

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav zakládání a pěstění lesů

**Vysýchání sadebního materiálu během manipulace a
metody jeho hodnocení**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016/2017

Luděk Volf

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Vysýchání sádkového materiálu během manipulace a metody jeho hodnocení“ jsem zpracoval samostatně a veškeré prameny a použité informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si plně vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 ods. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

Podpis studenta:.....

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval své vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Kateřině Houškové, Ph.D., za odborné rady a připomínky při vedení a zpracování mé bakalářské práce. Také bych rád poděkoval prof. Ing. Oldřichu Mauerovi, DrSc., díky kterému jsem měl možnost zpracovat bakalářskou práci na vybrané téma. Dále bych rád poděkoval technickým pracovníkům ústavu zakládání lesa Janu Davidovi a Karlu Kohoutovi za spolupráci při zakládání výzkumné plochy. Další poděkování patří společnosti LESCUS s.r.o. za dodaný sadební materiál a poskytnutí výzkumné plochy. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat nejen rodině, která mě povzbuzovala a vytvářela skvělé zázemí při psaní mé bakalářské práce, ale i všem, co mě inspirovali a motivovali.

Abstrakt

Autor: Luděk Volf

Název závěrečné práce: Vysýchání sadebního materiálu během manipulace a metody jeho hodnocení

Cílem bakalářské práce bylo vyhodnocení ujímavosti a odrůstání sadebního materiálu smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst) a buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) po určité době stresování suchem vlivem špatné manipulace. Testován byl vždy prostokořenný a krytokořenný sadební materiál, sadební materiál čerstvý a 1 týden založený. Prostokořenný a krytokořenný sadební materiál byl ponechán na povrchu půdy v blízkosti místa výsadby bez ochrany proti vysychání a v určitých intervalech vysazován (délka exponování 0,5hod, 1 hod, 2 hod, 3 hod, 4 hod a 5 (5,5) hod). V každé testované variantě bylo vysázeno 20 ks rostlin. Současně bylo provedeno testování nových metod, které zjišťují ztrátu vody rostlin během vysychání. Vyzkoušeny byly metody: měření hmotnostního úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu, měření hmotnostního úbytku kořenových balů a měření vlhkosti substrátu kořenových balů. Na konci vegetačního období byla vyhodnocována mortalita, terminální přírůst, tloušťka kořenového krčku, délka jehlic a listu a vitalita. Bylo potvrzeno, že s přibývajícím délkou vysychání dochází k omezení přírůstu a ujímavosti, především u sazenic buku. Sadební materiál smrku je více odolný ke špatné manipulaci a záleží především na počasí v jarních měsících. Všechny metody se zdají být perspektivní, limitní hodnoty je třeba zjistit dalším ověřováním.

Klíčová slova: sadební materiál, manipulace, vysychání, metody hodnocení

Abstract

Author - Luděk Volf

Topic – Drying out of planting material during handling and methods of its evaluation

The target of the thesis was evaluation of adoption and growing planting material of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) after some time of having dryness caused by wrong manipulation. There were always tested different kinds of planting material - without soil and with soil on roots, fresh planting material and 1 week inserted into soil. Planting material without soil and with soil on roots was left on the soil surface next to place of planting without any protection against drying out and in specified time intervals planted. Expose time 30mins, 60mins, 120mins, 180mins, 240mins, 300min (330mins). In each tested variation was planted 20pcs of young plant. At the same time testing of new methods was realised. They secure water loss during drying out. Methods tried in practice were measuring weight loss during constant temperature conditions, measuring weight loss of plants with soil on roots and measuring humidity of soil on roots substratum. At the end of vegetational period was appointed mortality, terminal growth, thickness of root shank, length of leaf and vitality. It was confirmed that within increasing time length appears reduction of growth and viability, primarily among young plants of beech. Young plants of spruce are more adaptable during mistreating and first of all it depends on spring time weather conditions. Tested methods of drying out should continue in further measuring.

Key words: planting material, manipulation, drying out, measuring methods

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Rozbor problematiky.....	10
3.1. Klima a lesní ekosystém.....	10
3.2. Smrk ztepilý a buk lesní, jejich význam v lesním hospodářství a ekologické nároky.....	11
3.2.1. Zastoupení buku a smrku na území ČR.....	11
3.2.2. Ekologické nároky buku lesního.....	11
3.2.3. Ekologické nároky smrku ztepilého.....	13
3.3. Vliv kvality sadebního materiálu na odrůstání výsadeb.....	15
3.4. Manipulace se sadebním materiálem.....	16
3.4.1. Krytokořenný sadební materiál.....	18
3.5. Současné a možné metody hodnocení fyziologické kvality SAMA.....	19
3.5.1. Základní fyziologické charakteristiky a možnosti jejich měření dle ČSN 48 2115.....	20
3.5.2. Vysychání během manipulace na následný růst sazenic smrku ztepilého.....	22
4. Metodika.....	23
4.1. Použitý materiál.....	23
4.2. Popis výzkumné plochy.....	24
4.3. Metodika měření.....	25
4.3.1. Měření hmotnostního úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu.....	30
4.3.2. Měření hmotnostního úbytku kořenových balů.....	31
4.3.3. Měření vlhkosti substrátu kořenových balů.....	32
4.3.4. Vyhodnocování testovaných variant na konci vegetačního období.....	33
5. Výsledky a jejich zhodnocení.....	36
5.1. Vyhodnocení prostokořenného sadebního materiálu.....	37
5.1.1. Úbytek hmotnosti jemných kořenů při konstantním tepelném stresu.....	37
5.1.2. Vyhodnocení prostokořenného sadebního materiálu na konci vegetačního období.....	40
5.1.3. Úbytek vody z kořenové a nadzemní části rostliny.....	44
5.1.4. Obsah zásobních látek v rostlinách během vysychání.....	44
5.2. Vyhodnocení krytokořenného sadebního materiálu.....	46
5.2.1. Hodnocení úbytku hmotnosti kořenových balů vážením.....	46
5.2.2. Hodnocení úbytku vlhkosti substrátu kořenového balu krytokořenného sadebního materiálu vlivem vysychání.....	47
5.2.3. Vyhodnocení krytokořenného sadebního materiálu na konci vegetačního období.....	48
6. Diskuze.....	51
7. Závěr.....	55
8. Summary.....	57

9.	Seznam zkratek	58
10.	Seznam použité literatury	59
11.	Internetové zdroje.....	62
12.	Seznam příloh.....	63

1. Úvod

V současné době připadá na umělou obnovu v České republice 18 757 ha zalesňované plochy ročně, z toho 5 246 ha připadá na obnovu opakovanou (Riedl et al., 2016, Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2015). Číslo 18 757 ha je stále dosti vysoké, ale více alarmující je skutečnost, že opakované zalesňování představuje více jak $\frac{1}{4}$ z celkové obnovované plochy. Jedním z výrazných činitelů takto velké opakované plochy výsadby je i snížení fyziologické kvality zalesňovaných rostlin během manipulace.

