

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Růst a vývoj prostokořené a obalené sadby borovice do
doby zajištění kultury**

Diplomová práce

Autor: Bc. Gabriela Skaláková, DiS.

Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

2024



Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

- Autorka práce: Bc. Gabriela Skaláková, DiS.
Studijní program: Lesní inženýrství
Obor: Lesní inženýrství
Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.
Garantující pracoviště: Katedra pěstování lesů
Jazyk práce: Čeština
- Název práce: **Růst a vývoj prostokořené a obalené sadby borovice do doby zajištění kultury**
- Název anglicky: **Growth and Development of Bare-Root and Containerized Pine Plants in the First Years after Plantations**
- Cíle práce: V České republice stále převládá prostokořená sadba, která je považována za efektivní způsob jak z hlediska technologie výsadby, tak i z ekonomických hledisek. Přitom méně používaná obalená sadba má řadu předností, jak z hlediska ujmavosti, tak i zkrácení doby nutné k dosažení zajištěnosti kultury. Cílem práce je vyhodnotit biologickou kvalitu prováděné obnovy z hlediska odrůstání nových kultur a stavu a kvality jejich kořenového systému.
- Metodika:
- Provedení rešerše literatury vztahující se k zadanému tématu - 6/21
 - Výběr vhodných ploch na srovnatelných edafických kategoriích - 5/21
 - Každá zkusná plocha by měla zahrnout zhruba 100 ks stromků, na kterých se provede základní dendrometrické šetření (výška, tloušťka, vitalita a kvalita stromku) -9/21
 - Vyzvednutí 10 ks stromků s celým kořenovým systémem a jeho změření (objem, délka křivočerného kořene, podíl jemných kořenů) – 10/21
 - Přenesení získaných dat do PC a jejich statistické a grafické zpracování 11/21
 - Vypracování 1. pracovní verze DP 1/22
 - Předložení konečné verze práce vedoucímu DP 4/22
- Doporučený rozsah práce: min. 50 stran

Klíčová slova: umělá obnova, kořenové systémy, technologie obnovy lesa

Doporučené zdroje informací:

1. AXER M. et al., 2021, Modelling natural regeneration of European beech in Saxony, Germany: identifying factors influencing the occurrence and density of regeneration. European Journal of Forest Research, Open access
2. BALÁŽ, Martin; KUNEŠ, Ivan; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Biologické základy pěstování lesů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014. ISBN 978-80-213-2499-2.
3. KUPKA, Ivo; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESŮ. *Základy pěstování lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, 2005. ISBN 80-213-1308-0.
4. KUPKA, Ivo; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Pěstování lesů I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1782-6.
5. MAUER, Oldřich. *Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Brno: LESNICKÁ PRÁCE, 2006. ISBN 80-86386-72-4.
6. POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav. *Pěstování lesů . III.; Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Česnými lesy: lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-34-2.
7. POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav; PODRÁZSKÝ, Vilém; ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. ÚSEK LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ. *Pěstování lesů. II., Teoretická východiska pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2007. ISBN 978-80-7084-656-8.
8. POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav; PODRÁZSKÝ, Vilém. *Pěstování lesů. I., Ekologické základy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2007. ISBN 978-80-87154-07-6.
9. SARVAŠ, Milan; KUPKA, Ivo; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2166-3.
10. WILSON E.R. et al. 2007, Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. *New Forests* 34:163-176

Předběžný termín 2021/22 LS - FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 2. 9. 2021
doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 7. 10. 2021
prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.
Děkan

**Růst a vývoj prostokořené a obalené sadby borovice do doby
zajištění kultury**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Růst a vývoj prostokořené a obalené sadby borovice do doby zajištění kultury“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a to i bez ohledu na výsledek 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 Písku, dne 5.4. 2024

Bc. Gabriela Skaláková, DiS.

Poděkování

Mé poděkování patří prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Také bych ráda poděkovala své rodině za podporu během mého studia a dále Lesům města Písku s.r.o., obci Vrcovice a firmě Orlík nad Vltavou s.r.o. za poskytnutí ploch k měření a odborné konzultace.

Abstrakt

Jedním ze základních úkonů v lesním hospodářství zaručujícím trvale udržitelné obhospodařování lesů je jejich obnova. V České republice stále převládá prostokořenná sadba, která je považovaná za efektivní způsob jak z hlediska technologie výsadby, tak i z ekonomických hledisek. Přitom méně používaná obalená sadba má řadu předností, jak z hlediska ujímavosti, tak i zkrácení doby nutné k dosažení zajištěnosti kultury.

Cílem práce je vyhodnotit biologickou kvalitu prováděné obnovy z hlediska odrůstání nových kultur a stavu a kvality jejich kořenového systému.

Výsledky šetření na 6 plochách potvrdily, že při obnově lesa obalenou sadbou dochází k lepší ujímavosti sadebního materiálu a jeho lepšímu odrůstání. Naproti tomu prostokořenná sadba v dalších letech prokázala, že její přírůsty a tloušťka kořenového krčku je lepší než u obalované sadby.

Klíčová slova: borovice, kořenový krček, kořenový systém, obalovaná sadba, prostokořenná sadba, sazenice

Abstract

Forest restoration is one of the basic forest management activities that guarantee sustainable forest management. In the Czech Republic, bareroot planting still prevails, which is considered an effective method both in terms of planting technology and economic aspects. However, the lesser-used containerised planting has a number of advantages, both in terms of yield and in terms of reducing the time needed to achieve safely regenerated stand.

The aim of this work is to evaluate the biological quality of the regeneration carried out in terms of the regrowth of new trees and the condition and quality of their root system.

The results of the investigation on 6 plots confirmed that the regeneration of forest with containerised planting material leads to better seedling establishment. On the other hand, the bareroot seedlings in the following years showed that their root growth and root collar thickness were better than those of the containerised seedlings.

Keywords: pine, root collar, root system, bareroot seedling, containerised seedling

Obsah

Obsah.....	9
Seznam obrázků	11
Seznam grafů.....	11
Seznam tabulek	12
Seznam zkratk	13
Úvod.....	14
1. Literární rešerše.....	16
1.1 Borovice lesní.....	16
1.2 Sadební materiál	19
1.3 Prostokořenný sadební materiál	26
1.4 Výhody a nevýhody prostokořenného sadebního materiálu	28
1.5 Platná legislativa	30
2. Krytokořenný (obalovaný) sadební materiál.....	34
2.1 Pěstování krytokořenných výpěstků.....	40
2.2 Třídění, balení, a expedice finálních krytokořenných výpěstků	48
2.3 Skladování krytokořenných výpěstků přes zimní období	49
2.4 Výhody a nevýhody použití krytokořenného sadebního materiálu.....	49
3. Metodika práce.....	51
3.1 Výběr stanoviště.....	51
3.2 Výsadba.....	51
3.3 Měření	53
3.4 Vlastní výsledky práce	54
4. Výsledky a diskuse.....	67
5. Závěr a doporučení.....	74
6. Seznam literatury a použitých zdrojů.....	76

7.	Seznam příloh.....	82
7.1	Příloha 1 – Výsledky měření	82
7.2	Příloha 2 – Obrazový materiál.....	92

Seznam obrázků

Obrázek 1 Detail borovice lesní, zobrazující oranžovo-červenou barvu horních větví	17
Obrázek 2 Krytokořená sazenice borovice.....	43
Obrázek 3 Krytokořená sadba na vzduchovém polštáři	45
Obrázek 4 Rok po výsadbě.....	92
Obrázek 5 Rok po výsadbě, kořenový systém	92
Obrázek 6 Tříletá prostokořená, kořenový systém.....	93
Obrázek 7 Tříletá prostokořená.....	93
Obrázek 8 Tříletá obalovaná na KS1	94
Obrázek 9 Obalovaná sadba, tři roky po výsadbě	94
Obrázek 10 Pětiletá obalovaná sadba	95
Obrázek 11 Pětiletá obalovaná sadba, kořenový systém.....	95
Obrázek 12 Pětiletá obalovaná sadba	96
Obrázek 13 Pětiletá prostokořená sadba	96
Obrázek 14 Pětiletá prostokořená sadba, kořenový systém	97

Seznam grafů

Graf 1 Sadební materiál (roční, tříletá, pětiletá), výška sazenice.....	55
Graf 2 Sadební materiál (roční, tříletý, pětiletý), tloušťka kořenového krčku.....	56
Graf 3 Přírůst jednoletých sazenic (obalovaná, prostokořená).....	56
Graf 4 Tloušťka kořenového krčku jednoletých sazenic (obalovaná, prostokořená).....	57
Graf 5 Výška sadby a objem kořenového systému u roční prostokořenné sadby	57
Graf 6 Výška sadby a objem kořenového systému u roční obalované sadby	58
Graf 7 Test významnosti výšky jednoleté sadby	59
Graf 8 Výška tříletých sazenic (obalovaná, prostokořená)	59
Graf 9 Tloušťka kořenového krčku tříletých sazenic (obalovaná, prostokořená)	60
Graf 10 Výška sadby a objem kořenového systému u 3leté prostokořenné sadby	61
Graf 11 Výška sadby a objem kořenového systému u 3leté obalované sadby	62
Graf 12 Test významnosti u tříletých sazenic	62
Graf 13 Výška pětiletých sazenic (obalovaná, prostokořená).....	63
Graf 14 Tloušťka kořenového krčku pětiletých sazenic (obalovaná, prostokořená)	63
Graf 15 Přírůsty pětileté sadby v roce 2020	64
Graf 16 Přírůsty pětileté sadby v roce 2021	65

Graf 17 Test významnosti u pětiletých sazenic.....	66
--	----

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry kořenového systému výsadbyschopného materiálu.....	24
Tabulka 2 Statistické hodnocení dendrometrických hodnot výsadeb ve věku 1, 3, 5 let.....	54
Tabulka 3 Jednoletá sadba prostokořenná.....	58

Seznam zkratk

ČR	Česká republika
KK	Kořenový krček
KS	Kořenový systém
KSM	Krytokořený sadební materiál
NČ	Nadzemní část
PSM	Prostokořený sadební materiál
SDML	Sadební materiál lesních dřevin

Úvod

Stabilita a kvalita lesních porostů závisí na jejich výchově v mládí. Lesní zákon stanovuje jako jeden ze závazných ukazatelů pro lesy státní a obecní minimální plošný rozsah výchovných zásahů v porostech do 40 let. Zákon také konstatuje, že vlastník je mimo jiné povinen vychovávat lesní porosty soustavně a včas, tak aby se zlepšoval jejich stav, zvyšovala jejich odolnost a zlepšovalo plnění funkcí lesa. Velké množství výchovně zanedbaných porostů se stalo jedním z klíčových problémů lesního hospodářství na počátku 90. let 20. století. Příčinou byl vysoký podíl nahodilých těžeb v 70. a 80. letech 20. století, které se musely přednostně zpracovat, a výchova porostů se zanedbávala. V průběhu 90. let i v současné době se daří tyto disproporce vyrovnávat.

Výchova lesních porostů vytváří spolu s dalšími biotechnickými opatřeními ucelený systém, který zvyšuje stabilitu lesních ekosystémů, jejich biodiverzitu, je nástrojem pro úpravu druhové skladby a prostorové výstavby porostů.

Použití krytokořenného sadebního materiálu má v podmínkách České republiky dlouhodobou tradici. V minulosti se v České republice nevyhnuli při pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu řadě chyb, jejichž důsledky se projeví v kvalitě některých založených lesních porostů a způsobily určitou nedůvěru k těmto technologiím na straně vlastníků lesa. V podmínkách českého lesního hospodářství bude mít i nadále rozhodující postavení klasicky pěstovaný prostokořenný sadební materiál.

fV souladu se světovým trendem je ale možné počítat s postupným nárůstem používání kvalitního krytokořenného sadebního materiálu, a to zejména z intenzivních školkařských technologií. Systémová řešení kvality krytokořenného sadebního materiálu pro podmínky ČR, která již pověřené organizace výzkumu po řadu let připravují a realizují ve spolupráci se Sdružením lesních školkařů ČR i s vlastníky lesa, zejména se státním podnikem Lesy České republiky, by měla zaručit vysokou morfologickou a fyziologickou kvalitu krytokořenného sadebního materiálu, který je v českých školkách pěstován. Kvalita sadebního materiálu a výhody jeho použití, včetně těch ekonomických, by měly vlastníky lesa přesvědčit o výhodnosti jeho použití na řadě zalesňovaných stanovišť.

Cíl práce

V České republice stále převládá prostokořenná sadba, která je považovaná za efektivní způsob jak z hlediska technologie výsadby, tak i z ekonomických hledisek. Přitom méně používaná obalená sadba má řadu předností, jak z hlediska ujímavosti, tak i zkrácení doby nutné k dosažení zajištění kultury. Cílem práce je vyhodnotit biologickou kvalitu prováděné obnovy z hlediska odrůstání nových kultur a stavu a kvality jejich kořenového systému.

1. Literární rešerše

1.1 Borovice lesní

Borovice lesní (*Pinus Sylvestris L.*), sosna, čeleď *Pinaceae Spreng. ex F. Rudolphi* – borovicovité, je hospodářsky velmi důležitý a vědecky dobře prozkoumaný strom severní polokoule zabírající rozsáhlé oblasti s odlišnými klimatickými podmínkami v Eurasii. Již mnoho desetiletí je v centru pozornosti zlepšování stromů. Šlechtitelské programy byly zahájeny selekcí plusových stromů, zakládáním semenných sadů a testováním potomstva téměř ve všech zemích, kde má tento druh ekonomický význam. Dnes jsou tyto programy vyvíjeny velmi odlišně. (Krakau a kol., 2013)

Borovice lesní, je strom vysoký mezi 25 a 40 m. Zatímco mnoho jehličnanů má poměrně jednotný tvar, borovice lesní může mít úžasné rozmanitosti forem a velikostí. Mladší stromy mívají klasický kuželovitý tvar, ale s dospíváním strom může nabýt zcela unikátního tvaru. Mohou být poměrně vysoké a úzké, s několika bočními větvemi, ale i otevřené a rozložené s více kmeny. V Caledonian Forest bylo identifikováno 11 hlavních růstových typů, ačkoliv rozmanitost je opravdu nekonečná. Geny ovlivňují tvar a velikost borovice, i když je zde také mnoho vlivů prostředí. Pokud jelen okusuje sazenici a odstraní olověný výhonek, strom se pravděpodobně vyvine do zajímavých forem, jak dorůstá do dospělosti. Stromy rostoucí blízko sebe mají tendenci být rovnější a jednotnější, zatímco ty, které mají kolem sebe nějaký prostor, se obvykle vyvinou s otevřenějšími a rozložitějšími korunami.

Ty, které rostou v relativně chráněných oblastech a na vhodné půdě, mohou dosáhnout působivých velikostí. Např. ve Skotsku dosáhly výšky až 20 metrů a 3,6 metru v obvodu! Naproti tomu borovice na bažinaté půdě nebo na vysokých exponovaných místech jsou často pokroucené, zakrslé a podobné více bonsajím, a to i po mnoha desetiletích. (Carlisle a Brown, 1968)

Kůra borovice lesní je velmi charakteristickou součástí stromu. V raných letech stromu (a výše na vzrostlých stromech) má nádherný oranžovo-červený odstín. Mladší kůra má také papírově tenké vrstvy, které se celkem snadno loupou. Jak strom dospívá, kůra se hluboce rýhuje a praská. Tvoří se tlusté vrstvené pláty připomínající skládačku o tloušťce až 5 cm. To dodává lesu zcela nový rozměr a poskytuje prostor pro růst mechů a lišejníků, stejně jako pro pavouky a hmyz. Ty zase přitahují ptáky, jako jsou sýkory chocholaté, které hledají kořist ve štěrbinách.

Tato silná kůra se vyvinula částečně jako ochrana před ohněm, který kdysi hrál klíčovou roli v životním cyklu borovice. Zajímavostí je, že např. na východě skotského pásma má borovice tendenci mít silnější kůru (adaptace na častější požáry, které se přehnaly suššími východními lesy). (Carlisle a Brown, 1968)



Obrázek 1 Detail borovice lesní, zobrazující oranžovo-červenou barvu horních větví

Zdroj:

https://web.archive.org/web/20120812222130/http://www.treesforlife.org.uk/ilovepine/didyouknow_more.html

Samčí a samičí květy se objevují na stejném stromě v květnu. Samičí květy se nacházejí na vyšších, exponovanějších větvích a samčí bývají shlukovány na větvích níže. Strom se spoléhá na vítr, který přenáší samčí pyl k oplodnění samičích květů jiných borovic. Jakmile je samičí květ oplodněn, trvá dva roky, než se vyvine ve zralou šišku, která dozrává během dubna. Na stromě je možné kdykoli vidět dvě sady šišek: mladší, které byly oplodněny v posledním roce, a zralé nebo téměř zralé šišky, které brzy uvolní semena. V teplém a suchém počasí se šišky otevrou a uvolňují světlá semena do vzduchu. V dobrém roce může strom vyprodukovat více než 3 000 šišek, z nichž každá má uvnitř až 25 semen. (Carlisle a Brown, 1968)

Semínko o váze kolem 0,005 gramu má k sobě připojeno malé „křídlo“, které mu umožňuje letět až 100 metrů větrem, i když ho může vítr zanést i mnohem dále. Borovice je

velmi specifická, pokud jde o to, kde roste, preferuje dostatek lehké, dobře odvodněné minerální půdy. (Carlisle a Brown, 1968)

Borovice lesní je nejrozšířenějším jehličnanem na světě s přirozeným areálem, který sahá od západního Skotska po Ochotské moře na východní Sibiři a od severu polárního kruhu ve Skandinávii po jižní Španělsko. Borovice lesní v národním parku Stabbursdalen v Norsku tvoří nejsevernější borový les na světě, v zeměpisné šířce 70° 10' severní šířky, s některými stromy starými 500 let. Navzdory obrovskému rozsahu tohoto druhu jsou původní borové lesy Kaledonského lesa jedinečné, protože zde nejsou žádné jiné jehličnany – jinde borovice lesní roste s dalšími stromy, jako je smrk ztepilý a jedle sibiřská. Skotské borové lesy jsou také charakteristické díky oceánské povaze našeho klimatu, která dává vzniknout množství mechů a lišejníků, zejména v západnějších lesích, jako jsou lesy Beinn Eighe a Glen Affric. (Carlisle a Brown, 1968)

Var. *Sylvestris* se vyskytuje v Evropě, od Skotska a Španělska na východ a přes severní Asii téměř k pobřeží Tichého oceánu. V severní Eurasii od nadmořské výšky 1 000 m; v jižní Evropě pouze nad 500 m v horách, až do výše 2 400 m (např. ve španělské Sierra Nevadě). Borovice lesní se téměř nevyskytuje ve východní a severovýchodní části Sibiře. V Irsku, Walesu, Anglii, Nizozemsku a Dánsku vyhynula v důsledku lidské činnosti (kácení, vypalování, nadměrné spásání); reintrodukované populace (z velké části neznámého původu) prosperují lokálně ve všech těchto zemích. (Carlisle a Brown, 1968)

Var. *hamata* pochází z Balkánského poloostrova, severního Turecka a JZ Zakavkazska, lze ji najít v nadmořských výškách 500–2 600 m.

Var. *lapponica* je často uváděna jako původní v Norsku, Švédsku, Finsku a přilehlých částech Ruska severně od 65° severní šířky. Dorůstá do výšky asi 30 m.

Var. *mongolica* pochází z Mongolska, severozápadní Číny a jižní Sibiře a lze ji najít v nadmořské výšce 300-2000 m. Zabírá velké oblasti v Transbajkalii, ve většině ostatních oblastí preferuje suché svahy nebo písčité půdy. (Carlisle a Brown, 1968)

Když borovice lesní uhynie, její role v lese zdaleka nekončí. Borovice obsahuje spoustu pryskyřic – chemických látek, které zpomalují napadení houbami a hmyzem. Kvůli tomu může borovice zůstat stát i 100 let poté, co uschne. V této době stále podporuje obrovské množství volně žijících živočichů včetně specializovaného hmyzu z mrtvých dřevin, lišejníků a hub, stejně jako ptáků, které se spoléhají na mrtvé borovice, ve kterých si vyhrabávají hnízdiště. Datel, sovy, netopýři a kuny patří k mnoha živočichům, kterým se může dařit v prostředí, které poskytuje uschlá borovice.

Borové lesy jsou dynamické lesy, které v průběhu času mění svou polohu. Borovice jsou mobilní a nemají pevné hranice. Borový se může posunout a mladé stromy se rozrůstají do otevřené krajiny. Dospělé stromy, které nakonec uhynou, poskytnou dostatek pro další mladší stromy. Borovice lesní nerada roste ve svém vlastním stínu, raději se drží v určité vzdálenosti od svého mateřského stromu, což pomáhá omezit konkurenci o světlo a živiny.

V minulosti ovlivňoval pohyb a obnovu lesa např. oheň, který hrál důležitou roli při čištění husté vegetace a odhalování ideálního semene bez konkurence. Borovice lesní také těžila z chování divokých prasat a kopyt divokých zvířat, která narušovala půdu, které vedlo k obnažení půdy, ve kterém semínka borovic lépe klíčila.

1.2 Sadební materiál

Zájem státu na řádné fungování lesního hospodářství je daný zásadami státní lesnické politiky obsaženými v Národním lesnickém programu na období do roku 2013, jehož hlavním cílem je podpora trvale udržitelného obhospodařování lesů založená na vyvážených funkcích ekonomických, ekologických a sociálních. Trvale udržitelné obhospodařování lesů je definováno jako správa a využívání lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, který zachovává jejich biodiverzitu, produkční schopnost a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti i v budoucnosti odpovídající ekologické, ekonomické a sociální funkce na všech úrovních a které tím nepoškozují ostatní ekosystémy. (Kovář a kol., 2013)

Trvale udržitelné obhospodařování lesů usiluje o usměrnění rozsahu holosečí, podporuje smíšené lesní porosty s podporou hospodářsky významných dřevin s možností využití významných introdukovaných dřevin, hlavním objektem zájmu je lesní porost s jeho druhovou, věkovou a prostorovou skladbou a cílem zajištění určité výše zásoby kvalitní dřevní hmoty (zásoba porostu). Trvale udržitelné obhospodařování lesů je zajišťováno a garantováno Ministerstvem zemědělství jako nejvyšším orgánem státní správy lesů. (Kovář a kol., 2013)

Ministerstvo životního prostředí podporuje a upřednostňuje přírodě blízké postupy hospodaření s uplatňováním takových postupů, které vylučují holoseče a podporují výběr jednotlivých stromů, respektují potenciální přirozenou vegetaci (přirozená skladba dřevin), hospodaří pouze s původními (autochtonními) dřevinami a předmětem zájmu je strom, jeho cílová dimenze a přírůst (celkový běžný přírůst). S pojmem přírodě blízké postupy hospodaření souvisí uplatňování výběrných principů a dosažení stadia výběrného lesa ve kterém je možné hospodařit výběrným způsobem. (Kovář a kol., 2013)

Ministerstvo životního prostředí je vrchním orgánem státní správy v oblasti životního prostředí (tedy i lesů a vody), přírodě blízké postupy hospodaření uplatňuje zejména v národních parcích, chráněných území a krajinných oblastech, na území NATURA 2000 a při každé příležitosti zvyšuje další požadavky na ovlivnění hospodaření v lesích nezařazených do různých stupňů ochrany přírody (hospodářské lesy). (Kovář a kol., 2013)

Základním kritériem kvality celistvé sadby je kvalita jejich kořenového systému. Uměním tak není vypěstovat sadba s velkou délkou nadzemní části (sadba se přehnojují), ale s kvalitním kořenovým systémem. Kvalitní kořenový systém lze vypěstovat užitím fytohormonů (obzvláště auxinoidů). I když tento způsob není zakázaný, není vhodný, protože není dostatečně známo, jak sadba reagují po výsadbě. Bezpečným a dlouhodobě užívaným způsobem, jak vypěstovat velký, koncentrovaný a nedeformovaný kořenový systém je jeho mechanická úprava seříznutím (zkrácením). V místě a nad místem řezu se vždy vytvoří několik kořenů nových (školkování, podříznutí, zakořeňování, přesazení do obalů). (Mauer a kol., 2013)

Proto i základním kritériem rozdělení celistvé sadby je počet mechanických úprav kořenového systému:

semenáček – sazenice s jednou mechanickou úpravou kořenového systému do délky nadzemní části 80 cm. Jde o sadba s velmi slabým kořenovým systémem, které nejsou příliš vhodné pro přímou výsadbu. V případě jejich užití je třeba vybrat půdně a klimaticky vhodné stanoviště a výrazně eliminovat buřeň. Jediným stanovištěm, kde se semenáčky uplatňují přednostně, jsou velmi suché lokality (užívají se jednoleté semenáčky s malou délkou nadzemní části). Toto platí pro prostokořenné semenáčky. Krytokořenné semenáčky listnatých dřevin, BO a MD jsou běžně užívaným typem sadebního materiálu, který lze uplatnit téměř na všech stanovištích. (Mauer a kol., 2013)

Sazenice má jednu mechanickou úpravu kořenového systému a délkou nadzemní části do 70 cm. Jde o nejužívanější sadební materiál, který lze uplatnit téměř na všech stanovištích.

Poloodrostek je sazenice se dvěma mechanickými úpravami kořenového systému a délkou nadzemní části 50 až 120 cm. Obzvláště poloodrostky nad 80 cm mohou mít upravenou nadzemní část. Poloodrostky jsou velmi choulostivý sadební materiál (velmi trpí vysycháním), jejich využití je zejména při vylepšování, obnově stanovišť s negativním faktorem při půdním povrchu a při účelových výsadbách. Poloodrostky jehličnatých dřevin nad 80 cm délky nadzemní části se užívají pouze jako krytokořenné. (Mauer a kol., 2013)

Odrostky je sazenice minimálně se dvěma mechanickými úpravami kořenového systému, délkou nadzemní části 120 až 200 (250) cm a upravovanou korunou. Užívají se pouze

pro účelové výsadby, a to nejčastěji jako sadba krytokořenné. Odrostky a poloodrostky jsou často nazývány i „vzrostlá zeleň“. (Mauer a kol., 2013)

Vzrostlý strom je sadba s délkou nadzemní části nad 250 cm, mnohonásobnou (až desetinásobnou) mechanickou úpravou kořenového systému, upravovanou korunou, ve stáří až několik desítek let. Až na výjimky jde o sadba krytokořenné, které se uplatňují pouze při účelových výsadbách. (Mauer a kol., 2013)

Baláz a Kuneš (2014) uvádějí, že pěstění lesů lze obecně definovat jako lesnický obor, který se zabývá péčí o lesní porosty od jejich vzniku až po zmýcení. Pěstění lesů lze charakterizovat jako obor, zaměřující se na úseky výchovy, obnovy, převodů a přeměn lesních porostů. Les je stále více chápán jako nejstabilnější systém – biocenóza, společenství rostlinných a živočišných druhů. Dřevo, jako jediná trvale se obnovující surovina, se stává strategickou surovinou s trvale vysokou ekonomickou hodnotou při všech způsobech obhospodařování lesů. Nejvýznamnějším a dlouhodobým úkolem současného lesnictví je změna druhové skladby lesů a zvýšení stability lesních porostů – odborně řečeno, zvýšení biodiverzity a stability lesních ekosystémů. Trvale udržitelný rozvoj venkova a využívání přírody a přírodních zdrojů je možné pouze při optimálním a vyváženém využívání funkcí ekonomických, ekologických a sociálních. Cesta k dosažení fungujícího lesnického hospodaření nevede přes maximální zisk a minimální náklady.

