

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

Katedra pěstování lesa



**Efektivita vybraných agrotechnických  
zásahů při pěstování prostokořenného  
sadebního materiálu smrku ztepilého v nekryté  
minerální půdě.**

Diplomová práce

Autor: Ing. Kateřina Macháčková

Obor: DLES

Vedoucí práce: Ing. Martin Baláš, Ph.D.

2018

**Prohlášení:** Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Efektivita vybraných agrotechnických zásahů při pěstování prostokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého v nekryté minerální půdě, vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Baláše, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma zveřejněním diplomové práce a souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Kladně dne 18.4.2018

Podpis autora:

### **Poděkování:**

Tímto bych chtěla poděkovat zejména Ing. Martinu Balášovi, Ph.D., za odborné vedení, vstřícnost a konzultace při zpracování této diplomové práce. Poděkování za podporu a trpělivost náleží též mojí rodině.

## **Název:**

Efektivita vybraných agrotechnických zásahů při pěstování prostokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého v nekryté minerální půdě.

## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv kypření (nekypření) povrchu půdy na výškový a tloušťkový přírůst u sazenic smrku ztepilého (*Picea abies*) v lesní školce. Současně byla sledována dosažená kvalita sadebního materiálu, jeho zařazení do jakostních tříd a rozdíl ve výrobních nákladech. Experiment byl realizován na šesti zkusných záhonech, kde bylo testováno celkem 1102 sazenic. Všichni jedinci byli vypěstováni stejnou metodou. Měření přírůstů probíhalo ve vegetační sezóně 2017. Statistickým vyhodnocením (ANOVA) byl u kypřených záhonů prokázán nižší výškový přírůst ( $p < 0,001$ ) a naopak vyšší tloušťkový přírůst ( $p < 0,001$ ) než u nekypřených. V případě kypření byl dosažen vyšší podíl kvalitních a výsadby schopných sazenic (95 % vs. 93 %). Kalkulované výrobní náklady na sazenici byly při použití technologie kypření o 0,24 Kč/ks nižší než u nekypřených ploch. Pomocí technologie kypření bylo dosaženo vyššího podílu výsadby schopného sadebního materiálu při nižších výrobních nákladech.

## **Klíčová slova:**

školkařství, kypření, přírůst sazenic, smrk ztepilý, legislativa, jakostní třídy, prostokořenný sadební materiál

**Title:**

Efficiency of selected agrotechnical interventions in the cultivation of bare-root spruce planting stock in uncovered mineral soil

**Abstract**

The aim of this paper was to assess the influence of soil surface aeration (in comparison with control – not aerated – option) on height increment and root-collar diameter increment of the Norway spruce (*Picea abies*) transplants in the nursery. Achieved transplant quality, its quality class and the difference in production process costs were researched at the same time. The experiment was performed on six experimental nursery beds, where altogether 1102 pieces of transplants were generally tested. All individuals were cultivated with the same method. Measuring of increments took place during the growing season of 2017. The lower height increment on aerated nursery beds ( $p < 0.001$ ) and contrary the higher root-collar diameter increment ( $p < 0.001$ ) than on not aerated beds were found out by statistical evaluation (ANOVA). The higher numbers of quality and plantingable transplants were achieved in the case on the aerated option (95% vs. 93%). Using of the soil surface aeration technology decreased the calculated production costs of transplants of 0.24 CZK/piece lower when compared with the technology without aeration. The aeration technology caused the higher number of plantingable transplants with lower production costs.

**Keywords:**

Forest nurseries, aeration, seedlings growth, Norway spruce, legislation, quality classes, bare-root spruce planting stock

## Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod a cíl</b>	<b>1</b>
1.1.	Půda a lesní školky	1
1.2.	Produkce sadebního materiálu	1
1.3.	Cíl práce	2
<b>2.</b>	<b>Školkařství</b>	<b>3</b>
2.1.	Historie a současný trend školkařství	3
2.1.1.	Historie	3
2.1.2.	Současnost	6
2.2.	Legislativa v oblasti školkařství	7
2.3.	Agrotechnické zásahy – kypření	9
2.4.	Sadební materiál lesních dřevin	11
2.4.1.	Označování původu sadebního materiálu	12
2.4.2.	Jakostní znaky standartního výsadby schopného sadebního materiálu	12
2.4.3.	Vnější (morfologické) znaky	13
2.4.4.	Vnitřní (fyziologické) znaky	13
2.4.5.	Nevýhody krytokořenného sadebního materiálu	14
2.4.6.	Nevýhody prostokořenného sadebního materiálu	14
2.5.	Smrk ztepilý	15
<b>3.</b>	<b>Charakteristika lesní školky</b>	<b>17</b>
3.1.	Stručný popis lesní školky	17
3.2.	Půdní rozbor lesní školky	18
<b>4.</b>	<b>Metodika založení experimentu</b>	<b>19</b>
<b>5.</b>	<b>Výsledky měření</b>	<b>22</b>
5.1.	Srážky v lesní školce	22
5.2.	Statistické vyhodnocení výsledků měření	23
5.2.1.	Studentův t-test	23
5.2.2.	ANOVA	23
5.3.	Praktické vyhodnocení výsledků měření	25
<b>6.</b>	<b>Diskuze</b>	<b>33</b>

<b>7. Závěr</b>	<b>36</b>
<b>8. Seznam použité literatury</b>	<b>37</b>
<b>9. Seznam tabulek</b>	<b>41</b>
<b>10. Seznam obrázků</b>	<b>41</b>
<b>11. Seznam příloh</b>	<b>42</b>
<b>Přílohy</b>	<b>43</b>

## Seznam zkratk

SM – smrk ztepilý (*Picea abies* L.)

JV – javor mléč (*Acer platanoides* L.)

JD – jedle bělokorá (*Abies alba* L.)

MD – modřín opadavý (*Larix decidua* L.)

VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

ČR – Česká republika

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

pH – Kyselost půdy

ČSN – Česká státní norma

KCl – Chlorid draselný

ZP – zkusná plocha

Zrn – zrnitost půdy

C<sub>ox</sub> – oxidovatelný organicky vázaný uhlík



# **1. Úvod a cíl**

## **1.1. Půda a lesní školky v České republice**

Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství každého státu a neobnovitelným přírodním zdrojem. Představuje významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí a je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. Půda je však ohrožována celou řadou procesů, které vedou k omezení nebo až ztrátě schopnosti půdy plnit své základní produkční a mimoprodukční funkce. V podmínkách ČR a střední Evropy je půda ohrožena především vodní a větrnou erozí, acidifikací, utužením, sesuvy, znečištěním a úbytky organické hmoty (<http://www.vumop.cz/eroze-pudy>, 2018).

Již od pravěku byla půda člověkem využívána k pěstování zemědělských plodin. V poslední době neustále vzrůstají požadavky na produkci rostlinné výroby v zemědělství a s tím souvisí i vzrůstající požadavky na kvalitu půdy. Cílem by pak měl být trvale udržitelný stav půdy zajišťující kvalitní produkci i v budoucnu, neboť půda je nejcennějším výrobním prostředkem.

K produkci sadebního materiálu lesních dřevin se v ČR využívá téměř 1 400 ha venkovních produkčních ploch lesních školek na pozemcích zařazených do kategorie „lesní půda“ nebo „zemědělská půda“. Při produkci sazenic lesních dřevin dochází k odčerpávání živin z půdy ve vysokém měřítku. Od toho se pak odvíjí pro lesní školky specifický způsob agrotechnického obhospodařování půdy s cílem trvale udržitelného systému.

## **1.2. Produkce sadebního materiálu**

Produkce sadebního materiálu lesních dřevin má na produkčních plochách výrazně cyklický charakter, který má významný dopad na průběh a zachování žádoucích vlastností půdy. Kvalitu vypěstovaného sadebního materiálu pak ovlivňuje kvalita půdy a její vlastnosti a samozřejmě i konkrétní agrotechnické zásahy. Včasné a vhodné agrotechnické zásahy ovlivňují vlastnosti půdy, ale také vláhovou bilanci půdy. Množství vody dostupné rostlinám je základní a limitní faktor ovlivňující produkci sadebního materiálu.

Prostokořenný sadební materiál lesních dřevin pěstovaný na produkčních plochách lesních školek odčerpává z půdy poměrně značné množství živin. Nezanedbatelné množství živin je rovněž vymýváno srážkovou případně závlahovou vodou z orniční vrstvy půdy do hlubších vrstev, ve kterých jsou již živiny pro rostliny nedostupné. Do systému řádné péče o půdu je proto nutné vkládat značné množství energie a doplňkových látek tak, aby půda ve svých fyzikálních, biologických a chemických vlastnostech a ekosystémových charakteristikách zůstala nepoškozena a aby byla její produkční schopnost udržována z dlouhodobého hlediska. V lesním školkařství péče o půdu vytváří jeden ze základních předpokladů zajištění požadované kvalitní produkce prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin.

V případě, že nebudou na půdách v lesních školkách prováděny vhodné agrotechnické zásahy, dojde ve velmi krátké době ke změně nejen vláhových poměrů v půdním profilu, ale především se následně prudce změní fyzikální, biologické a chemické vlastnosti půdy.

### **1.3. Cíl práce**

Cílem předložené práce je posoudit efektivitu vybraných agrotechnických zásahů při pěstování prostokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého v nekryté minerální půdě.

Předpokladem je fakt, že kypřením se změní především vláhové poměry a objem vzduchu v bezprostřední blízkosti kořenů sazenic. To vede obecně k pozitivnímu ovlivnění růstových charakteristik rostlin.

Cílem práce je potvrdit, či vyvrátit zda tento předpoklad platí v podmínkách vybrané lesní školky a do jaké míry kypření dokáže tyto růstové charakteristiky u sazenic lesních dřevin ovlivnit.

## **2. Školkařství**

### **2.1. Historie a současný trend školkařství**

Lesní školkařství bezpochyby patří k jednomu z nejdůležitějších segmentů lesnictví jako celku. Pokud chceme zakládat kvalitní les, je nutné použít perfektní a bezvadné sazenice. Z toho vyplývá mnoho výzev, mezi které samozřejmě patří i vypěstování kvalitního sadebního materiálu s vysokou ujímavostí a stabilním přírůstem.

#### **2.1.1. Historie**

Vznik a rozvoj lesního školkařství souvisí se zavedením umělé obnovy do lesního hospodářství, která nutně musela nastoupit na začátku 19. století k doplnění obnovy přirozené. Lesy vytěžené během 17. a 18. století nebylo možno obnovit dosud využívaným přirozeným zmlazením, neboť doba, které bylo k obnově zapotřebí, byla velmi dlouhá. V mnoha případech se přirozená obnova nevyskytovala vůbec. Rovněž začátek „kapitalismu“ spojený s nárůstem poptávky po dřevu se v lesnictví projevil zaváděním nového hospodářského způsobu – holosečného a podporou nejvýnosnějších dřevin, zejména smrku. To výrazným způsobem přispělo k rozvoji umělého pěstování sazenic v lesních školkách. K přeměně porostů a obnově se zpočátku používalo zejména tzv. síje. Postupem času se přešlo k nákladnějšímu pěstování sazenic, zpočátku v semeništích, později ve stálých školkách. Hlavním důvodem bylo hospodárnější využití semen, kterých bylo v té době nedostatek. První zprávy o stálých školkách pocházejí z roku 1803. Z těchto záznamů je zřejmé, že ve stálých školkách se pěstovaly dřeviny jako JV a MD, u kterých bylo semeno velmi vzácné. Ostatní dřeviny jako např. SM a JD se pěstovaly pouze v semeništích. Ke konci 19. století začaly vznikat školky obchodní, které pěstovaly sazenice na prodej s finančním ziskem. Tyto školky se zakládaly na velmi úrodných půdách. Sazenice byly rozváženy po celé republice, ale i do zahraničí. Původ semene byl většinou od cizích semenářských firem (POLANSKÝ 1955).

Lesní školkařství má v Čechách a na Moravě dlouhodobou tradici a jeho začátky jsou spjaty s rozvojem sběru semen určeného k umělé obnově lesa. Původně sloužilo nasbírané semeno k výsevu přímo do lesních porostů. Již koncem 18. století se začalo výrazněji používat sazenic k umělé obnově lesa, v důsledku existenci prvních lesních školek. Z počátku byly používány semenáčky vyzvedávané i s balem přirozeného náletu, ale vzhledem k nepravidelnosti semenných roků je bylo třeba pěstovat v lesní školce (KUPKA 2005).

V tomto období bylo cíleně započato se zakládáním semenišť a místních malých školek, v nichž se pěstovaly semenáčky někde i silnější sazenice získané přesazováním (školkováním semenáčků), ty se pak jako prostokořenné sazenice vysazovaly na zalesněné plochy. Významným impulsem pro tuto činnost bylo především uplatňování lesních řádů (patentů) vydaných za vlády císařovny Marie Terezie pro Čechy (5.4.1754), pro Moravu (23.11.1754) a pro Slezsko (1756) (NOŽIČKA 1957).