Jedním ze základních předpokladů pro úspěšnou umělou obnovu lesa je používání kvalitního sadebního materiálu. Zatím co morfologickou kvalitu můžeme jednoduše pozorovat a hodnotit podle snadno měřitelných znaků, většina fyziologických charakteristik není při pohledu na sazenice patrná a jejich hodnocení zpravidla vyžaduje laboratorní vybavení. Přitom dobrý fyziologický stav má pro ujímavost a následný růst sazenic klíčový význam (Leugner a kol. 2012).

Několika roční snaha o vypěstování vysoce kvalitního sadebního materiálu lesních dřevin může být zmařena, jestliže jsou sazenice po vyzvednutí vystaveny nevhodné manipulaci. Nejběžnější riziko snížení fyziologické kvality prostokořenného sadebního materiálu během manipulace v době od vyzvednutí ze záhonu školky po jeho výsadbu představuje ztráta vody (Leugner a kol 2012). Tato skutečnost je zvláště významná v době, kdy v jarních měsících dosahují teploty značně vysokých teplot a vlhkost vzduchu je nízká. V takovém to prostředí sadební materiál snadněji ztrácí vodu a tím dochází k snižování jeho fyziologické kvality, která se po výsadbě negativně projeví.

Fyziologickou kvalitu během manipulace není možné zlepšovat. Vlivem správné manipulace je možné fyziologickou kvalitu nezhoršovat a uchovávat její hodnotu. Správná manipulace sadebního materiálu je tedy klíčem k úspěchu k zajištění kvalitní kultury.

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo zjistit vliv stresu vyvolán vysycháním sazenic na ujmoutí a odrůstání sadebního materiálu smrku ztepilého a buku lesního. Následné porovnání limitujících faktorů mezi dřevinami buku lesního a smrku ztepilého. Dalším kritériem bylo sledání limitujícího faktoru stresu na ujímavost a odrůstání u krytokořenného sadebního materiálu a porovnání s prostokořenným. Součástí měření bylo zjistit a otestovat nové metody hodnocení fyziologické kvality stresovaného sadebního materiálu. Výsledkem bakalářské práce bylo zjištění hraniční hodnoty vlivu nesprávné manipulace a následnou ztrátu vody na odrůstání vysázených sazenic.

3. Rozbor problematiky

V této kapitole bude blíže popisována problematika ztráty fyziologické kvality rostlin a popis ekologických nároků dřevin buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)

3.1. Klima a lesní ekosystém

Klima patří mezi dominantní faktory abiotického prostředí lesních ekosystémů. Ovlivňuje podstatnou měrou vývoj lesních ekosystémů, na druhé straně struktura a složení lesních ekosystémů působí zpětně na vytváření mikroklimatu a mezoklimatu krajiny (Hadaš 2004). Důležitou charakteristikou klimatu je její časová a prostorová variabilita. Je zřejmé, že změny klimatických faktorů mohou ovlivnit četné procesy v lesních ekosystémech, tzn., že se podílejí na všech neočekávaných vývojových procesech v lesním ekosystému, jak na pozitivních (např. zvýšení přírůstu), tak i na negativních procesech (všechny druhy poškození lesů) (Hadaš 2004). Míra citlivosti lesních porostů na stresové faktory vázané na klima má výběrový charakter, tzn., že se bude projevovat vliv geologického podloží, vlastností půd, klimatických poměrů daných nadmořskou výškou a expozicí lesních porostů, proměnlivou úrovní imisí a depozice, pufrovací kapacitou půdy v rámci lesního ekosystému, dřevinou skladbou a strukturou porostů. Konkrétní příčinou odumírání a poškození porostů (respektive stromů, jednotlivých dřevin) vyvolá vzájemná kombinace více mechanismů. Například spouštěcím faktorem velkoplošné defoliace může být jak jednorázové extrémní působení zvýšené teploty nebo prodloužení periody sucha, tak jednorázové akutní nebo synergické poškození imisemi ve formě kyselých depozicí (Hadaš 2004).

Razantní změny průběhu počasí, zejména v jarních měsících, vyžadují oproti dosavadním zvyklostem zásadní změny v době výsadby a manipulaci se sadebním materiálem. Vlastní manipulace se sadebním materiálem však může významně ovlivnit jeho kvalitu (Mauer, Houšková 2015). Zvláště problematická a exaktně stále neošetřená je oblast kvality fyziologické. I když v této oblasti může jít o celou řadu parametrů, z hlediska ujímavosti jde zejména o stav vodního režimu, stav zásobních látek, stav dormance a celkovou vitalitu rostlin (Mauer, Houšková 2015). Až 90 % ztrát po výsadbě jde na vrub špatné fyziologické kvality sadebního materiálu v době výsadby (s výjimkou extrémního počasí v době a po výsadbě) (Mauer, Houšková 2015).

Les je významným krajinným prvkem. Ačkoliv střeoevropské lesy svojí bohatostí rostlin a živočichů nelze srovnávat co do počtu druhů s deštnými tropickými lesy, kde počty rostlin a živočichů představují mnohonásobky, přesto jsou lesy mírného pásma značně bohatší než agrocenózy, podléhající moderním zemědělským technologiím (Hrabák, Poruba 2005). Dnes známe dobře význam lesů i v koloběhu vody na naší planetě. Lesy se podílejí vysokým odparem vody na vzdušné vlhkosti a přispívají k utváření počasí a klimatu. Jsou to reservoáry vody a představují prameniště většiny světových řek. Lesy jsou díky vysokému stupni fotosyntézy i důležitou složkou v produkci kyslíku. (Hrabák, Poruba 2005).

3.2. Smrk ztepilý a buk lesní, jejich význam v lesním hospodářství a ekologické nároky

3.2.1. Zastoupení buku a smrku na území ČR

Plocha jehličnatých dřevin zejména smrku se nadále snižuje. Naproti tomu se setrvale zvyšuje podíl listnatých dřevin zejména buku (Riedl, et al. 2016. Zpráva stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2015). Procentuální zastoupení smrku ztepilého je 50,6 %, o výměře 1 315 487 ha a buku lesního 8,2 % o výměru 211 835 ha (Riedl, et al., 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2015).

Plocha obnovených lesních porostů oproti předchozím letům opět mírně poklesla na 23 546 ha, nicméně ve srovnání s předchozími roky je tato plocha srovnatelná a vykazuje vyrovnaný trend. Výše přirozené obnovy činí 4 749 ha a ve srovnání rokem 2014 také vykazuje mírný pokles. Umělá obnova činila 18 797 ha, z toho byl opakovaná na 5 246 ha (Riedl, et al. 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2015). Podíl listnatých dřevin na umělé obnově je z dlouhodobějšího hlediska stabilní a v roce 2015 dosáhl tento podíl 38,5 % (Riedl, et al. 2016, Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2015).