Lesnictví je soubor přírodovědných, technických a socioekonomických vědeckých oborů a praktických disciplín, které se zabývají vytvářením a využíváním lesních ekosystémů s cílem optimálního, trvalého a vyváženého využívání funkcí lesa v krajině v lokálním, regionálním i globálním měřítku. Za účelem obchodu s reprodukčním materiálem v ČR je užívána klasifikace OECD obsažena ve směrnici EC č. 105/1999. Důležitou problematikou je fenotypová klasifikace lesních porostů a uznávání zdrojů reprodukčního materiálu. (Poleno a kol., 2009)

Úkolem a cílem lesního školkařství je zabezpečení dostatečného množství sazenic a semenáčků pro umělou obnovu lesa (zalesnění) odpovídající genetické hodnoty, kvality a druhového složení. Historie lesního semenářství a školkařství je spojena se jménem Ing. Franz-Josefa Matze. Již v roce 1784 navrhoval lesmistr Vlček majiteli schwarzenberského panství zřízení plantáže, školek k produkci lesních sazenic, starat se o ně měl specialista školka, který měl také zajišťovat sběr semen, obsluhovat luštinu semen a zajišťovat výsev semen na paseky. (Kovář a kol., 2013)

Důležitým předpokladem pěstování jednoletých krytokořenných výpěstků lesních dřevin výškové třídy 51–80 cm v tuzemských školkařských provozech je schopnost

krátkodobého vytváření příznivých podmínek pro akceleraci růstu a vývoje sadby pomocí umělých krytů (v ČR obvykle prostřednictvím fóliovníků, ale ojediněle také skleníků, vegetačních hal apod.). Zde jsou již od raných fází ontogenie sadby záměrně upravovány podmínky prostředí směrem k optimalizaci průběhu látkových syntéz a energetických toků mezi sazenicemi a prostředím a také k podpoře aktivit systémů meristematických, fotosyntetických a transpiračních pro produkci biomasy a tvorbu jednotlivých orgánů a jejich nadorganových struktur. Z hlediska adaptace finálních lesnických školkařských výpěstků na budoucí poměry trvalého místa výsadby však přinejmenším stejně důležitou roli hraje i fáze dopěstování (otužování) krytokořenné školkařské produkce na odkrytých venkovních plochách. K dalším nutným předpokladům zavedení intenzivních technologií pěstování KSM lesních dřevin se rovněž řadí uplatňování biologicky ověřených typů pěstebních obalů (kontejnerů), vybavenost školek soustavou strojů a zařízení pro plnění, osévání a přemísťování kontejnerů a v neposlední řadě také možnost v umělých krytech i na venkovních plochách aplikovat kvantitativně i kvalitativně vyhovující závlahový režim, soustavu hnojení a také systémy integrované (chemické) ochrany sadby. (Němec a kol., 2018)

Hlavní součástí problematiky je třídění sadebního materiálu a jeho jakostní znaky podle současné platné právní úpravy (zákon č. 149/2003 ve znění zákona č. 387/2005 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, vyhláška MZe č. 29/2004 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem) a ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. (Poleno a kol., 2009)

Při plánování obnovy lesa jde především o to, zařadit jednotlivé porosty do komplexu obnovy (s nezbytnými vazbami) a podle možnosti vytvořit z porostů (popř. jejich částí) účelné plánovací jednotky se stejnými postupy prací a stejnou druhovou skladbou. Stejně zodpovědným rozhodnutím s dopady především ekonomickými je stanovení doby obnovy a jejího začátku. S tím úzce souvisí i problematika stanovení kulminace přírůstů, a to zejména přírůstu hodnotového. Autoři konstatují, že mýtní zralost stanovená pro porost jako celek, která vychází ze středního věku porostu, je hrubě rámcová. Největší pozornost by měla být věnována problematice volby dřevin z ekologických, hospodářských a environmentálních hledisek. K obohacení druhové skladby lesů mohou přispět i dřeviny introdukované. (Poleno a kol., 2009)

V roce 1795 sepsal Matz instrukci, která sjednocovala pracovní postupy na schwarzenberském majetku např. o sběru lesního osiva, pěstování sazenic autochtonních dřevin, zalesňování holin, péči o kultury a péči o porosty až do jejich mýtní zralosti. V této době je již známá jamková sadba (pokryv půdy travní buřením a borůvkou), šterbinová sadba (lehčí

půdy), přednostně je používána přirozená obnova v porostech s hercynskou směsí, používání přípravných dřevin na mrazových polohách (BR a JR), silně zamokřené lokality se předem odvodňují mělkými příkopy a po dvou letech zalesňují kopečkovou sadbou. (Kovář a kol., 2013)

Doporučené množství sazenic pěstovaných na 1 m² substrátových sítí je 300 ks borovice lesní.

Pro třídění semenáčků a sazenic se používají různé šablony a měřítka.

Jakostní znaky a rozměry jednotlivých druhů semenáčků a sazenic jsou uvedeny v přílohách k vyhlášce č. 29/2004 Sb. ve znění pozdějších úprav a doplňků (vyhláška, kterou se provádí zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin).

Skladování semenáčků a sazenic:

- krátkodobé – základiště (založiště), sněžné jámy, sklepy (cca do 2 týdnů skladování),
- dlouhodobé – klimatizované sklady.

Ošetření kořenů a nadzemní části semenáčků a sazenic:

- nadzemní část – antitranspiranty,
- kořenová část – antidesicanty Agricol, Wurzelschutzgel.

Dlouhodobým oslunění kořenového systému po dobu více jak 30 minut způsobí úplné zničení sadba.

Nedílnou součástí kvality sadebního materiálu je jeho zdravotní stav. Sadební materiál je dále charakterizován maximálním věkem a způsobem pěstování. Za standardní soubor sadebního materiálu je považován ten, který neobsahuje více než 5 % nestandardních jedinců. K neopominutelným parametrům pro hodnocení standardu náleží: tloušťka kořenového krčku, výška nadzemní části, maximální věk, nepřipustné deformace kořenových systémů, poměr objemu kořenového systému k nadzemní částem (KS/NČ). Ostatní znaky jsou využívány pro komplexní hodnocení kvality. (Polívka a kol., 2017)

Standardní sadební materiál má mít průběžný kmínek s relativně pravidelně rozmístěnými bočními výhony a pupeny. Terminální výhon má být zakončen vyzrálým neporušeným životaschopným terminálním pupenem (požadavek vyzrálosti neplatí pro krytokořený sadební materiál). Nadzemní část nesmí být mechanicky poškozena s výjimkou úmyslného tvarování koruny. Tvarování nadzemní části je dovoleno. Tvarováním se rozumí zkracování nebo odstraňování bočních větví. Je přípustná čerstvá rána, ale její průměr nesmí být větší než 6 mm. Velikost kořenového systému standardního materiálu musí být úměrná

velikosti nadzemní části a má odpovídající množství jemných kořenů (kořenů slabších než 1 mm). (Polívka a kol., 2017)

Tabulka 1 Parametry kořenového systému výsadbyschopného materiálu

Sadební materiál	Výška nadzemní části (cm)	Minimální poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části (KS:NČ)	Délka křivého kořene (cm)
Semenáčky	10–14	1:4	10-14
	15–25	1:4	12-20
Sazenice	15-35	1:3	12-20
	36-50	1:5	15-20
Poloodrostky	51-80	1:5	15-20

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z: uhul.cz

Borovice lesní, prostokořenný sadební materiál by měla mít při rozpětí výšky nadzemní části 10–14 cm nejmenší tloušťku kořenového krčku 3 mm a maximální věku 2 let, při rozpětí výšky nadzemní části 15–25 cm nejmenší tloušťku kořenového krčku 4 mm a maximální věk 2 roky.

Podle požadavků normy je třeba sadební materiál označovat úplným botanickým názvem dřeviny, věkem, způsobem pěstování, rozpětím výšky nadzemních částí a původem. Každý oddíl sadebního materiálu musí být charakterizován a opatřen podle platného znění zákona č. 149/2003 Sb. a platného znění vyhlášky č. 29/2004 Sb. „Průvodním listem“. Průvodní list obsahuje všechny důležité údaje o dodavateli, o expedovaném sadebním materiálu (dřevina, věk, způsob pěstování, množství, výška, tloušťka kořenového krčku, obal) a o původu sadebního materiálu (původ, přírodní lesní oblast, lesní vegetační stupeň, evidenční číslo uznané jednotky). (Polívka a kol., 2017)

Způsob pěstování je označen vzorcem, kde první číslo značí počet vegetačních období před školkováním, podřezáváním nebo přesazením do obalu, druhé číslo značí počet vegetačních období po tomto zásahu (obojí s přesností na 0,5 roku), mezi nimi je symbol pěstební operace. Součet obou čísel (u sazenic s více pěstebními operacemi i více čísel) udává celkový věk sadba. Např. 0,5-0,5 je jednoletá prostokořenná sazenice vypěstovaná v nekryté minerální půdě; prostokořennému semenáčku byl v průběhu vegetačního období podřezán kořenový systém. (Polívka a kol., 2017)

Borovice lesní by se měla vysazovat do nižších poloh, exponovaných, kyselých a živných stanovišť: HS 13,21,23,25,31,35, a to 9 základních sazenic, do středních a vyšších

poloh převážně kyselých (částečně i exponovaných) a živných stanovišť HS 43,53, (41,45,51,55) a všechna stanoviště ovlivněná vodou: HS 19,27,29,39, 57. (Polívka a kol., 2017)

Přehled cílových hospodářských souborů:

- 13 - Hospodářství přirozených borových stanovišť
- 19 - Hospodářství lužních stanovišť
- 21 - Hospodářství exponovaných stanovišť nižších poloh
- 23 - Hospodářství kyselých stanovišť nižších poloh
- 25 - Hospodářství živných stanovišť nižších poloh
- 27 - Hospodářství oglejených chudých stanovišť nižších a středních poloh
- 29 - Hospodářství olšových stanovišť na podmáčených půdách
- 31 - Hospodářství vysychavých a sušších acerózních a bazických stanovišť středních poloh
- 35 - Hospodářství živných bazických stanovišť středních poloh
- 39 - Hospodářství chudých podmáčených stanovišť nižších až vyšších poloh
- 43 - Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh
- 45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh
- 51 - Hospodářství exponovaných stanovišť vyšších poloh
- 53 - Hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh
- 55 - Hospodářství živných stanovišť vyšších poloh
- 57 - Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh (ldf.mendelu.cz/)

Baláš et al. (2018) uvádí, že na rozdíl např. od skandinávských zemí, kde jsou odlišné přírodní podmínky, v českých střeoevropských poměrech (stejně tak jako v Německu, Polsku, Slovensku nebo Rakousku) již dlouhodobě převládá preference prostokořenného SMLD středních dimenzí, vysazovaného do sadbových jamek pomocí ručního nářadí. Napodobování skandinávského modelu umělé obnovy lesních porostů pomocí jednoletých krytokořenných semenáčků vysazovaných štěrbínovou sadbou se nicméně projevuje i v ČR. Vysazování jednorokních semenáčků je vhodné z důvodu menšího poškození (deformace) kořenového systému. Spíše se však využívají podřezané nebo přeškolkované 2leté a víceleté sazenice, u kterých je třeba zamezit stresu z přesazení. Při výsadbě je nutno mladé kořínky dobře chránit před vysycháním, na což je druh borovice zvláště citlivý, příp. užít obalovaných sazenic. Pokud sazenice během přesazování neztratí velké množství vody, ujímavost se blíží 100 %. Semenáček borovice černé mívá oproti borovici lesní tlustší kořenový krček, roste však pomaleji (v 10 letech výška 1,5 m). Postupem času se obě borovice výškově srovnávají. Hustota výsadby je v různých zemích různá, většinou je to 1500–2000 ks/ha. (Kotrla et al., 2022)

1.3 Prostokořenný sadební materiál

Zadworny (2016) uvádí, že jemné kořeny jsou zodpovědné za příjem živin a vody. O jejich úloze v adaptaci sazenic na klimatické gradienty ve velkém měřítku je však známo velmi málo. V podmínkách vyšších zeměpisných šířek je větší část sadbové biomasy přidělována jemným kořenům v důsledku adaptace na nízký přísun živin způsobený zhoršenou rychlostí koloběhu živin a omezeným pohybem půdního roztoku ve srovnání s nižšími zeměpisnými šířkami. Reakce biologie jemných kořenů na změny klimatu však stále zůstává nedostatečně pochopena, a zvláště málo se ví o tom, jak změny základních teplot mohou změnit:

- absorpční kapacitu jemných kořenů napříč různými řády kořenů;
- jejich spojení s mykorhizními houbami;
- rozdělení biomasy mezi absorpční a transportní kořeny;
- genotypové vs. fenotypové kontroly v reakci jemných kořenů na klima.

Mykorhizní houby jsou důležité pro získávání živin a přenos ke kořenům, agregaci a stabilizaci půdy a udržování hydraulické vodivosti kořenů (udržováním kontaktu mezi půdou a kořeny) a hrají klíčovou roli v adaptaci sazenic na chlad.

Prostokořenný sadební materiál jsou semenáčky a sazenice borovice lesní, pěstované v minerální půdě na volných záhonech.

Požadavky na minerální živiny *Pinus silvestris L.* byly studovány podle dříve publikovaných metod aplikovaných na řadu různých rostlinných druhů. Optimální poměr živin je podobný jako u borůvky (*Vaccinium myrtillus L.*), ovšem s nižší relativní potřebou draslíku, než má např. bříza a jiné širokolisté druhy. Různé poměry mezi amonným a dusičnanovým dusíkem byly přibližně stejně účinné, s výjimkou malého snížení růstu čistým dusičnanem, který poskytl srovnatelně nízký obsah dusíku a vysoký poměr kation/dusík. Rychlost vychytávání amonia byla mnohem vyšší než u dusičnanů, pokud byly dodány oba prvky. Potřebná celková koncentrace v živném roztoku pro maximální růst je u borovice nižší než u smrku, ale obojí spadá do oblasti s nízkým obsahem solí. Oba druhy, zejména borovice, jsou citlivé na vysoké koncentrace solí. Přestože borovice a smrky rostou na stejném typu půd jako borůvka – vyluhované půdy s nízkým nasycením bází – akumulace vápníku nebo jiných kationtů není tak výrazná jako např. u brusnice, zvláště ne v borovici. Všechny jehličnany měly flexibilnější mechanismy příjmu kationtů než borůvka, ale výsledky ukázaly tendenci k akumulaci aniontů, dusičnanů a fosfátů. (Ingestad, 1979)

Úspěch sazenic borovice lesní silně závisí na vlastnostech povrchu půdy, jako je hloubka humusu a obsah vlhkosti. V nenarušeném lesním porostu se sazenice jen zřídka podaří

usadit kvůli vysokému výskytu vysychání v organické půdní vrstvě. Metody, které odstraňují organickou půdní vrstvu, jsou často nezbytné pro zlepšení dostupnosti rašeliny pro dosažení stabilnějšího vlhkostního režimu v minerální půdě. Semena borovic byla umístěna na pokusné pozemky a v pravidelných intervalech byly zaznamenávány počty sazenic a jejich výška. Všechna ošetření, která odstranila organickou půdu, vedla k vyššímu počtu sazenic než v nenarušené lesní půdě. Nejvyšší počty sazenic byly zjištěny na skarifikovaných a silně spálených pozemcích, zatímco počty sazenic byly nižší na lehce vypálených pozemcích. Na vypálených pozemcích byly sazenice výrazně vyšší. Regenerace borovice je stimulována ohněm nejen v boreálních lesích, ale také ve středoevropských podmínkách. S očekáváním vyšší frekvence požárů v blízké budoucnosti v důsledku klimatických změn by se měla přirozená obnova a sukcese na spálených místech více zaměřit na lesní hospodářství a výzkum. (Hille a Ouden, 2004)

Výškový vývoj sazenic borovice lesní byl zkoumán během prvních 6 let po výsadbě. V posledních 3 letech studie byl výškový růst borovice lesní byl výrazně vyšší, a to jak v lesích, tak v holinách. Výškový růst více koreloval se vzdáleností k nejbližšímu stromu než s množstvím záření dopadajícího na zem, tj. v blízkosti úkrytových stromů byl růst redukován. Výškový růst sazenic borovice lesní v úkrytových lesích bylo částečně způsobeno faktory souvisejícími se vzdáleností k nejbližšímu úkrytovému stromu. Vzhledem k tomu, že substrátem byla písčité půda chudá na dusík, je vhodné, podle autorů, přidat do půdy minerální živiny, zejména dusík, jehož nedostatek způsobuje snížení výškového růstu. (Strand a kol., 2006)

Výsadbové pozice sazenic byly na kopcích a holé minerální půdě po mechanické přípravě stanoviště a v neupravené půdě. Přežití semenáčků po přípravě místa se zvýšilo s přidáním argininfosfátu. Na zakrytých kopcích, přežití sazenic bylo variabilnější a zdálo se více závislé na srážkách během prvního měsíce po výsadbě než sazenice umístěné v minerální půdě. Pozitivní účinek ošetření argininfosfátem na růst semenáčků se mezi stanovišti lišil a byl výraznější na stanovištích s delší vegetační dobou. Ošetření argininfosfátem nemělo významný vliv na přežití sazenic vysazených v neupravené půdě, zatímco pozitivní vliv na růst byl při použití této polohy výsadby výraznější na stanovištích s vyšší úrodností. (Häggström a kol., 2021)

Přidáním dlouhodobě uvolňovaného zdroje dusíku v době výsadby může potenciálně kompenzovat nízkou dostupnost dusíku v minerální půdě. Hnojiva na bázi anorganických dusíkatých látek, jako jsou amonium a dusičnany, jsou nejvíce komerčně dostupná, ale dusík je pro sadbu přirozeně dostupný hlavně v organické formě, tj. v aminokyselinách ve

vnitrozemských lesích. Aminokyselina arginin je syntetizována jehličnatými stromy a také mnoha cévnatými sazenicemi, a umožňuje vnitřní ukládání dusíku v listech nebo jiných částech sazenic. Arginin má ze všech aminokyselin nejvyšší obsah dusíku. U borovice lesní je arginin dominantní složkou zásoby dusíkatých aminokyselin v jehličí, větvičkách a kůře a hlavní složkou spolu s glutaminem také ve dřevě. Pokud příjem nitrogenu překročí úroveň, kterou stromy mohou využít pro svůj růst, zvýší se hladina argininu v jehlicích a dřevě. Tato zásoba je pak využívána metabolickými procesy sazenic k zajištění dusíku potřebného pro růst v první sezóně. Také v lesních půdách působí aminokyseliny jako organický zdroj dusíku, ke kterému mají přístup kořeny sazenic. V půdě je arginin silným kationtem a má velmi vysokou vazebnou kapacitu na půdní částice, proto se argininový dusík z lesních půd nevyplavuje ani při aplikaci relativně vysokých dávek. (Häggström a kol., 2021)

Malý přídavek argininfosfátu v době výsadby má obecně pozitivní vliv na přežívání semenáčků borovice lesní umístěných jak na uzavřených místech, tak v minerální půdě po mechanické přípravě stanoviště. V roce s nízkými předsadbami a vysokými letními teplotami, se minerální půda jeví jako nejvhodnější pozice pro výsadbu i v severním Švédsku. Nevýhodou minerální půdy jako výsadbové pozice je nízká dostupnost živin, protože na rozdíl od zakrytých míst zde nedochází k rozkladu organického materiálu podporujícího zakládající sazenice snadno dostupnými živinami. Růst semenáčků v minerální půdě a na zakrytých místech se nelišil, ale ošetření argininfosfátem mělo větší pozitivní vliv na růst semenáčků v minerální půdě. Také tento pozitivní růstový efekt se zvyšoval s délkou vegetačního období. Ošetření argininfosfátem nemělo významný vliv na přežívání sazenic vysazených do půdy bez přípravy stanoviště před výsadbou a přežívání sazenic při tomto způsobu výsadby klesalo s prodlužující se délkou vegetačního období. Tato negativní korelace částečně vyvažovala pozitivní vliv ošetření AP na růst sazenic, který se měnil s indexem stanoviště, tj. čím úrodnější bylo stanoviště, tím výraznější byl pozitivní vliv ošetření argininfosfátem na růst sazenic u sazenic vysazených v nepřipravené půdě. (Häggström a kol., 2021)

1.4 Výhody a nevýhody prostokořenného sadebního materiálu

Borovice je po smrku druhou nejrozšířenější lesní dřevinou, je zastoupena v českých lesích více než 17 procenty.

Názory a zkušenosti s používáním prostokořenného a krytkořenného sadebního materiálu jsou různé. Při dodržení všech zásad pěstování sadebního materiálu, manipulace s

ním, vhodných způsobů výsadby, kvalitního zalesnění, ošetření kultur mohou být dosažené výsledky obou způsobů podobné. Při jejich volbě je třeba zvážit specifika daného stanoviště.

Výhody prostokořenného sadebního materiálu:

- menší nároky na technologii pěstování a nižší cena sadebního materiálu;
- při manipulaci se sadbou možnost používání antitranspirantů (látek omezujících transpiraci), antidesikantů (látek omezujících vysychání kořenů);
- nižší náklady na dopravu a další manipulaci.

Nevýhody prostokořenného sadebního materiálu:

- při vyzvedávání sadebního materiálu často dochází k mechanickému poškození a obnažení kořenů;
- při vyzvedávání často dochází ke ztrátě většího množství kořenů nebo jsou záměrně odstraňovány, jejich nedostatek se citelně projevuje u dřevin s křivým kořenem;
- omezení doby zalesňování;
- jarní výsadby nutno ukončit před začátkem rašení pupenů;
- větší nároky na péči o sadební materiál během dopravy a založení před výsadbou;
- po výsadbě probíhá šok z přesazení a vzniká nutnost regenerace a obnovy fyziologických funkcí kořenů;
- větší závislost sadebního materiálu na průběhu povětrnostních podmínek; vyšší počet kusů na ha minimálního množství sadebního materiálu stanoveného vyhláškou.

Vondráček (2011) vidí výhody v prostokořenném sadebním materiálu především ve:

- vysoké ujímavosti,
- rychlém zajištění kultury,
- není nutné nákladné oplocování.

Pokud se sadbě zajistí dostatečné podmínky, tak velkými klady jsou:

- velikost, tvar a směr holiny,
- příprava půdy před zalesněním,
- vhodná sadba (neosvědčily se sazenice starší dvou let),
- ochrana proti klikorohu,
- ochrana proti sypavce,
- ochrana proti zvěři,
- ochrana proti buření (hospodářsky nežádoucí složka přízemní vegetace (s výjimkou stromové) rostoucí v porostech, na holinách a nelesních půdách určených k zalesnění, druhové složení a vitalita buřeně jsou proměnlivé v závislosti na lesním

typu a na stavu porostního prostředí. Její rozvoj je umožněn větším přístupem světla, atmosférických srážek a živin, buřen omezuje možnost vzniku a odrůstání přirozené obnovy a nepříznivě ovlivňuje vývoj mladých kultur jejich útlakem i konkurencí ve výživě,

- možnost mechanizované výsadby.

1.5 Platná legislativa

Od 1.1.2022 je v platnosti nová vyhláška 456/2021 „Vyhláška 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“. Tato vyhláška se v § 1 Podrobnosti o přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin mimo jiné zabývá přenosem reprodukčního materiálu lesních dřevin, což je přenos z místa zdroje na místo použití při umělé obnově lesních porostů a zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Nelze-li krýt potřebu reprodukčního materiálu v rámci stejné přírodní lesní oblasti. Přenos lze provádět v rámci výškových pásem určených lesními vegetačními stupni. Použití reprodukčního materiálu pocházejícího ze semenných sadů, rodičů rodiny, ortetů, klonů nebo směsí klonů musí splňovat podmínky stanovené v rozhodnutí nebo dokladu o uznání zdroje reprodukčního materiálu.

V § 2 Podrobnosti o obnově lesních porostů a zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa se mimo jiné uvádí, že k umělé obnově lesa a zalesňování lze použít pouze reprodukční materiál stanovištně vhodných druhů lesních dřevin, který splňuje podmínky přenosu pro konkrétní místo výsadby podle § 1 a u něhož je doložen původ. Pro umělou obnovu lesa a zalesňování se použije vegetativně množený reprodukční materiál pouze tehdy, vyhovuje-li požadavkům na kategorii selektovaného nebo kvalifikovaného reprodukčního materiálu, popřípadě testovaného reprodukčního materiálu, při zachování dostatečného zastoupení klonů.

Vyhláškou č. 456/2021 se Vyhláška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa, se zrušuje.

S účinností od 1.1.2019 začala platit Vyhláška č. 298/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Tato vyhláška mimo jiné uvádí v § 2, že oblastní plán se zpracovává na období 20 let. V odůvodněných případech je

možné oblastní plán zpracovat na kratší období, avšak nejméně na období 5 let. V případě závažné změny podmínek, za nichž byl oblastní plán schválen, zejména rozsáhlých změn ve využití území přírodní lesní oblasti s dopadem na funkční potenciál daného území, může ministerstvo změnit dobu jeho platnosti. Součástí zpracování oblastního plánu je základní šetření stanovující podmínky a podrobnosti pro jeho zpracování v dané přírodní lesní oblasti a závěrečné šetření, ve kterém ministerstvo prověří, zda byly dodrženy podmínky stanovené základním šetřením. Pokud dojde ke změně přírodních podmínek, za nichž byl oblastní plán schválen, zadá ministerstvo zpracování změny oblastního plánu a určí termín, způsob a rozsah zpracování této změny.

V § 4 se říká, že typologický systém slouží pro klasifikaci trvalých ekologických podmínek lesů, na jejichž základě vymezuje v lesích části s podobnými růstovými a produkčními podmínkami, vyhodnocuje tyto ekologické podmínky a vytváří podklady pro vhodné lesnické hospodaření. Typologický systém se skládá z lesních vegetačních stupňů, ekologických řad, edafických kategorií, souborů lesních typů a lesních typů.