První lesní školky měly často jen charakter dočasný, byly zakládány v blízkosti ploch, které bylo třeba obnovit, a nazývaly se semenišťe. Pěstovaly se v nich semenáčky a po zalesnění pasek byly opuštěny (KUPKA 2005). Semenišťe byla využívána v posledních letech své existence především pro pěstování náchylných dřevin – jedle, buku a douglasky (DUŠEK, KOTYZA 1970). Teprve v pozdějších letech začaly mít školky trvalejší charakter (KUPKA 2005).

Další historické informace o existenci a zřizování lesních školek nacházíme na Lednicku z 1764, roku 1776 v lesích Červenohrádeckých na Chomutovsku, v osmdesátých letech na Českokamenicku, konkrétně roku 1780 pro pěstování dubových sazenic. Podle tohoto vzoru pak byly v počátku 19. století cíleně zakládány lesní školky i na Židlochovicku a Mikulovsku. První zprávy o stálých lesních školkách jsou též z roku 1796 z Českokrumlovska. Podle historických záznamů zde byla založena první semenišťe lesmistrem Matzem na lesním majetku Zlatá Koruna v letech 1796 a 1802 (NOŽIČKA 1957).

Na konci 19. století a počátkem 20. století se začal poměrně intenzivně rozvíjet obchod se sazenicemi a na velmi dobrých, úrodných půdách byly zakládány velkoškolky (DUŠEK, KOTYZA 1970).

Postupně se začaly zakládat nové školky, kde výběr místa vychází z detailního terénního průzkumu, v němž se zohledňuje jak vhodnost stanovištních podmínek, tak požadovaná výměra, vykalkulovaná z potřeby sazenic pro oblast, která má být ze školky zásobovaná. (DUŠEK 1997).

Půdní podmínky na plochách pro pěstování semenáčků a sazenic tradičními postupy jsou vždy rozhodujícím činitelem, který ovlivňuje jak vývoj a kvalitu pěstovaných kultur, tak možnost zpracování půdy v agrotechnických lhůtách a využití mechanizačních prostředků (DUŠEK 1997).

S půdou v lesních školkách je nutno neustále pracovat tak, aby nebyla zhoršena její kvalita. Do řádné péče o půdu je proto nutno vkládat značné množství energie a doplňkových látek, aby byla půda ve svých fyzikálních, biologických a chemických vlastnostech a ekosystémových charakteristikách nepoškozena a byla nadále udržena její produkční schopnost. V případě lesního školkařství totiž péče o půdu vytváří jeden ze základních předpokladů zajištění žádoucí kvalitní produkce prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin (FOLTÁNEK 2011).

Nutná péče o půdu zásadním způsobem ovlivňuje cenu vypěstovaného sadebního materiálu. Kypřením se nejen zkvalitňují půdy v lesních školkách, ale současně je ze záhonů odstraňován i plevel. Lidská práce je velmi náročná jak finančně, tak i časově. Již záhy po druhé světové válce byl vyvinut nosič nářadí (RS09), který měl kompletně nahradit lidskou práci v lesních školkách. Pro tyto nosiče nářadí byly zkonstruovány jak pasivní tak aktivní plečky a kypřiče včetně postřikovačů. Například nářadí s označením P420-F plečka pro lesní školky.

V ČR se používal i nosič nářadí TN-4K2-10 s nesenou plečkou vyráběnou ve výzkumné stanici Křtiny. Tento stoj měl denní výkonnost 1,2 ha produkční plochy školky při spotřebě 7 l nafty (ŠVENDOVÁ 1963).

V devadesátých letech byla v ČR vyvinuta poháněná plečka uchycená v přední části traktoru Zetor. Byla určena k pletí a kypření mezi řádky semenáčků a sazenic pěstovaných na záhonech o sedmi řádcích šířky 1 460 mm. Hloubka kypření byla stavitelná. Umožňovala použití pro listnaté i jehličnaté semenáčky od stádia vzházení až po vyspělé s výškou nadzemní části do 300 mm. Od této plečky bylo očekáváno dokonalé meziřádkové pletí a kypření s proměnlivou hloubkou

záběru bez stranového úletu zeminy. Jeden pracovník obsluhy zvládl za 1 směnu 1 až 2 ha kypřené plochy (GOTTWALD 1990).

Již v průběhu minulého století se tedy vývoj strojů pro lesní školky ubíral cestou kompletní náhrady a eliminace ručního pletí a kypření.

Dnes kompletní technologii pro lesní školky dodává firma Egedal. Nevýhodou těchto strojů je vysoká pořizovací cena.

### **2.1.2. Současnost**

V současnosti je produkce reprodukčního materiálu zakotvena v zákoně (č. 149/2003 Sb.) a jeho prováděcích předpisech (zejména č. 139/2004 Sb., 29/2004 Sb.). S reprodukčním materiálem proto nelze nakládat tak volně jako v dřívějších dobách. Při hospodaření v lesích stále stoupá snaha využívat přirozenou obnovu a poptávka po sadebním materiálu má spíše stagnující charakter. Naopak požadavky na kvalitu sazenic stoupají.

Podle tzv. „Zelených zpráv“ je vývoj produkce sadebního materiálu v ČR následující: 2009 (120 mil.), 2010 (146 mil.), 2011 (123 mil.), 2012 (143 mil.), 2013 (142 mil.), 2014 (144 mil.), 2015 (168 mil.), 2016 (121 mil.) (MZe 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

Při produkci sadebního materiálu lesních dřevin se v současné době stále více uplatňují intenzivní postupy jeho pěstování a větší důraz je kladen na zvyšování kvality produkovaného sadebního materiálu uváděného do tržního oběhu.

Těmto požadavkům se pak přizpůsobují technologie pěstování sadebního materiálu, zejména pak v případě produkce sadebního materiálu krytokořenného. Jeho intenzivní a specializovaná produkce zcela mění dosavadní tradiční systém hospodaření v lesních školkách, zaměřených dosud na produkci prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Zásadně se proto mění charakter těchto školek, včetně způsobu využívání obhospodařované půdy lesní školky. Přejít na produkci krytokořenného sadebního materiálu je ekonomicky velmi náročný. To se pak promítá do ceny krytokořenné sazenice. Při tradičním způsobu produkce

sadebního materiálu je pak nutné zefektivnit celý systém, pokud možno snížit nákladové vstupy a v maximální míře využít přírodní potenciál půdy. Cílem by mělo být vypěstování kvalitních jedinců s minimem finančních vstupů a s minimálním zatěžováním půdy průmyslovými hnojivy a pesticidy s výhledem na dlouhodobou udržitelnost dobrých vlastností půdy v lesní školce jako základního výrobního prostředku.

Budoucností pro školky zaměřené na výrobu prostokořenných sazenic je produkce vysoce kvalitního sadebního materiálu za výrazně příznivější cenu, než je tomu u obalovaného sadebního materiálu. Výhody obalovaného sadebního materiálu jsou vyšší ujmavost, lepší odrůstání a menší ohrožení vysycháním během manipulace. Největší nevýhodou obalovaného sadebního materiálu je náročnější přeprava s ohledem na rozměry, hmotnost a možnost ukládání během přepravy. Zpravidla limitující bývá jeho výrazně vyšší cena, což je pro vlastníky a správce lesa často rozhodující faktor pro volbu prostokořenného sadebního materiálu. Krytokořená sadba sice zvyšuje náklady na výrobní operaci zalesnění v obnově lesa, ale k nákladům pěstování na celou výrobní fázi zajištěných kultur byla však již v té době relativně drahého krytokořenného sadebního materiálu a jeho výsadby indiferentní (BLUĐOVSKÝ 1980).

Tedy v nákladech na obnovu lesa kromě nákladů na sadební materiál hraje roli také způsob výsadby. V celé sledované fázi od založení porostu po konec první věkové třídy, kdy se striktně realizuje výsadba jamková pro prostokořenný sadební materiál, jsou vyšší přímé náklady než kombinace sadby jamkové a sazečem, ale nižší než při použití sadby krytokořenné.

Modelové přímé náklady s prostokořennou výsadbou pro obnovu lesa ve smrkovém hospodářství jsou ve výši průměrně 224 606 Kč/ha. Modelové přímé náklady s krytokořennou výsadbou pro smrkové hospodářství jsou ve výši 231 370 Kč/ha (ŠIŠÁK a kol. 2017).

## **2.2. Legislativa v oblasti školkařství**

Obecně závazné požadavky na genetickou kvalitu reprodukčního materiálu lesních dřevin jsou v rámci české republiky stanoveny zákony a prováděcími

předpisy. Požadavky na morfológickou a fyziologickou kvalitu sadebního materiálu lesních dřevin, uváděného na našem území do oběhu a užívaného k zakládání lesních porostů, vycházejí z ustanovení platného znění české technické normy ČSN 482115 *Sadební materiál lesních dřevin* (JURÁSEK a kol. 1998). V normě definovaná kritéria morfológické a fyziologické kvality sadebního materiálu lesních dřevin byla využita k upřesnění tzv. národních standardů kvality sadebního materiálu lesních dřevin (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, NÁROVCOVÁ 2000), které jsou zakotveny v zákoně č. 149/2003 a zejména pak ve vyhlášce č. 29/2004 Sb.

V současné době školkařskou činnost a kvalitu reprodukčního materiálu lesních dřevin upravují následující právní předpisy a normy:

- Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a změně a doplnění některých zákonů, v platném znění (lesní zákon) – § 29 reprodukční materiál lesních dřevin
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin)
- Vyhláška č. 139/2004, 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
- Vyhláška č. 132/2014 Sb., o ochraně a reprodukci genofondu lesních dřevin
- Vyhláška č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin
- ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin – norma stanovuje požadavky na kvalitu semenáčků, sazenic, poloodrostků a odrostků (sadební materiál) hlavních druhů lesních dřevin, které jsou určeny k obnově lesa a zalesňování. Definuje standardní sadební materiál, který je základním předpokladem pro založení kvalitní kultury.
- ČSN 48 2116 Umělá obnova lesa a zalesňování – norma specifikuje postupy umělé obnovy lesa a zalesňování pomocí sítí a výsadby sadebního materiálu



lesních dřevin. Popisuje biologicky vhodné metody manipulace s osivem a sadebním materiálem lesních dřevin před jejich použitím k obnově lesa a technologické parametry provádění sítí a výsadby dřevin.

### **2.3. Agrotechnické zásahy – kypření**

Kypření patří mezi základní agrotechnické zásahy. Kypření je zemědělská operace prováděná nejen při zpracování půdy. Jejím cílem je prokypření povrchové vrstvy ornice, tedy zvýšení aerace a omezení evaporace. Důsledkem mechanických zásahů do půdy jsou změny velikosti půdních agregátů a vytváření pórů v půdě, které ovlivňují vodní režim a pohyb vzduchu v půdě (TITI 2002).

Snižování propustnosti půdy pro vodu vede ke zvyšování povrchového odtoku srážkové vody a erozi půd. Smyv půdy vodou může ovlivňovat degradaci půdy zejména na svažitéch pozemcích. Znalost rychlosti transportu vody z dešťových srážek od povrchu půdy k hladině podzemní vody má podstatný význam pro zemědělství i ochranu životního prostředí. Koloběh srážkové vody zadržené v půdním profilu je ve srovnání s povrchovým odtokem velmi pomalý. Při vysoké infiltraci vody do půdy dochází ke zpomalení koloběhu vody v půdním profilu, což je příznivý jev. Naopak urychlení hydrologického cyklu při malé infiltraci je nežádoucí (KUTÍLEK 1978).

Vlivem kypření na sazenice lesních dřevin v lesních školkách se zabývalo mnoho autorů. Shrnutí poznatků ohledně kypření (v dobovém jazyce, popularizační formou, avšak i z dnešního pohledu velmi výstižně) uvádí např. PODOLJAK (1952): „Samotné kypření nejen že zvyšuje kvalitu půdy, ale především hubí plevel, který je mnohdy limitní pro zdárný vývoj zaškolovaných semenáčků později sazenic. Pletí spojené s kypřením je nutno provádět včas, aby se plevel nevysemenil. Nejcitlivější na zadušení plevellem jsou nejmladší semenáčky, proto je plejeme přednostně. Zkypříme-li půdu na záhonech ihned, jakmile se začne tvořit kůra na záhonech nebo jakmile semenáčky vzejdou, ušetříme si pletí. Boj s plevellem musíme vést vytrvale a důsledně. Je to příživník, který zabírá sazenicím místo, okrádá je o živné látky a zdržuje jejich vývoj. Pletí provádíme ručně a tato práce je ve školkařství jednou z nejdražších položek a vyžaduje velikého počtu pracovníků

sil. Proto musíme za každou cenu omezit ruční namáhavou práci a nahradit ji plecím strojem. Prozatím takového stroje, který by nám vyhovoval, nemáme, ale je to náš naléhavý a nejpřednější úkol, kterého se musíme zhostit stůj co stůj“.

