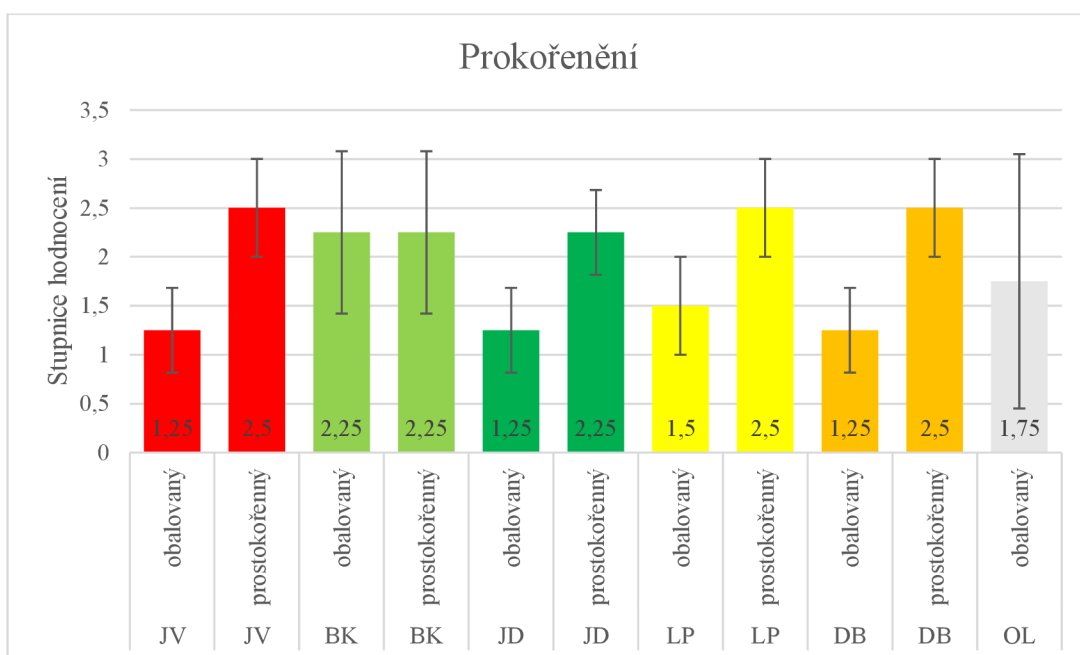
Tloušťky dřevin byly statisticky zhodnoceny v programu Statistica. Data nesplňovala podmínku normality, byla tedy hodnocena podle neparametrického Mann-Whitney U testu na hladině významnosti 0,05. Test ukázal, že tloušťky buku lesního (BK) a lípy srdčité (LP) se statisticky významně liší. U buku lesního byla hodnota p 0,009 a u lípy srdčité nižší než 0,001. Data můžete vidět v následující tabulce.

Tabulka 6 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost tlouštěk dřevin ze stanoviště č. 1 prokázána hodnotou p na hladině významnosti 0,05

| DŘEVINA | HODNOTA P |
|---------|-----------|
| JV | 0,195411 |
| BK | 0,009498 |
| JD | 0,165467 |
| LP | 0,000000 |
| DB | 0,694454 |

5.3 Hustota zastoupení jemné kořenové frakce v kořenovém systému rostlin na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Výsledky hustoty svazčitých kořenů, nebo také prokořenění byly hodnoceny opět na ploše č. 1 u obalovaných i prostokořených sazenic javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP), dubu letním (DB) a olše lepkavé (OL). Sazenice byly hodnoceny podle stupnice hodnocení prokořenění. Z grafu je zřejmé, že s výjimkou BK (stejně hodnoty) byla hustota kořenového vlášení vyšší u sazenic PostCont.



Graf 3: Graf stupně prokořenění prostokořených a krytokořených sazenic u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL), dle stupnice hodnocení: 1 – kořenový systém s velmi hustou frakcí tenkých svazčitých kořenů, 2 – kořenový systém s frakcí svazčitých kořenů rovnoměrně rozmístěnou, 3 – kořenový systém s ojedinělým zastoupením svazčitých kořenů, 4 – kořenový systém s velmi nízkým zastoupením svazčitých kořenů. Číselné hodnoty znázorňují průměr stupnice prokořenění u dané dřeviny. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku.

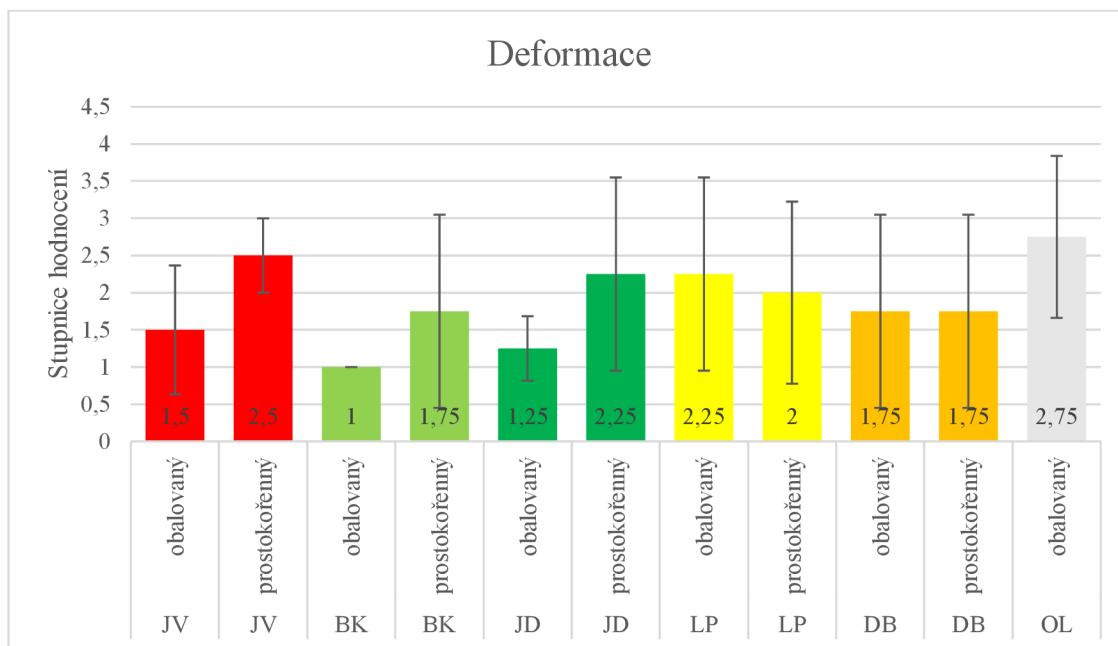
Jednotlivé dřeviny byly porovnány v programu Statistica. Normalita dat byla prokázána pouze u buku lesního (BK), T-test však na hladině významnosti 0,05 neprokázal rozdílnost dat. Ostatní data byla hodnocena pomocí neparametrického Mann-Whitneyova U testu na hladině významnosti 0,05. Test ukázal, že rozdílnost prokořenění mezi jednotlivými druhy dřevin je neprůkazná. Data můžete vidět v následující tabulce.

Tabulka 7 Statistická rozdílnost/neprůkazná statistická rozdílnost prokořenění na stanovišti č. 1 prokázaná hodnotou p na hladině významnosti 0,05

| DŘEVINA | HODNOTA P |
|----------------|------------------|
| JV | 0,057143 |
| BK | 1 |
| JD | 0,057143 |
| LP | 0,114286 |
| DB | 0,057143 |

5.4 Deformace KS na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Deformace kořenových systémů byla opět kontrolována na sazenicích prostokořenných i krytokořenných u všech dřevin, tedy javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP), dubu letním (DB) a olše lepkavé (OL), a to dle stupnice hodnocení deformací.