Příloha 3 Vyhlášky č. 298/2018 Sb. mimo jiné uvádí, že přirozená borová stanoviště (a stanoviště borových doubrav), porostní typ borovice kvalitní má obmýtlí mezi 110 a 140 lety a obnovní doba je 20 let. Borovice běžné kvality má obmýtlí mezi 90 a 130 lety a obnovní doba je 20 let. Exponovaná stanoviště nízkých poloh má borovice běžné kvality obmýtlí mezi 100 a 130 lety a obnovní dobu 20 až 30 let.

Účelem Zákona č. 289/1995 Sb. Zákona o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon) je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm.

V § 3 se mimo jiné uvádí, že pozemky určené k plnění funkcí lesa jsou pozemky s lesními porosty a plochy, na nichž byly lesní porosty odstraněny za účelem obnovy, lesní průseky a nezpevněné lesní cesty, nejsou-li širší než 4 m, a pozemky, na nichž byly lesní porosty dočasně odstraněny na základě rozhodnutí orgánu státní správy lesů podle § 13 odst. 1 tohoto zákona (dále jen "lesní pozemky"), zpevněné lesní cesty, drobné vodní plochy, ostatní plochy, pozemky nad horní hranicí dřevinné vegetace (hole), s výjimkou pozemků zastavěných a jejich příjezdních komunikací, a lesní pastviny a políčka pro zvěř, pokud nejsou součástí zemědělského půdního fondu¹) a jestliže s lesem souvisejí nebo slouží lesnímu hospodářství (dále jen "jiné pozemky"). U těchto pozemků může orgán státní správy lesů nařídít označení jejich příslušnosti k pozemkům určeným k plnění funkcí lesa.

Nájem a podnájem státního lesa za účelem hospodaření v lese je zakázán. Podnájem lesa není dovolen, není-li v nájemní smlouvě stanoveno jinak.

Do kategorie lesů ochranných se zařazují:

- a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích (sutě, kamenná moře, prudké svahy, strže, nestabilizované náplavy a písky, rašeliniště, odvaly a výsyvky apod.),
- b) vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace chránící níže položené lesy a lesy na exponovaných hřebenech,
- c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni.

Lesy zvláštního určení jsou lesy, které nejsou lesy ochrannými a nacházejí se

- a) v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů I. stupně
- b) v ochranných pásmech zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod
- c) na území národních parků a národních přírodních rezervací.

Lesy hospodářské jsou lesy, které nejsou zařazeny v kategorii lesů ochranných nebo lesů zvláštního určení. Lesy pod vlivem imisí se zařazují do čtyř pásem ohrožení. Pásma ohrožení stanoví ministerstvo právním předpisem. (Zákon č. 289/1995 Sb.)

V § 9 Zákona č. 289/1995 Sb. se mimo jiné uvádí, že k umělé obnově lesa a k zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa se používá reprodukční materiál lesních dřevin ze stejné nebo odpovídající přírodní lesní oblasti a z odpovídajícího výškového pásma určeného lesním vegetačním stupněm. V případě smrku ztepilého, borovice lesní a modřínu opadavého lze k umělé obnově lesa a zalesňování použít pouze reprodukční materiál pocházející ze zdrojů selektovaného, kvalifikovaného nebo testovaného reprodukčního materiálu uznaných podle zvláštního právního předpisu. Zařazení dalších lesních dřevin mezi vybrané lesní dřeviny stanoví ministerstvo právním předpisem. Vlastník lesa je povinen vést evidenci o původu identifikovaného, selektovaného, kvalifikovaného a testovaného reprodukčního materiálu použitého při umělé obnově lesa a zalesňování a tuto evidenci uchovávat po dobu 10 let. Součástí této evidence je i evidence průvodních listů k jednotlivým oddílům použitého reprodukčního materiálu.

Snížení obmýtí je jedním z nástrojů, jak včas zpracovat labilní dospělé porosty se sníženou vitalitou a zabránit rozpadu a ekonomickým ztrátám. To se týká zejména smrku a borovice na nevhodných stanovištích (smrk - 1. až 4., resp. 5. LVS, borovice – živná stanoviště). U buku je cílem redukovat nepravé jádro, u dubu není zkrácení obmýtí žádoucí. Zkrácení produkční doby by mělo být aplikováno spolu se změnou postupů, kdy jedním z cílů je vyšší intenzita předmýtních zásahů pro optimalizaci objemového přírůstu. Zkrácení obmýtí znamená dřívější obnovu porostů pod zákonnou hranicí 80 let (nutná výjimka). Současné prodloužení

obnovní doby většinou nad 30 let (netýká se porostů dřevin na zcela nevhodných stanovištích či s výrazně zhoršeným zdravotním stavem) umožní efektivněji pracovat s přirozenou obnovou či podsadbami jako nezbytný krok pro přechod na nepasečný model hospodaření. (Dobrovolný a kol., 2015)

V současné době se na pěstování prostokořenných sazenic lesních dřevin při využití sedmiřádkové komplexní technologie a pěstování krytokořenných poloodrostků a odrostků v plastových sadbovačích o objemu 1,6 l (technologie Bowmont) specializuje Středisko Řečany nad Labem.

V Řečanech nad Labem se ovšem nachází i středisko obalované sadby. Tradice pěstování obalované sadby v Řečanech je dlouhá. V období zalesňování hraničních hor po imisních kalamitách se v Řečanech pěstovaly až 3 miliony kusů sazenic v prorůstavých rašelinoocelulózových kelímcích. Od roku 1993 ve středisku začala výroba obalované sadby v plastových sadbovačích s ochrannými prvky zamezujícími deformaci kořenů. V současné době se ve středisku používá technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu na vzduchovém polštáři, umístěného v plastových sadbovačích Quick Pot a Rootainers (QP, ROOT) s produkcí celkem cca 5 milionů kusů ročně. (Foltánek, 2016)

Středisko Albrechtice nad Orlicí se specializuje na pěstování prostokořenné lesní sadby při využití sedmiřádkové komplexní technologie. Ve středisku Dolní Jelení se pěstuje prostokořenná lesní sadba s využitím sedmiřádkové komplexní technologie. Středisko Brandýs nad Labem se specializuje na pěstování prostokořenné lesní sadby s využitím sedmiřádkové komplexní technologie a na pěstování semenáčků a sazenic ve fóliových krytech. V menší míře se ve středisku pěstují též kontejnerované sazenice lesních dřevin a okrasné dřeviny. Středisko Františkovy Lázně pěstuje prostokořennou lesní sadbu při využití sedmiřádkové komplexní technologie a krytokořennou sadbu pěstovanou na vzduchovém polštáři. Produkovaná sadba je svou otužilostí velice vhodná do vyšších poloh. Středisko se zaměřuje též na výrobu a prodej vánočních stromků z vlastních plantáží. (Foltánek, 2016)

2. Krytokořenný (obalovaný) sadební materiál

Upřesnění, jakým podílem se bude do budoucna v tuzemské zalesňovací praxi využívat produkce prostokořenného (zkr. PSM) nebo krytokořenného (zkr. KSM) sadebního materiálu a jaké technologické postupy jejich pěstování a užití (výsadeb) u odběratelů SMLD získají přednost, bude v nejbližším období patřit ke klíčovým bodům tvorby strategických výhledů a koncepcí lesnického sektoru (MZe 2016; ÚHÚL 2018). Tuzemské lesní školkařství prodělalo dílčí technologický rozvoj na počátku 2. desetiletí tohoto století poté, co byly projektově připraveny, vybudovány a do provozu postupně uvedeny některé nové a na pěstování KSM zaměřené moderní školkařské provozy. Technologickou úroveň těchto provozů (Cetkovice na Blanensku, Lhota u Dřís na Mělnicku) lze dnes interpretovat také jako základ nové etapy průmyslového lesního školkařství v ČR. Budoucí nárůst poptávky po KSM, který se v celorepublikovém měřítku odhaduje v desítkách milionů kusů KSM, ale oba nové podniky pravděpodobně samy vykrýt nedokáží. Ukázkou razantní změny požadavků na strukturu a množství sadebního materiálu lesních dřevin (SMLD) pro obnovu lesa (a to právě ve prospěch krytokořenných výpěstků listnatých druhů dřevin) přitom může být vývoj aktuální situace při zalesňování kalamitních holin v lesích na střední a severní Moravě. (Němec a kol., 2018)

Jurásek a kol. (2004) uvádějí, že pěstování krytokořenného sadebního materiálu (KSM) má v českém lesním hospodářství dlouhodobou tradici. Ve výzkumu i v provozních podmínkách byla proto již od r. 1958 ověřována celá řada typů obalů a technologických postupů pěstování obalených sazenic. Některé méně vhodné obaly vymizely, s některými typy obalů jsou již dlouhodobé pozitivní zkušenosti a staly se součástí zalesňování v ČR. Hlavní podíl produkce obaleného sadebního materiálu se v minulosti soustřeďoval na obaly středního objemu pohybujícího se od 0,5 do 1,0 litrů, to znamená silný sadební materiál, který odpovídá extrémnějším podmínkám prostředí. První detailně ověřované obaly, které se úspěšně používají do současnosti, byly rašelinocelulózové kelímky Jiffy pots. DO ČR se dovážely již v roce 1961 a vzhledem k dobrým výsledkům s jejich použitím se těchto obalů v letech 1985–1990 dovezlo ročně více jak 10 milionů kusů.

Pěstební obaly je možno rozdělit na dva základní typy podle možnosti prorůstání kořenů:

- rozpadavé obaly umožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem (sazenice jsou vysazovány s obaly, předpoklad úplného rozpadu obalu po výsadbě),

- pevné obaly neumožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem (sadební materiál je z obalů před výsadbou vyjímán).

První základní zásadou platnou pro všechny typy obalů je volba odpovídající velikosti obalu vzhledem ke konečné velikosti vypěstovaného sadebního materiálu a k charakteru kořenových systémů jednotlivých druhů dřevin. (Jurásek a kol., 2004)

Další důležitou charakteristikou je délka doby pěstování sadebního materiálu v obalech. Optimální je krátkodobé pěstování v obalech umožňujících prorůstání kořenů, po dobu několika měsíců až maximálně jednoho roku. V pevných obalech neumožňujících prorůstání kořenů stěnami se optimální doba pěstování podle velikosti obalu, druhu dřeviny a pěstební technologie pohybuje od několika měsíců po 1 rok, výjimečně ve velkoobjemových obalech lze tolerovat až dvouletý růst v obalu. Nadměrně dlouhé pěstování v obalech může vést ke vzniku deformací kořenů a k dalším nepříznivým jevům i u obalů označených jako vhodné pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin. (Jurásek a kol., 2004)

V obalech jsou pěstovány krytokořenné semenáčky z výsevu semen přímo do obalů, nebo jsou do obalů osazovány semenáčky, případně i sazenice (předtím mohou být pěstovány jako prostokořenné nebo krytokořenné).

Před osázením semenáčků a sazenic do obalů je nutné zkrátit kořeny (včetně kosterních) tak, aby odpovídaly velikosti obalu a zabránilo se jejich ohýbání.

U semen borovice lesní, stejně jako u všech ostatních druhů sazenic, je klíčivost nejdůležitějším atributem kvality. Klíčivost závisí na vnitřních faktorech, jako je genetika a počáteční životaschopnost semen, ale i na vnějších faktorech, jako je doba tvorby plodin, teplotní podmínky během klíčení, zda je možné zlepšit klíčivost ošetřením semen před setím (stratifikace semen), správný substrát nebo příprava půdy a školkařská kulturní praxe po zasetí. Výsledky testu klíčivosti provedeného na obalované sadbě a prostokořenné sadbě se lišily zejména u semen s nízkou životaschopností. Bylo prokázáno, že klíčení osiva jehličnanů úzce souvisí s teplotními podmínkami a že je ve srovnání se semeny zemědělských plodin pomalejší a nestabilnější, což vyžaduje dodatečné náklady na vytápění skleníků ve školkách. (Novikov a kol., 2019)

Na provozní úrovni se třídění semen podle velikosti před výsevem obvykle provádí specializovaným zařízením na zpracování osiva. Obvyklá technologická praxe zahrnuje sekvenční třídění semen jak geometricky, tak gravitačně, což jsou kvantitativní znaky. Opomíjeny by však neměly být ani spektrometrické vlastnosti semen, určené proveniencemi a stanovení životaschopnosti semen. (Novikov a kol., 2019)

V jednotných pěstebních podmínkách jako např. v lesní školce, má rozhodující roli při produkci cíleného počtu sazenic životaschopnost jednotlivého osiva. Spektrometrické vlastnosti semene (tj. barva semene) jsou jedním z atributů, které udávají životaschopnost semene a rychlost klíčení. V kombinaci s kvantitativním znakem velikosti semen jsou spektrometrické vlastnosti spolehlivým ukazatelem výkonnosti semenáčků. (Novikov a kol., 2019)

Semena šišek se musí nejdříve extrahovat a dále zpracovat (předčištění, extrakce, odkřídělkování) pomocí standardních postupů. Semena všech tříd barevné velikosti (světlé, hnědé a tmavě hnědé, o šířce od 2,51 do 3,25 mm) byla zasetá automatickým secím strojem do 40 buněčných nádob naplněných rašelinovým substrátem. Každá barevná skupina byla zasetá celkem do pěti nádob. Kontejnery byly instalovány ve sklenících s automatickým udržováním teploty a vlhkosti. Stanovení klíčivosti bylo provedeno u každé nádoby na 30. až 50. den od výsevu. (Novikov a kol., 2019).

Přírodní strategie ochrany životního prostředí a také zdraví sazenic, zvířat a lidí jsou považovány za jeden z hlavních cílů vyspělých zemí. V poslední době použití absorpčních polymerů a hydrogelu v zemědělství prokázalo několik výhod pro úpravu půdy, úsporu obsahu vody, snížení spotřeby půdních živin, minimalizaci negativních dopadů dehydratace a vlhkostního stresu u plodin a kontrolu několika fytopatogenů. Technologie obalování semen pro zakládání plodin je běžnou praxí používanou pro zlepšení ochrany semen a posílení růstu sadby. Potahové materiály zahrnují absorpční polymery a hydrogely na bázi regulátorů růstu, pesticidů, hnojiv a antagonistických mikroorganismů. Neexistuje žádný vedlejší účinek na klíčení semen díky jakémukoliv ošetření semen. Např. superabsorpční hydrogel, složený z akrylamidu a kyseliny akrylové na škrobu s použitím polyethylenglykolu (PEG), vykazoval pozitivní vliv na klíčení semen a růst mladých sazenic ve srovnání se semeny bez hydrogelu. Elshafie a kol. (2021) studovali biologickou aktivitu hydrogelu doplněného některými přírodními látkami a/nebo antagonizujícími mikroorganismy na klíčení semen a dospěli k závěru, že hydrogelové přípravky na bázi oreganové silice a bakterií *Burkholderia gladioli* vykazovaly nejvyšší významnou klíčivost semen. (Elshafie a kol., 2021)

Při zakládání nových lesů se zvyšuje podíl krytokořenného sadebního materiálu (KSM), a to zejména u listnatých dřevin. To vybízí k většímu využívání podzimních termínů výsadeb. Stejně tak velmi mírný nástup několika posledních zim poskytuje prostor k prodloužení období pro výsadbu KSM. Změny se nevyhýbají ani požadavkům odběratelů na rozměry a jiné vnější parametry sadebního materiálu lesních dřevin (SMLD). Mnozí soukromí vlastníci lesa již upustili od preference kritéria výšky nadzemní části školkařských výpěstků a daleko větší důraz

nyní kladou na parametry kořenových systémů a na tloušťku kořenových krčků, tedy těch morfologických znaků, které nejvíce rozhodují o úspěšnosti (či nezdaru) zalesnění. S ohledem na skutečnost, že negativní abiotické vlivy, k nimž patří i pozdní jarní mrazy, ovlivňují aktuálně tolik sledovanou morfologii školkařských výpěstků po celou dobu jejich pěstování, je zřejmé, že nejenom výška, ale i tvar (habitus) nadzemní části SMLD se stávají méně důležitým jakostním znakem. (Nárovcová a kol., 2019)

Kvalita kořenových systémů sadebního materiálu lesních dřevin je určována množstvím (velikostí) kořenů a způsobem jejich rozrůstání při pěstování v lesních školkách. Růst kořenů je v průběhu pěstování sadebního materiálu usměrňován (mechanicky ošetřován) tak, aby došlo ke koncentraci kořenů v délce kořenů cca 20 cm. V prostokořenných technologiích k usměrnění růstu a koncentraci kořenů v odpovídající hloubce slouží podřezávání či školkování semenáčků; u krytokořenné produkce k redukci kořenů při pěstování nedochází. (Nárovcová a kol., 2019)

Pro výrobu sadebního materiálu lesních dřevin jsou určeny lesní školky, což jsou oplocené plochy velké od několika arů po desítky hektarů. Nezbytnou podmínkou je přítomnost zdroje vody a elektrické energie. Sazenice se pěstují buď na venkovních záhonech, nebo ve fóliovnících či sklenících k tomu uzpůsobených. Na venkovních záhonech se pěstují sazenice jako prostokořenné. Výsev se provádí buď jako řádková síje (listnáče, z jehličnanů borovice a modřín), nebo jako plnosíje (smrk, jedle). Způsobu výsevu odpovídá i další postup výroby. Sazenice pěstované v řádkových sících se obvykle takto dopěstovávají do výsadbyschopného stavu a jejich kořenový systém se upravuje pouze podřezáváním. Semenáčky z plnosíjí se po jednom až dvou letech vyzvedávají a školkují, tj. přesazují na záhony do řádků, čímž se opět upravuje kořenový systém (stává se bohatším, s větším podílem kořenového vlášení). Jehličnany se obvykle na venkovní plochy vysévají na jaře (v dubnu až počátek května) a listnáče na podzim ihned po sběru. Veškerým semenáčkům a sazenicím musí být od vysetí věnována náležitá péče. Nezbytnými opatřeními jsou pravidelná závlaha, ošetřování proti houbovým chorobám, ochrana proti plevelům. (Mauer, 2006)

Pěstování sazenic ve fóliovnících se pěstují jako krytokořenné, tzn. v plastových obalech nebo sadbovačích. Produkce krytokořenného sadebního materiálu je typická pro skandinávské země, především Švédsko, kde tvoří až 90 % celkové produkce sazenic. Poslední dobou je pěstování sazenic jako krytokořenné na vzestupu i v České republice. Jejich hlavní výhodou je, že jsou vypěstovány do výsadbyschopné podoby za kratší dobu než sazenice prostokořenné a při výsadbě v lesních porostech vykazují vyšší ujímavost. Nevýhodou je jejich vyšší cena. (Mauer, 2006)

Doba potřebná pro vypěstování výsadbyschopných sazenic se liší v závislosti na dřevině a způsobu výroby (prostokořenné nebo krytokořenné). Prostokořenný smrk je výsadbyschopný ve 3–4 letech, borovice ve 2 letech, jedle ve 4 letech, listnáče obvykle ve 2 letech. Při správném využití technologie výroby krytokořenného sadebního materiálu ve fóliovnících lze produkční dobu zkrátit na polovinu. (Mauer, 2006)

Stejně jako doba produkce se liší i cena výsadbyschopných sazenic. V závislosti na druhu dřeviny, výšce nadzemní části sazenice, věku a způsobu pěstování se pohybuje od 3 Kč u prostokořenné borovice do 15 Kč u krytokořenné jedle. Zcela odlišné jsou ceny poloodrostků a odrostků, tj. sazenic vyšších v prvním případě než 80 cm, v druhém než 120 cm, které se prodávají až za několik desítek korun. (Mauer, 2006)

Biologicky nejvýhodnější sadbou krytokořenného sadebního materiálu je sadba jamková. Je-li krytokořenný sadební materiál správně vypěstovaný, jeho reakce po sadbě je téměř stejná, jako reakce stejně vysokých prostokořenných sazenic. Sadba krytokořenného sadebního materiálu pomocí sázecích rour, dutých rýčů nebo trnů (byť je ekonomicky výhodnější) vyvolává tak velké negativní reakce stromů, že jejich predispozice pro další zdárný růst jsou výrazně omezeny. (Mauer, 2011)

Kvalita užitého sadebního materiálu (genetická, morfologická i fyziologická – a to obzvláště ve vzájemných vazbách) ovlivňuje kvalitu porostu desítky let od jeho založení. Výchovné zásahy v tomto období často řeší spíše zdravotní stav porostu než jeho záměrné pěstování. Kvalitu užitého sadebního materiálu však neovlivňuje jenom způsob pěstování v lesních školkách, ale nejméně stejnou měrou i způsob manipulace a vlastní biotechnika sadby. Bylo by proto žádoucí zpřísnit kritéria zajištěné kultury. V případě porušení zásad přenosu reprodukčního materiálu kulturu vytrhat a holinu opětovně obnovit. V případě zjištěných odchylek od přirozeného vývoje kořenového systému (deformace, slabý kořenový systém) holinu znovu obnovit, nebo kulturu prosadit tak, aby prosázená dřevina převzala funkci dřeviny hlavní a tím zajistila stabilitu a vitalitu nově založeného porostu. (Mauer, 2011)

Standardní postup sadby krytokořenného sadebního materiálu:

- Krytokořenný sadební materiál lze sázet pomocí sázecích rour, sázecích trnů, dutých rýčů, sázecích lopatek (sazečů) a jamkovou sadbou.
- Při sadbě krytokořenného sadebního materiálu platí stejné biologické principy jako pro sadbu prostokořenného sadebního materiálu – nesmí dojít ke zhutnění půdy, nesmí být vytvořeny ohlazené stěny otvoru, všechny užití pracovní pomůcky musí být bez problémů zašlápnuty celé do půdy. Pro sadbu krytokořenného sadebního materiálu však platí i další pravidla.

- Kořenový bal musí mít stejnou velikost a tvar jako vytvořený otvor v půdě. Bal musí jít celý lehce zasunout do vytvořeného otvoru a nikde nesmí být vzduchová kapsa. Nepřijatelné je „nacpání“ kořenového balu do otvoru, jeho deformace nebo úprava velikosti.
- Kořenový bal musí být soudržný, vlhký a vyhnojený (nerespektování tohoto pravidla většinou znamená velké a rychlé ztráty po výsadbě).
- Povrch kořenového balu musí být překryt cca 2 cm půdy nebo mulče (překrytí zabraňuje rychlému vysychání kořenového balu, vymrzání sazenic a vytváří podmínky pro vznik nových adventivních kořenů). Sadba, kdy část kořenového balu vyčnívá nad úroveň terénu, je nepřijatelná.
- Pracovní pomůcky pro sadbu krytokořenného sadebního materiálu mohou vyvolat zejména problémy se sázecí rourou – ohlazené stěny, jednostranné zhutnění půdy, nepřekrytí povrchu kořenového balu, sázecím trnem - ohlazené stěny, výrazné zhutnění půdy na všechny strany, nepřekrytí povrchu kořenového balu, sázecí lopatkou, sazečem - je vhodná za předpokladu, že se lopatkou prokypří půda v místě sadby a vlastní sadba se realizuje ručně jako do jamky; užití sazečů stejně jako při sadbě prostokořenné sadby je nepřijatelné.
- Nejvhodnějším biologickým způsobem sadby krytokořenného sadebního materiálu je jamková sadba, neboť minimalizuje všechna negativa užití pracovních pomůcek. Šířka jamky by měla být minimálně 1,5x šířka kořenového balu, výška jamky pak minimálně výška kořenového balu + 2 cm na jeho překrytí. (Mauer, 2011)

Axer a kol. (2021) uvádějí, že výskyt obnovy lesního porostu je ovlivněno jak charakteristikami porostu, tak stanovištěm. Vzhledem ke krátkým středním vzdálenostem šíření semen některých stromů, je výskyt vzrostlých stromů v oblasti primárním hybatelem výskytu regenerace. Pozitivní vliv střední výšky stromů a středního věku stromů v nadloží úzce souvisí s výškou ve výši prsou (dbh – diameter at breast height). Vyšší úroveň regenerace stromů jsou predikovány při větší střední dbh. Regenerace je navíc dosti nejistý proces, protože je ovlivněna úspěšným kvetením, líhnutím, skladováním, klíčením a usazováním.

Wilson a kol. (2007) porovnávali kořenové charakteristiky a polní užitkovost kontejnerových a prostokořenných sazenic dubu červeného (*Quercus rubra L.*) během prvního vegetačního období po výsadbě. Šedesát sazenic každého typu kmene bylo vysazeno na čistém místě bez plevelu. Kořenové systémy zásobního materiálu v nádobách měly větší počet postranních dlouhých kořenů prvního řádu a byly výrazně vláknitější než kmene s obnaženými

kořeny. Tyto rozdíly se udržely během prvního vegetačního období. Pokud jde o polní podmínky, sazenice v kontejnerech přežily všechny a dosáhly významného zvýšení jak biomasy, tak prodloužení výhonků. Prostokořenné sazenice utrpěly čtvrtinový úhyn, výrazné odumírání výhonů a variabilnější růst. Průměrná relativní rychlost růstu (RGR) sazenic v kontejneru se během studijního období zvýšila na maximum 30 mg/g/den, zatímco průměrná RGR kmene bez kořenů byla velmi nízká, takřka nulová. Celkově se ukázalo, že sazenice v kontejneru jsou méně náchylné k šoku z přesazování než sazenice s prostokořenné, s největší pravděpodobností kvůli příznivé kořenové architektuře a vývoji kořenů.