Pozitivní vliv kypření na sazenice byl prokázán již v roce 1952, kdy byla pro pokus vybrána olše. V prvním roce po výsadbě je výškový přírůst nepatrný – pouze 4,33 cm. Téměř všechny živiny spotřebuje na tvorbu kořenového systému. Přírůst nedosahuje ani poloviny průměrného přírůstu jednoletky. Druhým rokem po výsadbě, dosahuje již roční přírůst průměru 32 cm (7krát více než v roce předešlém). V třetím roce po výsadbě je průměrný přírůst 40,23 cm (9krát více než v prvním roce) (LAURIN a MACÁK 1955).

Kypření půdy mezi řádky je jeden z preventivních způsobů ochrany proti plevelům. Je to sice známý, ale ve školkách stále málo používaný prostředek. I když máme velké množství různých kypřičů jednořádkových i celozáhonových nepoužíváme žádný z nich. A kypření nejenže omezí růst plevelu, ale také přerušením kapilární vzlinavosti zvyšuje obsah vláhy v půdě. Náklady jsou minimální. Vždyť 5x kypřit (pětkrát opakované kypření = 4,40 Kčs/10 m<sup>2</sup>) je stejně nákladné jako jedno pletí (slabě pomístně zapleveleno = 4,92 Kčs/10 m<sup>2</sup>). A je dokázáno že 3x opakovaným kypřením nahradíme jedno pletí. Mimo důvodů ekonomických je výhodou i to, že není tak namáhavé jako pletí, poněvadž se při něm pracuje s mechanismy, produktivita práce je vyšší, není třeba tolik pracovníků a především to, že tato péče se kladně projeví na kvalitě sadebního materiálu. Staré přísloví lesníků – „Kypření je suché zalévání“ – je plně oprávněné (ČVANČARA 1961).

Podle údajů prof. Tolstého se projevuje kypření, opakované každý měsíc, na vývinu dvouletých borových semenáčků takto (POLANSKÝ a kol. 1955):

Tabulka č. 1 Vliv kypření na průměrnou hmotnost borových semenáčků dle prof. Tolstého

Ze záhonů	Průměrná hmotnost 1000 ks borových semenáčků v g		
	kořeny	jehličí	kmínky
Kypřených	17,6	46,5	24,4
Nekypřených	7,2	25,9	19,0

Zdroj: POLANSKÝ a kol. 1955

V tehdejší Sovětské svazu nařizovaly směrnice o pěstování sadebního materiálu 6–7 kypření u jednoletých semenáčků a 4–5 kypření u dvouletých semenáčků.

Pletím odstraňujeme ze záhonů škodlivou buřeň. S pletím je nutno začít ihned, jakmile se buřeň objeví na záhonu, protože tak jí můžeme rychle a lacino odstranit. Intenzivně se pleje hlavně v první polovině vegetačního období, kdy semenáčky vyžadují ke svému růstu nejvíce vláhy a živin a také dostatečný prostor v nadzemní části. V druhé polovině vegetačního období se pletí omezuje, protože už není nebezpečí takového útlaku a na těžkých půdách buřeň ochraňuje semenáčky před vytažením mrazem (POLANSKÝ a kol. 1955).

Plejeme a kypříme proto, abychom vytvořili nejpříznivější podmínky vláhové, tepelné a vzdušné pro vývin semenáčků. Víme, že půda ponechaná bez ošetření postupně uléhá a vytváří se na ní kůra a zvětšuje se výpar vláhy z půdy. Postaráme-li se o odstranění těchto nedostatků kypřením do hloubky 8 až 12 cm, dosáhneme značného zlepšení ve vývinu semenáčků.

O tom, jak kypření zvyšuje obsah vláhy v půdě, se lze přesvědčit z pozorování Širokova v Borovském lesním závodě (POLANSKÝ a kol. 1955).

Tabulka č. 2 Vlhkost půdy v různých hloubkách ve vztahu ke kypření a nekypření.

Na záhonech	Průměrná vlhkost půdy během léta v % v hloubce		
	5 cm	20 cm	40 cm
Kypřených	15,5	14,1	12,3
Nekypřených	9,4	10,4	9,8

Zdroj: POLANSKÝ a kol. 1955

#### 2.4. Sadební materiál lesních dřevin

Sadební materiál lesních dřevin se podle způsobu pěstování dělí na prostokořenný a krytokořenný:

Prostokořenný – semenáčky, sazenice, poloodrostky a odrostky generativního a vegetativního původu, které se pěstují v různých substrátech na

záhonech, po ukončení pěstování se vyzvedávají z půdy a expedují se s obnaženými kořeny.

Krytokořenný – rostlina je pěstována ve více či méně trvanlivém obalu (pevné – neumožňují prorůstání kořenů, při výsadbě se musí sejmut; měkké – umožňují prorůstání kořenů, nemusí se při výsadbě sejmut), který je naplněn substrátem.

#### **2.4.1. Označování původu sadebního materiálu**

Sadební materiál je označen evidenčním číslem uznané jednotky, které zajišťuje její jednoznačnou identifikaci. Číslo uznané jednotky určuje původ reprodukčního materiálu lesních dřevin.

Semenný nebo sadební materiál, určený k obnově lesa a zalesňování, je kromě evidenčního čísla uznané jednotky označen dále potvrzením o původu. Jedná se o jakýsi „rodný list“ semen nebo sazenic a určuje, z jakého matečného porostu pochází, kdy a jakým způsobem konkrétní oddíl semenného nebo sadebního materiálu vznikl. Potvrzení o původu a číslo evidenční uznané jednotky vystavuje a přiděluje ÚHÚL.

Evidenční číslo uznané jednotky je kombinace číslic a písmen (např. CZ-2-2B-SM-4585-10-3-S). Skladbu evidenčního čísla uznané jednotky a význam jeho jednotlivých komponentů je uveden v příloze 20 k vyhlášce č. 29/2004 Sb.

#### **2.4.2. Jakostní znaky standardního výsadby schopného sadebního materiálu**

Základní pomůckou pro hodnocení standardů kvality je česká technická norma "*Sadební materiál lesních dřevin*" (ČSN 482115), která vstoupila v platnost na jaře 1999 a v letech 2002 a 2010 byla novelizována. Norma udává základní morfologické i fyziologické charakteristiky sazenic. Orientačně jsou zde popsány i metody hodnocení fyziologického stavu sadebního materiálu. Komplexní hodnocení sazenic, zahrnující řadu různých testů, má potom vysokou vypovídací

hodnotu a trvá přibližně 1 měsíc. Součástí hodnocení jsou i kontrolní výsadby vzorků sazenic (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, NÁROVCOVÁ 2000).

#### **2.4.3. Vnější (morfologické) znaky**

Základním měřeným znakem je výška nadzemních částí semenáčků a sazenic. K této charakteristice jsou vztahována všechna ostatní morfologická kritéria. Pro úspěch zalesňování má největší význam síla kořenového krčku a dále pak stav kořenového systému, který je v ČSN 482115 charakterizován především pomocí poměru objemu kořenů k nadzemní částem a pomocí podílu objemu jemných kořenů (do síly 1 mm) v kořenovém systému. Vzhledem k pracnosti a menší přesnosti zjišťování objemu kořenů jsou v současné době zjišťovány vztahy mezi hmotnostními a objemovými charakteristikami a převodní hodnoty, které by umožnily následný přechod na gravimetrická hodnocení (vážení vzorků) (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, NÁROVCOVÁ 2000).

#### **2.4.4. Vnitřní (fyziologické) znaky**

Sadební materiál je posuzován vizuálně z hlediska přítomnosti zvětšování a rašení pupenů a výskytu aktivního růstu kořenů. Kontrolováno je zajištění sazenic proti ztrátě vody a dalšímu poškození během přepravy a případné povrchové oschnutí kořenů. Na podélných řezech kořenů a kmínků je zjišťována přítomnost barevných změn jako indikátoru případného poškození (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, NÁROVCOVÁ 2000).

#### **2.4.5. Nevýhody krytokořenného sadebního materiálu**

Obalovaný sadební materiál je díky nákladnější technologii dražší než prostokořenný sadební materiál. Technologie obalovaného sadebního materiálu zkracuje dobu pěstování sazenic našich hlavních dřevin s výjimkou jedle na jeden až dva roky, zatímco klasické prostokořenné semenáčky a sazenice se pěstují dva

až pět let. Vstupní náklady technologie obalovaného sadebního materiálu jsou vysoké, neboť je nutné investovat do linky pro plnění obalů a do samotného obalového materiálu (sadbovačů). Dále přistupují náklady na substrát, intenzivní závlahu, hnojení a chemickou ochranu. Na druhou stranu odpadají náklady na školkování, vyzvedávání sazenic, pletí, kypření a třídění (MACHOVIČ 2001).

Obalovaný sadební materiál nelze pěstovat bez závlahy z důvodu vysychání substrátu. Další nevýhodou krytokořenného sadebního materiálu je náročnější manipulace z hlediska vyššího objemu a horší „skladnosti“. S tím samozřejmě souvisí i vyšší nároky na dopravu. Výhodou je nižší riziko poškození vysycháním při přepravě, i když při dodržení technologických požadavků pro manipulaci s prostokořenným sadebním materiálem je rozdíl minimální.

Specifikace pro výsadbu krytokořenného sadebního materiálu ukládá nutnost důsledné ochrany kořenového balu před oschnutím a zabránění deformací při výsadbě. Celý kořenový bal musí být umístěn do minerální půdy a horní část balu musí být překryta cca 2 cm půdy. Kořenový bal musí být řádně utěsněn, nesmí dojít k ohlazení stěn otvoru a kolem balu nesmí dojít ke vzniku vzduchových kapes. Proto je pro výsadbu krytokořenného sadebního materiálu s rozdílným horním a dolním průměrem balu nepřipustné použití sázecích rour a dutých rýčů, nepřipustná je také výsadba ruční šterbinovou sadbou (JURÁSEK, MAUER 2015).

#### **2.4.6. Nevýhody prostokořenného sadebního materiálu**

Nevýhodou prostokořenného sadebního materiálu je pomalejší odrůstání a s tím související delší doba zajištění. Prostokořenný sadební materiál lze vysazovat na jaře v době, kdy již půda není zmrzlá nebo rozbahněná a teploty jsou nad 5 °C. Letní období je vhodné pouze pro sazenice jehličnanů (s výjimkou modřínu), stromky musí mít ukončený výškový přírůst. Letní výsadby lze realizovat pouze za vlhkého počasí při nižších teplotách systémem „ze země do země“. Podzimní období výsadby je vhodné pouze pro listnáče, kde podmínkou je již nefunkční asimilační aparát (JURÁSEK, MAUER 2015).

## 2.5. Smrk ztepilý (*Picea abies* L.)

Smrk je celkově nejdůležitější hospodářská dřevina střední a severní Evropy, opora dřevařského průmyslu. Současné zastoupení SM v lesích ČR činí okolo 50 procent, přirozené zastoupení by tvořilo přibližně 11 procent (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

Smrk je polostinný až stinný druh (heliosciofyt až sciofyt) se střední až vyšší tolerancí k zástínu. Někteří autoři jej však charakterizují jako slunnou dřevinu (heliofyt) snášející v mládí i zástín. Ve svém optimu může smrk růst podobně jako jedle bělokorá v zástínu po celá desetiletí, aniž ztratí schopnost významně akcelarovat růst po uvolnění. Schopnost snášet zastínění se mění s věkem a se stanovištními podmínkami. Obecně stromy v mládí mají na dobrých stanovištích vyšší toleranci k zastínění než na stanovištích špatných nebo ve stáří. Nároky smrku na půdní i vzdušnou vlhkost jsou značné. V ČR se v současné době nalézá přibližně jen 1/5 plochy smrkových porostů na původních (přirozených) stanovištích. Jako optimální hodnoty se pro smrk ve střední Evropě udávají průměrná roční teplota přes 6 °C a srážky ve vegetační době 490–580 mm. Teplotní amplituda nejchladnějšího a nejteplejšího měsíce přes 19 °C (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

Kořenový systém smrku je charakterizován jasným odlišením horizontálních a vertikálních kořenů. Při půdním povrchu jsou uloženy silné, talířovitě rozložené kořeny, z nichž vyrůstají četné tenčí kořeny či kořenové výběžky, rostoucí víceméně svisle dolů, často i hluboko – pokud jim v tom nepříznivé půdní prostředí nezabrání. Vývoj kořenů je odlišný i podle stáří jedince. U jedno-až dvouletých semenáčků byly pozorovány dva typy kořenových systémů. Jeden kuželovitý, s krátkými hlavními kořeny a se silnými, směrem dospodu stále kratšími kořínky bočními, a druhý válcovitý, s dlouhým kořenem hlavním a s četnými tenkými kořínky bočními (SCHMIDT-VOGT 1977).