Graf 4: Graf deformací kořenových systémů na stanovišti č. 1 u obalovaného a prostokořeného sadebního materiálu javoru mléč (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP), dubu letního (DB) a olše lepkavé (OL) dle stupnice hodnocení 1-4: 1 – kořenový systém bez výskytu deformace, 2 – kořenový systém s ojedinělým výskytem mírných deformací, 3 – kořenový systém s přípustnou deformací, 4 – kořenový systém s nepřípustnou deformací. Číselné hodnoty znázorňují průměry deformací ze stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

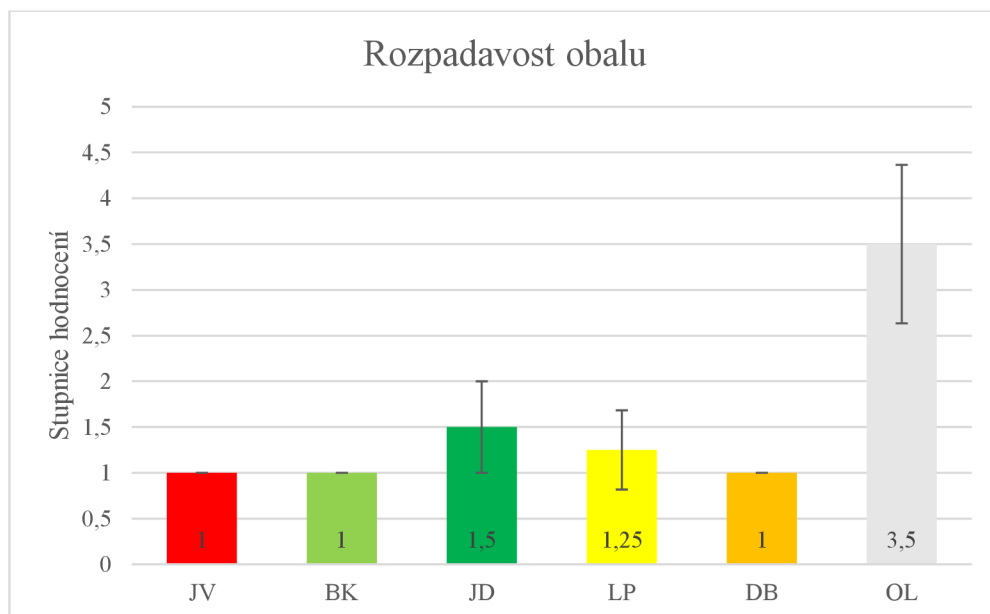
V následující tabulce můžete vidět hodnoty p vypočítané na hladině významnosti dat, které prokazují, že rozdílnost nebyla prokázána.

Tabulka 8 Statistická rozdílnost/nepřikazná statistická rozdílnost deformací kořenového systému na stanovišti č. 1 prokázána hodnotou p na hladině významnosti 0,05

| DŘEVINA | HODNOTA P |
|----------------|------------------|
| JV | 0,200000 |
| BK | 0,685714 |
| JD | 0,485714 |
| LP | 0,885714 |
| DB | 1,000000 |

5.5 Rozpadavost obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

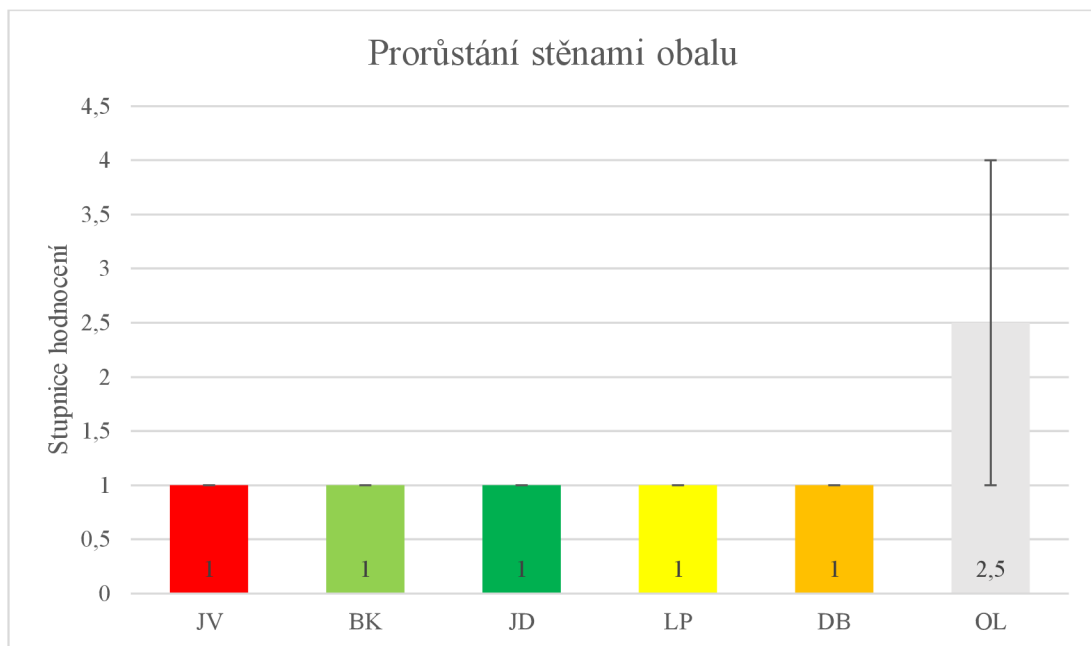
V níže uvedeném sloupcovém grafu si můžeme povšimnout údajů o rozpadavosti obalů sazenic zasazených na stanovišti č. 1. Rozpadavost obalu se zkoumala na sazenicích: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Na hodnocení obalů byla použita již zmíněná stupnice hodnocení o hodnotách jedna až čtyři s tím, že hodnota č. 1 označuje obal, který se rozpadl a hodnota č. 4 obal, který se nerozpadl. Hodnoty uvedené v grafu u jednotlivých dřevin jsou uvedeny z průměrů čtyř zkoumaných sazenic od každého druhu, tady z celkového počtu 24 sazenic. Z grafu můžeme vyčíst, že obaly JV, BK, DB se úplně rozpadly. U JD a LP byl zanedbatelný rozdíl, avšak problém s rozpadem papírového kelímku nastal u olše lepkavé, která byla ponechána v prostředí s proudícím vzduchem.



Graf 5: Graf rozpadavosti papírového obalu ze stanoviště č. 1 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice 1-4: 1 – obal je úplně rozpadlý, 2 – obal je rozpadlý z 50 % a více, 3 – obal je rozpadlý do 50 %, 4 – Obal se nerozpadá. Číselné hodnoty znázorňují průměry rozpadavosti obalů ze stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.6 Prorůstavost KS stěнами obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