2.1 Pěstování krytokořenných výpěstků

Pěstování KSM na vzduchovém polštáři je založeno na tom, že pěstební obaly a všechny jejich dílčí buňky nemají pevné, nýbrž odkryté dno (popř. mají i v bočních stěnách buněk záměrně vytvořeny štěrbiny), takže kořeny dřevin se po usměřovaném prokořenní celého prostoru pěstebních buněk dostávají k rozhraní mezi prostředím pěstebního (nejčastěji rašelinového) substrátu a prostorem volného proudění vzduchu. Reagují na to zasycháním kořenových špiček těch kořenů, které se na tomto rozhraní ocitají vně, a závažným poraněním pomocí hojivého dělivého pletiva (tzv. kalusu). Po přesazení takového školkařského krytokořenného výpěstku následně z kalusu (tj. v místě původně zaschlého – „vzduchem stříženého“ – kořene) vyrůstají nové kořeny dalšího řádu. (Němec a kol., 2018)

Pěstební rámy, jejichž úkolem je stabilizovat potřebnou polohu (vzdálenost) dna pěstebních obalů od půdního povrchu, a to jak v umělých krytech, tak i na venkovních prostorách, jsou rovněž základní transportní jednotkou (resp. podložkou – též paletou – pro uložení několika pěstebních obalů vedle sebe), se kterou se během celého pěstebního cyklu manipuluje. Pěstební rámy bývají různorodé konstrukce i velikosti, a to podle preferovaných typů pěstebních obalů a jejich rozměrů. Provoz od provozu se mohou lišit i druhem použitých materiálů. Obecně musí vyhovět požadavkům na únosnost uložených pěstebních obalů. Respektovaný bývá i požadavek hospodářské praxe na jejich odolnost vůči korozi či jiným vlivům vnějšího prostředí. Ve školkařských provozech se s pěstebními rámy manipuluje místně dostupnými manipulačními a dopravními mechanizačními prostředky typu vysokozdvížných vozíků, traktorů s paletovým nakladačem apod. (Němec a kol., 2018)

Zdrojům a kvalitě vody, používané k hnojivým zálivkám, k zavlažování a k zamlžování produkce krytokořenných výpěstků výškové třídy 51 až 80 cm, je nutné věnovat velkou pozornost. Naléhavost tohoto požadavku vystupuje do popředí zejména u těch školkařských

provozů, kde po stránce kapacitní (kvantitativní) nebo i kvalitativní je dostupnost závlahové vody omezená nebo kde je nějakým jiným způsobem limitovaná. V úvodních kapacitních kalkulacích pro školkařské provozy s plánovanou produkcí KSM vyšších dimenzí je nutné brát do úvahy, že pro zavlažování 1 m² produkční plochy bude během vegetačního období zapotřebí nejméně 1,0 až 1,5 m³ závlahové vody. (Němec a kol., 2018)

Nicméně po proběhnuvších letních periodách výrazného horka a sucha v uplynulých několika letech (2015, 2018) se toto množství vody ukázalo být spíše jen nezbytným výchozím minimem. Realističtějším (s nutnou rezervou) pro předpokládané budoucí vleklé epizody horka a sucha je upravený požadavek na úhrnnou dostupnost 1,6 až 2,0 m³ závlahové vody na 1 m² produkční plochy pro realizaci komfortních závlah a za veder pro zamlžování (ochlazování) produkce na plochách pro dopěstování KSM. Obecně je nutné u produkce KSM pro období, kdy vrcholí požadavky sadby na zásobování vodou, kalkulovat s nutnou denní závlahovou dávkou v rozmezí od 7 do 17 mm (tj. s 70 až 170 m³ vody na 1 ha). (Němec a kol., 2018)

Nezbytnou kapacitní rezervu (vždy uchovávanou paralelně v samostatných rezervoárech) je třeba ve školkařských provozech dimenzovat na vykrývání nejméně 5denních výpadků ze zásobování školky z hlavního zdroje závlahové vody. (Němec a kol., 2018)

Systémy výživy a hnojení sazenic v tuzemských lesních školkách s konceptem intenzivního pěstování KSM se odvíjejí (diferencují) obvykle podle vybavenosti provozů příslušným závlahovým zařízením. Jen ty provozy, které disponují automatizovanými závlahovými soustavami, kde nechybějí zařízení pro přípravu (míchání) hnojivých roztoků a zejména pro jejich dokonalé rozprostření na produkční plochu, mohou uvažovat o přímém dodávání živin fertigací již po výsevech semenného materiálu do obalů. Převládají jak výhradní aplikace hnojiv pomocí mimokořenové výživy (někde se tento typ aplikací označuje také jako mikropostřiky; užívat pro tento případ označení „hnojení na list“ ale adekvátní není, neboť neodpovídá tradiční agronomické praxi a zemědělské terminologii), tak aplikace prostřednictvím opakovaných hnojivých záливоk na odrůstající produkci (tj. dodávání nízkých koncentrací živin ve vodných roztocích téměř při každé závlaze, resp. v přesně stanovených intervalech podle vývojových fází sadby). Touto vybaveností zatím u nás ale disponuje jen menší počet provozů lesního školkařství. (Němec a kol., 2018)

Nejobvykleji se dodává určité základní množství živin do pěstebního substrátu, odkud v počátečních fázích vývoje sadba (KSM lesních dřevin) čerpají výživu svými kořeny, a pozdější (navazující) zajištění výživy sazenic pomocí hnojivých záливоk. Tento systém zajišťování výživy pro KSM postupně doznal ve školkách značné obliby. Nabídka speciálních pozvolně působících typů hnojiv s permeabilní membránou (Osmocote, Nutricote, Basacote,

Multicote) a jejich schopnost uvolňovat živiny po dobu několika měsíců znamenala v závěru uplynulého tisíciletí mimořádný kvalitativní posun v přístupech tuzemských lesních školkařů k uplatňovaným systémům výživy KSM. Dnes se ve většině tuzemských školek s intenzivním pěstováním KSM z období (generace) na přelomu milénia jedná o přednostně využívaný aplikační postup (tj. užití hnojiv s řízeným uvolňováním živin; tzv. CRF-hnojiva). A to navzdory tomu, s jakými obtížemi se základní hnojení substrátů v minulosti v lesních školkách u nás prosazovalo. (Němec a kol., 2018)

Pro základní hnojení substrátů jsou tedy nyní ve školkách upřednostňována především obalovaná hnojiva s řízeným uvolňováním živin typu Osmocote Exact nebo obdobné produkty jiných výrobců (Basacote® Plus; Nutricote® apod.), kteří deklarují pozvolné uvolňování živin přes permeabilní membránu obalu (povrchu kapsle hnojiva) po dobu nejméně 5–8 měsíců. Tato CRF-hnojiva se aplikují při přípravě (míchání) substrátu, a to v dávkách 2–4 kg/m³ (tj. 2–4 g/l). Také je nyní větší tendence používat dobře vodou rozpustná hnojiva s přídavkem mikroprvků, např. PG Mix (obvyklé jsou dávky 0,5–1,5 kg hnojiva/m³).

Hnojit by se mělo tak, aby byl zabezpečen vyvážený přísun živin s respektováním vyšších nároků pěstovaných dřevin na dusík v období prolongační fáze růstu nadzemních částí a na draslík a fosfor v období ukončování růstového období a při počátku fyziologických příprav na období vegetačního klidu. Je vhodné používat takovou skladbu hnojiv, stejně jako hnojivé dávky a intervaly mezi hnojivými zálivkami, které vylučují nejen nevyvážené jednostranné hnojení, ale i zvýšení specifické elektrické vodivosti („zasolení“) a zvýšení obsahu chloridů v substrátech nad kritické hodnoty, stejně tak jako pokles (nebo zvýšení) půdní reakce (pH substrátu) pod (nebo nad) původní (výchozí) optimalizovanou hodnotu. (Dušek, 1997)

Při hnojivých závlahách zabezpečit plošně rovnoměrný postřik, a tím vyloučit výskyt nedostatečně a na straně druhé nadměrně hnojených částí produkčních ploch, stejně jako je požadavkem vyloučit dehydrataci („popálení“) asimilačních orgánů a rostlinných pletiv použitím nadměrně koncentrovaných roztoků. (Dušek, 1997)

Obaly určené pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu byly v Československu výzkumně i provozně využívány až od druhé poloviny šedesátých let, přičemž se jednalo především o obaly sáčků z polyetylenu nebo různých textilií. Prvními detailně výzkumně ověřovanými obaly byly rašelinocelulózoové kelímky Jiffy pots. Poprvé byly do Česka dovezeny v roce 1961 a vzhledem k dobrým výsledkům, které potvrdily příznivé zahraniční reference, se těchto obalů v letech 1985–1990 dováželo a užívalo ročně více než 10 milionů kusů. (Foldánek, 2016)

Současně s rašelinocelulózovými kelímkami byla lesnickou praxí začátkem sedmdesátých let přijata finská obalová metoda Nisula, která je charakteristická pěstováním krytokořenného sadebního materiálu v polyetylenových rolích. Pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin technologií Nisula spočívá v postupu, kdy na pruh polyetylenové fólie o šíři 40–50 cm a délce 2,5–3,0 m, položené na pracovním stole, se navrství obohacený substrát, který se řádně navlhčí a zhutní. Na tuto vrstvu se v pravidelných vzdálenostech (nejčastěji cca 10 cm) od sebe uloží svým kořenovým systémem vzájemně proti sobě semenáčky, které se opět převrství stejně silnou vrstvou substrátu. Takto připravený pás se sroluje do balíku (rulonu) a převáže motouzem. Při následném příčném rozřezání rulonu nožem či pilou na polovinu vzniknou dva rulony vysoké 20–25 cm. Hotový rulon má průměr 25–30 cm a hmotnost 6–10 kg. (Foldánek, 2016)

Tento typ obalu byl v průběhu sedmdesátých let postupně provozními lesními školkaři modifikován též do hranaté (kvádrové) podoby. V průběhu sedmdesátých let se u nás začaly prosazovat sazenicové obaly typu Paperpot (šestiboké papírové voštinové buňky s kolnými stěnami bez dna) a Kopparfors (pevné sadbovače s malými buňkami o objemu cca 50 cm³). Současně s nimi byly však hledány i cesty domácí produkce. Vznikaly tak obaly typu Kulticel (voštinové buňky z laminovaného papíru, někdy uváděné též pod názvem Culticel), lesnický sadbovač Patrik (pevné plastové sadbovače) a jiné. (Foldánek, 2016)



Obrázek 2 Krytokořenná sazenice borovice
Zdroj: Lesoškolka, Ceník sadebního materiálu

Zájem o krytokořenný sadební materiál středního objemu obalů však postupně klesal. Důvodem byla jeho náročná doprava a obtížná roznáška na zalesňované plochy (velký objem), dále často se vyskytující deformace kořenového systému a v neposlední řadě skutečnost, že po odstranění obalu se kořenový substrátový obal většinou rozpadal, čímž klesala kvalita vypěstovaného sadebního materiálu.

Po útlumu využívání krytokořenného sadebního materiálu na sklonku osmdesátých let došlo koncem let devadesátých opět k jeho postupnému širšímu používání, a to zejména díky zahraničním technologiím a využívání nových typů obalů a plastových sadbovačů. I v tomto období v České republice vznikají sadbovače domácí produkce – lesnický sadbovač univerzální či sadbovač typu MANN. Podstatně byl inovován sadbovač Patrik, jehož praktické užití se později rozšířilo i do zemí Jižní Ameriky. Na trhu se objevovala celá řada výrobců rozmanitých typů obalů a sadbovačů různých kvalit a účelů použití. Zatím byla jednou z posledních firem, jež nabídla zcela jiný typ obalu (v roce 2008), firma Marbet Sp. z o. o., Bielsko-Biala z Polska, která vyrábí kazetové sadbovače z tvrzeného polystyrenu (technologie byla zavedena např. ve velkoškolce Budišov). (Foldánek, 2016)

Intenzivní produkce krytokořenného sadebního materiálu v uceleném technologickém systému směřující k racionalitě a ekonomické efektivitě výroby byla po roce 2000 uplatněna pouze výjimečně, jmenovitě pak u firmy Dendria, s. r. o., v Novém Městě pod Smrkem či u firmy Baroza, s. r. o., v Krmově. Po úvodní etapě nedůvěry lesnického provozu ke krytokořennému sadebnímu materiálu postupně produkce těchto firem našla své zákazníky a moderní technologie pěstování sazenic stále více zajímala i jiné školkařské subjekty. Brzdou jejího rozšíření však byla zejména skutečnost, že rozhodnutí investovat do vybudování ucelené technologické linky (řádově v milionech Kč) vyžadovalo především jistotu v stabilním zajištění odběru produkce. Prodejní ceny by musely zajistit návratnost vložených investic. Tato nutná podmínka investování do nové technologie však chyběla. (Foldánek, 2016)



Obrázek 3 Krytokořenná sadba na vzduchovém polštáři

Zdroj: <https://lesoskolky.cz/technologie/>

Postupně se u jednotlivých obalů vyhodnocovala nejen kvalita výpěstků (a případný vznik kořenových deformací) ve fázi pěstování ve školce, ale zejména po výsadbě na holinu. Při hodnocení kvality krytokořenného sadebního materiálu se důsledně vycházelo z ustanovení ČSN 48 2115 a ČSN 48 2115. Za standardní soubor sadebního materiálu je považován ten, který obsahuje méně než 5 % nestandardních jedinců. K neopominutelným parametrům (z hlediska kořenových soustav) pro hodnocení standardu krytokořenného sadebního materiálu náleží poměr objemu kořenů k nadzemním částem (K/N) a nepřijatelné deformace kořenových systémů. (Foldánek, 2016)

Systematické ověřování biologické vhodnosti obalů KSM, uváděných na náš trh, zahrnuje nejen kvalitu výpěstků ve fázi jejich pěstování v lesní školce, ale také jejich odrůstání po výsadbě. Při hodnocení finální kvality KSM se důsledně vychází z platné ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. U KSM lesních dřevin je důležitým kritériem pro doporučení pěstebních obalů především kvalita kořenových soustav a jejich další rozvoj po zalesnění (absence deformací kořenů). Následují další dvě etapy testování, jednak po prvním roce od užití (výsadby) sadebního materiálu, a poté ještě v dalším, nejméně tříletém intervalu od výsadby. U vyzvednutých vzorníků se posuzuje zejména vznik nevratných a normou nepřijatelných deformací kořenových systémů. Přihlíží se i k růstu nadzemní části vzorníků a k celkovému zdravotnímu stavu založené kultury. (Nárovcová, 2013)

Na úseku ověřování biologické vhodnosti obalů KSM byl sortiment testovaných pěstebních obalů v posledních letech rozšířen především o pěstební obaly z tvrzeného polystyrenu a také o velkoobjemové typy obalů:

- pěstební polystyrenové obaly, označované také jako „kazety“, od polské firmy Marbet: (a) Kazeta V300/53 pro semenáčky listnatých dřevin a (b) Kazeta V200/74 pro semenáčky borovice lesní. Kazety jsou kompletovány s tzv. „podpěrkami“ zajišťujícími funkci vzduchového polštáře.
- Velkoobjemový obal pocházející z produkce Správy Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava (NPŠ I) byl v testování dále doplněn první nástavbou (označení NPŠ II). Ve vegetačním období roku 2013 bylo ve školkařském zázemí VS Opočno testováno odrůstání produkce poloodrostků a odrostků v prvním roce po výsadbě. Modelovými dřevinami byly javor klen, lípa malolistá a dub letní. Při hodnocení růstu poloodrostků a odrostků vybraných dřevin během p Středisko Kladruby nad Labem využívá 12 fóliovníků a je vybaveno moderním úložištěm pro krytokoennou sadbu. (Nárovcová, 2013)

Dle možnosti prorůstání kořenů je možno obaly rozdělit na dva typy:

- rozpadavé obaly (prorůstavé) umožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem (sazenice jsou vysazovány s obaly, úplný rozpad obalu po výsadbě),
- pevné obaly (neprorůstavé) neumožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem (sadební materiál je před výsadbou z obalů vyjímán). (Jurásek a kol., 2006)

Základní požadavky na rozpadavé obaly umožňující prorůstání kořenů stěnami a dnem:

- obal umožňuje prorůstání kořenů stěnami a dnem bez jejich zaškrcování materiálem obalu,
- materiál obalu je homogenní, což umožňuje rovnoměrné prorůstání kořenů do všech směrů a přirozený vývoj kořenových systémů,
- obal si podržuje svůj tvar a soudržnost až do výsadby (za předpokladu odpovídající doby pěstování),
- obaly mají zkosené stěny nebo jsou umístovány dostatečně daleko od sebe, aby nedocházelo k vzájemnému prorůstání kořenů mezi jednotlivými obaly,
- materiál obalu se po výsadbě zcela rozpadá bez zanechání zbytků (např. syntetických vláken), které by při dalším růstu zaškrcovaly kořeny nebo kmínek stromku. (Jurásek a kol., 2006)

Základní požadavky na pevné obaly neumožňující prorůstání kořenů, stěnami a dnem:

- obaly mají vhodný tvar, úpravy stěn a dna zabraňující vzniku deformací kořenů. K nejdůležitějším patří:

- vertikální žebra nebo rýhy na vnitřní straně stěn usměrňující růst kořenů směrem dolů (tato žebra musí probíhat po celé délce obalu),
- chybějící dno nebo plynulý přechod (zužování) mezi stěnami a otvorem ve dně zabraňující vzniku spirálních deformací u dna obalů.
- pěstování KSM v neprorůstavých typech obalů musí probíhat na kvalitním „vzduchovém polštáři“ kde se „stříhem vzduchu“ dočasně zastavuje růst kořenů u odkrytého dna obalů, což je nezbytný technologický prvek bránící vzniku deformací. (Jurásek a kol., 2006)

Normativní parametry kvality kořenového systému, tj. minimální poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části (K/N) a minimální poměr objemu jemných kořenů k objemu celého kořenového systému, jsou výchozím požadavkem a u většiny nabízeného KSM jsou zpravidla vždy plněny. K neopomenutelným parametrům pro hodnocení standardního sadebního materiálu náleží nepřítomnost deformací kořenových systémů. (Jurásek a kol., 2006)

Z požadavků platné ČSN 48 2115 je dále nutné zohlednit doporučené velikosti obalů pro pěstování výsadby schopného sadebního materiálu lesních dřevin (viz ČSN 48 2115/Z1. Ve většině rozpadavých (prorůstavých) typů obalů (např. rašelino–celulózní kelímky Jiffy-pots je sadební materiál pouze zakořeňován, a to během 3–6 měsíců. Maximální doba pěstování KSM v těchto obalech je 1 rok. Standardní doba pěstování KSM v pevných (neprorůstavých) obalech je 1 rok (popř. 1,5 roku), u jedle 2 roky. Důležitým požadavkem u KSM, pěstovaného v pevných (neprorůstavých) pěstebních obalech technologií „vzduchového polštáře“, je absence kořenů prorůstajících odkrytým dnem obalů a u typů obalů s perforovanými bočními stěnami navíc i absence prorůstání laterálních kořenů těmito bočními štěrbinami. Prorůstání kořenů dnem nebo stěnami (štěrbinami) je u pevných obalů nežádoucím znakem a svědčí o špatné funkci „vzduchového polštáře“ během pěstování KSM v lesní školce. Tyto prorůstající kořeny mohou být příčinou následných deformací kořenů KSM při výsadbě. (Jurásek, 2006)

Odběratel KSM by se měl před převzetím sadebního materiálu ve školce vždy přesvědčit, zda sadební materiál nemá skryté závady v podobě deformací kořenů uvnitř kořenových balů. (Jurásek, 2006)

V projektu obnovy lesa kontejnerové sazenice většinou nahradily sazenice prostokořenné. Sazenice v kontejnerech podporují raný růst po výsadbě tím, že snižují šok a poskytují lepší zdraví sazenic a lepší míru přežití. Produkce sazenic pomocí kontejnerů však může způsobit vady, jako je nutriční nerovnováha. Nadměrné používání chemických hnojiv

v lesní školkařské produkci navíc poškozují půdní mikroorganismy, ovlivňuje úrodnost půdy, snižuje růst rostlin a znečišťuje životní prostředí. (Won et al., 2019)

Obalované semenáčky borovice byly vypěstovány jako jednoleté (fv0,5+v05). Osivo bylo naseto do obalů a pěstováno půl roku ve fóliovém krytu s použitím technologie vzduchového polštáře a poté půl roku ve venkovním prostředí na vzduchovém polštáři. Použitý druh obalu – Quick Pot D 60 T/15, výška NČ byla 26-35 cm, tloušťka kořenového krčku 5 mm. Sazenice byly nakoupeny od školkařů. Krytokořenné semenáčky vykazovaly vysokou kvalitu sadebního materiálu a projevují se vitalitou u jednoletých a velkou ujímavostí bez ztrát. (Won et al., 2019)

Obal Quick Pot D 60 T/15 je veden na listu 6/2002 katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin, který sestavil Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, jedná se o obal s úplným atestem. Hodnocením těchto obalů nebyly při testování zjištěny žádné odchylky růstu ani deformace kořenů. Obal je vhodný pro pěstování semenáčků jak borovice, smrku nebo modřinu, tak i listnatých dřevin. (Won et al., 2019)

Při výsadbě na trvalá stanoviště nesmí být poškozen kořenový systém ani dojít k jeho deformaci, neboť by mohlo dojít k úhynu celé dřeviny. Sazenice se zakládaly do předem vyrytých brázd u místa zalesňování, ve svazcích a i jednotlivě, byly zahrnuty zeminou až 5 cm nad kořenové krčky. (Won et al., 2019)

2.2 Třídění, balení, a expedice finálních krytokořenných výpěstků

Obecnou zásadou pro vyjímání krytokořenných semenáčků z pěstebních obalů je, že tak lze učinit teprve poté, kdy kořeny semenáčků plně prokoření prostor pěstebních buněk. Před expedicí jsou tedy krytokořenné semenáčky s plně rozvinutou kořenovou soustavou vždy jednotlivě vyzvednuty ze sadbovačů, jsou roztříděny podle žádaných výškových tříd a dále diferencovány dle minimální hodnoty průměru kořenového krčku, požadované českou technickou normou ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin pro příslušnou výškovou třídu SMLD. Pro měření výšky nadzemní části semenáčků se používá tzv. měrka výšky (délkové měřítko s vyznačením normou přípustného výškového rozpětí včetně normou povolené tolerance ± 5 cm); k měření tloušťky kořenových krčků výpěstků se používá tzv. měrka krčků (měřicí pomůcka s výkrojky o šířce minimálně požadované hodnoty průměru kořenového krčku). Třídění probíhá ručním přiložením jednotlivých sazenic k oběma měrkám. Po vytřídění jsou sadba tzv. nabaleny do expedičního svazku. U semenáčků výškové třídy 51–80 cm svazek tvoří zpravidla 15 ks krytokořenných sazenic. Ty jsou k sobě fixovány smršťovací

fólií v prostoru jejich kořenových systémů. Po nabalení sadby jsou svazky obvykle krátkodobě ponechány na úložišti, kde jsou připraveny k expedici na zalesňovaná stanoviště, popř. k uskladnění přes zimní období do klimatizovaného skladu (při realizaci jarních výsadeb). Kompaktní svazek, vytvořený s pomocí smršťovacích fólií, se podle našich zkušeností při následné manipulaci nerozpadá. (Němec a kol., 2018)

2.3 Skladování krytokořených výpěstků přes zimní období

Pro uskladnění 1letých krytokořených školkařských výpěstků listnatých druhů lesních dřevin výškové třídy 51–80 cm přes zimní období přichází do úvahy prakticky jediné schůdné řešení – uložení v klimatizovaných skladech (ponechání výpěstků přes zimu na úložištích je zcela nereálné pro neúměrné riziko fyziologického poškození sadebního materiálu chladem a mrazovými teplotami; s ohledem na rozměry sadebního materiálu nelze v tomto případě účinně uplatnit ochranu KSM pod sněhovou pokrývkou, vytvářenou umělým zasněžováním). Při uskladnění KSM v klimatizovaných skladech zůstávají v platnosti všechny zásady, všeobecně respektované při skladování prostokořeného sadebního materiálu. Ve skladech s přímým chlazením tedy musí být skladované sadba např. rovněž ochráněny před ztrátou vody a před vleklým vysycháním, a to zpravidla tak, že jsou svazky vždy uloženy v uzavřených neprodyšných obalech. (Němec a kol., 2018)

2.4 Výhody a nevýhody použití krytokořeného sadebního materiálu

Při úvahách o možnostech použití KSM pro zalesňování je dobré si připomenout výhody a možné problémy souvisejícími s těmito technologiemi. (Jurásek a kol., 2004)

K hlavním výhodám použití KSM patří:

- Zkrácení doby pěstování s možností pružněji reagovat na poptávku mimo jiné i v případě nutnosti zalesnění kalamitních holin (např. při intenzivním způsobu pěstování KSM lze u některých druhů dřevin dosáhnout výsadyschopnosti již během prvního roku pěstování).
- Výrazné prodloužení časového úseku, kdy je možné zalesňovat. Je tak možné efektivněji využívat pracovní síly v pěstební činnosti a zvládnout velké objemy zalesnění. Intenzivní metody KSM umožňují přesunutí části zalesňování i na podzim, což je velmi významné vzhledem k stále častějším epizodám sucha v jarním období.

- Ochrana kořenů během manipulace a z ní vyplývající nižší šok z přesazení, vyšší ujímavost a rychlejší obnova růstu po výsadbě. U výpěstků z intenzivních technologií (plugů) rychlé obnovení růstu kořenů je podporováno předchozím "řezem vzduchem", kdy se vytváří větší množství kořenových základů, z nichž je po výsadbě v optimálních podmínkách rozrůstá kvalitní kořenový systém.
- Dodání určitého množství vhodného substrátu a živin pro počáteční období růstu po výsadbě. (Jurásek a kol., 2004)
- Rychlejší odrůstání kultur založených KSM, zkrácení nezbytné péče o ně (zejména ochrana proti buření) a dřívější dosažení stavu zajištěné kultury.
- Možnost účinnější aplikace repelentů proti biotickým škůdcům již ve školce před expedicí. Významná je i možnost uplatnění umělé mykorrhizace.

Při použití KSM umožňuje legislativa snížit minimální hektarové počty sazenic až o 20 %.

Naproti tomu k nevýhodám použití KSM patří:

- Zvýšené nebezpečí deformací kořenů.
- Nebezpečí vysychání a vymrzání malých krytokořených semenáčků a sazenic při nevhodném výběru stanoviště.
- Vyšší vstupní cena KSM a vyšší náklady na dopravu a další manipulaci. (Jurásek a kol., 2004)

Při pěstování KSM je nezbytné dodržovat komplexní technologické postupy s odpovídajícím technologickým vybavením, jako jsou např. foliové kryty vybavené kvalitním "vzduchovým polštářem" a závlahou, kvalitní substrát, zvládnutí technologie přihnojování a optimalizace růstového prostředí a hlavně použití biologicky ověřených typů pěstebních obalů s účinnými prvky ochrany proti deformacím kořenů (odkryté dno, vnitřní podélné žebrování). (Jurásek a kol., 2004)

3. Metodika práce

Pro splnění stanovených cílů bylo nutné určit hlavní faktory, které ovlivňují vývoj a strukturu KS borovice. Jsou to především faktory, které se mohou vyskytnout v běžném lesním provozu:

- vliv typu sadebního materiálu (prostokořenný x obalovaný),
- vliv působení buřeneš,
- vliv hnojení,
- vliv okusu zvěří,
- vliv kvality vybraného stanoviště.