Největší vliv na tvorbu kořenového systému mají půdní podmínky, především obsah kyslíku v půdním vzduchu, a s tím související vodní poměry. Kořínky smrku se vyhýbají půdním vrstvám chudým na kyslík. Dalším faktorem ovlivňujícím kořenový systém je obsah živin. Bohatší půdy jsou hustěji prokořeněné. Kořenový dosah i celková délka kořenů je však větší na půdách

chudších. Podobná situace je i na půdách sušších. Nejvíce prokořeněny bývají nejsvrchnější humusové horizonty, obsahují-li dostatek živin, zůstává kořenový systém plochý a nevytváří se svislé, dolů rostoucí kořeny (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

Semenáčky mají (5-)8–9(-11) děloh či děložních lístků, následovaných několika primárními jehlicemi. Dělohy opadávají ve druhém roce a současně vyrůstají další primární jehlice, odlišné od jehlic dospělých. Ve třetím roce se začínají tvořit přesleny (MUSIL, HAMERNÍK 2003).

Specifickým aspektům růstu semenáčků horských populací smrku ztepilého a optimalizaci jejich pěstování v lesních školkách se věnuje tým pracovníků VS Opočno již déle než 10 let (JURÁSEK, MARTINCOVÁ 1996a, 2005). Hypotézu o riziku, že při třídění sadebního materiálu lesních dřevin ve školkách mohou být do výmětu vyřazováni menší jedinci, tvořící v přírodním lese zřejmě jeho „klimaxovou kostru“, potvrzují mnohé údaje z našich experimentů realizovaných v modelové horské oblasti Krkonoš (JURÁSEK a kol. 2005). Hodnocení růstu u sadebního materiálu smrku ztepilého různých velikostních kategorií ukázalo, že sazenice vypěstované z nejmenších semenáčků byly ve věku 4 let statisticky průkazně menší než sazenice vypěstované ze standardních semenáčků, měly poměrně vysoký relativní přírůst, byly statné (síla krčku odpovídala požadavkům pro výsadbu) a výškou téměř splňovaly doporučené hodnoty pro výsadbu do horských poloh. Pokud je takový sadební materiál pěstován ještě o rok déle, dosáhne takové velikosti, aby byl použitelný i pro extrémní stanoviště nebo pro vylepšování dříve založených kultur (sadebním materiálem vypěstovaným ze standardních semenáčků). Sazenice dopěstované z malých semenáčků, které ve školce rostly pomaleji a při běžném způsobu třídění by byly před školkováním vyřazovány, rostly po dopěstování a výsadbě na holinu velmi dobře a postupně snižovaly počáteční výškové rozdíly proti ve školce rychleji rostoucím sazenicím. Intenzivnější byl i jejich tloušťkový přírůst. Z toho vyplývá, že vyřazování těchto pomaleji rostoucích sazenic ve školkách znamená nebezpečí ochuzování genetického spektra o jedince dobře přizpůsobené extrémním podmínkám horských lokalit (JURÁSEK, MARTINCOVÁ 2001); (JURÁSEK a kol. 2007) (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, LEUGNER 2007).



### 3. Charakteristika lesní školky

#### 3.1. Stručný popis lesní školky

Praktická část diplomové práce je lokalizována do lesní školky Malíkovice (okres Kladno, obec Malíkovice, katastrální území Malíkovice, pozemek s druhem: orná půda, třída ochrany III). Tato obec leží na severozápadním okraji Středočeského kraje, na Slánsku. Velikost lesní školky je 3,5 ha. Produkční plocha školky činí 1,6 ha. Zbývající část lesní školky tvoří cesty pro obsluhu jednotlivých záhonů, plochy ponechávané pravidelně ladem a plochy využívané pro tzv. zelené hnojení. Lesní školka byla založena v roce 2007.



Obr. 1 Letecký snímek lesní školky v obci Malíkovice (zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), 2018)

Lesní školka je umístěna na mírném svahu v nadmořské výšce 320–339 m n. m. Tato skutečnost ovlivňuje rozvržení jednotlivých záhonů na produkčních plochách. Vlastní záhony jsou orientovány napříč svahu z důvodu zamezení vodní eroze půdy při případných přívalových deštích. Z tohoto důvodu je rovněž lesní školka rozčleněna obslužnými komunikacemi, které jsou zatravněné a pouze mechanicky udržované sečením.

### 3.2. Půdní rozbor lesní školky

V roce 2014 byla zpracována analýza půdních vzorků z lesní školky (VÚMOP 2014). Plocha lesní školky, na které probíhala praktická část diplomové práce má následující hodnoty:

Jedná se o středně hlinitou půdu, zjištěný podíl zrn <0,01 mm byl 43,4 %; podíl zrn 0,01–0,05 mm byl 21,5 %; podíl zrn 0,25–2,0 mm byl 7,4 %.

Hodnota výměnného pH (KCl) je 5,36 (půda je tedy charakterizovaná jako kyselá),  $C_{ox}$  – 1,33 %, což odpovídá střednímu obsahu.

Poměr K/Mg je 1,65 je vyhovující.

Celkově lze konstatovat, že navržená plocha pro praktickou část diplomové práce je vybrána velmi dobře, testované záhony nevykazují extrémní výkyvy kvality půdy. Experiment tak nebude zatížen žádnou zásadní chybou, která by ho významným způsobem mohla ovlivnit. pH půdy je pro danou dřevinu – *Picea abies* L. zcela optimální.

Z rozboru půdy dále vyplývá, že testované záhony v minulosti byly vystaveny horšímu obhospodařování, což dokládá vyšší podíl jílovitých částic. To do jisté míry znemožňuje provádět kypření každých 7 až 10 dnů. Obdobné testy již proběhly v jiných školkách a na jiných půdách, kdy se rozdíl kypřených a nekypřených ploch projevil až při 14násobném kypření (MAUER 2011).

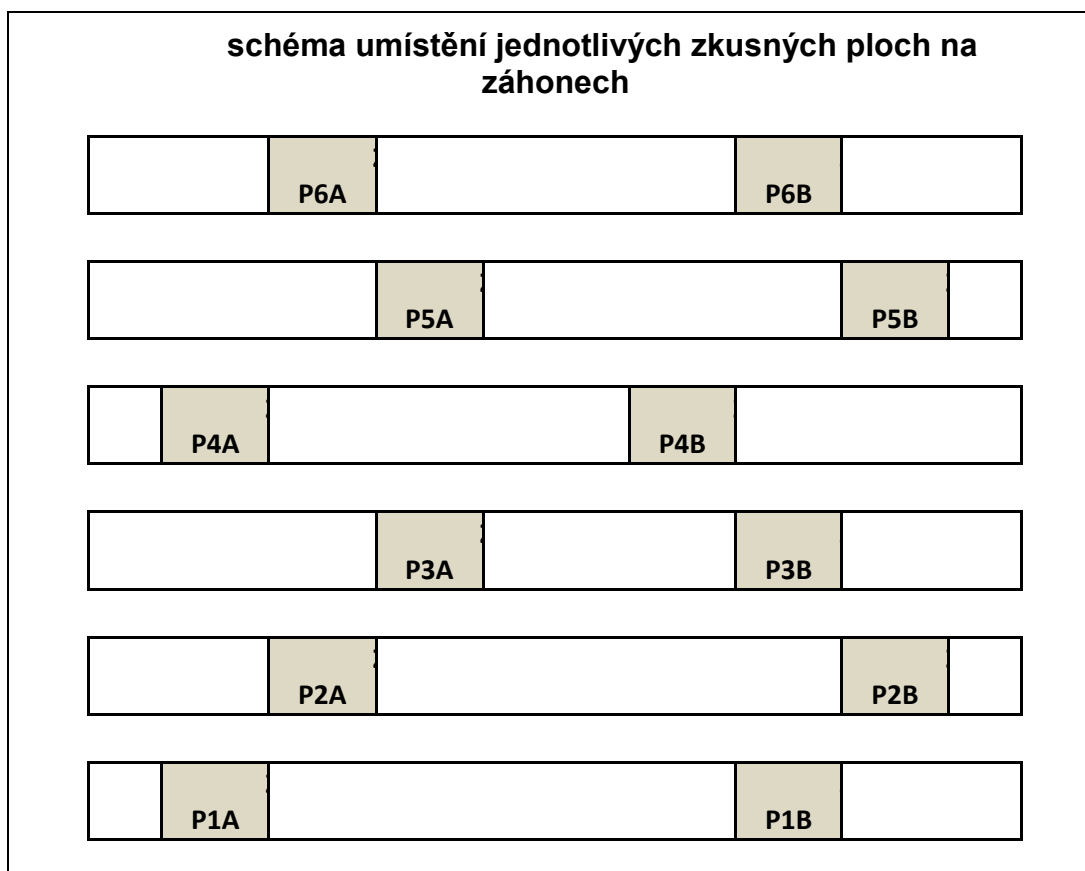
Vzhledem k daným půdním vlastnostem, konkrétně vyšší obsah jílovitých částic, bylo možné provést kypření zkusných ploch pouze 6x v průběhu vegetačního období. Četnější kypření bylo znemožněno vysokou vlhkostí půdy, a tedy nemožností použít kypřicí stroj.

#### 4. Metodika založení experimentu

Pro experiment byly vybrány sazenice smrku ztepilého (*Picea abies* L.) vypěstované vlastní produkcí lesní školky. Samotné semenáčky jsou zde pěstovány Dunemannovou metodou ze semenného materiálu tuzemského dodavatele. Evidenční číslo uznané jednotky: CZ-2-2B-SM-4585-10-3-S, číslo oddílu reprodukčního materiálu: CZ/2101/9/2013. Jedná se tedy o reprodukční materiál kategorie selektovaný, původem z porostu fenotypové kategorie 2B, z PLO 10 Středočeská pahorkatina, z LVS 3 a ze Středočeského kraje.

Jednoleté semenáčky byly školkovány v termínu od 12. až 19. 4. 2016. Zaškolováno bylo celkem 37 800 semenáčků na 18 záhonů o šíři 1 m, celková délka záhonů je 612 m. Pro školkování semenáčků využívá lesní školka školovací stroj Hary, dvousekční s hloubkou školkování 7 cm. Použitím školovacího stroje dochází k eliminaci rozdílné hloubky zaškolování semenáčků.

Vlastní experiment započal na jaře 2017 (v té době by bylo možné sadební materiál označit pěstebním vzorcem 1+1) a proběhl na 6 záhonech o délce 34 m, ve střední části honu se sazenicemi smrku. Na každém záhonu byly vymezeny dvě zkusné plochy s diagonálním umístěním (Obr. 2).



Obr. č. 2 Schéma umístění jednotlivých zkusných ploch na záhonech

Výběr pokusných záhonů a rozmístění zkusných ploch bylo voleno s ohledem na minimalizaci ovlivnění výsledků pokusu jinými vlivy. V případě okrajových částí záhonů a okrajových částí plochy zaškolkovaných sazenic může být jejich růst více ovlivněn rozdílnými podmínkami (srážkové vody, zastínění, plevel, apod.) než uprostřed zkusných ploch.

Jednotlivé zkusné plochy byly vymezeny dřevěnými kolíky o délce 30 cm, zatlučené 15 cm hluboko tak, aby po celou dobu experimentu byla zkusná plocha řádně vymezena a nedošlo k jejich vytažení či přemístění (při kypření). Kolíky byly obarveny reflexní barvou.

Vlastní záhony jsou situovány od západu na východ. Taková orientace záhonů je účelová, neboť školka se nachází na velmi mírném svahu severní

expozice. Umístěním záhonů napříč svahu je preventivním opatřením proti případné vodní erozi při přívalových deštích.

Na každém záhonu byly vymezeny 2 zkusné plochy tak, aby počet testovaných jedinců odpovídal přibližně 100 ks. Šířka jedné zkusné plochy je 1 m, délka zkusné plochy je 1,2 m. Zkusné plochy tvoří 7 % celkové plochy testovaných záhonů.

Při experimentu bylo postupováno tak, že liché záhony zůstanou nekypřené, sudé budou kypřeny. Pro kypření záhonů byl použit nosič náradí RS09 s pasivními kypřicími radličkami. Hloubka kypření 8,5 cm je dána konstrukcí kypřicí radličky.

Prvním měřením byly zjištěny výšky jednotlivých sazenic a tloušťky jejich kořenových krčků. Úvodní měření proběhlo 15. 4. 2017. V průběhu vegetační sezony bylo plánováno provést celkem 8 kypření v intervalu tří týdnů (15. 4., 6. 5., 27. 5., 17. 6., 8. 7., 29. 7., 19. 8., 9. 9.). Vzhledem k povětrnostním podmínkám a stavu půdy na záhonech nebylo možné zvoleným strojem provádět kypření v plánovaných termínech. Od poloviny dubna do poloviny září tak bylo provedeno celkem šest kypření v termínech uvedených v následující tabulce.

Tabulka č. 3 Přehled termínů kypření

Pořadí provedeného kypření	Termíny skutečného kypření
I	15.4.2017
II	2.5.2017
III	28.5.2017
IV	5.7.2017
V	14.8.2017
VI	3.9.2017

## 5. Výsledky měření

### 5.1. Srážky v lesní školce

Oblast, kde je lesní školka situovaná, leží ve „srážkovém stínu“ Krušných hor. S tím souvisí výrazný deficit ročního úhrnu srážek v porovnání s ostatními oblastmi Středočeského kraje. Deficit srážek pak přímo ovlivňuje vlastní produkční schopnosti školky.