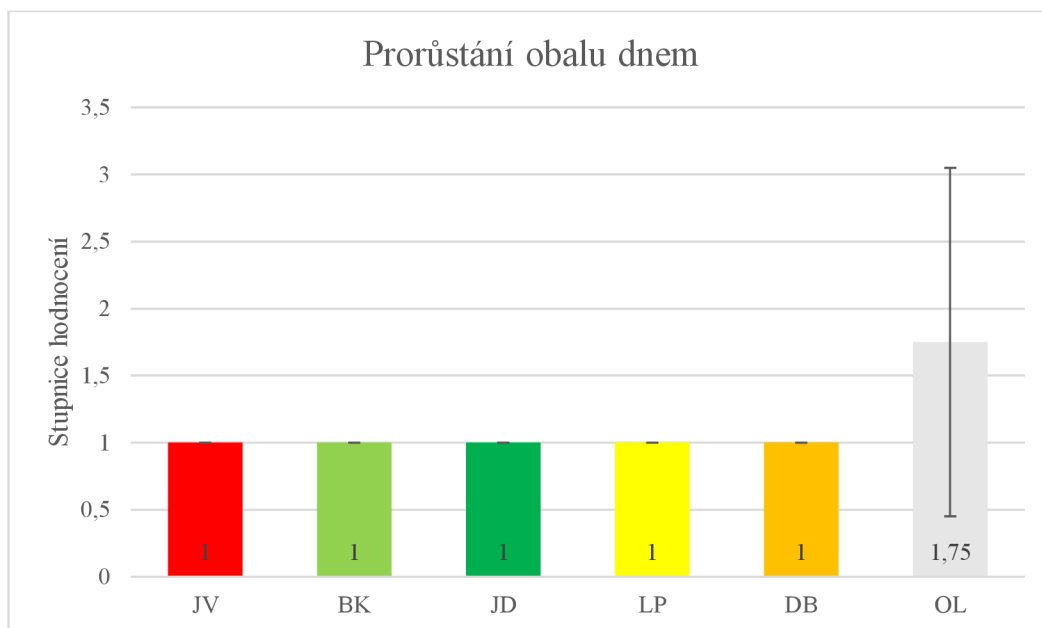
V následujícím grafu můžeme vidět prorůstavost KS stěнами obalů. Prorůstavost byla zjišťována na stanovišti č. 1 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Prorůstavost obalů byla určována podle stupnice hodnocení pro prorůstání obalů zmíněné v metodice. U všech dřevin kromě olše lepkavé pozorujeme výbornou prorůstavost kořenových systémů stěнами obalů. U olše lepkavé byla prorůstavost dobrá až ojedinělá.



Graf 6 Graf ukazuje hodnocení prorůstavosti kořenových systémů stěнами papírového obalu u dřevin javor mleč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojediněle prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstání stěнами obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.7 Prorůstavost KS dnem obalů na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Na sloupcovém grafu pozorujeme prorůstavost KS dnem papírového obalů. Prorůstavost dnem obalu zjišťovaná na stanovišti č. 1 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Na stupni prorůstání byla použita stupnice hodnocení pro prorůstání obalů o hodnotách 1–4. Můžeme zde vidět velice podobné výsledky jako u prorůstání KS bočními stěnami obalu. Kromě olše lepkavé byla u všech dřevin výborná prorůstavost KS dnem obalů. U olše lepkavé bylo prorůstání obalů spíše dobré.



Graf 7 Graf hodnocení prorůstavosti kořenových systémů dnem papírového obalu u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), dub letní (DB) a olše lepkavá (OL). Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojedinělé prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstání obalů dnem dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.8 Stanoviště č. 2 – foliový kryt

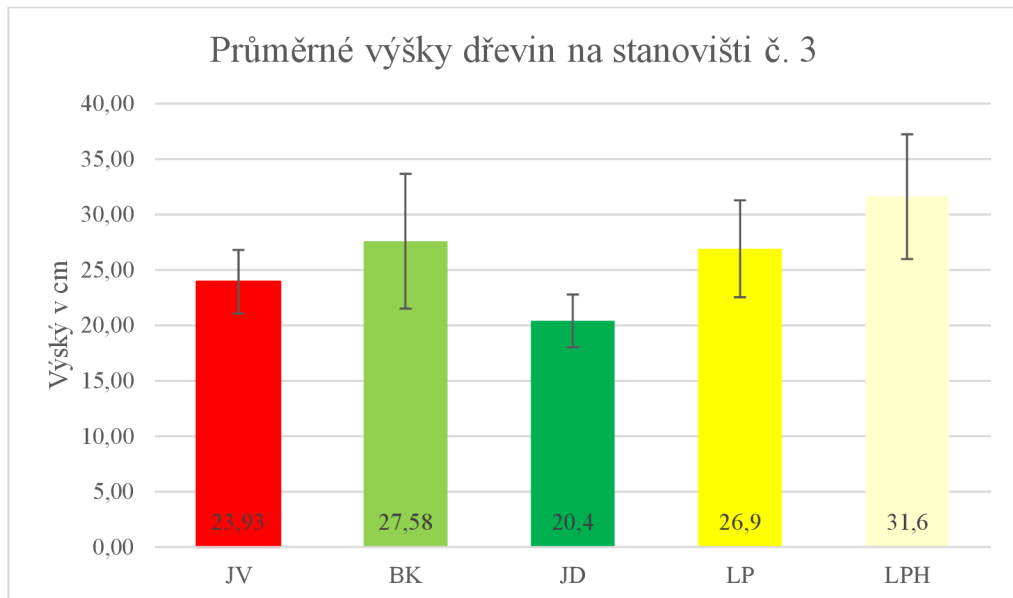
V následující tabulce můžeme vidět hodnoty, které byly zjištěny u semenáčků buku lesního (BK), který byl pěstován ve foliovém krytu v písčitém substrátu. Hodnoty v následující tabulce byly vypočteny z aritmetického průměru deseti zkoumaných stromků. Při hodnocení rozpadavosti obalu bylo zjištěno, že papírové obaly se úplně rozpadly a zůstaly po nich jen nepatrné fragmenty. Tato skutečnost měla dopad samozřejmě i na prorůstání obalů. Obaly se na stupnici hodnocení umístily velice dobře, kořeny snadno prorůstaly stěnami i dnem kelímků. Průměrná výška BK byla 23,7 cm. Průměrná délka kořenových systémů činila 18,1 cm. Kořenové systémy byly husté, rovnoměrně rozmístěné. Deformace se na kořenových systémech nevyskytovaly.

Tabulka 9 Výsledky hodnocení krytokořenného sadebního materiálu buku lesního (BK) pěstovaného ve foliovém krytu v písčitém substrátu.

| SLEDOVANÝ JEV | HODNOCENÍ | POPIS | SMĚRODATNÁ ODCHYLKA |
|-------------------------------------|------------------|---|----------------------------|
| ROZPADAVOST OBALU | 1 | Obaly se úplně rozpadly | 0 |
| PRORŮSTÁNÍ OBALU STĚNAMI | 1 | Kořeny obal z boku velmi dobře prorůstají | 0 |
| PRORŮSTÁNÍ OBALŮ DNEM | 1 | Kořeny dnem obalu velmi dobře prorůstají | 0 |
| PRŮMĚRNÁ VÝŠKA DŘEVINY V CM | 23,7 | Průměrná výška dřevin byla 23,7 cm | 7,25 |
| DÉLKA KŮLOVÉHO KOŘENE V CM | 18,1 | Průměrná délka kůlových kořenů tvořila 18,1 cm | 4,39 |
| PROKOŘENĚNÍ | 1,7 | Dřeviny měly husté až rovnoměrně rozmístěné svazčité kořeny | 0,61 |
| DEFORMACE KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ | 1 | Deformace se na kořenových systémech nevyskytovaly | 0 |

5.9 Výšky dřevin na stanovišti č. 3 – plastové přepravky

V následujícím grafu můžeme vidět výšky u dřevin javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH) pěstovaných v plastových přepravkách.