3.1 Výběr stanoviště

K porovnání výsadeb bylo nutné najít 6 srovnatelných kultur. Tři plochy měly být založeny prostokořennou a tři obalenou sadbou. Kulturey se nacházely v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina na stejné edafické kategorii K ve stáří 1 roku, 3 roky a 5 let od výsadby. Pokusné plochy patřily třem různým vlastníkům. Vhodné porosty s obalovanou sadbou se podařilo velmi rychle najít. Bohužel srovnatelné plochy s prostokořenných nikoliv. Problémem byl nedostatečný počet sazenic na měření. Dřeviny se špatně ujímaly a došlo k velkému úhynu a následnému vylepšení obalenou sadbou na podzim téhož roku. Vybrány byly plochy borovice prostokořenných 1- letá na 3K3, 3- letá na 3K4 a 5- letá na 3K3. U obalované sadby 1- letá 2K3, 3- letá 3K3 a 5- letá na 2K3. Výsadby byly provedeny na jaře roku 2017, 2019, 2021. Vzhledem ke krátkému času, který byl k dispozici k výzkumu, nemohlo být prováděno kontinuální měření na stejných plochách po dobu několika let. Místo toho byla vytvořena fiktivní řada tzn. byly vybrány plochy ve věku 1,3,5 let, které naznačují, jak se v čase vyvíjí výsadby provedené prostokořennou a obalenou sadbou. Na zjištěné výsledky u jednotlivých výsadeb mohl mít vliv i jiný faktor než jen věk a typ sadmat, který však nebylo možné postřehnout.

3.2 Výsadba

Výsadba 2021 - rok od zalesnění obalenou sadbou. Byly vysazeny jednoleté semenáčky fv0,5+v0,5 v následujícím roce po vzniku holiny. Plocha byla obehnaná lesnickým pletivem. Samotná výsadba probíhala pomocí půdního vrtáku ve sponu 1x1 m, porost byl ošetřen 2x proti klikorohu borovému a jednou postříkán proti plevelu, celoplošné ožnutí bylo provedeno jednou

za vegetaci. Sazenice nevykazovaly prakticky žádný přírůst. Nedošlo k žádnému úhynu dřevin a ani k následnému vylepšení. Na ploše se vyskytovala příměs modřínu. Kvalita borovic byla bez poškození, vitalita stromků výborná, dřeviny dobře zakořeněny.

Výsadba 2019 – 3 roky od založení kultury obalenou sadbou. Zalesněno bylo ihned po vzniku holiny. Použity byly jednoleté semenáčky s pěstebním vzorcem $f_{v0,5}+v_{0,5}$, které se sázely půdním vrtákem ve sponu 1x1 m. Plocha byla ochráněna proti okusu a vytloukání zvěře oplocenkou. Sazenice se ošetřovaly první dva roky proti klikorohu borovému, a to dvakrát ročně, dvakrát ročně byl proveden celoplošný ožin, kvalita borovic je dobrá. Došlo k vylepšení porostu v prvním roce na podzim přibližně o 5 %. V porostu se vyskytovaly náletové dřeviny, které byly vyřezány. Místy došlo k poškození vytloukáním (oplocenku zpřístupnil spadlý strom).

Výsadba 2017 – 5 let od obnovy obalovanou sadbou. Sazenice byly vysázeny ihned po vzniku holiny, jednoletými semenáčky pěstebního vzorce $f_{v0,5}+v_{0,5}$, které se sázely půdním vrtákem ve sponu 1x1 m. První dva roky byl porost ošetřen 2x ročně proti klikorohu borovému, jednou ročně chemicky proti buřeni a 2x byl proveden celoplošný ožin. Borovice nevykazovaly známky poškození. Uhynulé dřeviny byly vylepšeny 2 % v prvním roce. V předchozím roce byla plocha zbavena oplocení. Poslední rok se porost neožínal, kultura byla zajištěna a borovice byly zdravé a vitální.

Výsadba 2021 – 1 rok od založení kultury. Prostokořennou sadbou byly vysázeny dvouleté sazenice podle pěstebního vzorce f_{l+1} do sponu 1x1m. Použito bylo šticharu, do štěrbiny, kultura nebyla oplocena, ale ošetřena proti okusu Aversolem, provedena chemická ochrana proti klikorohu borovému a jednou proti buřeni. Porost byl i 2x ožnut, borovice byly téměř bez poškození, ale i bez vylepšení, kvalita borovic a vitalita sazenic byla výborná.

Výsadba 2019 – 3 roky od založení kultury. Byla použita prostokořenná sadba. Vysazovaly se dvouleté sazenice podle pěstebního vzorce f_{l+1} , plocha byla zalesněna šticharem, štěrbiny byly ve sponu 1x1 m. Plocha byla ochráněna oplocenkou proti okusu a vytloukání zvěře, 2x ročně kultura ošetřena proti klikorohu borovému v druhém roce, porost byl jednou ročně vyžnut chemicky proti buřeni a 2x ožnut křovinořezem. Odumřelé borovice byly vylepšeny ve druhém roce přibližně o 10 %,

Výsadba 2017 – 5 let od založení kultury prostokořennou sadbou. Sazenice pěstebního vzorce f_{l+1} byly zasazeny do sponu 1x1 m do jamky motykou. Uhynulé stromky byly vylepšeny ve druhém roce 5% nových sazenic. Porost byl dvakrát ročně ošetřen proti klikorohu borovému v prvním roce a v dalším roce jednou, jedenkrát chemicky proti buřeni, jednou byl

proveden ožin. Po třech letech bylo kolem kultury odstraněno oplocení (v roce 2021), kultura byla zajištěna.

3.3 Měření

Měření dendrometrických veličin probíhalo v únoru a v březnu 2022. Pomůckou k měření nadzemní části byl metr, kterým se zjišťovala výška dřeviny od kořenového krčku po terminální pupen. Měření borovic probíhalo rovnoměrně po ploše, použity nebyly dřeviny z okrajových částí kultur ani celé řady výsadby. Lesnickou průměrkou se zjišťovala tloušťka kořenového krčku. Kořen byl měřen metrem a k určení objemu se použila nádoba s vodou, vanička a odměrný válec. K vyjmutí kořenového balu bylo zapotřebí rýče, motyky a lopatky.

Na každé ploše byla změřena výška nadzemní části a tloušťka kořenového krčku u 100 ks stromků. Zjištěná data se ihned zapisovala. Výška se změřila u stejně starých kultur u prostokořenné i obalované sadby 1,3,5 leté a také se zaznamenala tloušťka kořenových krčků. Poté se celá (nepravá) vývojová řada prostokořenných porovnávala s obalovanou sadbou. Změřeny byly výškové přírůsty za rok 2020 a 2021 u tříletých a pětiletých kultur, které se následně mezi dvěma stejně starými sadbami porovnávaly.

Kořenový systém jednoletých byl měřen u 10 jedinců. U těchto borovic byla zjišťována mimo jiné výška terminálu, tloušťka kořenového krčku, objem kořenového systému, délka křivého kořenu, podíl jemných kořenů a deformace a poškození. Po dohodě s vlastníkem bylo dovoleno vyjmout dvě borovice z půdy u tříletých a jeden u pětiletých výsadeb. Změřen byl křivý kořen metrem, objem pomocí nádoby s vodou, vaničky a odměrného válce. Po ponoření opláchnutého kořene do nádoby s vodou se přeteklá voda do vaničky změřila pomocí odměrného válce. U výsadeb 1, 3letých byla použita nádoba se čtyřmi litry vody a u pětileté nádoba s 15 litry. Porovnány byly stejně staré výsadby. Poté byla porovnána celá (nepravá) vývojová řada.

Změřené parametry byly zaznamenány na papír a poté přeneseny do excelu. V softwaru byly vypočítány potřebné veličiny, které byly následně zapsány do tabulek k a vygenerovány grafy.

Pro obě varianty (prostokořenné, obalené) byly hodnoceny soubory sazenic stejného věku. Hodnocení bylo prováděno metodou ANOVA jednofaktorové analýzy a testem post hoc Scheffe.

3.4 Vlastní výsledky práce

Ke statistickému vyhodnocení byl využit software Excel a Statistica. Pro obě varianty (prostokořenné, obalené) byly hodnoceny soubory sazenic stejného věku. Hodnocení bylo prováděno metodou ANOVA jednofaktorové analýzy a testem post hoc Scheffe. Aritmetické průměry označené stejnými písmeny nevykazují statisticky významné rozdíly na obvyklé hladině významnosti (significance level) $\alpha=0,05$. Naopak hodnoty statisticky významně rozdílné jsou zvýrazněny tučně (a jiným písmenem).

Tabulka 2 Statistické hodnocení dendrometrických hodnot výsadeb ve věku 1, 3, 5 let

	výška		tloušťka		incr20		incr21	
věk	obal	prost	obal	prost	obal	prost	obal	prost
1	33,0 a	22,8 b	9,0 a	5,7 b				
3	86,4 a	110,6 b	28,1 a	28,8 a	29,8 a	30,8 a	38,6 a	49,7 b
5	232,6 a	222,0 b	53,9 a	51,4 b	52,9 a	53,9 a	67,7 a	71,4 b

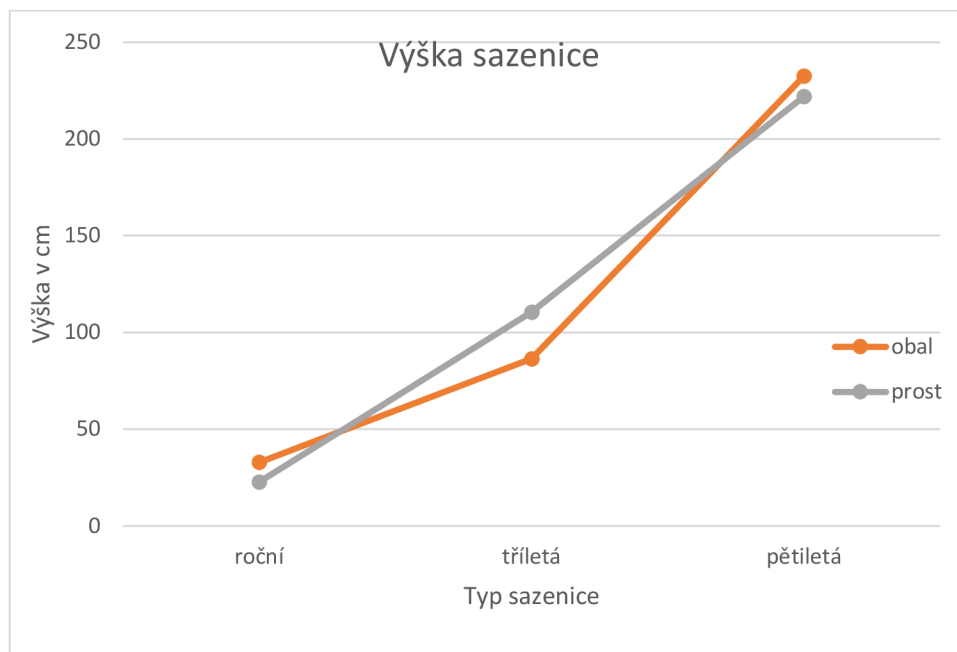
Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty (průměry) označené písmenem b se od hodnot s písmenem a statisticky významně liší na hladině významnosti 5 % (srovnávány jsou vždy odpovídající hodnoty, tj. sazenice obalené a prostokořenné stejného stáří, tzn. testovaná hypotéza je, zda typ sadebního materiálu má vliv na odrůstání sazenic – výšku, tloušťku kořenového krčku).

Tabulka 2 ukazuje, že průměrná výška sledovaných výsadeb se statisticky významně liší. U výsadeb jednoletých a pětiletých ve prospěch obalené sadby, u tříleté ve prospěch prostokořenné. Proč je to u tříleté výsadby opačné, lze těžko na základě jednorázového měření vysvětlit.

Podobné výsledky jsou pochopitelně i u tloušťky.

U přírůstků zjišťovaných přímým měřením (nikoliv výpočtem) je významný rozdíl v přírůstu za rok 2021 ve prospěch prostokořenné výsadby, což naznačuje, že po překonání povýsadbového šoku a vytvoření dostatečného kořenového systému dochází ke zvýšené dynamice vitálních výsadeb.



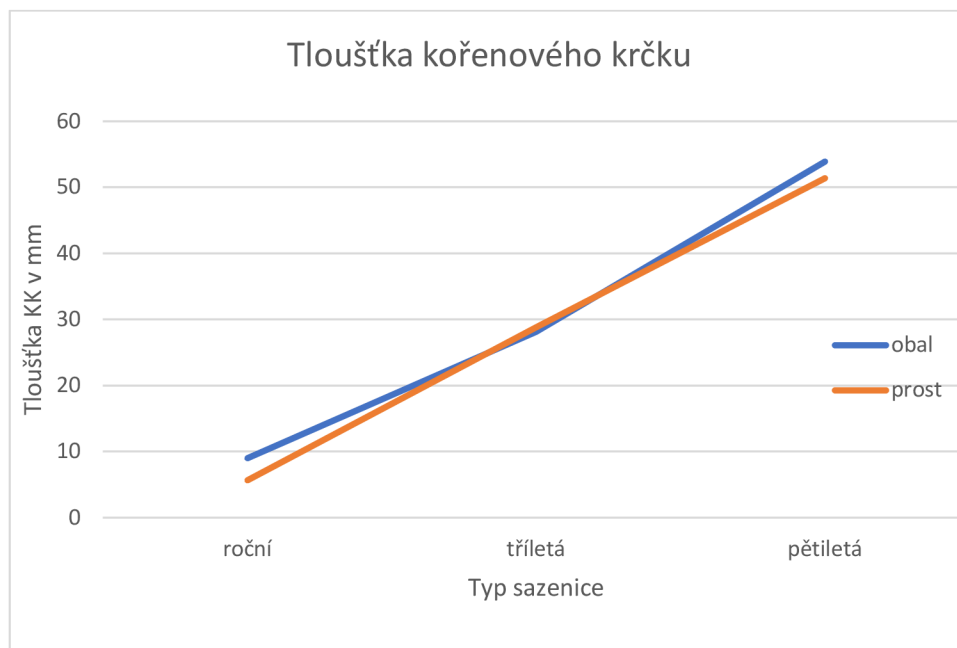
Graf 1 Sadební materiál (roční, tříletá, pětiletá), výška sazenice

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 1 ukazuje, že zatímco obalovaná sadba měla jako roční vyšší sadební materiál, u tříletých sazenic byla vyšší výška u prostokořenné sadby a u pětileté byla obalovaná sadba trochu vyšší než prostokořenná. Prostokořenná sadba tak byla, co se týká výšky sazenic, jako tříletá lepší než obalovaná sadba. Graf 2 ukazuje průměrnou výšku sledovaných výsadeb, která se statisticky významně liší. U výsadeb jednoletých a pětiletých ve prospěch obalené sadby, u tříleté ve prospěch prostokořenné. Proč je to u tříleté výsadby opačné, lze těžko na základě jednorázového měření vysvětlit.

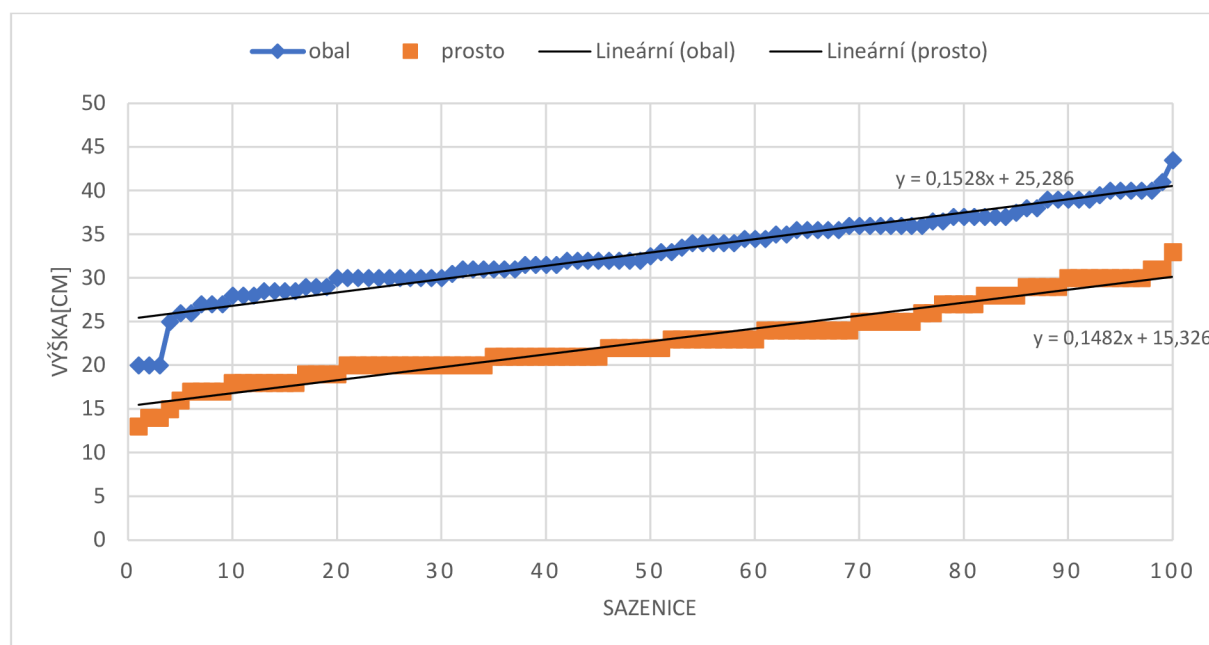
Podobné výsledky jsou pochopitelně i u tloušťky.

U přírůstků zjišťovaných přímým měřením (nikoliv výpočtem) je významný rozdíl v přírůstu za rok 2021 ve prospěch prostokořenné výsadby, což naznačuje, že po překonání povýsadbového šoku a vytvoření dostatečného kořenového systému dochází ke zvýšené dynamice vitálních výsadeb.

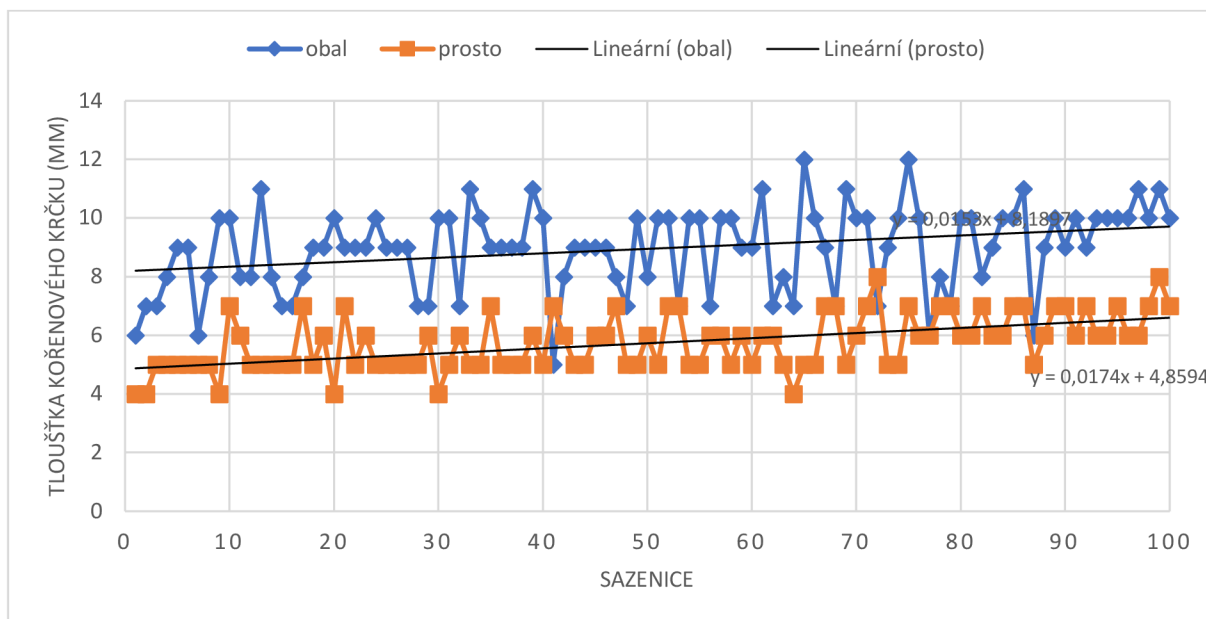


Graf 2 Sadební materiál (roční, tříletý, pětiletý), tloušťka kořenového krčku
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 2 znázorňuje tloušťku kořenového krčku u roční, tříleté a pětileté sadby. Je vidět, že obalovaná sadba měla jako roční sadba větší tloušťku KK, u tříletých sazenic se tento poměr vyrovnal a u pětiletých sazenic byl tento rozdíl minimální. Zjištěná kvalita kořenového systému byla lepší u obalované sazenice.



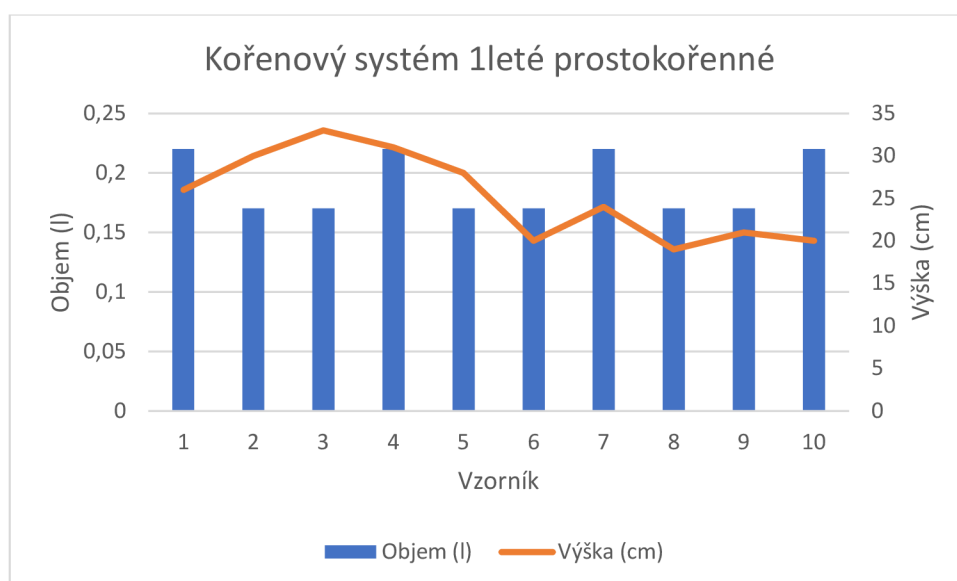
Graf 3 Přírůst jednoletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)
Zdroj: vlastní zpracování



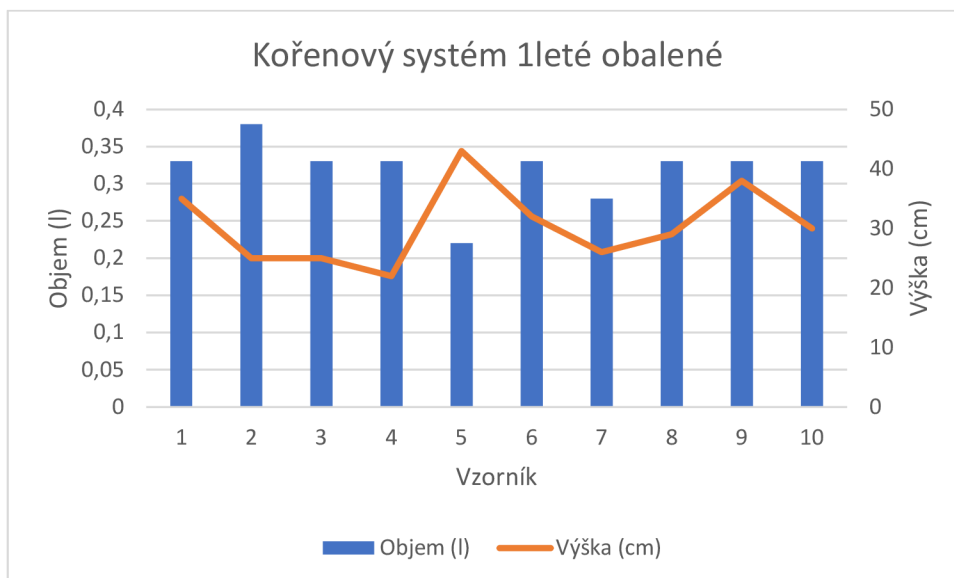
Graf 4 Tloušťka kořenového krčku jednoletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4 ukazuje měření tloušťky kořenového krčku obalované i prostokořenné roční sadby. Obalovaná sadba vykazovala vyšší tloušťku KK než sadba prostokořenná. Pokud se porovná tloušťka kořenového krčku a výška sazenice, jako roční sadba vykazuje lepší rozměry sadba obalovaná.

U jednoleté sadby byl taky zkoumán hlavní kořen a postranní kořeny. U krytokořenné sadby bylo patrné jemné a dostatečné vlášení a dobře prokořeněný bal prorostlý. Jen u 10. vzorníku byl bal lehce zdeformovaný.



Graf 5 Výška sadby a objem kořenového systému u roční prostokořenné sadby
Zdroj: vlastní zpracování



Graf 6 Výška sadby a objem kořenového systému u roční obalované sadby
Zdroj: vlastní zpracování

Měření hlavního kořene u 10 vzorníků ukázalo, že prostokořenná sadba měla u některých vzorníků lépe vyvinutý hlavní kořen, přesto měly vzorníky málo kořenového vlášení, u druhého vzorníku byl kořen poměrně deformován a posazen dosti hluboko, deformovaný kořen měl i 6 vzorník. U obalované sadby vykazovaly sazenice velký podíl jemných kořenů, byly dobře prokořeněné, kořenový bal byl dobře porostlý, jen vzorník 2 a 10 byl lehce zdeformovaný, 2 vzorník byl zasazen trochu našikmo.