V lesní školce probíhá měření srážek pomocí běžného zahradního srážkoměru od roku 2011.

Tabulka č. 4 Roční úhrny srážek

<b>rok</b>	<b>úhrn srážek (mm/rok)</b>	<b>roční úhrn srážek ve Středočeském kraji a Praze (mm/rok) zdroj: ČHMÚ</b>
2011	492	585
2012	445	615
2013	481	712
2014	532	587
2015	398	459
2016	323	535
2017	419	605

Při porovnání sedmiletého měření ročních úhrnů srážek v lesní školce s průměrnými ročními úhrny srážek ve Středočeském kraji a Praze (zdroj: ČHMÚ) je jednoznačné, že pro lokalitu lesní školky je množství srážek limitujícím faktorem. K tomu je potřeba přizpůsobit obhospodařování půdy za účelem maximalizace vsaku a minimalizace nebo zpomalení odtoku srážkových vod.

## 5.2. Statistické vyhodnocení výsledků měření

### 5.2.1. Studentův t-test

Pro vyhodnocení významnosti rozdílů mezi přírůsty výšek a tloušťek krčků na půdě kypřené a nekypřené byl použit dvouvýběrový Studentův t-test. Volba této metody je oprávněná, neboť jsou splněny předpoklady jejího použití – homogenita rozptylů (ověřeno Fisherovým F testem) a normalita výšek, resp. tloušťek.

#### 1) Výškový přírůst:

Průměrný výškový přírůst na půdě nekypřené je 11,16 cm na půdě kypřené 10,44 cm. Testovací statistika Studentova t-testu je  $-2,288$  při 1102 stupni volnosti, díky čemuž lze zamítnout hypotézu o stejném výškovém přírůstu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (tj. rozdíl mezi přírůsty je statisticky významný, na kypřené půdě je přírůst významně menší).

#### 2) Tloušťkový přírůst:

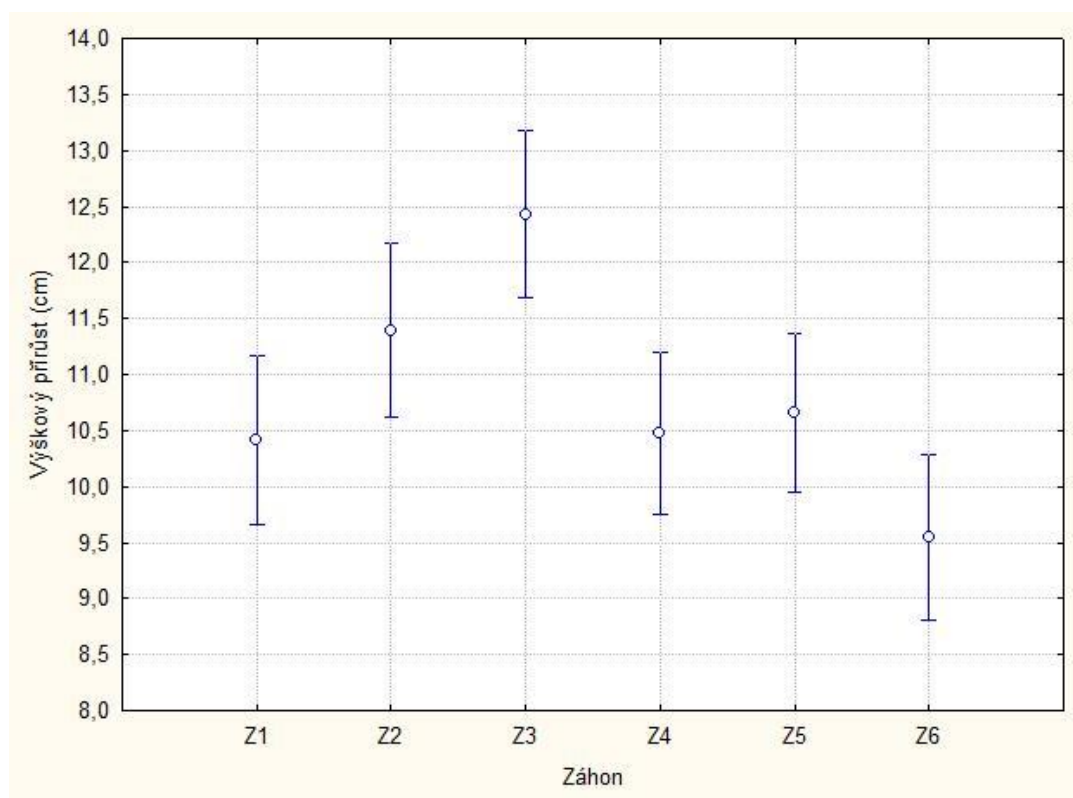
Průměrný přírůst tloušťky krčku na půdě nekypřené je 3,057 mm, na půdě kypřené 3,296 mm. Testovací statistika Studentova t-testu je 2,411 při 1102 stupni volnosti, díky čemuž lze zamítnout hypotézu o stejném tloušťkovém přírůstu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (na kypřené půdě je přírůst statisticky významně větší).

### 5.2.2. ANOVA

#### 1) Výškový přírůst:

Kolmogorov-Smirnovův test potvrdil normální rozdělení výškového přírůstu vzorku ( $D = 0,091$ ,  $p < 0,01$ ). K zjištění rozdílů ve výškových přírůstech na jednotlivých záhonech (Z1–Z6) byla použita jednofaktorová ANOVA, která zjistila signifikantní rozdíl mezi soubory dat [ $F(5, 1098) = 6,7208$ ,  $p < 0,001$ ], viz Obr. č. 3. Tuckeyho post hoc testem byly detekovány rozdíly mezi jednotlivými záhony (Z1–Z6), viz tabulka č. 3.

Přestože byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými záhony, tak na základě výsledků nelze jednoznačně konstatovat, že by použitá technologie kypření (Z2, Z4, Z6) podpořila výrazně lepší přírůsty než nekypření (Z1, Z3, Z5), popřípadě naopak. Nejvíce se oproti ostatním plochám vymykal Z3 (nekypřený), který vykázal nejvyšší výškové přírůsty. Tato skutečnost bude mít pravděpodobně příčinu v jiném faktoru než v použité technologii. Podobně tomu může být i u podprůměrného záhonu Z6 (kypřený).



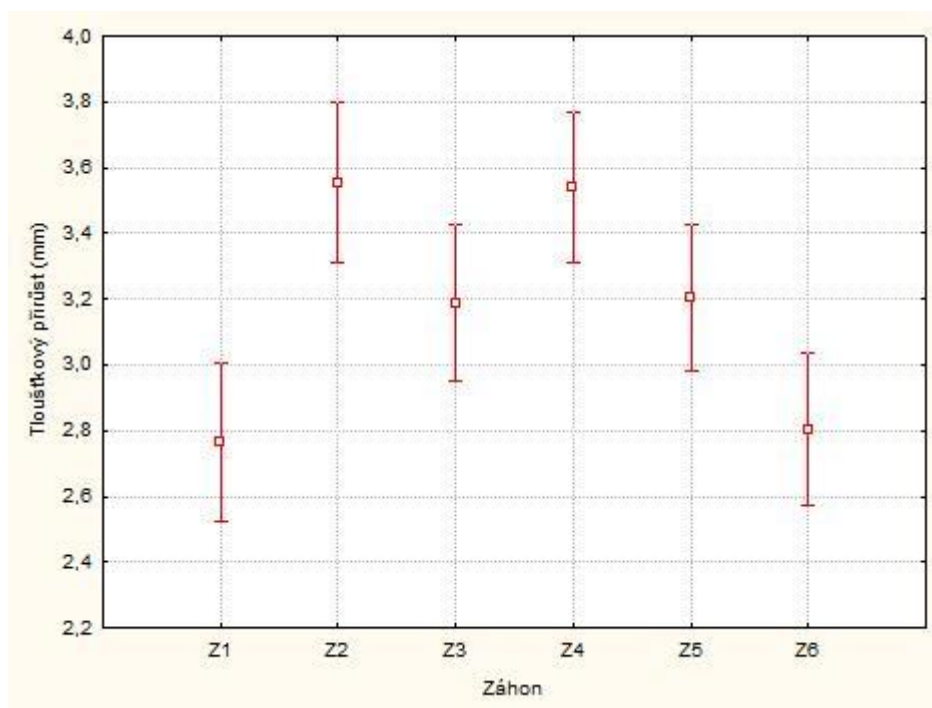
Obr. č. 3 Výškové přírůsty sazenic na jednotlivých záhonech (Z1, Z3 a Z5 – nekypřené záhony; Z2, Z4 a Z6 – kypřené záhony)

## 2) Tloušťkový přírůst

Kolmogorov-Smirnovův test potvrdil normální rozdělení hodnot tloušťkového přírůstu vzorku ( $D = 0,091$ ,  $p < 0,01$ ). K zjištění rozdílů v tloušťkových přírůstech na jednotlivých záhonech (Z1–Z6) byla použita jednofaktorová ANOVA, která zjistila signifikantní rozdíl mezi soubory dat [ $F(5, 1098) = 7,981$ ,  $p < 0,01$ ], viz Obr. č. 4. Tuckeyho post hoc testem byly detekovány rozdíly mezi jednotlivými záhony (Z1–Z6), viz tabulka č. 5.



Podobně jako u výškových přírůstků, tak i v případě tloušťkových byly pomocí statistického testu zjištěny rozdíly mezi jednotlivými plochami (Z1–Z6). Ovšem ani v tomto případě nelze jednoznačně konstatovat skutečnost, že jedna, nebo druhá použitá technologie u všech ploch zvyšuje tloušťkový přírůstek. Získané výsledky nicméně poukazují na fakt, že na záhonech Z2 a Z4 (oba kypřené) byly dosaženy vyšší přírůsty než na ostatních plochách. Na druhou stranu byly na kypřeném záhonu Z6 docíleny podprůměrné hodnoty. V průměru byly mírně vyšší hodnoty docilovány na kypřených záhonech.



Obr. č. 4 Tloušťkové přírůsty sazenic na jednotlivých záhonech

### 5.3. Praktické vyhodnocení výsledků měření

Na základě parametrů výsadby schopného materiálu, stanovených přílohou č. 2 vyhlášky č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, a naměřených výšek jednotlivých sazenic byl sestaven graf (Obr. č. 6). Graf udává početní zastoupení sazenic v jednotlivých výškových třídách pro kypřené i nekypřené záhony, které je srovnatelné.

Parametry výsadby schopného sadebního materiálu obvyklé obchodní jakosti

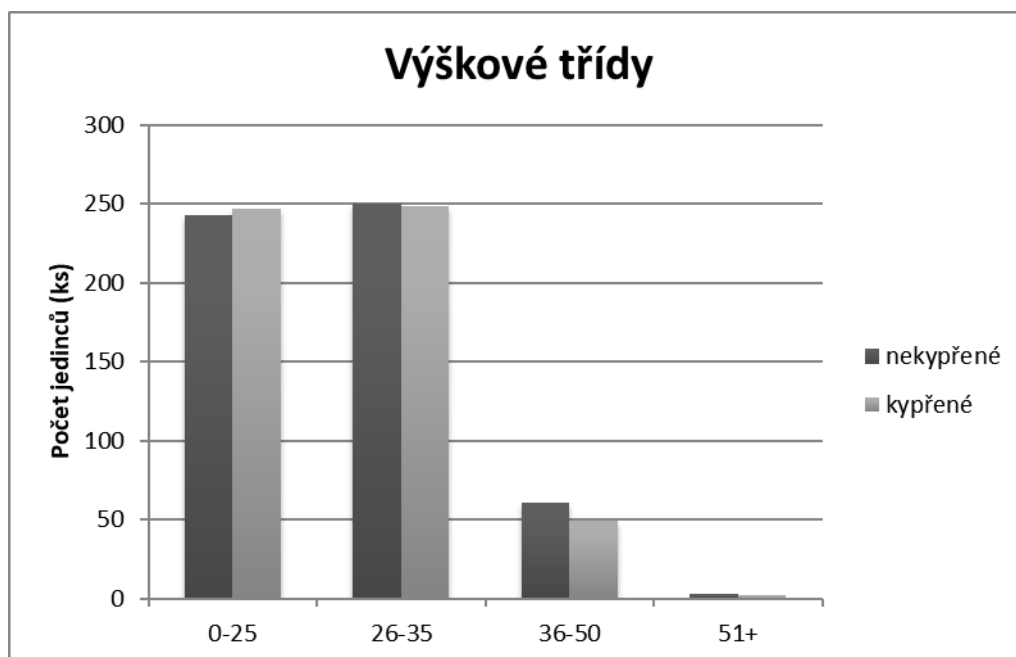
Číselný znak <sup>6)</sup>	Semenáčky prostořoňenné						Semenáčky krytořoňenné						Sazenice						Polodrostky			Odstroky					
	1		2		3		4		1K, 1V	2K, 2V	3K, 3V	4K, 4V	5, 5K, 5V	6, 6K, 6V	7, 7K, 7V	8, 8K, 8V	9, 9K, 9V	10, 10K, 10V	11, 11K, 11V	12, 12K, 12V	Max. věk		Max. věk		Max. věk		
	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>	Max. věk <sup>3)</sup>	Tloušťka <sup>3)</sup>
Rozpětí výšky nadzemní části (cm)	10 - 14	15 - 25	26 - 50	51 - 80	26 - 50	15 - 25	26 - 50	51 - 80	15 - 25	26 - 35	36 - 50	51 - 70	26 - 35	36 - 50	51 - 70	51 - 80	81 - 120	121 - 180	181 - 250								
Borovice černá	3	2	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borovice kleč	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borovice lesní	3	2	4	2	-	-	-	3	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Douglaska tisolistá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jedle bělokorá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jedle obrovská	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modřín opadavý	-	3	1	4	2	-	-	-	3	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Smrk ztepilý <sup>5)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buk, duby, habr	-	-	-	-	5 <sup>4)</sup>	2	-	-	-	-	5	1	7	1	4	2	5	4	6	4	7	4	-	-	-	-	-
Lipý	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	6	1	9	1	-	-	7	3	8	4	9	4	-	-	-	-	-
Javory, jasaný, jilmý, třeseň	-	-	-	-	4	2	-	-	-	4	1	7	1	4	2	5	4	6	4	7	4	-	-	-	-	-	-
Olše, břízy, jeřáb	-	-	-	-	3	2	4	3	-	-	3	1	4	1	-	-	4	2	5	3	6	3	-	-	-	-	-