3.2.2. Ekologické nároky buku lesního

Buk lesní je naší nejdůležitější hospodářskou listnatou dřevinou (Úradníček, Maděra 2001). Buk je původní na západě a jihu Evropy. Jeho areál se táhne z Balkánu a Ukrajiny až k Pyrenejím, na severu zasahuje do jihovýchodní Anglie a jižního Švédska (Rushforth 2001). Jiní autoři uvádějí, že buk je dřevina evropského areálu s těžištěm rozšíření v západní, střední a jihovýchodní části kontinentu

(Úradníček, Maděra 2001). Celé naše území leží uvnitř areálu buku, proto tuto dřevinu nalezneme ve všech středohořích a horských oblastech hercynské i karpatské části státu (Úradníček, Maděra 2001). Zvláště dominantní je dřevina klimaxových lesů, zejména v horách karpatského oblouku (Větvička 1999, Úradníček, Maděra 2001). Větvička (1999) uvádí, že buk lesní pochází ze západní, střední a jižní Evropy, nejdále k severu zasahuje do jižního Švédska, na jihovýchodě Evropy jej střídá buk východní (*Fagus orientalis*) a na kontaktu obou druhů pak pravděpodobně hybridní *Fagus x moesiaca*. V mnoha oblastech střední Evropy je ze všech listnáčů nejlépe přizpůsobený podnebním podmínkám (Rushforth 2001).

Buk je dřevina snášejší i silný zástin. Pro tuto schopnost mohou mít i čisté bučiny několik pater, protože potlačení jedinci vydrží dlouho v podrostu. Proto také na příznivých stanovištích vytlačuje buk většinu ostatních dřevin, což vede ke vzniku čistých bučin (Úradníček, Maděra 2001). Buk zadržuje světlo mnohem silněji než jehličnaté stromy, případně podstatně hůře využívají prostor stanoviště. Je to proto, že koruna buku roste po uvolnění do šířky, zatím co koruny smrků a jedle zůstávají vřetenovité a štíhlé (Schütz 2002).

Ty vytváří v našich podmínkách v nadmořských výškách cca 400-800 m, na spodní hranici rozšíření se mísí s dubem a na horní se smrkem a jedlí (Úradníček, Maděra 2001). Hrabák a Poruba (2005) uvádějí, že v nižších polohách (400 až 600 m) jej často doprovází dub, jedle a habr, ve vyšších polohách (700 až 1200 m) jedle a smrk.

Kořenový systém můžeme označit za srdčitý. Z mohutného kořenového uzlu pod povrchem vyhání buk silné kořeny všemi směry do půdy. Bývá proto v půdě velmi dobře zakotven. Na živných půdách však buk kořenuje často poměrně mělce, avšak svrchní vrstvu důkladně prokoření. Výmladková schopnost buku je celkem malá. Zvěř okusuje buk s oblibou, takže na výsadbách vznikají velké škody (Úradníček, Maděra 2001).

Buk svým opadem listů silně ovlivňuje půdu (Úradníček, Maděra 2001). Pod buky vládne hluboký stín. Když se koruna na jaře hustě olistí, je pod ní tak málo světla, že tu jen nemnoho rostlin najde vyhovující podmínky růstu (Rushforth 2001). Z tohoto důvodu mají bučiny zpravidla výrazný jarní aspekt. Na horších půdách se pak vyskytují i bučiny, které jsou úplně bez podrostu nebo jen s borůvkou. Vzhledem k bohatému opadu listů uchovávají bučiny půdu zpravidla v dobrém stavu (Hrabák, Poruba 2005).

Buk lesní ve svém přirozeném areálu vytváří buď monotypické, čisté porosty, nebo je součástí smíšených lesů (např. květnatých jedlobučin), vždy v oblastech s vlhčím, spíše oceánským podnebím (Větvička 1999). Konkurenční síla buku je velmi rozdílná podle půdního podloží (zásadité nebo kyselé). Na stanovištích vápnem bohatých a slunci vystavených (lesní společenstvo kyčelnicová bučina) je buk konkurenčně velmi silný, vytlačuje dokonce jiné dřeviny. Klimaxové společenstvo je zde čistý bukový les (Schütz 2002). Všeobecně lze říci, že bučiny vyžadují vlhčí klima s rovnoměrným rozdělením srážek, půdu však sušší a výživnou (Hrabák, Poruba 2005). Buk vyžaduje dostatek srážek zvláště v letním období a musí mít dostatečnou relativní vlhkost vzduchu. Musil, Möllerová (2005) uvádějí, že ačkoliv nesnáší půdy zamokřené, je citlivý k suchu a pozdním mrazům. V oblasti optimálního rozšíření je buk celkem indiferentní ke geologickému podkladu. Roste skoro na všech druzích hornin, vynechává jen suché písky, těžké nepropustné jíly, půdy bažinaté nebo rašelinné. Nejlepší bučiny jsou ovšem na dobrých humózních půdách bohatých vápníkem (Úradníček, Maděra 2001; Musil, Möllerová 2005). Na stanovištích 2. a 3. lesního vegetačního stupně byla potvrzena mimořádně vysoká životnost, stabilita i produkční schopnosti buku. Buk se zde ve většině smíšených porostů projevil jako nosná listnatá dřevina cílové druhové skladby (Kantor 2004). Tam kde klima a jiné faktory nejsou již optimální, stoupají výrazně nároky buku na půdu (Úradníček, Maděra 2001). Rushforth (2001) uvádí, že nesnáší přemokřené nebo těžké hlinité půdy, dává přednost dobře propustným půdám, ať kyselým nebo zásaditým.

3.2.3. Ekologické nároky smrku ztepilého

Pro rychlý růst a technické přednosti dřeva se stal smrk hlavní hospodářskou dřevinou (Větvička 1999; Úradníček, Maděra 2001; Souček, Tesař 2008). Jeho hodnotné světlé dřevo, je využíváno převážně ve stavebnictví (Rushforth 2001). Po staletí je pěstován většinou v monokulturách jako jedna z nejdůležitějších evropských hospodářských dřevin (Větvička 1999).