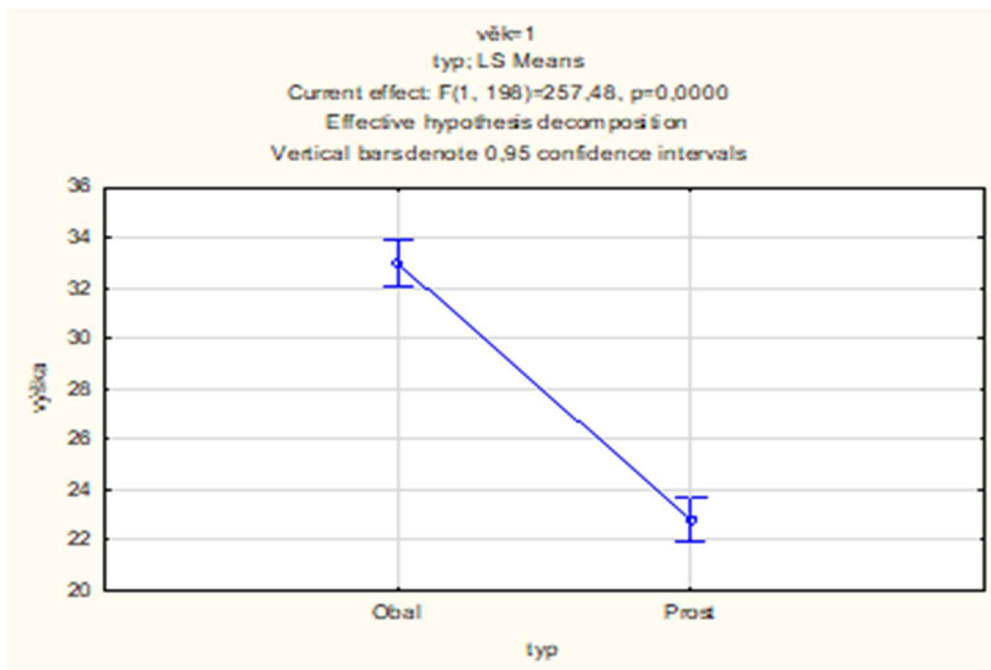
Výšky všech měřených jednoletých vzorníků ukazuje graf 5. Rozdíl je statisticky významný na hladině významnosti 5 %, což sice není z grafu 5 patrné, ale tato významnost byla zjištěna z testu ANOVA, který je na grafu 7.

Tabulka 3 Jednoletá sadba prostokořenná

Objem (l)		Výška (cm)	
Chyba stř. hodnoty	0,008333	Chyba stř. hodnoty	1,81387
Směr. odchylka	0,025	Směr. odchylka	5,441609
Rozptyl výběru	0,000625	Rozptyl výběru	29,61111

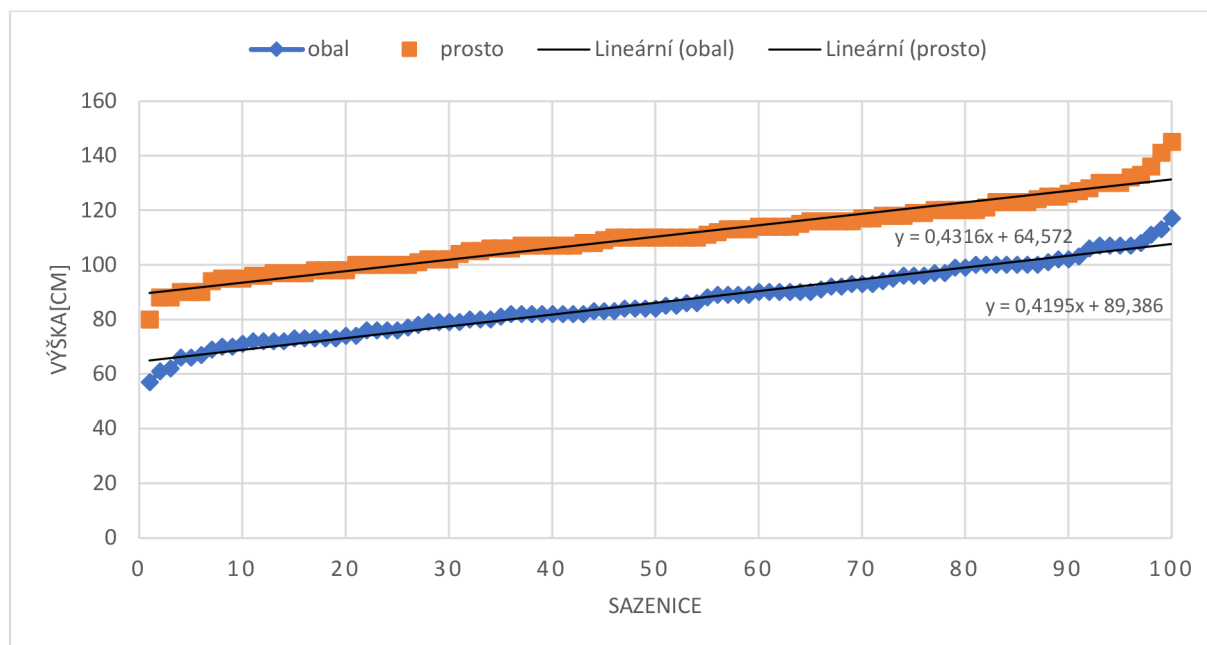
Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 3 ukazuje chybu střední hodnoty, směrodatnou odchylku a rozptyl výběru u jednoleté prostokořenné sadby u objemu kořenového balu a u výšky sazenic.



Graf 7 Test významnosti výšky jednoleté sadby
Zdroj: vlastní zpracování

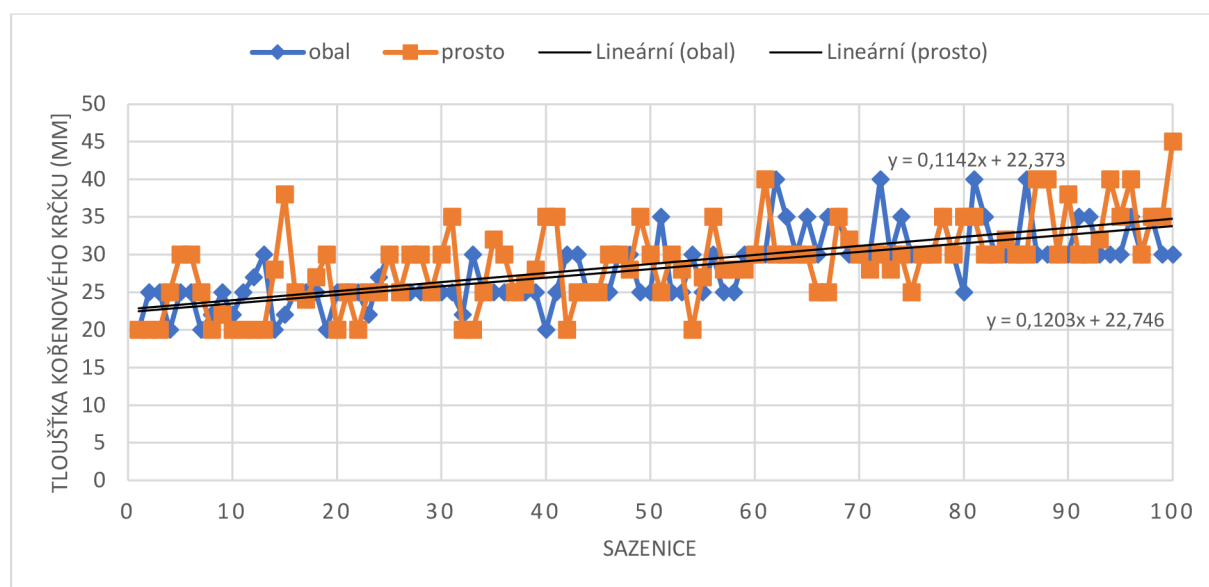
Graf 7 také ukazuje, že roční sadba na tom byla lépe u obalované než prostokořenné sadby.



Graf 8 Výška tříletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 8 znázorňuje výšku sazenic v cm, kdy u tříletých sazenic je na tom lépe prostokořenná sadba oproti obalované, kdy naopak u jednoletých sazenic na tom byla lépe obalovaná sadba oproti prostokořenné.

Měření tloušťky kořenového krčku u tříletých sazenic obalované a prostokořenné sadby ukazuje následující graf 9.



Graf 9 Tloušťka kořenového krčku tříletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 9 ukazuje, že tloušťka kořenového krčku byla u tříletých sazenic, ať už to byly obalované nebo prostokořenné, téměř totožné. Ukazuje se, že tříleté, prostokořenné sazenice mají podobnou nebo stejnou tloušťku kořenového krčku jako u obalované, a prostokořenné sazenice mají navíc vyšší přírůstky než obalovaná sadba.

Přírůsty jak u obalované, tak i u prostokořenné nevykazovaly žádný velký rozdíl. Ze statistického hlediska lze říci, že druh sadby, prostokořenné nebo obalované nemá na přírůsty žádný vliv.

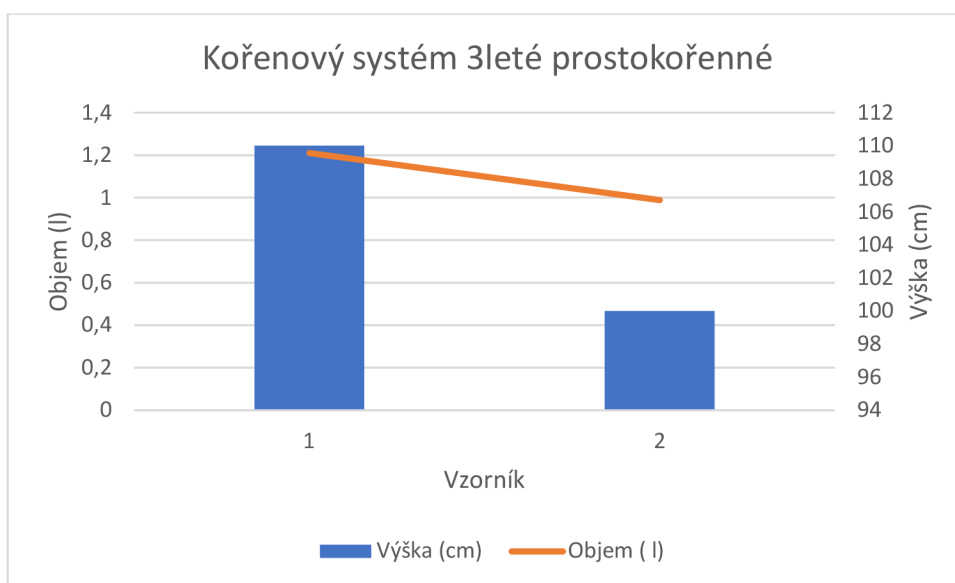
Přírůsty u prostokořenné sadby byly vyšší než u obalované sadby. I u tříleté sadby byl změřen hlavní kořen u náhodně vybrané jedné sadby z obalované a prostokořenné sadby.

U prostokořenné sadby vysoké 110 cm s tloušťkou kořenového krčku 30 mm byl kořenový systém do stran - 50 cm, sadba měla poměrně málo vlášení, kořen byl lehce deformován, ale sadba byla dobře prokořeněná. Po ponoření do 4 l kýble s vodou ve výši 8,1 cm stoupla výška vody na 9,2 cm.

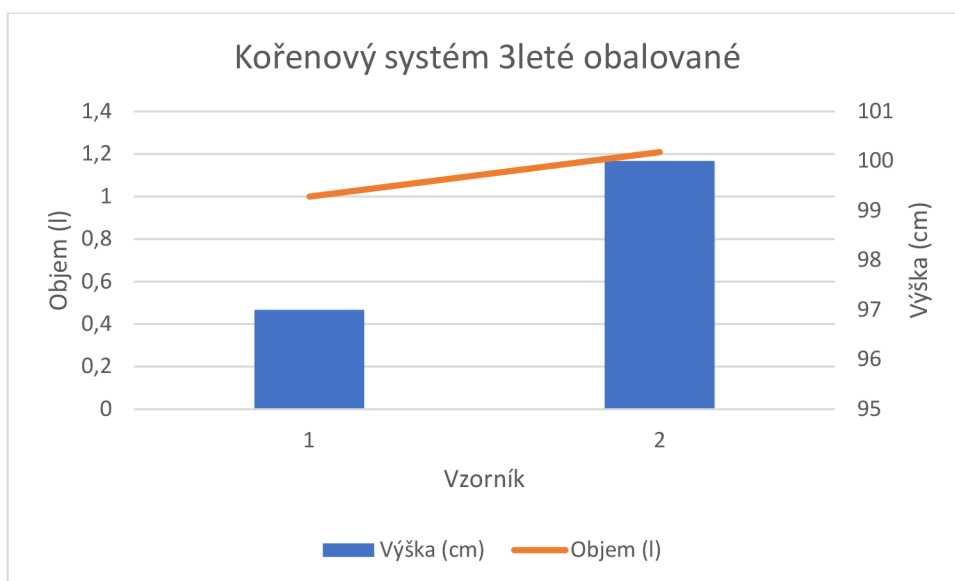
U obalované sadby, vysoké 97 cm s tloušťkou kořenového krčku 30 mm, došlo při ponoření do 4 l kýble s vodní hladinou ve výši 8,1 cm, ke zvýšení hladiny na 9 cm. Tato sadba měla rovnoměrné rozmístění, bohatý kořenový systém.

U tříleté sadby, při výběru téměř shodné sadby obalované i prostokořenné, byla na tom lépe obalovaná sadba. Měla bohatý kořenový systém, bez deformací hlavního kořene.

Graf také ukazuje, že u tříleté sadby se výška sazenic srovnala a nejsou téměř žádné významné rozdíly ani v naměřeném objemu.

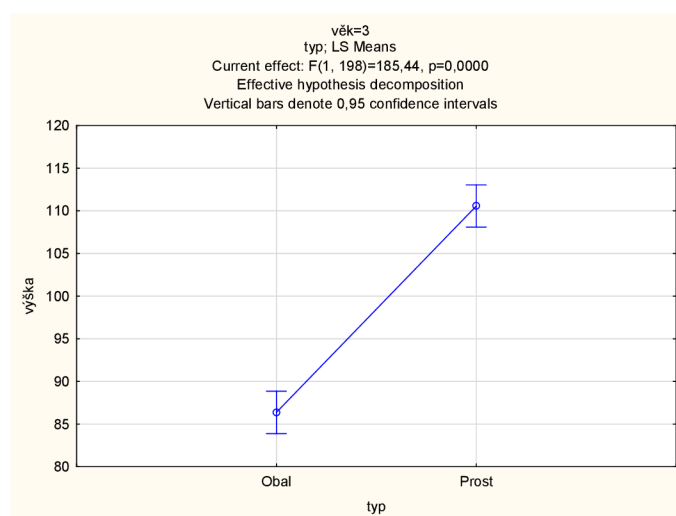


Graf 10 Výška sadby a objem kořenového systému u 3leté prostokořenné sadby
Zdroj: vlastní zpracování



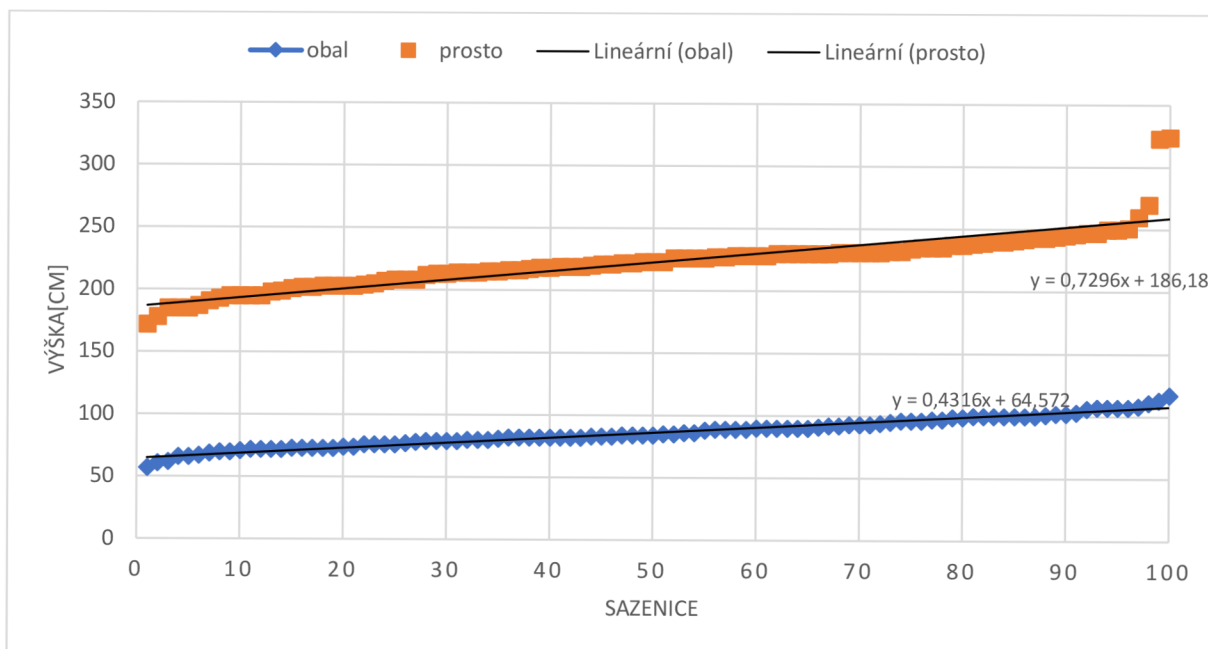
Graf 11 Výška sadby a objem kořenového systému u 3leté obalované sadby
Zdroj: vlastní zpracování

I zde je rozdíl statisticky významný na hladině významnosti 5 %, což sice není z grafu 10 a 11 patrné, ale tato významnost byla zjištěna z testu ANOVA, který je na grafu 12.



Graf 12 Test významnosti u tříletých sazenic
Zdroj: vlastní zpracování

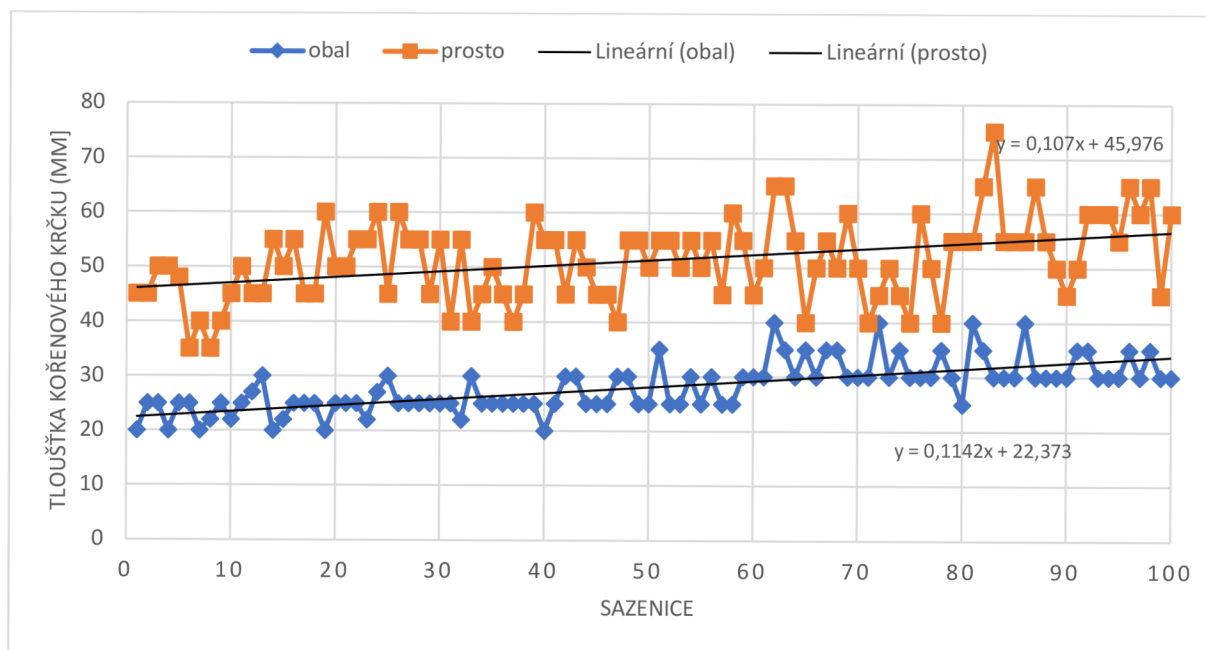
Graf 12 ukazuje, že u tříletých sazenic byla na tom lépe sadba prostokořená oproti obalované sadbě.



Graf 13 Výška pětiletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)

Zdroj: vlastní zpracování

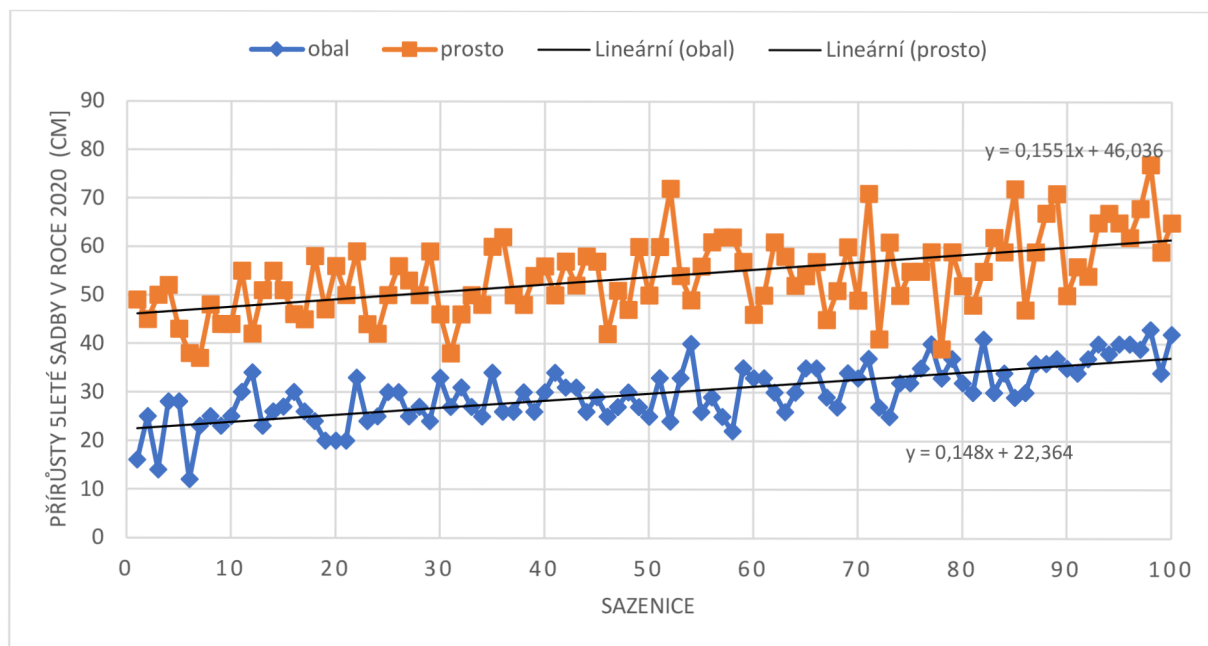
Graf 13 ukazuje výšky sazenic pětileté sadby prostokořenné a obalované. Pětileté sazenice prostokořenné byly vyšší než sadba obalovaná.



Graf 14 Tloušťka kořenového krčku pětiletých sazenic (obalovaná, prostokořenná)

Zdroj: vlastní zpracování

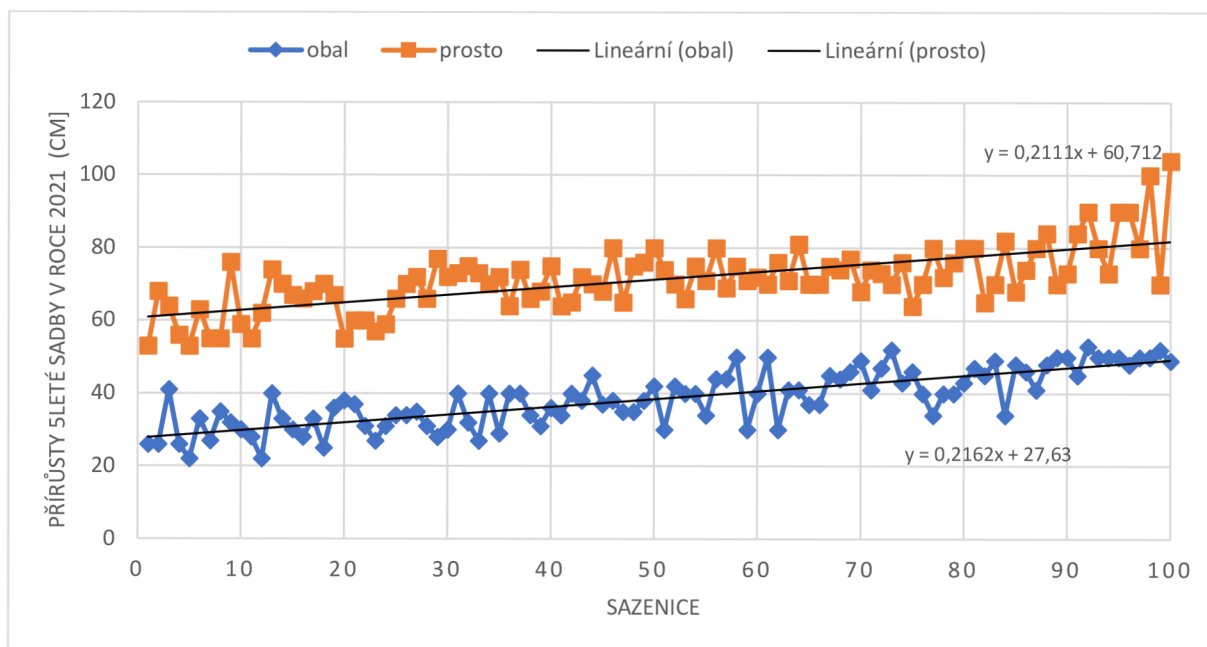
Tloušťka kořenového krčku byla u pětiletých sazenic vyšší u sazenic prostokořenných než obalovaných. Ukazuje se, že pětileté sazenice prostokořenné prospívaly lépe než obalované, sazenice byly vyšší a měly větší tloušťku kořenového krčku než pětileté sazenice obalované.



Graf 15 Přírůsty pětileté sadby v roce 2020
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 15 ukazuje přírůsty pětileté sadby v roce 2020, kdy lepší přírůsty vykazovala sadba prostokořenná než obalovaná. Některé hodnoty se blížily více lineární přímce, u některých sazenic se však vzdalovaly a vykazovaly tedy tak vyšší přírůsty než průměrné.

Graf 16 ukazuje přírůsty pětileté sadby v roce 2021.