POZNAMKY:

Výška nadzemní části – U semenáčků a sazenic o minimální výšce 10 cm, resp. 15 cm (číselný znak 1, 1K, 1V, 2, 2K, 2V, 5, 5K a 5V) je tolerance výšky nadzemní části až o 5 cm povolena pouze směrem nahoru s výjimkou borovice lesní a borovice černé, kde se připouští tolerance výšky nadzemní části také směrem dolů, a to až o 3 cm. U sazenic s výškou nadzemní části 51 - 70 cm (číselný znak 8, 8K a 8V) je povolena tolerance směrem nahoru až o 10 cm. U všech ostatních rozpětí výšky nadzemní části je povolena tolerance směrem nahoru i dolů až o 5 cm.

Tloušťka kořenového krčku – U všech rozpětí výšek nadzemní části při splnění ostatních parametrů kvality, určených pro dané výškové rozpětí, je u nejmenší tloušťky kořenového krčku povolena 10% tolerance směrem dolů s výjimkou krytokořených semenáčků z výsevu do pěstebních obalů, pěstovaných po dobu maximálně jednoho roku, u nichž je povolena tolerance nejmenší tloušťky kořenového krčku směrem dolů až o 1 mm. Obojí uvedené tolerance nejsou povoleny v případech, kdy je minimální tloušťka kořenového krčku stanovena u smrku ztepilého na 4 mm a u ostatních dřevin na 3 mm.

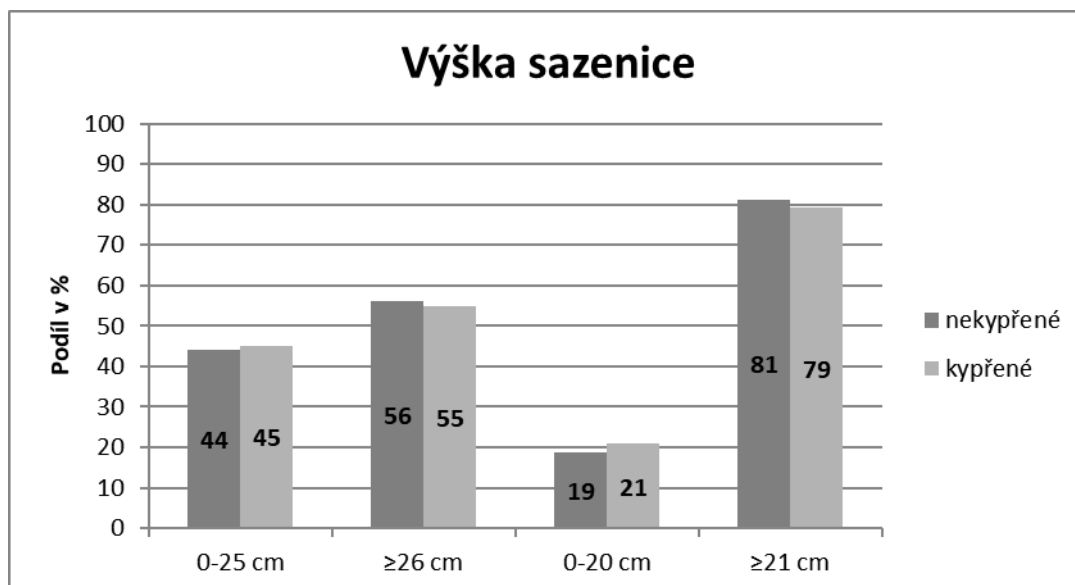
Počtní zastoupení v jednotlivých výškových třídách je pro kypřené i nekypřené záhony srovnatelné.



Obr. č. 6 Počtní zastoupení sazenic v jednotlivých výškových třídách pro kypřené i nekypřené záhony.

Podle přílohy č. 2 vyhlášky č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, se sazenice smrku ztepilého řadí do jednotlivých jakostních tříd s rozpětím nadzemní části 26–35 cm (číselný znak 6, 6K, 6V), nejmenší tloušťka kořenového krčku 5 mm maximální věk pěstování 5 let. Další jakostní třída je v rozpětí nadzemní části 36–50 cm (číselný znak 7, 7K, 7V), nejmenší tloušťka kořenového krčku 6 mm maximální věk pěstování 5 let. Další jakostní třída je v rozpětí nadzemní části 51–70 cm (číselný znak 8, 8K, 8V), nejmenší tloušťka kořenového krčku 7 mm maximální věk pěstování 5 let. U výšky nadzemní části je povolena tolerance směrem nahoru i dolů až o 5 cm.

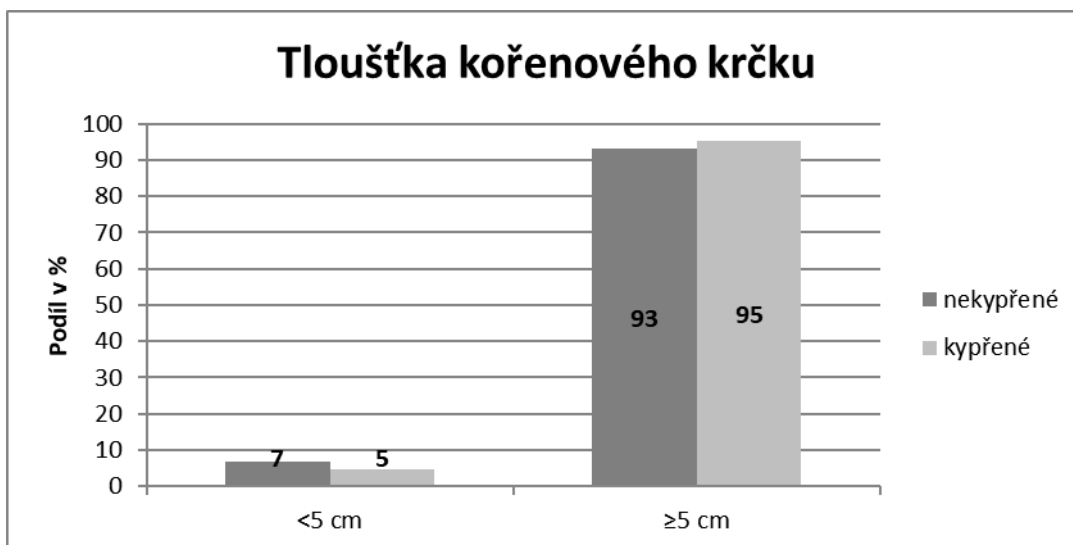
Z celkového počtu testovaných sazenic nedosáhlo výškových parametrů výsadby schopného sadebního materiálu u nekypřených záhonů až 44 % sazenic u kypřených záhonů až 45 % sazenic (Obr č. 7).



Obr. č. 7 Zastoupení sazenic splňujících výškové kritérium pro výsadbyschopný materiál lesních dřevin s tolerancí 5 cm a bez tolerance u kypřených a nekypřených záhonů.

V případě, že bude započítána přípustná tolerance 5 cm, nedosáhne výškových parametrů výsadby schopného sadebního materiálu u nekypřených záhonů už jen 19 % sazenic u kypřených záhonů 21 % sazenic (Obr č. 7).

Minimální tloušťka kořenového krčku je pro všechny jakostní třídy sazenic smrku ztepilého podle přílohy č. 2 vyhlášky č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, stanovena na 5 mm. Z celkového počtu testovaných sazenic nedosáhlo parametrů výsadby schopného sadebního materiálu pro minimální tloušťku kořenových krčků u nekypřených záhonů 7 % sazenic u kypřených záhonů jen 5 % sazenic (Obr. č. 8).



Obr. č. 8 Zastoupení sazenic splňujících tloušťkové kritérium pro výsadbyschopný materiál lesních dřevin u kypřených a nekyřených záhonů.

Vliv kypření na přírůst sazenic smrku ztepilého v tloušťkách kořenového krčku, byl statisticky významný podle studentova t-rozdělení. V grafu na Obr. č. 8 je znázorněn poměr nejakostních a jakostních sazenic ve vztahu k tloušťce kořenového krčku. Pro prostokořenné sazenice smrku ztepilého je přílohou č. 2 vyhlášky č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, stanovena minimální tloušťka kořenového krčku 5 mm, pro jakostní třídu 26–35 cm. Pro jakostní třídu 36–50 cm je minimální tloušťka kořenového krčku 6 mm. Pro tloušťku kořenového krčku není povolena žádná tolerance, tedy se jedná o mezní hodnoty.

Dalším kritériem zařazení sazenic mezi výsadby schopné je minimální poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části.

Dřevina	Sadební materiál	Výška nadzemní části (cm)	Minimální poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části <sup>a)</sup> (KS:NČ)	Rozpětí délky kúlového kořene <sup>b)</sup> (cm)
SM	Semenáčky	15 – 25	1 : 2	14 <sup>c)</sup>
		26 – 35	1 : 2	17 <sup>c)</sup>
	Sazenice	36 – 50	1 : 3	17 <sup>c)</sup>
		51 – 70	1 : 4	17 <sup>c)</sup>
	Poloodrostky	51 – 80	1 : 3	25 <sup>c)</sup>
81 – 120		1 : 5	35 <sup>c)</sup>	
BO mimo borovice kleče	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	
	MD	Semenáčky	15 – 25	1 : 2
26 – 50			1 : 3	12 - 20
Sazenice		26 – 50	1 : 2	15 - 20
		51 – 70	1 : 3	15 - 20
Poloodrostky		51 – 80	1 : 3	15 - 20
	81 – 120	1 : 4	26 - 34	
JD	Sazenice	15 – 35	1 : 2	15 - 20
		36 – 50	1 : 3	15 - 20
	Poloodrostky	51 – 80	1 : 5	15 - 20
DG	Semenáčky	15 – 25	1 : 4	12 - 20
	Sazenice	26 – 35	1 : 2	15 - 20
		36 – 50	1 : 3	15 - 20
Poloodrostky	51 – 80	1 : 4	15 - 20	
DB, BK, JV, JS	Semenáčky	26 – 35	1 : 1	12 - 20
		36 – 50	1 : 2	15 - 20
		51 – 80	1 : 2	15 - 20
	Sazenice	15 – 35	1 : 1	15 - 20
		36 – 50	1 : 1	15 - 20
		51 – 70	1 : 2	15 - 20
	Poloodrostky	81 – 120	1 : 2	26 - 34
	Odrostky	121 – 180	1 : 3	26 - 34
181 – 250		1 : 3	26 - 34	
Pozn. 1: U minimálního poměru objemu kořenového systému k objemu nadzemní části je povolena 20% tolerance.				
Pozn. 2: U podílu objemu jemných kořenů v objemu celého kořenového systému je povolena 20% tolerance ve velikosti objemu jemných kořenů.				
Pozn. 3: U délky kúlového kořene se tolerance nepovoluje.				
<sup>a)</sup> jemné kořeny jsou kořeny slabší než 1 mm				
<sup>b)</sup> u sazenic, poloodrostků a odrostků délka kúlového kořene plus délka pozitivně geotropicky rostoucích panoh				
<sup>c)</sup> u smrku délka nejdelšího horizontálního kořene.				