Souvislý výskyt má v severovýchodní Evropě, ostrůvkovitý v horách střední a jižní Evropy (Větvička 1999; Úradníček, Maděra 2001). Na celém našem území je zastoupen horský smrk hercynsko-karpatské oblasti, vyskytuje se téměř ve všech nižších i vyšších pohořích (300-1350 m) (Úradníček, Maděra 2001). Těžištěm rozšíření jsou okrajová příhraniční horstva. Řidší je přirozené zastoupení smrku ve vnitrozemských skupinách, např. na Českomoravské a Dražanské vrchovině, v Brdech, Slavkovském lese

a Oderských vrších. Bez smrku jsou teplé úvaly velkých řek (Úradníček, Maděra 2001). Přirozené rozšíření smrkového lesa je tedy vázáno na horské polohy s vydatnými srážkami kolem 1500 mm (Hrabák, Poruba 2005). Smrk ztepilý je typickou dřevinou severoevropské tajgy a horských lesů ve střední Evropě, v západní Evropě s přímořským klimatem se přirozeně nevyskytoval. Ve střední Evropě vytváří čisté porosty vysoko v horách při lesní hranici, v nižším pásmu pak smíšené porosty s bukem a jedlí (Hrabák, Poruba 2005). Je přizpůsoben vlhkému a drsnému klimatu kontinentálního rázu.

Je málo odolný vůči působení větru, následkem bývají vývraty, poškozován bývá i sněhem a námrazou, která působí vrcholové zlomy. Kantor (2004) dokonce uvádí, že smrkové monokultury jsou na nepůvodních stanovištích pahorkatin prokazatelně a zcela jednoznačně natolik nestabilní, že nejsou schopny plnit své produkční ani mimoprodukční poslání. Dále uvádí, že nejen monokultury, ale i porosty s dominantním podílem smrku se zde mohou s vysokou pravděpodobností zcela rozpadnout ještě před dosažením mýtného věku, pokud v nich nejsou v dostatečném počtu a v přiměřeném rozestupu zastoupeny ekologicky stabilnější dřeviny. Smrk je citlivý na znečištění ovzduší a nehodí se do parků větších měst. Je velmi choulostivý vůči imisím, zejména SO₂, což se projevilo rozsáhlým hynutím porostů, u nás např. v pohraničních horách (Úradníček, Maděra 2001).

Smrk je světlomilná dřevina, snášející v mládí zástin, takže snadno vniká do porostů jiných dřevin a postupně zaujímá jejich místo. Smrkové porosty bývají značně semknuté a silně zastiňují půdní povrch (Úradníček, Maděra 2001). Poněvadž má povrchovou kořenovou soustavu, je smrk značně náročný na půdní vlhkost. Vyhovují mu především chladné oblasti s vysokými srážkami, do nižších pahorkatin proniká v chladných a vlhkých údolích potoků (Hrabák, Poruba 2005). Snese dobře i nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagnující vodu bažin a rašelinišť. Nedostatek vláhy se však stává limitujícím faktorem dobrého růstu smrku (Úradníček, Maděra 2001). Souček, Tesař (2008) uvádějí, že vysokému riziku jsou smrkové porosty vystaveny na stanovištích s ročním úhrnem srážek pod 600 mm (300 – 350 mm ve vegetačním období). Dále uvádějí, že stres z nedostatečného zásobování vodou zvyšuje riziko napadení biotickými škůdci.

Na půdu a geologické podloží nemá smrk velké nároky, na vápencových horninách ustupuje zřetelně buku. Při dostatečné vlhkosti osídluje i docela mělké půdy, kryté trochou humusu, např. horní hranice lesa (Úradníček, Maděra 2001).

Smrk není náročný na klima. Citlivější je k vysokým teplotám a nesnáší nízkou relativní vlhkost vzduchu (Úradníček, Maděra 2001).

Na nevhodných stanovištích, dochází k velkému rozvoji chorob a škůdců s následnými kalamitami značného rozsahu, zejména kůrovců a mnišky (Úradníček, Maděra 2001).

3.3. Vliv kvality sadebního materiálu na odrůstání výsadeb

Kvalitní sadební materiál lesních dřevin je jedním ze základních předpokladů úspěšné obnovy lesa a zalesňování (Jurásek et al. 2010). Zvláště, když umělá obnova je a zřejmě stále dlouhou dobu zůstane rozhodujícím způsobem obnovy lesa v České republice. Její realizace je poměrně jednoduchá, a proto bývá podceňována (Mauer, Vaněk 2013). Nevhodná kvalita užitého sadebního materiálu je nejčastější příčinou velkých ztrát do doby zajištění kultur (Mauer, Mauerová 2010). Kvalita užitého sadebního materiálu má delší dobu své odezvy, kdy výrazně ovlivňuje i další kvalitu založených porostů, byť v době zajištění se porost jeví jako bezproblémový. Vodní stres patří k hlavním příčinám šoku z přesazení. Úspěšná obnova lesa závisí především na schopnosti kořenů sazenic dostatečně zásobovat rostlinu vodou pro kompenzaci ztrát vody transpirací (Leugner et al. 2012) Je-li při výsadbě použit sadební materiál, který ztratil větší množství vody (vodu ztrácí zejména kořenový systém), jeho reakce je stejná jako při použití sadebního materiálu s nevhodným poměrem objemu nadzemní části k objemu kořenového systému. Má velké ztráty, zaostává v růstu nadzemní části a má slabý kořenový systém. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro mechanickou nestabilitu a ztrátu vitality stromu (Mauer, Mauerová 2010). Toto tvrzení je důležité, kdy v současné době dochází k velkoplošnému chřadnutí a odumírání řady dřevin, mechanicky labilní porosty jsou rozvráceny sněhem, větrem, námrazou a napadány biotickými škůdci. I když predispozičních faktorů může být více, mezi nejvýznamnější patří špatný kořenový systém stromů a nevhodné prostorové rozmístění dřevin po ploše. (Mauer, Vaněk 2013). Kvalita použitého sadebního materiálu (genetická, morfologická i fyziologická – zvláště ve vzájemných vazbách) ovlivňuje kvalitu porostu desítky let od jeho založení (Mauer, Mauerová 2010).

3.4. Manipulace se sadebním materiálem

Kvalitu užitého sadebního materiálu však neovlivňuje jenom způsob pěstování v lesních školkách, ale nejméně stejnou měrou i způsob manipulace a vlastní biotechnika sadby (Mauer, Maueroová 2010). Z toho vyplývá, že vážným problémem v současnosti zůstává tedy manipulace se sadebním materiálem od jeho vyzvednutí ve školce až po vlastní umělou obnovu nebo zalesňování. Zde často dochází k pochybením a nedostatkům, které se v konečném efektu projevují v neúměrném snížení fyziologické kvality sadebního materiálu, vzniku druhotných deformací kořenů a zvýšení ztrát po výsadbě (Jurásek et al. 2015). Jiní autoři uvádějí, že vodní potenciál ovlivňuje mnoho základních metabolických procesů rostlin, proto je vliv vysychání během vyzvedávání sadebního materiálu jedním z hlavních faktorů ovlivňujících jeho následnou ujímavost (Leugner et al. 2012). Fyziologické znaky sadebního materiálu jsou dány zejména obsahem vody v pletivech, obsahem zásobních látek, stupněm vegetačního klidu, stavem terminálních pupenů, růstovým potenciálem kořenů a stavem mykorrhizy (ČSN 48 2115). Během celé této etapy působí na sazenice více či méně nepříznivé vlivy. Jejich účinky se kumulují a vzájemně zesilují. Během celého období manipulace není možno fyziologicky stav sazenic zlepšit, možné je pouze minimalizovat jeho zhoršování (Jurásek et al. 2010). Zvláště při současné praxi, kdy je sadební materiál přepravován na velké vzdálenosti a je často neúměrně dlouho zakládán u obnovovaných ploch, dochází k výraznému snížení jeho fyziologické kvality. To se následně projevuje nejen zvýšenými ztrátami po výsadbě, ale často i výrazným snížením vitality a přírůstu stromků po několik následujících let.