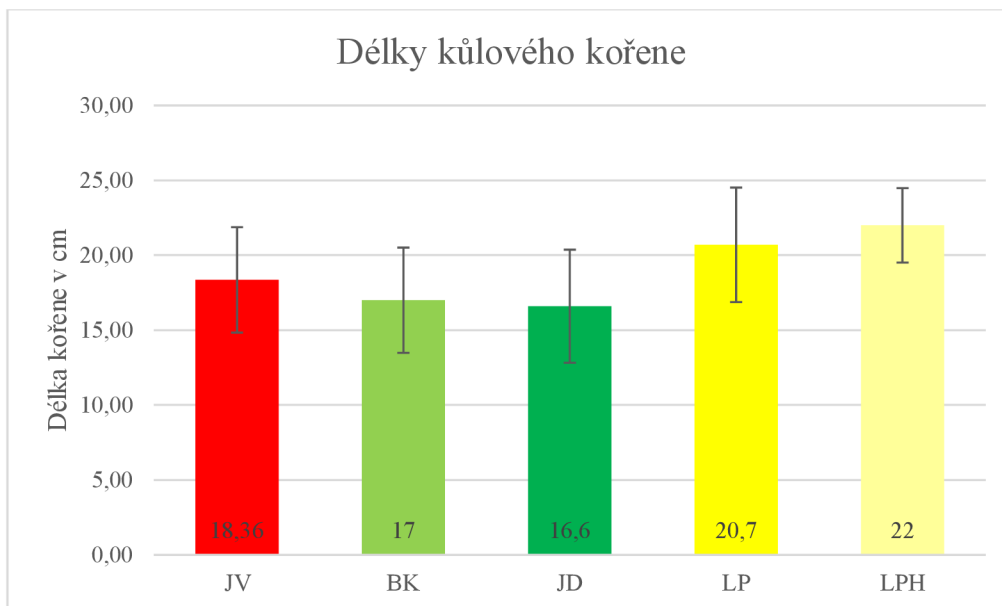


Graf 8 Průměrné výšky dřevin na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčítá (LP) a lípa srdčítá s přidáním hnojiva (LPH).

Číselné hodnoty znázorňují průměrné výšky dřevin. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku.

5.10 Délka kůlového kořene dřevin na stanovišti č. 3 – plastové přepravky

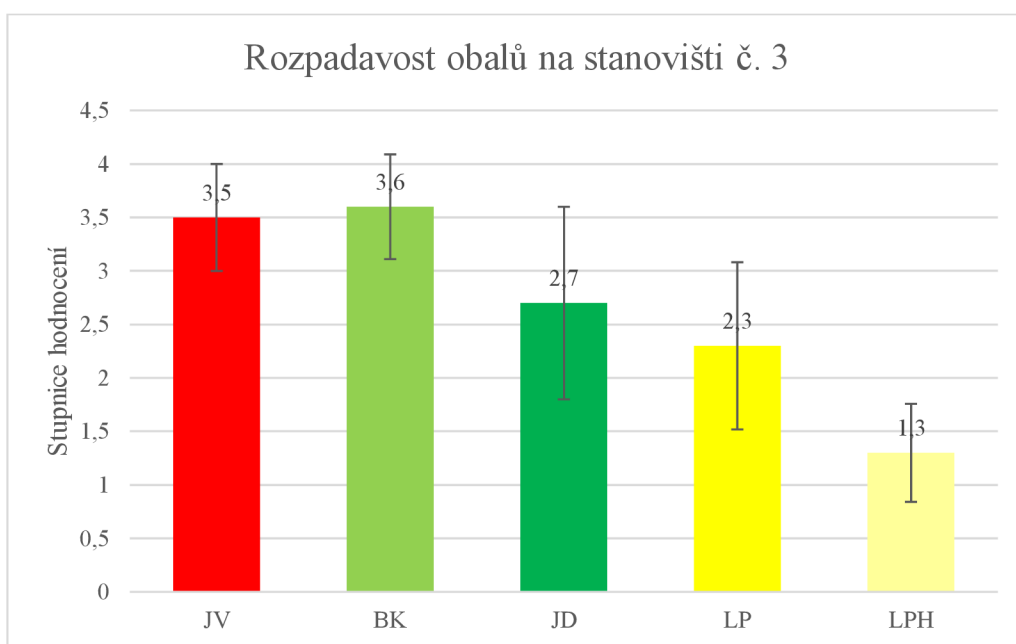
Následující graf znázorňuje průměrné délky kůlových kořenů dřevin javoru mléče (JV), buku lesního (BK), jedle bělokoré (JD), lípy srdčité (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH) pěstovaných v plastových přepravkách.



Graf 9 Průměrná délka kořenových systémů na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčité (LP) a lípa srdčité s přidáním hnojiva (LPH). Číselné hodnoty znázorňují průměrné délky kůlových kořenů dřevin. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.11 Rozpadavost obalu na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

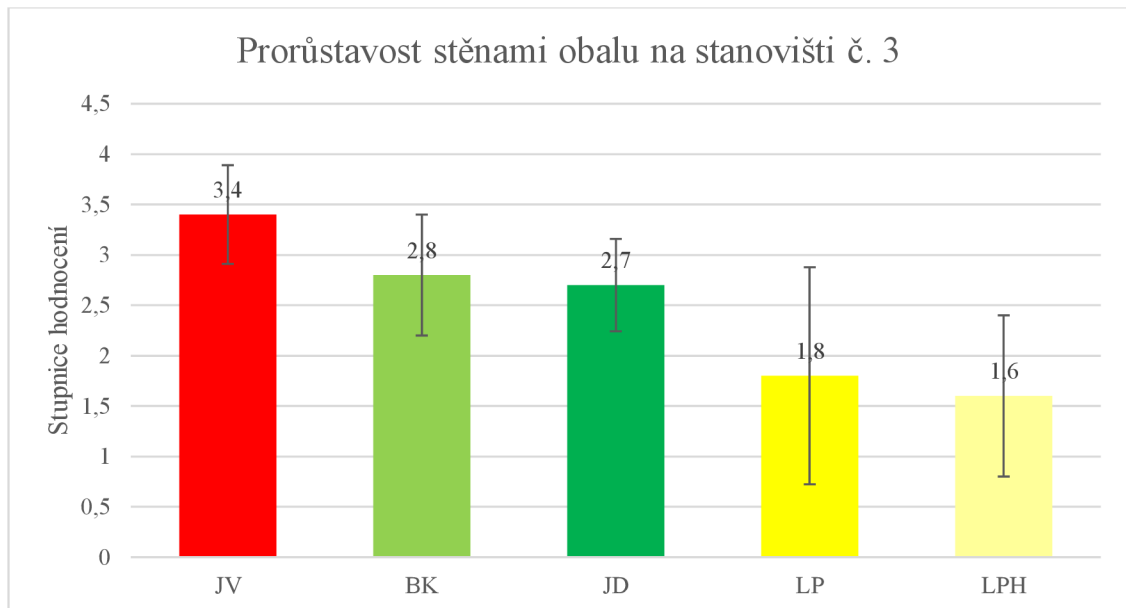
Z grafu můžeme vyčíst rozpadavost obalů na stanovišti č. 3 u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH). Je zřejmé, že se nejvíce rozpadaly obaly lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH). Naopak nejpomaleji se rozkládaly celulózové kelímky buku lesního (BK) a javoru mléče (JV). Je třeba upozornit, že ve studii na stanovišti 3 je nižší míra rozpadavosti do určité míry žádoucí, aby obaly mimo půdu byly schopny držet pohromadě substrát a kořeny sadebního materiálu dostatečně dlouho, než dojde k plnému prokořenění balu.



Graf 10: Graf rozpadavosti papírového obalu na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípa srdčitá s přidáním hnojiva (LPH). Stupnice 1-4: 1 – obal je úplně rozpadlý, 2 – obal je rozpadlý z 50 % a více, 3 – obal je rozpadlý do 50 %, 4 – obal se nerozpadá. Číselné hodnoty znázorňují průměry rozpadavosti obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku.