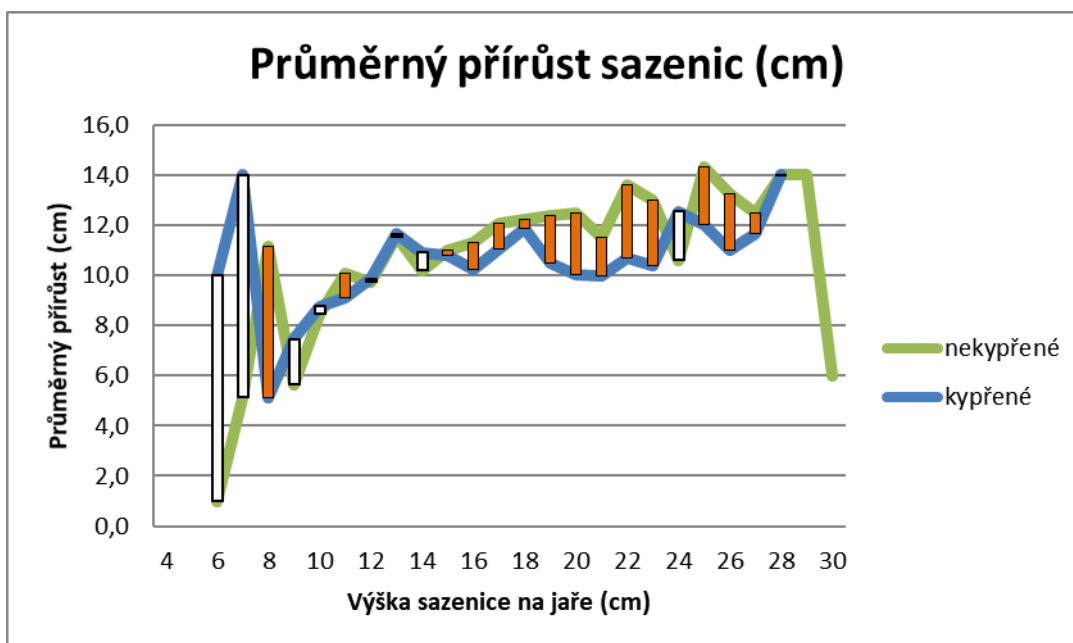
Obr. č. 9 Příloha č. 3. vyhlášky č. 29/2004 Sb.,

Z experimentu vyplynulo, že sazenice, které byly kypřeny, vykazují vyšší tloušťkový přírůst kořenových krčků. Z celkového počtu testovaných sazenic bylo nejakostních průměrně 6 %. Z čehož z kypřených sazenic bylo pod hranicí 5 mm 5 % a nekypřených sazenic bylo 7 % (Obr. č. 8).

Dalším výsledkem vyhodnocení experimentu je závislost průměrného výškového přírůstu sazenic kypřených a nekypřených (Obr. č. 10).

Z výsledků měření vyplývá, že nekypřené sazenice s počáteční výškou do 11 cm vykazovaly velmi nevyvážený přírůst a zároveň nižší přírůst než sazenice kypřené. Tyto naměřené hodnoty, je nutno vyhodnotit jako krajní data, na kterých nelze stavět zásadní rozhodování. Výkyvy jsou pravděpodobně způsobeny velmi malou početností měřených „velmi malých“ sazenic.

Naopak nekypřené sazenice s počáteční výškou nad 11 cm vykazují vyváženější přírůst než sazenice kypřené. Sazenice, které měly na počátku experimentu od 14 cm do 18 cm, vykazovaly vyrovnaný výškový přírůst, tedy výškové přírůsty kypřených sazenic fakticky o 1–2 cm nižší než u nekypřených sazenic. U sazenic s počáteční výškou do 14 cm byl zaznamenán velmi nevyrovnaný přírůst, zejména u sazenic kypřených. Sazenice, které byly na počátku experimentu vyšší než 18 cm, vykazovaly větší rozdíl ve výškových přírůstech. Rozdíly se pohybovaly až kolem 3 cm. Tyto výkyvy je nutno vyhodnotit jako krajní mez, neboť tyto výkyvy jsou způsobeny velmi malou početností „předrostlých“ sazenic.



Obr. č. 10 Průměrný výškový přírůst sazenic. Rozdílový sloupec bílý – přírůst je větší u kypřených sazenic; rozdílový sloupec oranžový – přírůst je vyšší u nekypřených sazenic.

Součástí experimentu bylo dále posouzení kořenového systému u kypřených a nekypřených sazenic. Ze záhonů bylo vyzvednuto celkem 10 sazenic. Z kypřených záhonů bylo odebráno 5 sazenic a z nekypřených rovněž 5. Sazenice byly vybírány pouze ze zkusných ploch a při výběru byla stanovena výška sazenice 40 cm.

Porovnání sazenic z kypřené a nekypřené zkusné plochy bylo provedeno váhovým poměrem, neboť v podmínkách lesní školky není potřebné vybavení k porovnání objemů kořenových systémů a nadzemních částí rostlin.

Tabulka č. 5 Posouzení kořenových systémů kypřených a nekypřených sazenic

	nekypřené	kypřené
hmotnost sazenic (g)	208	214
hmotnost nadzemní části (g)	142	144
hmotnost kořenového systému (g)	58	66
hmotnostní poměr kořenového systému: nadzemní části	1 : 2,45	1 : 2,18

Z výsledků hmotnostního posouzení vyplývá, že kypřené sazenice oproti nekypřeným vykazují větší kořenový systém a nekypřené sazenice se přibližují krajním hodnotám pro výsadby schopný materiál. Minimální poměr kořenového systému a nadzemní části sazenice je zakotven v příloze č. 3 vyhlášky č. 29/2004 Sb. Pro sazenice smrku ztepilého o výšce 40 cm, který spadá do jakostní třídy 36–50 cm, vyhláška uvádí mezní hodnotu poměru kořenového systému a nadzemní části 1 : 3. Naměřené hodnoty u kypřených sazenic se zdaleka nepřibližují mezní vyhláškové hodnotě. Naproti tomu u sazenic nekypřených hodnota poměru již takovou rezervu nevykazuje. Obě skupiny sazenic splňují minimální poměr kořenového systému a nadzemní části a obě skupiny sazenic splňují kritéria výsadby schopného sadebního materiálu, nicméně kypřené sazenice vykazují vyšší kvalitativní hodnotu.



## 6. Diskuze

Úkolem experimentu bylo posoudit efektivitu vybraných agrotechnických zásahů (kypření půdy) na vybraných zkusných plochách smrku ztepilého ve věku 2 let (1+1) a vyvrátit či potvrdit vliv kypření na výškový přírůst a tloušťku kořenového krčku, tj. vliv na kvalitativní znaky sazenic smrku ztepilého. Dalším úkolem experimentem bylo porovnat kořenový systém kypřených a nekypřených sazenic.

Součástí práce bylo statistické vyhodnocení a grafické zpracování výsledků. Praktická část diplomové práce proběhla na kypřených a nekypřených zkusných plochách záhonů smrku ztepilého. Na záhonech byly zaškolčovány semenáčky, které nebyly před vlastním experimentem selektovány. Testováno bylo 1 102 ks sazenic smrku ztepilého, věk sazenic 2 roky na počátku experimentu. Experiment byl založen 15. dubna 2017 a konec experimentu byl 30. října 2017. Během experimentu žádný z testovaných jedinců neuhynul.

Ze závěrů statistického vyhodnocení vyplývá, že kypření, které bylo aplikováno 6x, nemá zásadní vliv na výškový přírůst testovaných sazenic smrku ztepilého. Výškový přírůst testovaných sazenic na minerální půdě, které byly kypřeny, vykazuje vyrovnanější přírůst než sazenice nekypřené. U testovaného vzorku kypřených sazenic byl přírůst statisticky vyrovnanější než u sazenic nekypřených, nekypřené sazenice tedy dosahovaly vyššího přírůstu s vyšší variabilitou. Kypřené sazenice vykazovaly vyrovnanější přírůst, avšak ve vztahu k zařazování do jakostních výškových tříd vyšší počet kypřených sazenic nedosahoval minimální výšky sazenice pro danou jakostní třídu o 2 %. Celkově nedosahovalo požadované výšky 21 % kypřených sazenic.

Z prvního vyhodnocení vyplynulo, že kypření nemá zásadní vliv pro stimulaci výškového přírůstu. Průměrný výškový přírůst na půdě nekypřené je 11,16 cm, na půdě kypřené 10,44 cm.

Vlastním experimentem bylo prokázáno, že proces kypření není zásadním a nutným úkonem pro dosažení vyšších výšek sazenic smrku ztepilého v lesní školce, ve které byl proveden experiment. Tyto výsledky nemusí korespondovat s jinými

školkami, neboť existuje mnoho dalších faktorů, které nepochybně budou mít podstatný vliv na výšku sazenic.

V rámci experimentu byl rovněž zkoumán vliv kypření na tloušťku kořenového krčku. Na zkusných plochách bylo měřeno 1 102 ks sazenic smrku ztepilého. Kypření sazenic smrku v předmětné školce má významný vliv na tloušťkový přírůst kořenových krčků. U nekypřených sazenic je průměrný přírůst kořenových krčků 3,1 mm. U kypřených sazenic je průměrný přírůst kořenových krčků 3,3 mm. Na kypřené půdě je tloušťkový přírůst statisticky významně větší.

Experiment odpovídá rovněž závěrům prof. Tolstého, který zjistil, že kypření (opakované, každý měsíc) se projevuje na dvouletých borových semenáčcích (váhové vyhodnocení) především ve více než dvojnásobném nárůstu kořenového systému, většího nárůstu jehličí o dvojnásobek a v neposlední řadě u kypřených semenáčků byl váhový přírůst kmínků o 30 % vyšší než u nekypřených. (POLANSKÝ a kol. 1955).

Pokud budou záhony pravidelně kypřeny, bude sice menší výškový přírůst, ale bude vyrovnanější a sazenice budou vykazovat vyšší kvalitativní znaky výsadby schopného sadebního materiálu. Ke stejnému závěru dospěl i LAURIN a MACÁK (1955) a POLANSKÝ a kol. (1955). Rovněž provedený experiment potvrdil tvrzení ČVANČARÝ (1961), že 3x opakované kypření nahradí jedno pletí, což je velmi významné z pohledu ekonomiky provozu lesní školky, neboť pletí je jednou z ekonomicky nejnáročnějších činností.

V provozu lesní školky, kde proběhl experiment, vycházejí přímé vstupy na vypěstování a zaškolkování jednoho semenáčku smrku na 0,83 Kč. Náklady na ruční pletí jedné sazenice (přepočet z plochy 1 m<sup>2</sup>) vychází na 0,21 Kč/sazenice. V případě, že nebude záhon kypřený, bude nutno ruční pletí opakovat minimálně 4x, tedy náklady na pletí jedné sazenice v jedné sezóně jsou 0,84 Kč! V případě, že budou záhony kypřeny nosičem nářadí, tedy mechanizací, tak náklady na jedno kypření vycházejí na 0,085 Kč/sazenice. Pokud budou záhony kypřeny 6x, tak náklady na kypření jsou 0,51 Kč/sazenice. Do této kalkulace je nutno započítat počet sezón, po které je sazenice pěstovaná. Průměrný věk sazenic, které jsou

vyzvedávány pro zalesnění, je 3 roky. Z toho vyplývá, že kypření a pletí je prováděno nejčastěji 2 sezóny.

Z rekapitulace celé ekonomické bilance jedné sazenice vyplývá, že proměnlivými (ovlivnitelnými) vstupy jsou pouze kypření a pletí. Jestliže nebudou záhony kypřeny a budou pouze ručně plety, náklady na vypěstování jedné sazenice jsou 2,51 Kč!

Pokud budou záhony 6x kypřeny s jedním ručním pletím, cena jedné sazenice vychází na 2,27 Kč. Z experimentu tedy vyplývá, že kypření podporuje růst kořenového systému, podporuje růst kořenových krčků, ale především snižuje náklady na vypěstování jedné sazenice o 11 %.

Z experimentu dále vyplynul zásadní ekonomický pohled na kypření a pletí, ve vztahu k přírůstu sazenic. Na počátku experimentu nebyly semenáčky selektovány. Byly použity semenáčky s různou výškovou diferenciací. To je zásadní věc pro nastavení správného ekonomického směru provozu lesní školky, neboť experiment potvrdil tvrzení, že kypřené sazenice nedosahují takového výškového přírůstu jako sazenice nekypřené. Tedy pokud budou na jeden záhon zaškolčovány semenáčky různých výšek a budou kypřeny, budou mít kvalitnější kořenový systém, budou mít dostatečnou tloušťku kořenového krčku. To je limitní pro vyšší kvalitu sazenic, jak uvádějí JURÁSEK a MARTINCOVÁ (2001), ale přibližně 1/5 všech sazenic nebude ve třech letech věku sazenice splňovat výškový limit. Tyto sazenice budou při vyzvedávání vyřazeny a zlikvidovány. Pokud by semenáčky byly při školkování rozděleny dle výšek a následně dle stejných výšek školkovány do jednotlivých záhonů, fakticky by se eliminovala ztráta 1/5 sazenic. Sazenice, které by nedosahovaly jakostních výšek ve 3 letech, by pak bylo možné v průběhu následujícího roku až dvou dopěstovat. Vyhláška č. 29/2004 Sb., připouští maximální stáří sazenice pro výškovou třídu 26–35 až 5 let. Ke stejnému závěru dospěli i JURÁSEK a MARTINCOVÁ (2001), kdy obdobný experiment prováděli na sazenicích smrku z 8. lesního vegetačního stupně.