Největším fyziologickým poškozením je ztráta vody (Mauer, Houšková 2015). Všeobecně kořenový systém ztrácí vodu mnohem rychleji než nadzemní části, nejdříve jsou poškozovány jemné kořeny a mykorrhiza (již 10 minut na slunci a větru může způsobit vážné poškození jemných kořenů) (Jurásek et al. 2010).

Jako opatření proti ztrátě vody při přepravě a manipulaci je vhodné použití přepravních obalů, které významně sníží riziko zhoršení fyziologické kvality sadebního materiálu (zejména ztráty vody). Samozřejmě musí být, že jsou tyto obaly správně používány během dopravy, skladování a umístění u místa výsadby (Jurásek et al. 2015). Používají se obaly chránící buď pouze kořenové systémy (přebaly, otevřené přepravky) nebo celé semenáčky a sazenice (uzavřené přepravky, krabice, pytle) (Jurásek et al. 2010). Důležitým opatřením je i to, že v případě teplého a slunečního počasí

(nad 20 °C) se doprava sadebního materiálu na větší vzdálenosti (déle než 2 hodiny jízdy) musí realizovat ve večerních, nočních nebo ranních hodinách (Jurásek et al. 2015). Další možností je ošetření sadebního materiálu před expedicí ze školky, a to ošetřením nadzemních částí antitranspiranty (přípravky omezující mechanicky nebo fyziologicky transpiraci a snižujícími tak ztrátu vody). Namáčení kořenů do antidesikantů (není vhodné před dlouhým skladováním – zvyšují riziko plísní). Nutno podotknout že antidesikanty jsou gelové látky chránící kořeny po krátkou dobu před oschnutím. Pokud jsou při nešetrné manipulaci vystaveny příliš intenzivnímu osychání, vyschnou a mají negativní vliv na regeneraci kořenů (Jurásek A. et al. 2010). Dalším obecným a také normou uváděným pravidlem ochrany sadebního materiálu je, že krátkodobé skladování v neklimatizovaných prostorách a založení sadebního materiálu u místa výsadby by nemělo být delší než 3 týdny (výjimečně při teplotách do 5 °C čtyři týdny). Toto omezení uplatněné v normě souvisí s tím, že se zvyšující se venkovní teplotou se mimo jiné u stromků urychluje výstup z dormance a rostliny rychleji prodýchávají zásobní látky (Jurásek et al. 2015). Základem je správná manipulace se sadebním materiálem po vyzvednutí, kdy třídění, úpravy kořenů a nadzemních částí a svazkování sadebního materiálu se zásadně neprovádí na nestíněných záhonech při vyzvedávání, zejména ne za slunečného a větrného počasí. Vystavení kořenů povětrnostním vlivům je třeba omezit na minimální nezbytnou dobu. Jarní vyzvedávání je nejvíce využíváno v lesních školkách v našich klimatických podmínkách (Jurásek et al. 2010). Proto je velice důležité správné načasování vhodného termínu vyzvedávání, kdy dormantní sazenice lépe snášejí manipulaci, naopak není vhodné vyzvedávat semenáčky a sazenice ze zmrzlé nebo příliš mokré půdy (Jurásek et al. 2010). Správné načasování vyzvedávání je velice důležité, neboť fyziologická aktivita sazenic přitom začíná i o 1–2 týdny dříve, než jsou patrné první známky rašení. Také kořeny u většiny dřevin začínají růst dříve než nadzemní část dřevin (Jurásek et al. 2010). Dalším velice důležitým opatřením pro udržení vysoké fyziologické kvality je ochrana kořenů založením, zakrytím nebo vložením do obalů ihned po vyzvednutí ze záhonu (na dně přepravek může být vlhký substrát nebo molitan). (Jurásek et al. 2010). Třídít a upravovat sazenice lze pouze v chladných zastíněných prostorách se zvýšenou vlhkostí a omezenou cirkulací vzduchu (při teplotě do 13 °C) (Jurásek et al. 2010). Pokud byl sadební materiál skladován, je za potřebí při vyskladnění ponechat sadební materiál po několik hodin aklimatizovat na chladném místě, pokud teplota venku je vyšší než 20 °C a v případě potřeby provést

úpravu (krácení) kořenů nebo tvarování nadzemních částí (Jurásek et al. 2010). Při samotné výsadbě je zapotřebí minimalizovat příčiny zhoršení kvality, zvláště ztráty vody při nedostatečné ochraně kořenů během výsadby (Jurásek et al. 2010). Manipulaci s narašeným sadebním materiálem se snažíme vyhnout (doporučená je pouze u douglasky a jedle obrovské). Narašené sazenice nepřevážně nepřepravujeme v uzavřených obalech. Narašené sazenice nelze skladovat v klimatizovaných skladech, sněžných jámách nebo jiných prostorách – ve tmě. Vždy to znamená poškození rašících výhonů (etiologizace, napadení plísněmi) a výrazné zhoršení fyziologické kvality (Jurásek et al. 2010).