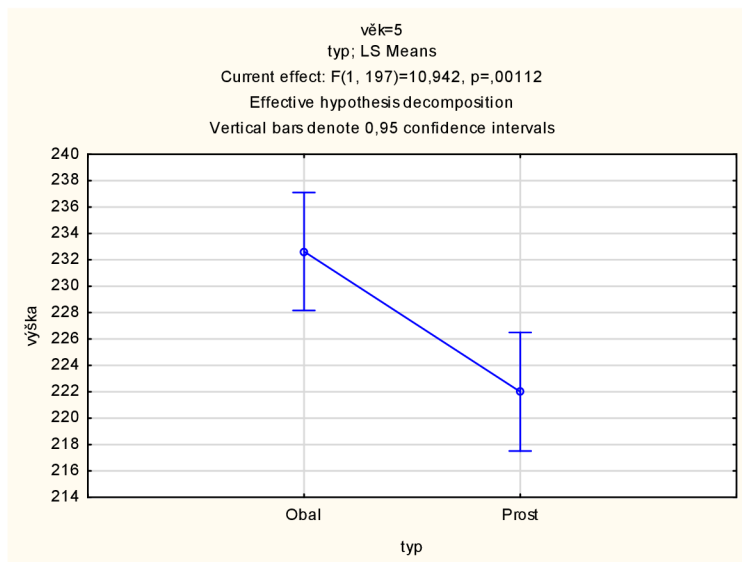


Graf 16 Přírůsty pětileté sadby v roce 2021
Zdroj: vlastní zpracování

I u pětileté sadby přírůsty v roce 2021 vykazovaly vyšší přírůsty u prostokořenné než u obalové sadby, a i zde byly některé hodnoty vyšší než průměrné hodnoty, a to jak u prostokořenné, tak i u obalované sadby.

U pětileté sadby prostokořenné, i obalované, je při podobné výšce sadby i téměř shodný objem kořenového systému.

I u pětiletých sazenic je rozdíl statisticky významný na hladině významnosti 5 %, tato významnost však byla zjištěna z testu ANOVA, který je na grafu 17.



Graf 17 Test významnosti u pětiletých sazenic
Zdroj: vlastní zpracování

4. Výsledky a diskuse

Výsledky vyhodnocené statistickými metodami ukázaly, že ani u jedné sadby, krytokořenné nebo prostokořenné, není výška ročních sazenic závislá na tloušťce kořenového krčku. Tento předpoklad ostatně potvrdil ve své disertační práci i Skrziszowski (2009), který zkoumal krytokořennou a prostokořennou sadbu buků, ze které vyplynulo, že u sazenic krytokořenných zůstával menší poměr objemu KS/NČ, ale současně si zachovaly větší podíl objemu jemných kořenů, ve srovnání se sazenicemi z prostokořenného sadebního materiálu, což se ostatně ukázalo i při výzkumu a použití statistických metod u roční sadby borovice černé.

Při porovnávání výšky jednoletých sazenic prostokořenné a krytokořenné, bylo zjištěno, že průměrná výška krytokořenná (obalovaná) sazenice byla 31 cm, zatímco u prostokořenné to bylo 22,74 cm, což je o 8,26 cm nižší sazenice než krytokořenná sadba. Tloušťka kořenového krčku u roční krytokořenné byla v průměru 8,9 mm, zatímco u prostokořenné to bylo 5,75 mm, což je o 3,15 mm méně než u krytokořenné. Zatímco roční sadba krytokořenné dosahovala výšky i 61 cm, prostokořenná sazenice dosahovala nejvyšší výšky 33 cm. Tloušťka kořenového krčku se u krytokořenné sadby pohybovala od 6 do 11 mm, u prostokořenné sadby to bylo jen mezi 4 a 8 mm. Délka hlavního kořene se u roční krytokořenné sadby pohybovala mezi 13 až 20 cm, prostokořenná sadba měla délku hlavního kořene kratší, a to mezi 10 až 18 cm. Zatímco délka hlavního kořene nebyla mezi jednotlivými sadbami tak veliká, velikostí a tloušťkou kořenového krčku na tom byla krytokořenná sadba lépe než prostokořenná. Prostokořenná sadba měla spíše menší podíl jemných kořenů, zatímco krytokořenná měla u ročních sadeb větší podíl jemných kořenů, sadba byla dobře prokořeněná s lehce prorostlým balem. Tyto rozdíly jsou však více výsledkem vospělosti sadebního materiálu ve školce než výsledkem vlivu typu sadebního materiálu, který se může projevit až po delší době po výsadbě.

Němec a kol. (2019) k tomu uvádějí, že spíše, než výška sazenic je rozhodující pro jejich vývoj tloušťka kořenového krčku a rozvětvenost kořenů. Každé přesazování sazenic přináší riziko nepřipustných kořenových deformací. Krytokořenný materiál je sám o sobě rizikovější na tvorbu nepřipustných kořenových deformací, a proto je nutné zamezit zbytečnému přesazování sazenic. Nárovcová a kol. (2018) k tomu uvádějí, že z 89 sazenic prostokořenné borovice došlo u 56 sazenic k násilnému zkrácení terminálního výhonu a proliferaci letních a proleptických výhonů (tzv. jánské prýty) mělo 76 sazenic. Z 92 krytokořenných sazenic mělo proliferaci letních a proleptických výhonů (tzv. jánské prýty) 86 a u 82 sazenic došlo k násilnému zkrácení terminálního výhonu. I Češka (2016) spoléhá více na kvalitu kořenového systému a tloušťku kořenového krčku než na výšku samotné sazenice.

Jurásek a kol. (2004) uvádějí, že optimální podíl krytokořenných semenáčků a sazenic lesních dřevin z celkového množství v ČR při umělé obnově lesa vysazovaného sadebního materiálu lesních dřevin je odhadován na 30 %. Klasické technologie pěstování prostokořenných semenáčků a sazenic lesních dřevin na minerální půdě venkovních (nekrytých) školkařských polí zřejmě budou v ČR základem pro pěstování kvalitního sadebního materiálu i v nejbližší budoucnosti.

Šišák et al. (2017) uvádějí, že pokud jde o komparaci prostokořenné a krytokořenné výsadby, pak ve všech případech je pro příslušná cílová hospodářství nákladově nejméně náročná výsadba prostokořenná v kombinaci sadby jamkové a sazečem tak, jak je dosud obvykle realizována v praxi lesního hospodářství v ČR.

Skrziszowski, M. (2009) ve své disertační práci uvádí, že prostokořenný sadební materiál měl lepší poměr mezi kořenovým systémem a nadzemní částí, ale i další roky byl tento poměr statisticky významně rozdílný oproti krytokořenné sadbě. Krytokořenná sadba naopak ukazovala lepší poměr mezi kořenovým systémem a nadzemní částí ihned po výsadbě a v prvním roce po výsadbě. Prostokořenné sazenice, které autor použil pro výzkum, byly pěstovány na otevřené ploše jako dvouleté s tím, že jako jednoleté byly školkovány. Obalované sazenice, které autor použil pro svůj výzkum, byly vypěstovány jako jednoleté kontejnerové semenáčky

Buraczyk & Kapuścińska (2010) k tomu uvádějí, že přežití a další růst sazenic stromů při pěstování lesa je nejvíce závislé na kořenovém systému. Je tedy velmi obtížné hodnotit kvalitu kořenů lesních sazenic, protože velká část kořenových systémů zůstává ukrytá v zemině i poté, co jsou sazenice ručně nebo mechanicky vyzvednuty.

Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin je klíčovou součástí lesnické praxe. Krytokořenné sazenice jsou chráněny obalem, který udržuje vlhkost a zajišťuje lepší přežití po výsadbě. Při pěstování je důležité dbát na kvalitní substrát a pravidelnou výživu, aby sazenice byly silné a zdravé.

K dalším důležitým aspektům patří správné načasování výsadby. Krytokořenné sazenice se nejčastěji vysazují na jaře nebo na podzim, kdy je půda vlhká a teploty jsou mírné. To umožňuje kořenům, aby se lépe adaptovaly na nové prostředí.

Sarvaš et al. (2011) zdůrazňuje význam přípravy stanoviště před samotnou výsadbou krytokořenných sazenic. Důležitá je i péče o sazenice po výsadbě, která zahrnuje záливku, mulčování a ochranu před škůdci a nemocemi. Sarvaš také poukazuje na výhody krytokořenného materiálu, jako je snížené riziko poškození kořenů při manipulaci a transportu.

Jasně vysvětluje, že pro úspěšnou adaptaci a růst je klíčová kvalita sadebního materiálu a správná technika výsadby.

Sarvaš et al. (2011) dále radí, že pro dosažení nejlepších výsledků by měli lesníci vybírat krytokořenné sazenice od ověřených dodavatelů a zajišťovat pravidelnou kontrolu zdravotního stavu rostlin. Výběr správného druhu dřeviny pro dané stanoviště je také nezbytný, jelikož některé druhy se lépe přizpůsobují specifickým podmínkám. Sarvaš zdůrazňuje, že pokud jsou tyto aspekty zanedbány, může dojít k selhání celé výsadby.

Nejčastěji používaným praktickým kritériem kvality sazenic je délka vertikálních kořenů sazenic. Tato charakteristika souvisí s provozní hloubkou zvedáku sazenic. Lze předpokládat, že z praktického hlediska by optimální kořenový systém sazenic neměl být příliš dlouhý a měl by být hustý. Současné normy kvality, a to jak polské, tak na úrovni Evropské unie, nezahrnují měření hustoty kořenů. Rozvětvení kořenů je důležité zejména z hlediska hustoty jemných kořenů. Důležitým aspektem je vztah mezi velikostí podzemních a nadzemních částí sazenic. Doporučuje se, aby nadzemní části sazenic nebyly příliš velké ve srovnání s velikostí kořenového systému sazenic. (Buraczyk & Kapuścińska, 2010)

Hned po přesazení ve školce nebo při výsadbě na lesní kultury by měl kořenový systém sazenic zajistit zásobování nadzemních částí vodou a živinami, což je v přímé závislosti na počtu jemných kořenů, které vytvářejí mykorhizní vazby se specifickými houbami.

V padesátých letech 20. století prováděl Kędzierski (1951) výzkum vlivu morfologických vlastností jednoletých sazenic borovice. Výsledky získané tímto autorem ukázaly, že větší sazenice s větším počtem postranních výhonů vykazovaly vyšší míru přežívání. V tomto výzkumu však nebyla zahrnuta pozorování kořenových systémů sazenic, pravděpodobně z důvodu nedostupnosti metodiky pro podrobná měření.

Při statistickém zkoumání bylo zjištěno, že jednoleté sazenice krytokořenné sadby měly vyšší hodnoty u tloušťky kořenového krčku než prostokořenná sadba.

Při zkoumání sazenic bylo dále zjištěno, že obalované sazenice mají vyšší ujmavost, což potvrdil nejen Skrziszowski u buku, ale i např. Tučková v r. 2004 pro smrk nebo Wilson et al. (2007). Např. Martinec (2019) ve sborníku z celostátního semináře v Buchlovicích uvádí, že při zakládání lesů zvyšuje podíl krytokořenného sadebního materiálu (KSM), a to zejména u listnatých dřevin. Soukromí vlastníci lesů upustili od kritéria výšky nadzemní části školkařských výpěstků a větší důraz se nyní klade na parametry kořenových systémů a na tloušťku kořenových krčků, tedy morfologických znaků, které mají největší podíl úspěšnosti či neúspěšnosti zalesnění.

Krytokořená sadba do jednoho roku má větší kořenový systém než prostokořená sadba a tím i lepší ujímavost. Přírůsty sice byly o trochu nižší než u prostokořenné sadby, sazenice však působily vitálněji a zdravěji.

U tříletých prostokořených a krytokořených se tloušťka kořenového krčku srovnala a skoro všechny sadby měly podobnou tloušťku kolem 30 mm. Prostokořená sadba byla trochu vyšší, mezi 100 a 110 cm, zatímco krytokořená sadba měla výšku mezi 97 a 100 cm. Kulový kořen prostokořenné sadby měl délku mezi 47 a 50 cm, u krytokořenné sadby 50 až 51 cm, hodnoty se opět srovnaly. Tříletá prostokořená sadba měla spíše menší podíl jemných kořenů, hlavní kořen byl lehce deformován, kořenový systém byl dobře rozvětvený do šířky. Krytokořená tříletá sadba měla bohaté jemné kořeny, které byly rovnoměrně rozmístěné. Kořenový bal byl tedy u tříleté sadby v lepší kondici u krytokořenné než u prostokořenné.

Výsledky práce ukazují, že krytokořený sadební materiál má menší poměr objemu kořenového systému, zachovávají si však větší objem jemných kořenů, ve srovnání s prostokořeným sadebním materiálem.

Krytokořenné sazenice měly vyšší ujímavost než prostokořenné sazenice. Na základě vlastního průzkumu bylo zjištěno že první vegetační sezónu přežilo 95 % krytokořených a 78 % prostokořených sazenic.

Kořenový systém u pětileté sadby vykazoval lepší výsledky u prostokořenné, kdy délka kulového kořene byla 110 cm, zatímco u krytokořenné to bylo jen 100 cm. Krytokořená měla tloušťku kořenového krčku 55 mm a výška sazenice byla 270 cm, zatímco prostokořená měla tloušťku kořenového krčku 35 mm a výška sazenice byla 201 cm. Pětiletá prostokořená sadba měla delší kulový kořen, naproti tomu krytokořená sadba měla v pěti letech větší tloušťku kořenového krčku o 20 mm a sazenice byly vyšší o 69 cm.

Češka (2016) k tomu uvádí, že jednoleté vyhodnocení naznačuje výhodnost využívání krytokořeného sadebního materiálu. Tento předpoklad je však nutné potvrdit několikerým opakováním výsledků v dalších letech. Zároveň je nutné ve spolupráci s vědou a výzkumem řešit poškozování čerstvých výsadb sazenic především černou zvěří a mrazem nebo chemickými přípravky.

Prostokořenné sazenice bývají často levnější než krytokořenné a snáze se přepravují a vysazují. Mohou však vyžadovat opatrnější zacházení a výsadbu, aby se zajistilo, že jejich kořeny během přepravy a výsadby nevyschnou nebo se nepoškodí.

Krytokořená sadba bývá sice o trochu dražší než prostokořená, avšak vykazuje vyšší míru přežití díky kořenům, které jsou chráněny před vysycháním a poškozením během přepravy

a výsadby. Krytokořená sadba má tendenci rychleji zakořeňovat, protože kořeny mají okolo sebe větší množství půdy, která jim poskytuje více živin a vody.

Volba mezi prostokořenými a krytokořenými sadebním materiálem závisí na řadě faktorů, včetně ceny, dostupnosti, podmínek výsadby a cílů projektu výsadby.

Zalesňování krytokořeným sadebním materiálem představuje zkrácení doby pěstování, ochranu kořenů během manipulace a rychlejší obnovou růstu po výsadbě. Krytokořený sadební materiál má menší nároky na péči během přepravy a založení před samotnou výsadbou. Pokud se při výsevu semen použije správný obal a technologie pěstování, snižuje se nebezpečí deformací kořenů.

Mezi nevýhody této sadby pak patří především vysoká náročnost technologií na pěstování a výsadbu sadebního materiálu ve větším počtu, pokud je sadební materiál pěstován v nevhodné nádobě, hrozí riziko deformace kořenových systémů a tím je ohrožen další vývoj sadby, sadba při nevhodné volbě stanoviště a pozdního termínu výsadby může uschnout nebo vymrznout. Nevýhodou jsou vyšší ceny sadebního materiálu a vyšší náklady na dopravu a manipulaci.

Rozdíly mezi výškou sazenic byly statisticky významné ve všech případech. Statistické hodnocení významnosti rozdílů výšek ukázalo, že přestože prostokořená roční sadba byla významně menší, tříletá a pětiletá prostokořená sadba začala krytokořenou dohánět. Zatímco přírůsty u tříleté sadby obalované byly v roce 2020 mezi 16 a 30 cm, u prostokořenné to bylo od 20 do 53 cm. Tyto přírůsty mohou být způsobeny tím, že kořeny prostokořenné sadby nechtějí opustit dobře vyhnojený substrát, a proto mohou mít i slabší kořenový systém, což ukázalo i měření kořenového vlášení, kdy sledované vzorníky měly delší hlavní kořen oproti obalované, ale kořen byl kratší, často deformovaný. Neochotně opouštějící kořenový bal, v němž byly vysazeny a který obsahoval dostatek živin potřebných v prvních letech po výsadbě, což potvrzuje ostatně i Skrziszowski (2009). Roční sadební materiál prostokořenné měl délku hlavního kořene mezi 12 a 20 cm, zatímco u obalované to bylo mezi 10 a 15 cm. Tato skutečnost neumožňuje výškový vývoj jako u prostokořenné sadby. U jednoleté a pětileté kultury to bylo ve prospěch obalované sadby. Zajímavým zjištěním jsou výsledky u tříleté kultury, kde se překvapivě obrátil poměr ve prospěch prostokořenného sadebního materiálu. Ani po konzultacích s místním personálem se nepodařilo zjistit důvody tohoto paradoxu. Pochopitelně zcela shodné výsledky byly zjištěny i u tloušťky kořenového krčku. Stejně jako Skrziszowski (2009), různým měřením a pozorováním bylo zjištěno, že u krytokořenného sadebního materiálu je menší poměr objemu kořenového systému vůči nadzemní části sadby, zároveň však měl větší podíl objemu jemných kořenů ve srovnání s prostokořeným sadebním materiálem.

Rozdíl byl také ve stáří obalených a prostokořenných sazenic při výsadbě. U prostokořenných byl sadební materiál pěstován rok ve fóliovém krytu a poté přeškolkován a po dalším roce vyzvednut (sazenice byly vypěstovány v lesní školce vlastníka měřených kultur a pocházely ze stejného uznaného reprodukčního zdroje). Co se týče krytokořenných, byly použity jednoleté semenáčky s pěstebním vzorcem $f_{v0,5}+v_{0,5}$ - osivo bylo naseto do obalů a pěstováno půl roku ve fóliovém krytu s použitím technologie vzduchového polštáře a poté půl roku ve venkovním prostředí na vzduchovém polštáři. V době kůrovcové kalamity a obnově většího množství holin bude zapotřebí také větší množství sadebního materiálu. Např. Burdová a Březina (2020) k tomu uvádějí, že bez zdrojů vhodného reprodukčního materiálu lesních dřevin a bez pěstování a použití sadebního materiálu lesních dřevin (SMLD) v příslušném (tj. zalesňovací praxi žádaném) sortimentu, množství a kvalitě je ohrožena kontinuita lesnického hospodaření. Burdová a Březina také předpokládají, že vzhledem k současnému vývoji kůrovcové kalamity a suchu je silný předpoklad zvýšeného nárůstu holin i v následujících letech. Lubojacký et al. (2022) k tomu uvádí, že působením biotických škodlivých činitelů, jako je např. kůrovec, bylo podle evidence v roce 2021 poškozeno cca 9,7 mil. m³ dřevní hmoty. Od roku 2018 do roku 2021 bylo kůrovcem celkově poškozeno 48,5 mil. m³ dřevní hmoty.

Článek dokumentuje krátkodobé efekty aplikace materiálů na bázi mořských řas, fosilního i recentního původu, tedy fosilního alginitu a recentních formulací systému Bio-Algeen. Efekty alginitu byly studovány na výzkumné ploše Hovorčovice, v relativně suché a teplé lokalitě na Polabí (údolí Labe, ČR), při zalesňování zemědělské půdy (anglickým dubem, americkým červeným dubem, javorem norským a borovicí lesní). Systém Bio-Algeen byl testován na sadbě produkce smrku ztepilého v lesní školce. V plantážním pokusu byla dokumentována výrazně nižší mortalita v prvním roce od výsadby a také výrazně rychlejší růst u širokolistých druhů. Ve školkařském pokusu byl zjištěn podstatně příznivější vývoj kořenového systému a lepší parametry nadzemní části sadebního materiálu. Jako nejúčinnější byla zdokumentována kombinace máčení kořenů do vodního roztoku Bio-Algeen s aplikací granulátu na povrch lože a také postřik nadzemní části sazenic po přesazení. Aplikace studovaného materiálu tak představují významný příspěvek pro kvalitní produkci zásob a úspěšnost plantáží na zalesněném pozemku. (Kupka et al., 2015)

Co se týká ujímavosti sadebního materiálu, lépe se ujímaly krytokořenné. Bohužel se nepodařilo pro srovnání najít srovnatelné plochy prostokořenné sadby, protože došlo k většímu úhynu sadby z důvodu špatné manipulace s prostokořennou sadbou. Zaostávání prostokořenné sadby po prvním roce lze s vysokou pravděpodobností přičíst povýsadbovému šoku. Nárovcová

(2016) uvádí, že díky velkým výkyvům průběhu denních teplot, dlouhotrvajícím suchým obdobím s vysokými teplotami, nebo naopak přívalovým srážkám či přízemním mrazíkům přispívají k postupnému snižování objemu prostokořenného sadebního materiálu a rozšíření pěstování a užití krytokořenných výpěstků, což potvrzuje i Cafourek (2015). Krytokořenný sadební materiál se ukazuje být odolnější vůči periodám sucha. V souvislosti s rostoucím podílem krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin užitého k obnově lesa a zalesňování zůstává v popředí zájmů lesních hospodářů při obnově lesa dynamika růstu těchto krytokořenných výpěstků po výsadbě na trvalé stanoviště. Krytokořenný sadební materiál má celou řadu biologických i ekonomických výhod, na prvním místě je ochrana kořenů rostlin substrátem v období manipulace se sadebním materiálem, současně s rychlou adaptací na nové prostředí (Šmelková 2004). Úspěšnost obnovy lesa a rychlé překonání šoku z výsadby je zásadně ovlivněna kvalitou kořenového systému.

Podle Mauera (2013) je základem kvality sadebního materiálu kvalita jeho kořenového systému. Délka nadzemní části (jak je v praxi často užíváno) není kladným parametrem kvality, u nadzemních částí je rozhodujícím parametrem kvality poměr délky nadzemní části k tloušťce kořenového krčku. Čím je kořenový krček silnější, tím je sadební materiál kvalitnější. Proto u semenáčků, sazenic nebo poloodrostků může být sadební materiál stejně vysoký (50 – 80 cm), ale může se od sebe lišit v kvalitě kořenového systému a tloušťkou kořenového krčku.

Bohužel vzhledem ke krátkému času, který je v magisterském studiu k dispozici nemohlo být prováděno kontinuální měření na stejných plochách po dobu několika let. Místo toho byla vytvořena fiktivní řada tzn., že byly vybrány plochy ve věku 1, 3 a 5 let, které naznačují, jak se v čase vyvíjí výsadby provedené prostokořennou a obalenou sadbou. Zjištěné výsledky je tak nutno brát s rezervou, neboť u jednotlivých výsadeb mohl hrát roli i jiný faktor než jen věk a typ sadebního materiálu, který však nebylo možné postřehnout.

5. Závěr a doporučení

Diplomová práce se zabývá růstem a vývojem prostokořenné a obalované sadby borovice.

Bylo zjištěno, že obalovaný sadební materiál borovice má větší ujímavost a netrpí povýsadbovým šokem. Díky kořenovému balu nevysychá. Po prvním roce růstu vykazují silnější kořenový krček, jsou vyšší a mají bohatší kořenový systém oproti prostokořenné sadbě. Krytokořenné borovice byly vysázeny jako jednoleté oproti prostokořeným, které byly vysázeny jako dvouleté.

U tříletých byl prokázán větší přírůst a tloušťka kořenového krčku u sadby prostokořenné. U krytokořenných byl zaznamenán kvalitnější kořenový systém. U pětiletých krytokořenných byly parametry kořenových krčků srovnatelné a byly vyšší a kořenový systém byl lepší u prostokořenných.

Bohužel vzhledem ke krátkému času, který je v magisterském studiu k dispozici nemohlo být prováděno kontinuální měření na stejných plochách po dobu několika let. Místo toho byla vytvořena fiktivní řada tzn., že byly vybrány plochy ve věku 1, 3 a 5 let, které naznačují, jak se v čase vyvíjí výsadby provedené prostokořennou a obalenou sadbou. Zjištěné výsledky je tak nutno brát s rezervou, neboť u jednotlivých výsadeb mohl hrát roli i jiný faktor než jen věk a typ sadebního materiálu, který však nebylo možné postřehnout.

Výběr správných a schopných sazenic je prvním krokem k úspěšné výsadbě. Maximální růst a výnos jsou možné pouze tehdy, pokud jsou vybrány správná sadba pro konkrétní místo výsadby. Vysazení křehké, nízké sadby, s nedostatečným kořenovým systémem a malou tloušťkou kořenového krčku mohou napáchat škody a jejich výsadba se může ekonomicky prodražit, protože tuto sadbu bude nutné nahradit silnými jedinci. Bylo např. zjištěno, že prostokořenné sazenice borovice se ujímají v půdě, která má větší obsah rašeliny.

Krytokořenné sazenice se prosazují stále více. V posledních desetiletích se kontejnerovaná zásoba stala preferovaným sadebním materiálem pro regeneraci lesů. Výsadba se může uskutečnit již v říjnu, což umožní, že se sazenice ujmou ještě před příchodem mrazů. Výsadba však může probíhat až do pozdního jara, ve vlhčích místech i během léta. Chráněné kořenové systémy těchto sazenic snižují škody spojené s vyrýváním ve školkách, skladováním a přepravou na místo určení.

Problémem bylo najít srovnatelné plochy pro měření, díky velkým ztrátám jednoletých prostokořenných, které bylo způsobené nevhodným zacházením se sadebním materiálem.

Pro lepší zhodnocení by bylo do budoucna vhodné zkoumat sadební materiál na stejných plochách po dobu několika let.

Nebezpečím pro pěstování krytokořenného materiálu je deformace kořenového systému, což potvrzují některé vzorníky a také okus a vytloukání zvěří na mladých dřevinách.

6. Seznam literatury a použitých zdrojů

Axer, M. et al. (2021). Modelling natural regeneration of European beech in Saxony, Germany: identifying factors influencing the occurrence and density of regeneration. *European Journal of Forest Research*, 140:947–968.

Baláš, M., Nárovcová, J., Kuneš, I. et al. (2018). Použití listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesnictví. *Certifikovaná metoda*. Strnady, 61 s. ISSN 0862-7657.

Baláž, M., Kuneš, I. (2014). *Biologické základy pěstování lesů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická a dřevařská fakulta. ISBN 978-80-213-2499-2.

Buraczyk, W., Kapuścińska, M. (2010) Effects of pruning of vertical roots on growth of one-year Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in the first year after transplanting. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 2010, Vol. 52 (1), 26–32.

Burdová, J., Březina, D. (2020) Analýza stavu a perspektivy vývoje lesního školkařství České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65(3):208-222

Cafourek J. (2015). Současný stav lesního školkařství. In: *Quo vadis lesnictví – I. Kam kráčíš lesní semenářství a školkařství?* Brno, Česká lesnická společnost: 52–58.