## 7. Závěr

Z výsledků hmotnostního posouzení testovaných sazenic vyplývá, že kypření se pozitivně projevuje na velikosti kořenového systému a je tedy pozitivním přínosem pro pěstované sazenice a jejich kvalitu.

Při vyhodnocení kypření ve vztahu k tloušťce kořenového krčku byl prokázán pozitivní vliv na sazenice, neboť sazenice kypřené mají prokazatelně větší tloušťkový přírůst než sazenice nekypřené. To přímo koresponduje se závěry hmotnostního posouzení kořenového systému a nadzemní části sazenic.

Při vyhodnocení vlivu kypření na výšku sazenic bylo prokázán opak. U kypřených sazenic byl prokázán menší výškový přírůst než u sazenic nekypřených. Rozdíl u výšek však nebyl tak výrazný jako u tloušťky kořenového krčku a hmotnostních poměrů sazenic.

Přínosem experimentu pro danou školku, ve které experiment probíhal, je jednoznačné zjištění, že již 6násobné kypření během vegetačního období, snižuje počet pletí z tří cyklů na jeden. Tato skutečnost výrazně ovlivňuje ekonomickou bilanci, kdy náklady na vypěstování jedné sazenice klesnou až o 11 %, z čehož jednoznačně vyplývá, že kypření výrazně snižuje náklady produkce sadebního materiálu.

Dalším snížením nákladů se docílí tříděním semenáčků před školkováním, neboť maximální přípustný věk pěstování sazenic smrku ztepilého je 5 let. Výjimky v tloušťkách nejsou povoleny. To znamená, že veškerý sadební materiál, který je ze záhonu vyzvednut a nedosahuje minimální tloušťky kořenového krčku, není uvolněn do oběhu a je zlikvidován. Stejně je to u výšky sazenic. Tedy pokud budou semenáčky selektovány dle výšek už při školkování, bude dostatečný časový prostor pro dosažení výškové a tloušťkové jakostní třídy. Experimentem bylo prokázáno, že kypření pozitivně ovlivňuje kvalitu sadebního materiálu a snižuje náklady na jeho vypěstování.

## 8. Seznam použité literatury

- BEZECNÝ, P. 1992: Pěstování lesů, Zemědělské nakladatelství Brázda, ISBN 80-209-0222-8.
- BLUĐOVSKÝ, Z. 1980: Hodnocení efektivnosti v lesním hospodářství. Praha SZN: 184 s.
- ČERMÁKOVÁ, H. 2013: Komparace zobrazení lesního porostu v podnikovém informačním systému dle právních norem České republiky a dle přístupu mezinárodních standardů funkčního výkaznictví IFRS. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 1: 78–84.
- ČVANČARA, R. 1961: Boj proti plevelům v lesních školkách. Lesnická práce, 40: 5: 211–213.
- DUŠEK, V. 1997: Lesní školkařství – základní údaje, Matice lesnická, I. vydání.
- DUŠEK, V., KOTYZA, F. 1970: Moderní lesní školkařství. SZN, Praha, 480 s.
- FOLTÁNEK, V. 2011: Péče o půdu v lesních školkách, ISBN 978-80-263-0022-9.
- GOTTWALD, J. 1990: Stroje pro zítřek, Lesnická práce 69: 3: 109–116.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J.: Vliv místa školky, způsobu pěstování a třídění na růst sazenic horského smrku po výsadbě na holiny. In: Opera Corcontika. 37. Vol. 2. Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. Svoboda nad Úpou, 19-21 září 2000. Vrchlabí, Správa Krkonošského národního parku 2001, s. 608 – 615.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. 2000: Služby poskytované VS Opočno pro vlastníky lesa při hodnocení kvality sadebního materiálu lesních dřevin. Sborník přednášek z celostátního semináře pro vlastníky lesa. Přelouč, červen 2000. s. 34–45.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J. 2007: Specifika pěstování a využití smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. Pro horské oblasti. Strnady VULHM. 27s. Lesnický průvodce 2/2007.

- JURÁSEK, A., LOKVENC, T., MAUER, O.: Sadební materiál lesních dřevin. ČSN 482115. Praha, Český normalizační institut 1998. 20 s.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J.: Problematika aklimatizace a specifického růstu horského smrku. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Sborník příspěvků z mezinárodní konference Opočno 15.-17.4.1996. Sest. S. Vacek Opočno, VULHM-Výzkumná stanice 1996a, s. 133 - 141
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J.: Specifika pěstování sadebního materiálu smrku ztepilého původem z horských poloh. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 18 - 23
- JURÁSEK, A., MAUER, O.: Optimalizace umělé obnovy lesa a zalesňování. Nová norma ČSN 482116 – Umělá obnova lesa a zalesňování. Lesnická práce, 94, 2015, č. 5, s. 20 - 22
- KLEMENT, V. 2011: Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011–2016. Metodický pokyn č. 51/OBKP. Brno: ÚKZUZ, 2011, 39 s.
- Kupka 2005
- LAURÝN, M., MACÁK, Z. 1955: Způsob redukce třtiny jako důležitý činitel při zalesňování kalamitních holin, Lesnická práce, 34: 6: 259–268.
- MACHOVIČ, I. 2001: Technologie BCC v České republice, Lesnická práce, 80: 6: 272–273.
- MAUER, O. 2011: Půdy v lesních školkách a jejich vliv na kvalitu produkce sadebního materiálu lesních dřevin, Péče o půdu v lesních školkách – Sborník referátů přednesených na instruktážním kurzu 6. září 2011 v České Skalici, ISBN 978-80-263-0022-9.
- MIKITA, T., KLIMÁNEK, M. CIBULKA, M. 2013: Hodnocení metod interpolace dat leteckého laserového skenování pro detekci stromů a měření jejich výšek. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 2: 99–106.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J. 2003: Lesnická dendrologie I. Jehličnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita v Praze, 177 str., ISBN 80-213-0992-X – 2. ed.

- MZe 2010: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 111 s., ISBN 978-80-7084-941-5.
- MZe 2011: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 128 s., ISBN 978-80-7084-995-8.
- MZe 2012: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2011. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 136 s., ISBN 978-80-7034-063-5.
- MZe 2013: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 133 s., ISBN 978-80-7434-112-0.
- MZe 2014: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 134 s., ISBN 978-80-7434-153-3.
- MZe 2015: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 107 s., ISBN: 978-80-7434-242-4.
- MZe 2016: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 132 s., ISBN 978-80-7434-324-7.
- MZe 2017: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 130 s., ISBN 978-80-7434-389-6.
- NÁROVEC, V., JURÁSEK, A., LEUGNER, J., NÁROVCOVÁ, J., MARTINCOVÁ, J. 2008: Sadební materiál lesních dřevin. In: Slodičák, M. a kol.: Lesnické hospodaření v Krušných horách. 480 s., Lesy ČR, Hradec Králové (ISBN 978-80-86945-04-0) a VÚLHM, Strnady (ISBN 978-80-86461-91-5), s. 277–302.
- NOŽIČKA, J. 1957: Přehled vývoje našich lesů. 459 s., Praha, SZN
- PODOLJAK, K. 1952: Dosavadní pracovní metody v našich lesoškolkách a jejich nedostatky. Lesnická práce, 31: 6: 257–261.
- POLANSKÝ, B. a kol. 1955: Pěstění lesů I., Lesní semenářství se základy šlechtění a lesní školkařství, SZN.

- SCHMIDT-VOGT, H., 1977. Die Fichte. Band 1. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 1 – 650.
- ŠINDELÁŘ, R., KOVAŘÍČEK, P., KROULÍK, M., HŮLA, J. 2007: Hodnocení povrchového odtoku vody metodou simulace deště, Agritech Science, 2007, č. 2, článek 5, s. 1–7. ISSN 1802-8942, dostupné na: <<http://www.agritech.cz/clanky/2007-2-5.pdf>>, [cit. 2018-04-16].
- ŠIŠÁK, L., Pulkrab, K., Bukáček, J., Novotný, S., Švéda, K. 2017: Komparace nákladů v obnově lesa prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem. Zprávy lesnického výzkumu, 62: 1: 59–65.
- ŠVENDOVIÁ, J., 1963: Pletí a kypření nosičem nářadí TN-4K2-10, Lesnická práce, 42: 5: 205–208.
- TITI E. A. (2002): Soil tillage in Agroecosystems. CRC press, the U.S.A., 367.
- TRÁVNÍK a kol. 2012: Metodický návod pro hnojení plodin. ÚKZUZ, sekce úřední kontroly. 5. vydání. 26 s., ISBN 978-90-7401-024-8.
- VALLA, M., KOZÁK, J., NĚMĚČEK, J., MATULA, S., BORŮVKA, L., DRÁBEK, O. 2000: Pedologické praktikum. Praha: ČZU, 148 s., ISBN 80-213-0637-8.
- VÚMOP, v. v. i. 2014: Žabovřeská 250, Praha 5, Vyhodnocení výsledků analýz vzorků H1, H2, H3, H4 (0–20cm).



## 9. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Vliv kypření na průměrnou hmotnost borových semenáčků	10
Tabulka č. 2 Vlhkost půdy v různých hloubkách ve vztahu ke kypření a nekypření půdy	11
Tabulka č. 3 Přehled termínů kypření	21
Tabulka č. 4 Roční úhrny srážek	22
Tabulka č. 5 Posouzení kořenových systémů kypřených a nekypřených sazenic	32

## 10. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Letecký snímek lesní školky v obci Malíkovice	17
Obrázek č. 2 Schéma umístění jednotlivých zkusných ploch na záhonech	20
Obrázek č. 3 Výškové přírůsty sazenic na jednotlivých záhonech	24
Obrázek č. 4 Tloušťkové přírůsty sazenic na jednotlivých záhonech	25
Obrázek č. 5 Příloha č. 2 vyhlášky č. 29/2004 Sb.	26
Obrázek č. 6 Početní zastoupení sazenic v jednotlivých výškových třídách pro kypřené i nekypřené záhony	27
Obrázek č. 7 Zastoupení sazenic splňujících výškové kritérium pro výsadbyschopný materiál lesních dřevin s tolerancí 5 cm a bez tolerance u kypřených a nekypřených záhonů	28
Obrázek č. 8 Zastoupení sazenic splňujících tloušťkové kritérium pro výsadbyschopný materiál lesních dřevin u kypřených a nekypřených záhonů	29
Obrázek č. 9 Příloha č. 3 vyhlášky č. 29/2004 Sb.	30
Obrázek č. 10 Průměrný výškový přírůst sazenic	31

## 11. Seznam příloh

Fotografie č. 1: Celkový pohled na plochu před vymezením zkusných ploch	43
Fotografie č. 2: Nosič náradí RS09 s pasivním kypřičem RATH	43
Fotografie č. 3: Celkový pohled na záhony, kde probíhal experiment	44
Fotografie č. 4: Celkový pohled na záhony, kde probíhal experiment	44
Fotografie č. 5: Zkusná plocha nekypřená	45
Fotografie č. 6: Zkusná plocha kypřená	45
Fotografie č. 7: Zkusná plocha nekypřená	46
Fotografie č. 8: Zkusná plocha kypřená	46
Fotografie č. 9: Vlastní průběh kypření	47
Fotografie č. 10: Vlastní průběh kypření	47
Fotografie č. 11: Zkusná plocha nekypřená	48
Fotografie č. 12: Zkusná plocha kypřená	48
Fotografie č. 13: Zkusná plocha nekypřená	49
Fotografie č. 14: Zkusná plocha kypřená	49
Fotografie č. 15: Závěr experimentu	50
Fotografie č. 16: Závěr experimentu – detail	50

## Přílohy



Fotografie č. 1: Celkový pohled na plochu před vymezením zkušných ploch



Fotografie č. 2: Nosič náradí RS09 s pasivním kypričem RATH





Fotografie č. 3: Celkový pohled na záhony, kde probíhal experiment



Fotografie č. 4: Celkový pohled na záhony, kde probíhal experiment





Fotografie č. 5: Zkusná plocha nekypřená



Fotografie č. 6: Zkusná plocha kypřená





Fotografie č. 7: Zkusná plocha nekypřená



Fotografie č. 8: Zkusná plocha kypřená





Fotografie č. 9: Vlastní průběh kypření



Fotografie č. 10: Vlastní průběh kypření





Fotografie č. 11: Zkusná plocha nekypřená



Fotografie č. 12: Zkusná plocha kypřená





Fotografie č. 13: Zkusná plocha nekypřená



Fotografie č. 14: Zkusná plocha kypřená





Fotografie č. 15: Závěr experimentu



Fotografie č. 16: Závěr experimentu – detail