5.12 Prorůstavost KS stěnami obalů na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

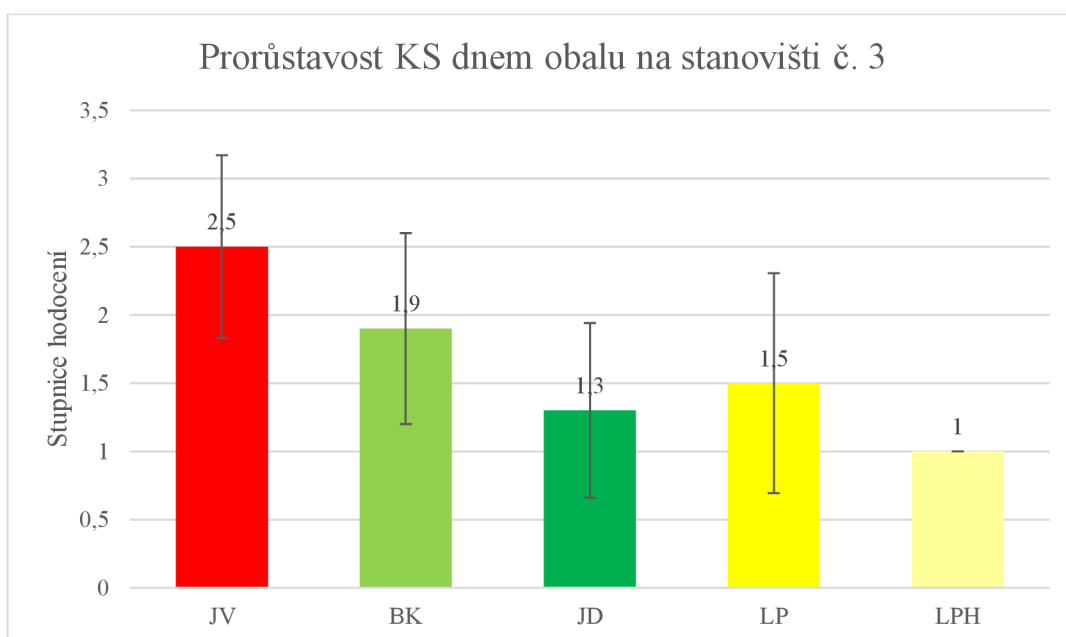
V následujícím grafu vidíme prorůstavost obalů u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH) na stanovišti č. 3. Nejlepší prorůstavost obalu byla u lípy srdčité hnojené Recultanem. Nejhorší prorůstaly kořenové systémy javoru mléče.



Graf 11: Graf ukazuje hodnocení prorůstavosti kořenových systémů stěnami papírového obalu u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená Recultanem (LPH) ze stanoviště č. 3. Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojedinělé prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstavosti obalů stěnami obalů dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.13 Prorůstavost KS dnem obalu na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

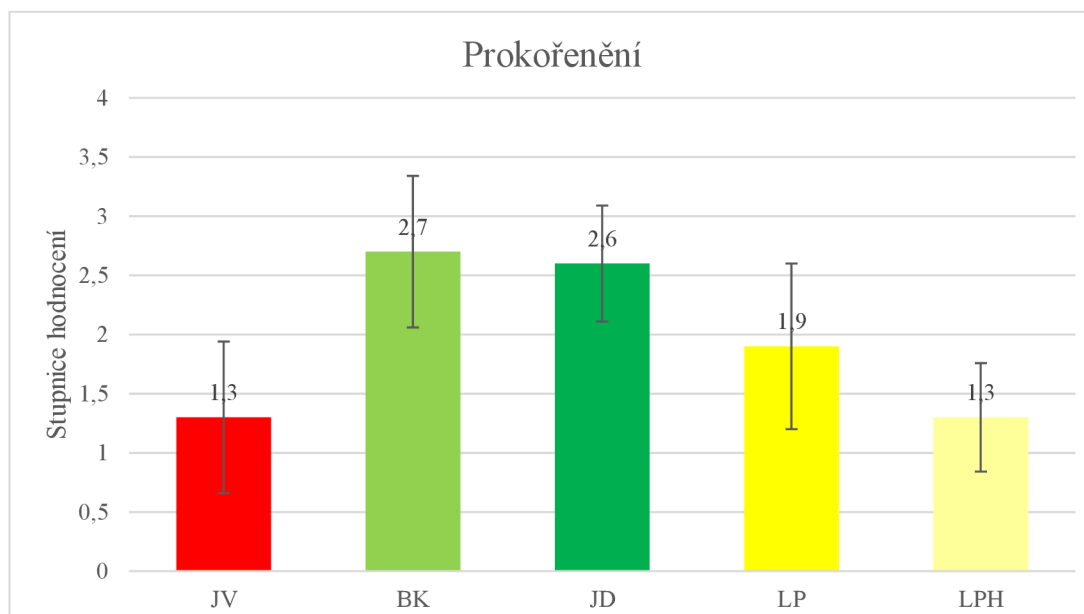
V následujícím grafu vidíme prorůstavost dnem obalů u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH) na stanovišti č. 3. Prorůstavost kořenových systémů dnem celulózového kelímku byla nejlepší u lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH). Nejhorší prorůstavost kořenových systémů byla u javoru mléče (JV). Ve všech případech však byly kořeny schopné prorůst celulózním kelímkem. V porovnání prorůstavosti KS stěnami obalů byla prorůstavost kořenových systémů dnem kelímku zhruba o jeden stupeň lepší.



Graf 12 Graf hodnocení prorůstavosti kořenových systémů dnem papírového obalu na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená (LPH) Stupnice hodnocení 1-4: 1 – výborná prorůstavost obalu, 2 – dobrá prorůstavost obalu, 3 – ojediněle prorůstání obalu, 4 – kořeny obalem neprorůstají. Číselné hodnoty znázorňují průměry prorůstavosti obalů dnem obalů stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.14 Hustota kořenového vlášení na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

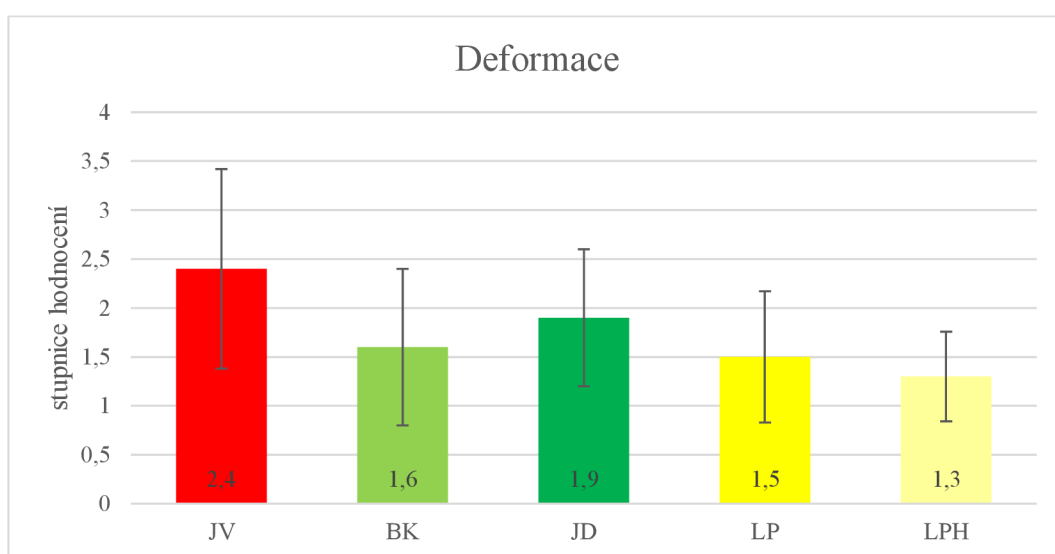
Graf uvedený níže nám ukazuje hustotu prokořenění u dřevin javor mlč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH) ze stanovišť č. 3. Nejvyšší hustota kořenového vlášení byla zjištěna u javoru mlče a lípy srdčité. Dobře až ojedinelé prokořeněné byly sazenice buku a jedle. Dobře prokořeněna byla lípa srdčitá hnojená.