3.4.1. Krytokořenný sadební materiál

Výhodou krytokořenného sadebního materiálu je právě ochrana kořenů během manipulace a z ní vyplývající menší šok z přesazení a rychlejší obnova růstu po výsadbě. Sadební materiál je expedován buď v obalech nebo po vyjmutí z obalů (sadbovačů) jako tzv. plugy. Krytokořenný sadební materiál lesních dřevin musí mít soudržný, vlhký a prokořeněný kořenový bal a musí být pěstován technologiemi zamezujícími vznik deformací kořenů (ČSN 48 2115). Další výhodou je dodání určitého množství vhodného substrátu a živin pro počáteční období růstu po výsadbě i rychlejší adaptace k novému prostředí a s tím spojeno rychlejší odrůstání výsadby. Kladem je rovněž menší závislost sazenic na průběhu povětrnostních podmínek po výsadbě (Jurásek et al. 2010). Je třeba mít na paměti, že kořeny jsou sice chráněny balem zeminy, ale i tak mohou při nešetrné manipulaci vyschnout. Vyschlý rašelinový substrát po zavlažení obtížně přijímá vodu. Před expedicí musí být obaly dostatečně zavlaženy (kořenový bal musí být vlhký v celém profilu, ne pouze na povrchu) (Jurásek et al. 2010). Hlavními nevýhodami krytokořenného sadebního materiálu je především vyšší náročnost na technologii pěstování a výsadby sazenic větších dimenzí, zvýšené nebezpečí deformací kořenových systémů během pěstování, nebezpečí vysychání a vymrzání malých obalených semenáčků a sazenic při nevhodné volbě stanoviště a pozdním termínu výsadby a vyšší vstupní cena sazenic i vyšší náklady na dopravu a další manipulaci. Pokud jsou náklady posuzovány ve stadiu zajištění kultury, je použití krytokořenného sadebního materiálu efektivní i ekonomické (Jurásek et al. 2010). Termíny výsadby krytokořenného sadebního materiálu nejsou v normě striktně vymezeny, výsadba nemá být realizována v období intenzivního přírůstu sadebního materiálu, na těžších půdách nelze výsadbu realizovat

při intenzivnějších srážkách a v období půdního sucha, dále za situace, kdy teplota během výsadby klesne pod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, pokud je půda zamrzlá nebo zabahněná (Jurásek et al. 2015). Biologicky nejvhodnější způsob sadby je doporučena ruční jamková sadba, kterou lze použít na všech typech stanovišť. Minimální šířka jamky je dána šířkou kořenového balu +10 cm, hloubka jamky je dána výškou kořenového balu +5 cm (Jurásek et al. 2015). 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 vytvoření ohlazení stěn otvoru a kolem balu nesmí dojít ke vzniku „vzduchových kapes“ (Jurásek et al. 2015).

3.5. Současné a možné metody hodnocení fyziologické kvality SAMA

Vzhledem k tomu že jsme stále svědky výsadby sadebního materiálu se zaschlým kořenovým systémem, snažíme se vyvinout metody hodnocení obsahu vody v kořenovém systému sadebního materiálu, neboť „kořenový systém ztrácí vodu až 3 rychleji než nadzemní část“. Proto je doporučováno jeho hodnocení, a to především při nákupu většího množství semenáčků a sazenic, při podezření, že mohlo dojít ke zhoršení fyziologické kvality během pěstování a manipulace nebo při kupování sazenic, u nichž není známo, jak dlouho a jak (ne)šetrně s nimi bylo manipulováno (Jurásek et al. 2010). Měly by to být metody, které by taktéž byly uplatnitelné v provozní praxi. Je si však třeba uvědomit, že na zjišťování těchto parametrů jsou nutné složitější a tudíž i dražší aparatury a zařízení než na zjišťování morfologické kvality (Jurásek et al. 2010). Zjišťování fyziologických znaků je zpravidla destruktivní a proto se provádí pouze u reprezentativních vzorků sadebního materiálu (ČSN 48 2115). Příčiny zhoršené kvality během dopravy, zvláště ztráty vody – (především u sazenic s nechráněnými kořeny při delší přepravě, riziko ztráty vody se zvláště zvyšuje při cirkulaci vzduchu kolem sazenic) (Jurásek et al. 2010). Lze použít relativně celou řadu metod na zjišťování obsahu vody v pletivech zmiňovaného sadebního materiálu – váhově, pomocí elektrické vodivosti nebo odporu, pomocí savé síly kořenového systému, kořenovým krvácením, vylučováním pryskyřice nebo strhnutím kůry na kořenech, jde o metody subjektivní, ovlivněné celou řadou jiných faktorů, tudíž při sporu neuplatnitelné (Mauer, Houšková 2015).

Dosud naprosto podceňovanou skutečností je obsah zásobních látek. Při nevhodném pěstování (rostliny nedohnojené nebo přehnojené dusíkem), nebo nevhodné i relativně kratší manipulaci, rostliny „velmi rychle ztrácejí zásobní látky (a to až o 50 %)“.

To samo již může být příčinou stagnace růstu nebo velkých ztrát po výsadbě. V kombinaci se ztrátou vody vyvolané nevhodnou manipulací ztráty narůstají až geometrickou řadou (Houšková ed. 2015). Je jasné, že rychlost ztráty vody koreluje s celkovým stavem rostliny. Sadební materiál, který evidentně stagnuje ve svém růstu (a nemusí to být vyvoláno nevhodným hnojením) ztrácí vodu podstatně rychleji než sadební materiál standardní (Mauer, Houšková 2015).

3.5.1. Základní fyziologické charakteristiky a možnosti jejich měření dle ČSN 48 2115

Stav terminálních pupenů (poškození během zimy) je zjišťován pomocí metody barevných změn na podélném řezu pupenem. Zjišťovaným kritériem je tmavozelené nebo hnědé zbarvení poškozených pletiv. Tuto metodu je možné použít pouze pro listnaté dřeviny.

Obsah živin je zjišťován pomocí 3 metod, jsou to metoda zjišťování karenčních jevů, zjišťování abnormálního růstu po přehnojení dusíkem a metoda chemické analýzy sušiny částí rostlin. Zjišťovaným kritériem u karenčních jevů jsou barevné změny asimilačního aparátu a anomálie růstu. U metody zjišťování abnormálního růstu po přehnojení dusíkem je zjišťován poměr délky ročních přírůstu k celkové délce nadzemní části. U poslední metody (zjišťování obsahu živin) je kritériem obsah minerálních látek. Všechny tyto metody na zjišťování obsahu živin lze použít u všech druhů dřevin.

Obsah zásobních látek je zjišťován pomocí 2 metod, jsou to metody zjišťování obsahu škrobu v pletivech kmínku a chemické analýzy částí rostlin. Přítomnost škrobu v pletivech kmínku je zjišťována aplikací Lugolova roztoku, u chemických analýz částí rostlin je určován obsah sacharidů a škrobu. Metody lze použít u všech druhů dřevin, obsah škrobu v pletivech kmínku je vhodné zjišťovat zejména po dlouhodobém skladování sadebního materiálu.

Celková vitalita rostlin je posuzována podle 3 metod. První metoda je zjišťování růstového potenciálu kořenů. Kritériem je hodnocení intenzity obnovy růstu kořenů po přenesení do optimálních růstových podmínek. Tuto metodu lze použít pro všechny druhy dřevin. Další metodou je test vitality podle Oregonské státní univerzity (OSU). Zjišťovaným kritériem je hodnocení růstového potenciálu kořenů, část hodnocených rostlin je před jejich umístěním do optimálních podmínek vystavena stresu

(teplota 32 °C, relativní vlhkost vzduchu 30 % po dobu 15 minut). Metodu lze použít pro všechny druhy dřevin. Poslední metodou hodnocení celkové vitality je výsadba rostlin do řízených podmínek skleníku, fóliovníku. Zjišťovanými kritérii jsou růstový potenciál kořenů, intenzita a průběh rašení, stav kambia a asimilačního aparátu. Metodu lze uplatnit pro všechny druhy dřevin.