Carlisle, A., Brown, H.F. (1968). *Pinus Sylvestris* L. *Journal of Ecology*, 56(1): 269-307. <https://doi.org/10.2307/2258078>

Čermák, P. (2011). Vliv ošetření proti buřeni na růst dřevin a výši poškození okusem. *Lesnická práce*, Ročník 90(2011), č. 10/11. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-90-2011/lesnicka-prace-c-10-11/vliv-osetreni-proti-bureni-na-rust-drevin-a-vysi-poskozeni-okusem>

Češka, P. (2016). Praktické zkušenosti s typy sadebního materiálu a termíny výsadby při obnově lesa u VLS ČR, s. p. In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách*. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 21–24

Dobrovolný, L. a kol. (2015). *Adaptační lesnická hospodaření a jejich pojetí v pěstění lesů*. ŠLP Křtiny. Prezentace Sborník, část 2. Dostupné na: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/sbornik_cast_2_15.pdf

Elshafie, Hazem S., Camele, Ippolito. (2021). Applications of Absorbent Polymers for Sustainable Plant Protection and Crop Yield. *Sustainability*, 13(6), 3253. <https://doi.org/10.3390/su13063253>

Foltánek, V. (2016). Lesní školkařství v České republice od historie k současnosti. Národní zemědělské muzeum, 158 s. ISBN 978-80-86874-70-8.

Hägström, B., Domevsic, M., Öhlund, J., Nordin, A. (2021). Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting position and arginine phosphate addition. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36(1):1-11. DOI: 10.1080/02827581.2021.1957999

Havránek, F., Bukovjan, K., Czudek, R. (2010). Snižování škod zvěří na lese. Asociace profesionálních myslivců České republiky. ISSN 1802-4203.

Hille, M., den Ouden, J. (2004). Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*, 123: 213–218. <https://doi.org/10.1007/s10342-004-0036-4>

Houšková, K. a Majer, O. (2014). Vliv výchozí hustoty sazenic na morfologickou kvalitu nadzemí části borovice lesní (*pinus sylvestris* L.) 8 let po výsadbě. *Zprávy lesnického výzkumu*, LV, 59, 2014 (2): 117-125 117.

Ingestad, T. (1979). Mineral Nutrient Requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* Seedlings. *Physiologia Plantarum*, 45(4): 373-380. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1979.tb02599.x>

Jurásek, A., Martincová, J., Nárovcová, J. (2004). Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách ČR. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník přednášek z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. s. 6–15.

Jurásek, A., Nárovcová, J., Nárovec, V. (2006). Průvodce krytokořenným sadebním materiálem lesních dřevin. Metodika pro hospodářskou praxi. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 60 s. ISBN 80-86386-78-3

Kotrla, P., Cafourek, J., Leugner, J. et al. Založení výzkumných ploch s introdukovanými dřevinami potenciálně odolnými vůči suchu v oblasti pahorkatin severní Moravy postižené chřadnutím smrku. Závěrečná práce. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti,

Zbraslav – Strnady, 73 s. Dostupné z: https://lesycr.cz/wp-content/uploads/2018/08/GS_ZZ_introdukovane-dreviny-sev.-Moravy_15_2016.pdf

Kovář, K., Hrdina, V., Bušina, F. (2014). Učební texty z předmětu Pěstování lesů. Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek. 194 s.

Krakau UK., Liesebach M., Aronen T., Lelu-Walter MA., Schneck V. (2013). Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). In: Pâques L. (eds) Forest Tree Breeding in Europe. Managing Forest Ecosystems, vol 25. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_6

Kupka I., Prknová H., Holubík O., Tužinský, M. (2015). Účinek přípravků na bázi řas na ujímavost a odrůstání výsadeb lesních dřevin, [Algae-based materials effect on mortality and initial growth plantations of the forest tree species]. Zprávy lesnického výzkumu, V 60 (1): 24-28

Kupka I., Vopálka_Melicharová L. (2020). Northern red oak (*Quercus rubra* L.) as a species suitable for the upcoming seasons with frequent dry periods. Central European Forestry Journal 66 (2020) 97–103, DOI: 10.2478/forj-2020-0003

Lesnická a dřevařská fakulta. Základy typologického systému (ÚHÚL) a hospodářský soubor. [online] [cit.2022-02-14]. Dostupné na: https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/vychodiska/typologie/hs.html

Luoranen, J. (2018). Autumn versus spring planting: the initiation of root growth and subsequent field performance of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Silva Fennica*, 52(2), id 7813. <https://doi.org/10.14214/sf.7813>

Martinec, P. (2019). Je zapotřebí třídící a jakostní morfologická kritéria u sadebního materiálu upravovat a měnit? S. 1-2. In: Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví IV. Optimalizace morfologické kvality sadebního materiálu lesních dřevin. Sborník příspěvků z celostátního semináře, Buchlovice, hotel Buchlov, 21.5.2019. ISBN 978-80-906781-4-9.

Mauer, O. (2006). Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Brno: Lesnická práce. ISBN 80-86386-72-4.

Mauer, O. (2011). Vliv biotechniky sadby na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů. S. 19-24. In: Doprava, manipulace a sázení sadebního materiálu lesních dřevin. Odborný seminář s praktickými ukázkami. Sborník referátů. Řečany nad Labem: Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR, 30 s. Dostupné z: <https://adoc.pub/queue/doprava-manipulace-a-sazeni-sadebniho-materialu-lesnich-devi.html>

Mauer, O. a kol. (2013). Pěstování sadebního materiálu. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Oddělení zakládání lesů, 205 s. 978-80-7375-698-7

Nárovcová, J. (2013). Katalog obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin, s. 12. In: Aktuální problémy pěstování lesa, Sborník přednášek odborného semináře. Opočno. ISBN 978-80-7417-070-6

Nárovcová, J. (2016). Růst jednoletých krytokořenných semenáčků výškové třídy 51 – 80 cm v období 3 roky po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu, 61(4):290-297.

Nárovcová, J., Němec, P., Martinec, P., Slovák, M. (2019). Morfologické odchylky, tvarové deformace a jakostní vady u nadzemních částí a kořenových systémů sadebního materiálu lesních dřevin ve školkách a kulturách. In: Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. IV. Optimalizace morfologické kvality sadebního materiálu lesních dřevin. Buchlovice, Sborník příspěvků z celorepublikového semináře. ISBN 978-80-906781-4-9

Němec, P. a kol. (2018). Zásady pěstování jednoletých krytokořenných semenáčků listnatých dřevin výškové třídy 51–80 cm. 2. doplněné vydání, Certifikovaná metodika. Strnady, Lesnický průvodce 8/2018:53. ISSN 0862-7657.

Novikov, A., Ivetić, V., Novikova, T., Petrishchev, E. (2019). Scots Pine Seedlings Growth Dynamics Data Reveals Properties for the Future Proof of Seed Coat Color Grading Conjecture. MDPI, Data 4(106): 1-8. DOI:10.3390/data4030106

Poleno, Z., Vacek, S. (2009). Pěstování lesů. III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Česnými lesy: lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-34-2.

Polívka, M. a kol. (2017). Rádce vlastníka lesa do výměry 50 ha III. Standard sadebního materiálu lesních dřevin. Zákon č. 149/2003 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. Čtvrté aktualizované vydání. Brandýs nad Labem, 42 s. ISBN 978-80-88184-09-6

Sarvaš M., Kupka I. (2011). Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Skripta FLD ČZU, ISBN 97880-213-2166-3, 61 stran

Skrziszowski, M. (2009). Srovnání vývoje prostokořenných a krytokořenných sazenic buku lesního v prvních letech po výsadbě v oblasti severního Plzeňska. Praha: ČZU, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra pěstování lesů. Disertační práce, vedoucí: Prof. Ing. Ivo KUPKA, CSc.

South, David B., Jackson, Paul D., Starkey, Tom E. a Enebak Scott A. (2012). Planting Deep Increases Early Survival and Growth of *Pinus echinata* Seedlings. *The Open Forest Science Journal*, 5(1), pp. 33-41. DOI:10.2174/1874398601205010033

Strand, M., Löfvenius, M.O., Bergsten, U., Lundmark, T., Rosvall, O. (2004). Height growth of planted conifer seedlings in relation to solar radiation and position in Scots pine shelterwood. *Forest Ecology and Management*, 224(3): 258-265. ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.038>.

Šišák, L., Pulkrab, K., Bukáček, J., Novotný, S., Švéda, K. (2017). Komparace nákladů k obnově lesa prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62(1):59-65.

Šmelková, L. (2004). Používanie krytokorenného sadbového materiálu pestovaného intenzívnymi technológiami na Slovensku. In: Možnosti použitia sadebného materiálu z intenzívnych školkarských technológií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 16–21.

VanderSchaaf, Curtis L. a South, David B. (2003). Effect of planting depth on growth of open-rooted *Pinus elliotii* and *Pinus taeda* seedlings in the United States. *Southern African Forestry Journal* 198(1), pp. 63-73. DOI:10.1080/20702620.2003.10431736

Vondráček, P. (2011). Osobní zkušenosti při sázení prostokořenného i obalovaného dubu a prostokořenné borovice lesní. In: Doprava, manipulace a sázení sadebního materiálu lesních dřevin. Odborný seminář s praktickými ukázkami. Sborník referátů. Řečany nad Labem: Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR, 30 s. Dostupné z: <https://adoc.pub/queue/doprava-manipulace-a-sazeni-sadebniho-materialu-lesnich-devi.html>

Vyhláška č. 456/2021 Sb. Vyhláška 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.

Vyhláška č. 298/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.

Wilson, E.R. et al. (2007). Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. *New Forests* 34:163-176

Won S-J, Choub V, Kwon J-H, Kim D-H, Ahn Y-S. The Control of Fusarium Root Rot and Development of Coastal Pine (*Pinus thunbergii* Parl.) Seedlings in a Container Nursery by Use of *Bacillus licheniformis* MH48. *Forests*. 2019; 10(1):6. <https://doi.org/10.3390/f10010006>

Zabloudil, F., Korhon, P. (2010). Škody srnčí zvěří - Vliv vývoje prostředí a potravní nároky srnčí zvěře. *Časopis Myslivost*, duben 2010, s. 24. ISSN 0323-214X

Zadworny, M., McCormack, M.L., Mucha, J., Reich, P.B., Oleksyn, J. (2016). Scots pine fine roots adjust along a 2000-km latitudinal climatic gradient. *New Phytologist*, 212(2): 389-399. <https://doi.org/10.1111/nph.14048>

Zákon č. 289/1995 Sb. Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)

7. Seznam příloh

7.1 Příloha 1 – Výsledky měření

Měření výšky a tloušťky kořenového krčku u borovice stáří 1 rok, 628 A13, obalovaná, 2K3

1. výška 30 cm, tl. k.k. 10 mm
2. výška 35,5 cm, tl. k.k. 7 mm
3. výška 37 cm, tl. k.k. 7 mm
4. výška 34 cm, tl. k.k. 10 mm
5. výška 35,5 cm, tl. k.k. 12 mm
6. výška 32 cm, tl. k.k. 8 mm
7. výška 27 cm, tl.k.k. 6 mm
8. výška 35,5 cm, tl. k.k. 10 mm
9. výška 39,5 cm, tl. k.k. 10 mm
10. výška 28,5 cm, tl.k.k. 11 mm
11. výška 36 cm, tl. k.k. 11 mm
12. výška 30,5 cm, tl. k.k. 10 mm
13. výška 29 cm, tl. k. k. 8 mm
14. výška 32 cm, l. k.k. 9 mm
15. výška 37 cm, tl. k.k. 10 mm
16. výška 33,5cm, tl. k.k. 7 mm
17. výška 37 cm, tl. k.k. 10 mm
18. výška 35,5 cm, tl. k.k. 9 mm
19. výška 34,5 cm, tl. k.k. 9 mm
20. výška 31 cm, tl. k.k. 7 mm
21. výška 36 cm, tl. k.k. 10 mm
22. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm
23. výška 31 cm, tl. k.k. 11 mm
24. výška 26 cm, tl. k.k. 9 mm
25. výška 20 cm, tl. k.k. 6 mm
26. výška 20 cm, tl. k.k. 7 mm
27. výška 31,5 cm, tl. k.k. 9 mm
28. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm

29. výška 36 cm, tl. k.k. 10 mm
30. výška 25 cm, tl. k.k. 8 mm
31. výška 27 cm, tl. k.k. 8 mm
32. výška 38 cm, t. k.k. 11 mm
33. výška 29 cm, tl. k.k. 9 mm
34. výška 32 cm, tl. k.k. 9 mm
35. výška 28 cm, tl. k.k. 10 cm
36. výška 31,5 cm, tl. k.k. 11 cm
37. výška 32 cm, tl. k.k. 9 mm
38. výška 32 cm, tl. k.k. 9 mm
39. výška 31,5 cm, tl. k.k. 10 cm
40. výška 32 cm, tl. k.k. 8 mm
41. výška 37 cm, tl. k.k. 8 mm
42. výška 36,5 cm, tl. k.k. 6 mm
43. výška 36,5 cm, tl. k.k. 8 cm
44. výška 35,5 cm, tl. k.k. 7 mm
45. výška 38 cm, tl. k.k. 6 mm
46. výška 37,5 cm, tl. k.k. 10 cm
47. výška 35 cm, tl. k.k. 7 mm
48. výška 31,5 cm, tl. k. k. 5 mm
49. výška 36 cm, tl. k.k. 7 mm
50. výška 28,5 cm, tl. k.k. 8 mm
51. výška 36 cm, tl. k.k. 9 mm
52. výška 32,5 cm, tl. k.k. 8 mm
53. výška 28,5 cm, tl. k.k. 7 mm
54. výška 40 cm, tl. k.k. 10 mm
55. výška 28,5 cm, tl. k.k. 7 mm
56. výška 35 cm, tl. k.k. 8 mm
57. výška 39 cm, tl. k.k. 9 mm
58. výška 34,5 cm, tl. k.k. 9 mm
59. výška 28cm, tl. k.k. 8 mm
60. výška 27 cm, tl. k. k. 10 mm
61. výška 39 cm, tl. k.k. 10 mm
62. výška 39 cm, tl.k.k. 9 mm

63. výška 32 cm, tl. k.k. 7 mm
64. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm
65. výška 31 cm, tl. k.k. 10 mm
66. výška 34 cm, tl. k.k. 10 mm
67. výška 40 cm, tl. k.k. 10 mm
68. výška 28 cm, tl. k.k. 8 mm
69. výška 33 cm, tl. k.k. 10 mm
70. výška 34 cm, tl. k.k. 7 mm
71. výška 34,5 cm, tl. k.k. 11 mm
72. výška 30 cm, tl. k.k. 10 mm
73. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm
74. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm
75. výška 36 cm, tl. k.k. 10 mm
76. výška 40 cm, tl. k.k. 10 mm
77. výška 31 cm, tl. k.k. 9 mm
78. výška 34 cm, tl. k.k. 10 mm
79. výška 32 cm, tl. k.k. 10 mm
80. výška 40 m, tl. k.k. 11 mm
81. výška 31 cm, tl. k.k. 9 mm
82. výška 40 cm, tl. k.k. 10 mm
83. výška 39 cm, tl. k.k. 10 mm
84. výška 37 cm, tl. k.k. 9 mm
85. výška 34 cm, tl. k.k. 10 mm
86. výška 37 cm, tl. k.k. 10 mm
87. výška 30 cm, tl. k.k. 9 mm
88. výška 43,5 cm, tl. k.k. 10 mm
89. výška 29 cm, tl. k.k. 9 mm
90. výška 39 cm, tl. k.k. 9 mm
91. výška 33 cm, tl. k.k. 10 mm
92. výška 41 cm, tl. k.k. 11 mm
93. výška 36 cm, tl. k.k. 12 mm
94. výška 31 cm, tl. k.k. 9 mm
95. výška 36 cm, tl. k.k. 10 mm
96. výška 30 cm, tl. k.k. 7 mm

97. výška 30 cm, tl. k.k. 7 mm

98. výška 20 cm, tl. k.k. 7 mm

99. výška 30 cm, tl. k.k. 10 mm

100. výška 26 cm, tl. k.k. 9 mm

Prostokořenná sadba - 1 rok, 192E0, 3K3

1. výška 17 cm, tl. k.k. 5 mm

2. 18 cm, 7 mm

3. 18 cm, 6 mm

4. 21 cm, 7 mm

5. 21 cm, 5 mm

6. 20 cm, 7 mm

7. 17 cm, 5 mm

8. 20 cm, 5 mm

9. 14 cm, 4 mm

10. 29 cm, 7 mm

11. 24 cm, 6 mm

12. 14 cm, 5 mm

13. 16 cm, 5 mm

14. 24 cm, 6 mm

15. 24 cm, 5 mm

16. 27 cm, 7 mm

17. 28 cm, 7 mm

18. 23 cm, 7 mm

19. 20 cm, 6 mm

20. 13 cm, 4 mm

21. 20 cm, 5 mm

22. 30 cm, 7 mm

23. 27 cm, 7 mm

24. 25 cm, 6 mm

25. 21 cm, 5 mm

26. 23 cm, 7 mm

27. 21 cm, 5 mm

28. 25 cm, 7 mm

29. 18 cm, 5 mm
30. 30 cm, 6 mm
31. 18 cm, 5 mm
32. 20 cm, 5 mm
33. 25 cm, 8 mm
34. 30 cm, 7 mm
35. 23 cm, 5 mm
36. 26 cm, 6 mm
37. 21 cm, 6 mm
38. 23 cm, 5 mm
39. 17 cm, 5 mm
40. 28 cm, 6 mm
41. 20 cm, 5 mm
42. 18 cm, 5 mm
43. 15 cm, 5 mm
44. 21 cm, 5 mm
45. 21 cm, 7 mm
46. 23 cm, 6 mm
47. 30 cm, 6 mm
48. 25 cm, 5 mm
49. 22 cm, 6 mm
50. 28 cm, 6 mm
51. 20 cm, 5 mm
52. 21 cm, 6 mm
53. 23 cm, 6 mm
54. 19 cm, 7 mm
53. 23 cm, 6 mm
54. 19 cm, 7 mm
55. 20 cm, 5 mm
56. 26 cm, 6 mm
57. 22 cm, 7 mm
58. 24 cm, 4 mm
59. 30 cm, 6 mm
60. 24 cm, 5 mm

61. 22 cm, 5 mm
62. 29 cm, 5 mm
63. 25 cm, 5 mm
64. 19 cm, 5 mm
65. 24 cm, 5 mm
66. 30 cm, 7 mm
67. 22 cm, 5 mm
68. 33 cm, 7 mm
69. 25 cm, 7 mm
70. 18 cm, 5 mm
71. 24 cm, 7 mm
72. 23 cm, 5 mm
73. 21 cm, 5 mm
74. 17 cm, 4 mm
75. 30 cm, 6 mm
76. 24 cm, 7 mm
77. 23 cm, 6 mm
78. 22 cm, 6 mm
79. 20 cm, 6 mm
80. 24 cm, 5 mm
81. 19 cm, 6 mm
82. 21 cm, 5 mm
83. 21 cm, 6 mm
84. 20 cm, 4 mm
85. 18 cm, 5 mm
86. 20 cm, 5 mm
87. 19 cm, 4 mm
88. 22 cm, 5 mm
89. 20 cm, 6 mm
90. 23 cm, 5 mm
91. 20 cm, 5 mm
92. 29 cm, 6 mm
93. 27 cm, 6 mm
94. 27 cm, 6 mm

- 95. 31 cm, 7 mm
- 96. 31 cm, 8 mm
- 97. 28 cm, 7 mm
- 98. 30 cm, 6 mm
- 99. 20 cm, 5 mm
- 100. 29 cm, 7 mm

Prostokořenná sadba 190 D13a, 3K4, přírůstek předcházejícího roku

- 1. výška 120 cm, tloušťka koř. krčku 30 mm, přírůst v posledním roce 62 cm, přírůst v předch. roce 13 cm
- 2. výška 118 cm, tloušťka koř. krčku 30 mm, přírůst v posledním roce 57 cm, přírůst v předch. roce 27 cm
- 3. 110 cm, 30 mm, 56 cm, 24 cm
- 4. 95 cm, 20 mm, 42 cm, 24 cm
- 5. 111 cm, 27 mm, 53 cm, 30 cm
- 6. 100 cm, 25 mm, 35 cm, 26 cm
- 7. 105 cm, 20 mm, 45 cm, 20 cm
- 8. 107 cm, 25 mm, př. 46 cm, 35 cm
- 9. 107 cm, 26 mm, 42 cm, 30 cm
- 10. 98 cm, 24 mm, 43 cm, 30 cm
- 11. 94 cm, 25 mm, 37 cm, 24 cm
- 12. 97 cm, 20 mm, 43 cm, 35 cm
- 13. 128 cm, 30 mm, 61 cm, 28 cm
- 14. 102 cm, 30 mm, 40 cm, 25 cm
- 15. 106 cm, 25 mm, 42 cm, 31 cm
- 16. 126 cm, 38 mm, 60 cm, 25 cm
- 17. 105 cm, 20 mm, 46 cm, 18 cm
- 18. 117 cm, 30 mm, 65 cm, 21 cm
- 19. 114 cm, 30 mm, 54 cm, 14 cm
- 20. 130 cm, 32 mm, 53 cm, 37 cm
- 21. 116 cm, 30 mm, 58 cm, 15 cm
- 22. 95 cm, 22 mm, 52 cm, 24 cm
- 23. 98 cm, 27 mm, 51 cm, 26 cm
- 24. 114 cm, 40 mm, 55 cm, 29 cm

25. 120 cm, 35 mm, 65 cm, 21 cm
26. 110 cm, 30 mm, 54 cm, 28 cm
27. 110 cm, 28 mm, 52 cm, 22 cm
28. 141 cm, 35 mm, 53 cm, 49 cm
29. 117 cm, 28 mm, 60 cm, 27 cm
30. 110 cm, 35 mm, 59 cm, 20 cm
31. 88 cm, 20 mm, 43 cm, 23 cm
32. 113 cm, 28 mm, 49 cm, 40 cm
33. 110 cm, 30 mm, 58 cm, 24 cm
34. 123 cm, 30 mm, 50 cm, 40 cm
35. 113 cm, 28 mm, 50 cm, 35 cm
36. 90 cm, 25 mm, 40 cm, 27 cm
37. 97 cm, 28 mm, 63 cm, 17 cm
38. 119 cm, 25 mm, 48 cm, 36 cm
39. 127 cm, 30 mm, 54 cm, 40 cm
40. 100 cm, 20 mm, 58 cm, 23 cm
41. 107 cm, 28 mm, 42 cm, 34 cm
42. 101 cm, 30 mm, 63 cm, 20 cm
43. 100 cm, 25 mm, 53 cm, 30 cm
44. 90 cm, 30 mm, 40 cm, 35 cm
45. 106 cm, 32 mm, 47 cm, 28 cm
46. 100 cm, 25 mm, 46 cm, 26 cm
47. 102 cm, 25 mm, 42 cm, 29 cm
48. 109 cm, 25 mm, 46 cm, 40 cm
49. 125 cm, 40 mm, 57 cm, 34 cm
50. 132 cm, 40 mm, 62 cm, 32 cm
51. 100 cm, 30 mm, 47 cm, 20 cm
52. 97 cm, 38 mm, 53 cm, 14 cm
53. 90 cm, 30 mm, 47 cm, 25 mm
54. 97 cm, 25 mm, 45 cm, 30 cm
55. 107 cm, 35 mm, 53 cm, 34 cm
56. 104 cm, 35 mm, 37 cm, 37 cm
57. 123 cm, 32 mm, 62 cm, 23 cm
58. 108 cm, 25 mm, 47 cm, 35 cm

59. 80 cm, 20 mm, 43 cm, 13 cm
60. 130 cm, 40 mm, 51 cm, 37 cm
61. 133 cm, 30 mm, 61 cm, 41 cm
62. 120 cm, 30 mm, 46 cm, 44 cm
63. 116 cm, 25 mm, 53 cm, 40 cm
64. 116 cm, 25 mm, 63 cm, 35 cm
65. 118 cm, 28 mm, 52 cm, 48 cm
66. 110 cm, 25 mm, 52 cm, 34 cm
67. 145 cm, 45 mm, 63 cm, 53 cm
68. 96 cm, 20 mm, 52 cm, 26 cm
69. 116 cm, 35 mm, 45 cm, 36 cm
70. 110 cm, 30 mm, 51 cm, 34 cm
71. 114 cm, 30 mm, 59 cm, 34 cm
72. 115 cm, 30 mm, 47 cm, 33 cm
73. 123 cm, 30 mm, 60 cm, 35 cm
74. 107 cm, 35 mm, 48 cm, 30 cm
75. 125 cm, 30 mm, 65 cm, 33 cm
76. 136 cm, 35 mm, 52 cm, 45 cm
77. 110 cm, 28 mm, 49 cm, 32 cm
78. 116 cm, 32 mm, 55 cm, 40 cm
79. 95 cm, 20 mm, 40 cm, 31 cm
80. 88 cm, 20 mm, 32 cm, 30 cm
81. 118 cm, 30 mm, 57 cm, 33 cm
82. 120 cm, 35 mm, 51 cm, 36 cm
83. 112 cm, 35 mm, 46 cm, 33 cm
84. 120 cm, 35 mm, 50 cm, 42 cm
85. 98 cm, 30 mm, 34 cm, 28 cm
86. 121 cm, 30 mm, 48 cm, 46 cm
87. 124 cm, 40 mm, 50 cm, 38 cm
88. 100 cm, 25 mm, 43 cm, 28 cm
89. 108 cm, 25 mm, 49 cm, 22 cm
90. 113 cm, 28 mm, 55 cm, 33 cm
91. 130 cm, 35 mm, 61 cm, 39 cm
92. 107 cm, 20 mm, 45 cm, 33 cm

- 93. 110 cm, 20 mm, 55 cm, 18 cm
- 94. 98 cm, 20 mm, 41 cm, 24 cm
- 95. 96 cm, 20 mm, 37 cm, 30 cm
- 96. 119 cm, 30 mm, 48 cm, 34 cm
- 97. 114 cm, 30 mm, 46 cm, 30 cm
- 98. 106 cm, 30 mm, 42 cm, 30 cm
- 99. 123 cm, 30 mm, 53 cm, 32 cm
- 100. 102 cm, 30 mm, 41 cm, 26 cm

7.2 Příloha 2 – Obrazový materiál



Obrázek 4 Rok po výsadbě



Obrázek 5 Rok po výsadbě, kořenový systém



Obrázek 6 Tříletá prostokořenná, kořenový systém



Obrázek 7 Tříletá prostokořenná



Obrázek 8 Tříletá obalovaná na KS1



Obrázek 9 Obalovaná sadba, tři roky po výsadbě



Obrázek 10 Pětiletá obalovaná sadba



Obrázek 11 Pětiletá obalovaná sadba, kořenový systém



Obrázek 12 Pětiletá obalovaná sadba



Obrázek 13 Pětiletá prostokořenná sadba



Obrázek 14 Pětiletá prostokořenná sadba, kořenový systém