Graf 13: Graf prokořenění na stanovišti č. 3 u dřevin: javor mlč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP), lípa srdčitá hnojená Recultanem (LPH): 1 – kořenový systém s velmi hustým kořenovým vlášením, 2 – kořenový systém s kořenovým vlášením rovnoměrně rozmístěným, 3 – kořenový systém s ojedinelým kořenovým vlášením, 4 – kořenový systém nemá téměř žádné kořenové vlášení. Číselné hodnoty znázorňují průměry prokořenění dané dřeviny dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

5.15 Deformace kořenového systému na stanovišti č. 3 – plastové přepravky

V následujícím grafu můžeme vidět posouzení výskytu deformací kořenových systémů ze stanoviště č. 3 u dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípa srdčitá hnojena Recultanem (LPH). Nejvíce deformací se objevovalo u javoru mléče, u kterého se průměrná deformace kořenových systémů ze stupnice hodnocení pohybovala na rozmezí kořeny s mírnou deformací a deformacích přípustných. U ostatních dřevin se průměrná deformace kořenových systémů pohybovala v rozmezí KS bez deformací a KS s mírnou deformací.



Graf 14: Graf deformací kořenových systémů na stanovišti č. 3 u obalovaného a prostokořenného sadebního materiálu dřevin javor mléč (JV), buk lesní (BK), jedle bělokorá (JD), lípa srdčitá (LP) a lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH), dle stupnice hodnocení 1–4: 1 – kořenový systém bez výskytu deformace, 2 – kořenový systém s ojedinělým výskytem mírných deformací, 3 – kořenový systém s přípustnou deformací, 4 – kořenový systém s nepřipustnou deformací. Číselné hodnoty znázorňují průměry deformací kořenového systému dle stupnice hodnocení u dané dřeviny. Chybová úsečka vyjadřuje směrodatnou odchylku.

6 Diskuse

6.1 Výškový přírůst sazenic na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Výškový přírůst sazenic byl u všech dřevin kromě lípy srdčité vyšší u prostokořenných sazenic. Statisticky významně se však podle Mann-Whiney U-testu a Welchova testu na hladině významnosti 0,05 lišily pouze dřeviny JV a DB. Pravděpodobným důvodem, proč sazenice PostCont přirůstaly pomaleji, je fakt, že jejich kořenové systémy byly před zaškolčováním do obalů zastřiženy, aby se kořeny do obalu vešly a nedošlo k deformacím. Došlo tedy k podobnému efektu jako při školkování, kdy rostliny na podříznutí kořenů reagují zpomalením růstu nadzemní části a tvorbou biomasy kořenových systémů. (MAUER 2013) To podporuje prokořenění sadebního materiálu, kde můžeme vidět, že krytokořenné sazenice mají (kromě buku lesního, kde jsou hodnoty stejné) hustší kořenové vlášení. Je tedy možné, že sazenice krytokořenných sazenic investovaly svoji energii více do růstu kořenového systému než do výškového přírůstu. U prostokořenného materiálu tento stimul nebyl, protože jeho kořeny nebylo třeba před výsadbou zastřihávat.

Dalším důvodem, proč by mohl být výškový přírůst u obalovaného sadebního materiálu nižší než u prostokořenných sazenic, je fakt, že prostokořenné sazenice byly vysazeny na plochu hned po přepravě, kdežto krytokořenné sazenice byly po příjezdu zhruba 10 dní skladovány ještě předtím, než byly obaleny. Tím pádem mohlo dojít ke stresu u skladovaného sadebního materiálu a následné retardaci výškového přírůstu. Když byly následně obalované sazenice vysazeny, nastalo období, ve kterém bylo minimum srážek, což mohlo mít také dopad na následný zpomalený výškový přírůst. Kdežto v době, kdy byly vysazeny prostokořenné sazenice, následovalo několik deštivých dní. (LEUGNER, MARTINCOVÁ, JURÁSEK 2012)

6.2 Tloušťky krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu č. 1 – venkovní záhon

Tloušťky krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu byly měřeny 13. července 2021. Kromě lípy srdčité (LP) se tloušťky příliš nelišily a často nabývaly hodnot mírně ve prospěch PostCont. Což by mohlo potvrzovat teorii pomalejšího výškového přírůstu z důvodu zastřihnutí kořenů, protože další reakcí na zastřihnutí kořene je i větší přírůst kořenového krčku. (MAUER 2013) U lípy srdčité byly silnější

prostokořenné sazenice. Nicméně vzhledem k nepatrnému tloušťkovému přírůstu v závislosti na přesnosti měření (1 mm) budou údaje o tloušťkovém přírůstu hodnoceny až v dalších vegetačních obdobích. Nyní by tento údaj nepřinesl přínosnou informaci.

6.3 Hustota zastoupení svazčitých kořenů v kořenových systémech na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

Porovnáním prokořenění kořenových systémů u krytokořenných a prostokořenných dřevin bylo zjištěno, že u obalovaného sadebního materiálu (s výjimkou buku lesního, kde byly hodnoty prokořenění stejné) vyšla vyšší hustota svazčitých kořenů než u sazenic prostokořenných. Důvodově by mohlo být to, že u kořenových systémů obalovaných sazenic byla provedena úprava kořenových systémů stříhem, kdežto sazenice prostokořenného sadebního materiálu byly po vyzvednutí zasazeny do půdy a jejich kořenové systémy dále upravovány nebyly. Vliv ale patrně měl i růstový substrát s vysokým podílem humusových látek, které podporují tvorbu kořenů. (DAVIS *et al.*, 2006)

Možným rizikem však je, že u některých dřevin (JV a JD) se projevil růst kořenů především v místech původního balu. V dalších letech vývoje by tedy u těchto dřevin mohlo docházet k deformacím KS. (LEUGNER, MARTINCOVÁ, JURÁSEK 2011) Prostokořenný i krytokořenný sadební materiál splňuje normu z hlediska zastoupení jemných kořenů (ČSN 48 2115).

6.4 Deformace KS na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

U dřevin javoru mléče, buku lesního a jedle bělokoré se překvapivě projevila deformace nikoli u krytokořenného sadebního materiálu, ale naopak u prostokořenných sazenic. Mohlo to být způsobeno tím, že kořenové systémy obalovaných dřevin byly zastříženy a tím mohlo dojít k odstranění deformací, které mohly být způsobeny pěstováním v lesní školce.

Největší deformace kořenových systémů u krytokořenné sadby byla objevena u olše lepkavé, což nejspíše způsobil tvrdý, vysušený obal, který částečně zdeformoval kořenové systémy.

Na žádné z uvedených dřevin však nebyla nalezena deformace vedoucí k nevratnému poškození kořenových systémů či jejich následnému odumření. Deformace vzniklé obalováním u krytokořenných sazenic se neprojevily.

6.5 Rozpadavost obalu u sazenic na stanovišti č. 1 – venkovní záhon

S rozpadavostí obalu na stanovišti č. 1 s výjimkou olše lepkavé nebyl žádný problém. Obaly se po jedné vegetační době rozpadly na elementární části. Bylo to způsobeno nejspíš vložением obalených sazenic do vlhké půdy a půdními procesy za pomoci půdního edafonu.