Stupeň vegetačního klidu je testován 4 metodami. První metoda je vizuální posouzení stavu pupenů a kořenů. Zjišťovaným kritériem je zvětšená primordia v pupenech, bílé konce kořenových špiček. Druhou metodou je cytologická metoda, kde se zjišťuje stav dělení meristematických buněk. Další metodou je zjišťování odolnosti k mrazu. Zde zjišťujeme poměr hodnot elektrických charakteristik před a po vystavení rostlin mrazu (-18 °C po dobu 20 h), dalším kritériem je zjišťování barevných změn po vystavení rostlin mrazu (-18 °C po dobu 20 h). Poslední metodou je zjišťování přítomnosti ligninu v pletivech terminálního výhonu. Posuzujeme barevné změny po aplikaci chemických činidel. Všechny tyto metody lze použít na všechny druhy dřevin.

Obsah vody je zjišťován podle zjišťování elektrických charakteristik kmínků. Zde posuzujeme kvalitu testovaného sadebního materiálu podle elektrického odporu (impedance) nebo vodivosti. Tuto metodu lze použít u všech dřevin, malá vypovídající hodnota, v případě opakovaných měření lze hodnotit změny vitality rostlin. Druhou metodou pro hodnocení obsahu vody je gravimetrická metoda. Zde hodnotíme rozdíl obsahu vody v pletivech před manipulací a v době hodnocení. Metodu lze použít u všech druhů dřevin, je zde nutná znalost hmotnosti „čerstvých“ rostlin. Další metodou je použití tlakové nádoby (vodní potenciál). Zde zjišťujeme vizuálně výron při zvyšující se hodnotách tlaku, měřená část je ponořena do tlakové nádoby. Poslední metodou je posouzení desikačních dutinek, kde posuzujeme vizuálně tvar a velikost již zmiňovaných desikačních dutinek a barevné změny na podélném řezu dormantních pupenů (ČSN 48 2115). Při dostatku vody jsou všechny dřevňové buňky naplněny buněčnou šťávou a mají tvar balonku, které jsou vzájemným tlakem a tlakem obklopujících stěn vytvarovány do zaoblených troj- a víceúhelníků. Jak obsah vody v pletivech klesá, reagují tyto buňky velmi citlivě snížením vnitřního tlaku (turgoru) a zmenšují svůj objem. Čím je ztráta vody větší, tím větší jsou i vznikající prázdné prostory. V dokonale zdravém organismu nemají teoreticky prázdné prostory existovat. Proto musíme na přítomnost dutinek hledět vždy jako na příznak nedostatku vody

a signál slabšího nebo silnějšího stressového stavu (Steinhübel, G., 1982). Tuto metodu lze použít u smrku ztepilého a jedle bělokoré, obzvláště po dlouhodobém skladování (ČSN 48 2115).

3.5.2. Vysychání během manipulace na následný růst sazenic smrku ztepilého

Ztráty vody během manipulace se sadebním materiálem smrku ztepilého se zabývali Leugner et al. (2012) a Sychra (2016). Leugner et al. (2012) zjistili významné snížení obsahu vody během expozice sazenic. Nadzemní části ztrácí v prvních 60 minutách 9 % a po 120 minutách 20,4 % z počátečního obsahu vody (vztaženo k čerstvé hmotnosti), kořeny za stejnou dobu ztratily 19,4 a 36,8 % z počátečního obsahu vody. Sychra (2016) uvádí, že kořenový systém ztrácí vodu přibližně o polovinu rychleji než nadzemní část. Leugner et al. (2012) uvádí, že simulovaná nesprávná manipulace (vysychání) výrazně ovlivnila velikost ztrát po výsadbě. Na rozdíl od průběhu rašení, úhyn sazenic byl výrazně ovlivněn i podmínkami prostředí, kam byly sazenice vysazeny. Nejvýraznější ztráty se projeví, pokud byl sadební materiál, který byl po delší dobu exponován bez ochrany kořenů, vysázen na osluněnou lokalitu. Expozice kořenů se uskutečnila při teplotě 17,5 °C za bezvětří. Sychra (2016) uvádí, že chladnějších podmínkách experimentu dokázaly morfologicky a fyziologicky kvalitní sazenice, které byly kvalitně jamkově zasazeny na malou krytou holinu, odolávat i čtyřhodinovému osychání a ztráty nedosahují výraznějších hodnot. Leugner et al. (2012) uvádí, že v době jarního zalesňování však mohou být zejména za slunečných dnů teploty značně vyšší a navíc účinky vysychání bývají zesíleny větrem. V takových to podmínkách pak lze očekávat i výrazně vyšší ztráty po výsadbě. Z výsledků je patrné, že vysychání sazenic před výsadbou výrazně zpozdilo i rašení pupenů. Pupy sazenic vystavených vysychání po dobu 60 minut dosahovaly jednotlivých stádií rašení později než kontrolní neexponované sazenice.

4. Metodika

Byl testován, smrk ztepilý a buk lesní (Obr. 1). Vždy s kořenovým systémem nechráněným - prostokořenným a obaleným – krytokořenným (Obr. 1). Měření probíhalo v pozdních jarních měsících, kdy teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a vlhkost půdy není pro rostliny zcela optimální a často dochází ke stresování a následně k chřadnutí a odumírání sazenic. Stresování bylo vyvoláno pomocí vysychání a exponování sadebního materiálu ve stínu porostu v blízkosti místa výsadby a následně byly rostliny v časových intervalech vysazovány (Obr. 3c). Rostliny byly před výsadbou podrobeny testování podle 3 nových ověřovaných metod hodno

cení fyziologické kvality sadebního materiálu. Prostokořenný sadební materiál byl testován metodou měření úbytku hmotnosti jemných kořenů při tepelném stresu, což bylo zajištěno pomocí fénování kořenů. U krytokořenného sadebního materiálu byly ověřovány 2 metody testování. Byla použita metoda měření ztráty hmotnosti kořenového balu při vysychání rostlin a metoda měření vlhkosti substrátu kořenových balů, kde bylo testováno několik čidel. Na konci vegetačního období byl u každé varianty vysazovaných sazenic zjištěn počet ztrát, výška nadzemní části, terminální přírůst, délka jehlic, šířka kořenového krčku, vitalita a poškození (zvěří, klikorohem a jinými biotickými a abiotickými činiteli).