Problém s rozpadem obalů nastal u olše lepkavé a byl pravděpodobně v důsledku příliš rozmělněného substrátu. Olše byla školkována do vývojové verze obalu, u níž došlo při plnění růstovým substrátem k přílišnému rozmělnění rašeliny. Rašelina v kelímku měla bahnitou konzistenci a nebyla dostatečně kyprá. V sušším období pak obal i substrát v něm nejspíše ztvrdly. Dalším důvodem však mohlo být i to, že stěny celulózového obalu této verze obalu byly silnější než u ostatních dřevin.

6.6 Prorůstavost obalů stěnami i dnem obalů na stanovišti č. 1 - venkovní záhon

Na prorůstavost má velký vliv rozpadavost obalů. Vzhledem k tomu, že se kelímky PostCont velice brzy rozpadly, nebyl problém s prorůstavostí kořenů skrz jejich stěny i dno, kromě výše zmíněné olše lepkavé (OL), u které byl problém s rozpadavostí obalů. Špatná rozpadavost obalů u olše lepkavé se tedy promítla i na prorůstání kořenů. Lépe u olše prorůstalo dno kelímku. Důvodem by mohlo být to, že obal byl ve spodní části přeci jen vlhčí než u horní části, kde probíhalo rychlé vysychání.

6.7 Sadební materiál buku lesního pěstovaný na stanovišti č. 2 - foliový kryt

U semenáčků buku lesního pěstovaných na stanovišti č. 2 ve foliovém krytu bylo cílem pozorovat vývin kořenových systémů bez případných deformací, které by mohly být teoreticky způsobeny obalovacím strojem PostCont při školkování sazenice. Z výsledků můžeme vidět, že kořenové systémy nebyly nijak deformovány, vyvíjely se přirozeně a obal nijak nebránil jejich růstu. Svazčité kořeny byly rovnoměrné až hustě uspořádané. Procentuální podíl svazčitých kořenů odpovídal normě 4821 15. Ke všem těmto výsledkům jistě dopomohl i fakt, že papírový obal, do něhož byla semena buku lesního zaseta, byl v době kontroly rozpadlý na nepatrné fragmenty. Obal se tedy rozpadl velice brzy po zasazení do půdy. Z tohoto důvodu neměly kořenové systémy možnost deformace obalem. Průměrná výška nadzemní části dřevin byla 23,7 cm, což odpovídá výškovému rozmezí stanovené normou pro tento typ semenáčku s přípustnou tolerancí

5 cm. Norma 48 2115 stanovuje rozpětí výšky 26–50 cm pro jednoleté semenáčky buku (ČSN 48 2115).

6.8 Výšky dřevin a délky kůlového kořene na stanovišti č. 3 – plastové přepravky

Výšky dle normy 4821 15/Z2 splňovaly všechny dřeviny. Délky kůlového kořene však dle normy 4821 15/Z2 nesplňovaly dřeviny BK a JD, z důvodu vysokého počtu jedinců, kteří nesplňovali rozmezí stanovené pro rozměr kořene. Důvodem mohlo být nesprávné použití výšky obalu k velikosti sazenice.

6.9 Rozpadavost obalů na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

Na stanovišti č. 3 byla jednoznačně nejlepší rozpadavost obalů u lípy srdčité hnojené Recultanem (LPH). Důvodem je jednoznačně použití hnojiva, které urychlilo rozpad kelímku, a to i přesto, že se jednalo o směsné hnojivo s pomalu rozpustnou a rychle rozpustnou složkou. Rychle rozpustná složka hnojiva se po zamíchání do substrátu nejspíše začala intenzivně rozpouštět, a to z důvodu vysokého obsahu vody v rašelině při obalování.

V tomto případě ale nepovažujeme tak rychlou rozpadavost kelímku za příliš žádoucí. Může pak totiž rychleji docházet k rozpadu obalu ještě před expedicí a výsadbou stromku a při přepravě by mohlo dojít k rozpadu kořenového balu. Východiskem by mohla být aplikace pouze pomalu rozpustného hnojiva či jeho aplikace těsně před výsadbou, nebo je nutné hnojenou sazenici co nejdříve vysadit. Tohoto efektu by se však dalo využít na sušších stanovištích, kde byl v případě stanoviště č. 1 problém s rozpadavostí kelímku.

U buku lesního (BK) a lípy srdčité (LP) byla rozpadavost obalu velice nízká, to by mohlo být způsobeno umístěním. Sazenice všech dřevin byly umístěny na jednom místě v těsné blízkosti vedle sebe podle druhu dřeviny. Buk lesní a javor mléč (JV) se nacházely na okraji této plochy. Mohla zde být tedy nižší vlhkost než ve středu této plochy a vyšší proudění vzduchu než v centrální části plochy. Obaly v okrajové části tedy mohly rychleji vyschnout, čímž došlo ke zpomalení jejich rozpadu.

Prorůstavost obalů byla opět analogická s rozpadavostí obalů. Nejhuře prorůstal celulózovým kelímkem javoru mléč, u kterého byla nejspíše zhoršená rozpadavost kvůli umístění obalu na stanovišti.

6.10 Hustota kořenového vlášení na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

Hustota svazčitých kořenů byla nejvyšší u javoru mléče a lípy srdčité hnojené Recultanem.

Husté prokořenění u javoru mléče mohlo být způsobeno pomalejší rozpadavostí celulózového kelímku, ale také umístěním sazenic v okrajové části plochy s vyšším prouděním vzduchu, kde mohlo docházet k vzdušnému stříhu kořenových systémů.

Lípa srdčitá hnojená Recultanem měla logicky hustší kořenové vlášení, protože bylo podpořeno obohacujícími látkami.

Při mezidruhovém porovnání byla z neznámých důvodů nižší hustota svazčitých kořenů u buku lesního. Nižší prokořenění bylo i u jedle bělokoré, což je však u jehličnanů přirozené.

6.11 Deformace KS na stanovišti č. 3 - plastové přepravky

Nejvíce se objevovaly deformace kořenových systému u javoru mléče, tyto deformace mohlo způsobit špatné rozpadání papírových kelímků. U ostatních dřevin docházelo pouze k mírným deformacím KS. Ani u jedné dřeviny včetně javoru mléče nedocházelo k deformacím kořenů, které by se vymykaly požadavkům normy ČSN 48 2115.

Deformace vzniklá obalováním se mírně projevila u dřevin JV a JD. Důvodem bylo nejspíš nesprávné umístění stromků do opalovacího stroje.

7 Závěr

- Výškový přírůst byl vyšší u sazenic prostokořenných než u sazenic krytokořenných. Důvodem mohlo být to, že krytokořenné sazenice investovaly více energie a látek do růstu svazčitých kořenů, které byly (kromě buku lesního) u krytokořenných sazenic hustší než u sadebního materiálu prostokořenného.
- Hustota svazčitých kořenů porovnávaná u krytokořenných a prostokořenných sazenic na stanovišti č. 1 byla vyšší u sazenic krytokořenných. Důvodem mohlo být zastřížení kořenových systémů u obalovaného sadebního materiálu, které naopak u prostokořenných sazenic neproběhlo.
- Případné deformace místy se vyskytující na sazenicích krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu nepovedou k následné mortalitě sazenic. Nižší výskyt deformací se vyskytoval u sadebního materiálu krytokořenného.

Avšak nejvyšší stupeň deformace byl u olše lepkavé, na niž deformace mohla vzniknout z důvodu nepoddajného celulózového kelímku. Tato problematika bude dále řešena.

- U rozpadavostí obalu na stanovišti č. 1 nebyl pozorován problém u žádné dřeviny kromě olše lepkavé. U olše lepkavé nastal problém pravděpodobně kvůli umístění sazenic do vývojové verze obalů, kde docházelo při čerpání substrátu do formy k přílišnému rozmělnění rašeliny a následnému ztvrdnutí při sušším období. Tento technický problém (přílišné rozmělnění rašeliny) byl zpětnovazebným výzkumem a následnými technickými úpravami vyřešen.
- Prorůstavost obalů souvisela s jeho rozpadavostí. U pozorovaných dřevin nebyl problém s prorůstáním obalů. Zhoršená prorůstavost byla pozorována u sazenic olše lepkavé. Vysvětlení je uvedeno v předchozím odstavci. Lépe prorůstaly kořenové systémy dnem obalu.
- U semenáčků pěstovaných ve foliovém krytu v záhonech s písčítým substrátem nebyl žádný problém s rozpadavostí obalu. Kelímky se po kontaktu s písčítým substrátem velice brzy rozpadly a nebránily prorůstání kořenů, které nebyly nijak deformovány.

8 Seznam použitých zkratek a symbolů

BK – buk lesní

DB – dub letní

JD – jedle bělokorá

JV – javor mléč

KS – kořenový systém

LP – lípa srdčitá

LPH – lípa srdčitá hnojená Rekultanem

OL – olše lepkavá

ŠLP – školní lesní podnik

VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

9 Literatura

DAVIS A., JACOBS D., WIGHTMAN K. and BRYANT Z. *Organic Matter Added to Bareroot Nursery Beds Influences Soil Properties and Morphology of Fraxinus pennsylvanica and Quercus rubra Seedlings*. *New Forests*, 2006 31: 293–303. doi:10.1007/s11056-005-7484-7

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, Vratislav (1997). *Lesní školkařství*. Matice lesnická, Písek, pp. 139.

FOLTÁNEK, Vladimír. *Lesní školkařství v české republice: od historie k současnosti*. Praha: Národní zemědělské muzeum, s. p. o., 2016. ISBN 978-80-86874-70-8.

JURÁSEK Antonín, Jarmila MARTINCOVÁ a Jarmila NÁROVCOVÁ. *Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií v podmínkách České republiky. Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa: Sborník z mezinárodního semináře*. Kodymův národní dům, Opočno: VÚLHM Jíloviště, Sdružení lesních školkařů ČR, 2004, s. 6-15. ISBN 80-86386-51-1.

JURÁSEK, Antonín a Jarmila MARTINCOVÁ. *Obaly pro pěstování sadebního materiálu* [online]. Opočno: VÚLHM Opočno, 2001, **80**(5) [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-5-01/obaly-pro-pestovani-sadebniho-materialu>

JURÁSEK, Antonín, Jarmila NÁROVCOVÁ a Václav NÁROVEC. *Testování obalů krytokořenného sadebního materiálu*. *Lesnická práce* [online]. Opočno: VÚLHM Opočno, 2004, **83**(4) [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-83-2004/lesnicka-prace-c-4-04/testovani-obalu-krytokoreneho-sadebniho-materialu>

KUNEŠ, Ivan a František LOPOT. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. *ODBORNÁ ZPRÁVA O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKÁCH ZA ROK 2021: Obalování sadebního materiálu lesních dřevin technologickým systémem PostCont*. Evropská 1692/37,16000 Praha 6, 2022.

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.

LEUGNER, Jan, Antonín JURÁSEK a Jarmila MARTINCOVÁ. Vývoj kořenových systémů smrku ztepilého v kulturách založených krytokořenným a prostokořenným sadebním materiálem v extrémních horských podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2011, **56**(1), 31-37.

LEUGNER, Jan, Jarmila MARTINCOVÁ a Antonín JURÁSEK. Vliv vysychání během manipulace a prostředí po výsadbě na růst sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) K Arst.). *Zprávy lesnického výzkumu*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2012, **57**(1), 1-7.

MAUER Oldřich, Eva PALÁTOVÁ, Anna BÁRTOVÁ, Antonín JURÁSEK, Jarmila NÁROVCOVÁ a Kazimierz SZABLA, FOLTÁNEK Vladimír, ed. *Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Brno: Lesnická práce, 2006. ISBN 80-86386-72-4.

MAUER Oldřich. Technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu. In: *Inovace kvalifikačních znalostí v oboru lesního školkařství 2012*.

Zemědělská 5, 613 00 Brno: Institut celoživotního vzdělávání, Mendelova univerzita v Brně, 2012, s. 68-87.

MAUER, Oldřich. *Pěstování sadebního materiálu*. Zemědělská 1, 613 00 Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, s. 99-102. ISBN: 978-80-7375-698-7.

MAUER, Oldřich. *Rhizologie lesních dřevin*. Zemědělská 1, 613 00 Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, s. 19-60. ISBN 978-80-7375-697-0.

NÁROVCOVÁ, Jarmila a Václav NÁROVEC. Pěstební obaly pro lesní školkařství. *Lesnická práce* [online]. Opočno: VÚHLM Opočno, 2006, **85**(4) [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-85-2006/lesnicka-prace-c-04-06/pestebni-obaly-pro-lesni-skolkarstvi>

NÁROVCOVÁ, Jarmila. Morfologické charakteristiky standardních jednoletých krytokořenných semenáčků listnatých dřevin výškové třídy 51–80 cm. *Zprávy lesnického výzkumu*. Opočno: VÚHLM Opočno, 2015, **60**(3), 165-170.

NÁROVCOVÁ Jarmila. Systém testování biologické vhodnosti obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin a poznatky s jeho uplatněním v praxi. *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa: Sborník z mezinárodního semináře*. Kodymův národní dům, Opočno: VÚHLM Jíloviště, Sdružení lesních školkařů ČR, 2004, s. 6-15. ISBN 80-86386-51-1.

NÁROVCOVÁ, Jarmila. Růst jednoletých krytokořenných semenáčků výškové třídy 51-80 cm v období 3 roky po výsadbě. *Zprávy lesnického výzkumu*. VÚHLM Opočno, 2016, **61**(4), 290-297.

POLÍVKA, Martin, Kamila SOPROVÁ a Zdeňka ZÍTOVÁ, EYBL, Tomáš, Martin FLORA a Antonín JURÁSEK, ed. *Rádce vlastníka lesa do výměry 50 ha – III*. Čtvrté aktualizované vydání. Nábřežní 1326, 250 01 Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2017. ISBN 978-80-88184-09-6.

Sadební materiál a lesní školkařství. POLENO, Zdeněk a Stanislav VACEK. *Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009, s. 49-88. ISBN 978-80-87154-34-2.

ŠMELKOVÁ, Ľubica. Používanie krytokorenného sadobného materiálu pestovaného intenzívnymi technológiami na Slovensku. *Možnosti použitia sadebného materiálu z intenzívnych školkařských technológií pro obnovu lesa: Sborník z mezinárodního semináře*. Kodymův národní dům, Opočno: VÚLHM Jíloviště, Sdružení lesních školkařů ČR, 2004, s. 16-21. ISBN 80-86386-51-1.

ÚNMZ (2012). Česká technická norma: ČSN 48 2115 – Sadební materiál lesních dřevin, Praha.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [on-line], Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [cit. 2022-03-15] 2021 geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOprl.html

Vyhláška č. 456/2021, 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* [online]. AION CS, 2021, ročník 2021, 204/2021, číslo 456. Dostupné také z: www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-456/zneni-20220101#p5_p5-1