4.1. Použitý materiál

Testován byl sadební materiál vypěstovaný v lesní školce LESCUS Cetkovice, s.r.o.:

- Krytokořenný
 - Smrk ztepilý (fv1+v1)
 - Buk lesní (fv1+0)
- Prostokořenný
 - Smrk ztepilý (2+2)
 - Buk lesní (1-1)



Obr. 1: Sadební materiál krytokořenný buku lesního (a, vlevo), smrku ztepilého (a, vpravo) a prostokořenný buku lesního (b), smrku ztepilého (c) použitý k testování

4.2. Popis výzkumné plochy

Výzkumná plocha, kde probíhalo testování a výsadby rostlin se nachází u obce Cetkovice (49.5818761N, 16.7425856E), která leží severně od města Boskovice. Umístěna je na západním svahu kopce Lipina (592 m n. m.), který je na pomezí Boskovické brázdy a Drahanské vrchoviny. Plocha je součástí přírodní lesní oblasti (PLO) 30 – Drahanská vrchovina, kde se nachází v její západní části. Nadmořská výška výzkumné plochy činí 475 mn.m, spadá do lesního vegetačního stupně 4 – stupeň bukový (www.uhul.cz). Převládající proudění větrů a srážek

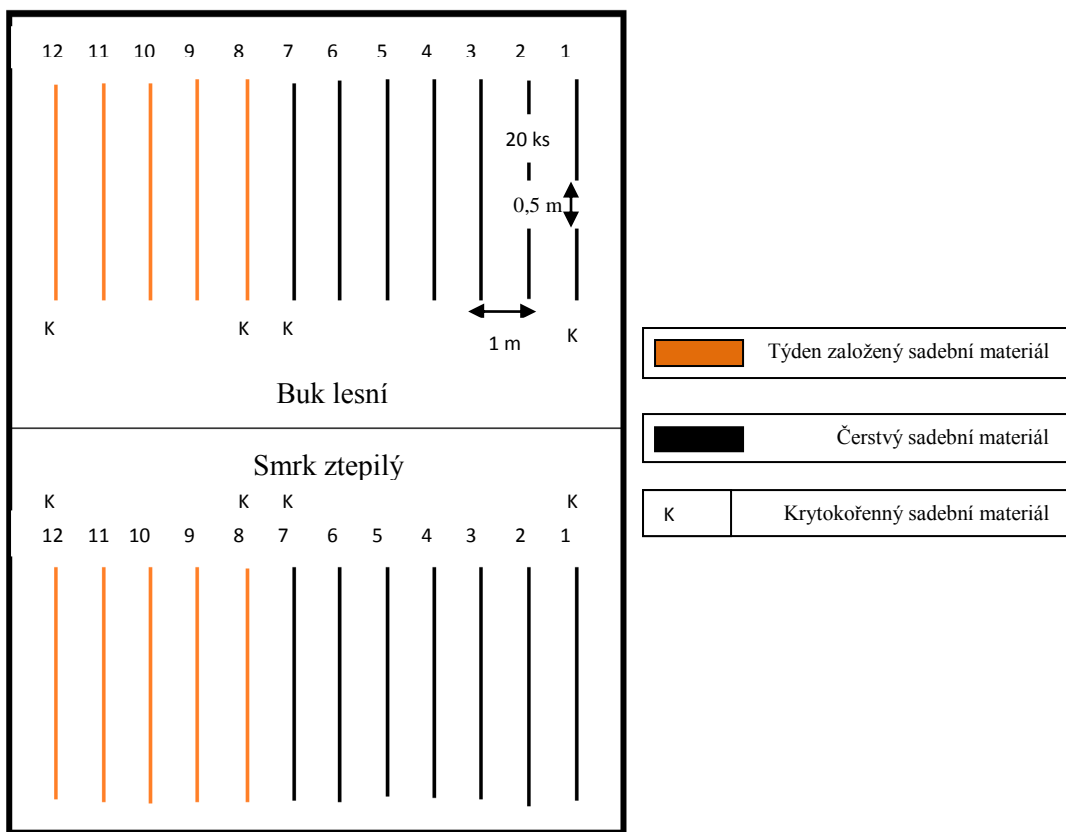
je převážně od západu a severozápadu, kde se nachází Českomoravská vrchovina, která působí na Dražanskou vrchovinu srážkovým stínem, zvláště v západní části. Průměrné roční srážky zde tedy dosahují hodnot kolem 620 mm (www.uhul.cz). Průměrná roční teplota zde je 7,2 °C (www.chmu.cz, www.uhul.cz). Horninotvorný podklad je zde slepenec nebo brekcie, půdní typ je kambizem typická (www.gweb.cz). Hospodářský cílový soubor je 451, živná stanoviště středních poloh s převládající dřevinou smrk. Lesní typ 4S2, svěží bučina se svízelem drsným na plošinách s relativně suchými půdami (www.uhul.cz). Výzkumná plocha tvoří dlouhou úzkou holinu, která je ve svahu – 10 ° a je umístěna mezi ponechanými zbytky starších porostů. Holina vznikla po těžbě s ponechanými pařezy. Na části plochy pro výsadbu r. 2015 byla odklizena klest, zbylé části plochy pro výsadbu r. 2016 byly těžební zbytky ponechány na ploše a po těžbě rozfrézovány. V těsné blízkosti výzkumné plochy byla v roce 2015 ponechána porostní stěna. V průběhu roku 2015 byla porostní stěna napadena škůdci a byla následně odstraněna. V následném roce bylo okolo celé plochy vystavěno mechanické oplocení, které zabraňuje zvěři v přístupu na plochu. Jelikož se jedná o živné osluněné stanoviště, je zde problém s buřením, která je každý rok jednou vyžínána.

4.3. Metodika měření

Výsadba a testování sadebního materiálu byla zahájena v roce 2016. Výsadba a testování sadebního materiálu, bylo rozděleno na dvě části. První část byla testována 6.5.2016. Rostliny byly rozprostřeny ve stínu na povrchu půdy v blízkosti místa výsadby (simulace nesprávné manipulace, vyvolání stresu vysycháním) a v určitých časových intervalech vysazovány. Druhá část testování byla provedena zhruba o týden později, tj. 12.6.2016. Při druhém testování byl testován sadební materiál, který byl založen pod mlazinou v blízkosti plochy z předcházejícího měření. V průběhu vysychání sazenic byla měřena teplota a vlhkost vzduchu čidlem Minikin THi, a to s radiačním krytem i bez krytu pro zjištění podmínek přímo u testovaných rostlin.

Použit byl sadební materiál, který byl před testováním dlouhodobě skladován zamražením. Před samotným testováním byly rostliny ponechány jeden den k rozmrznutí. Sadební materiál byl skladován a přepravován na výzkumnou plochu v bílých plastových pytlích (ochrana proti vysoušení a přehřívání).

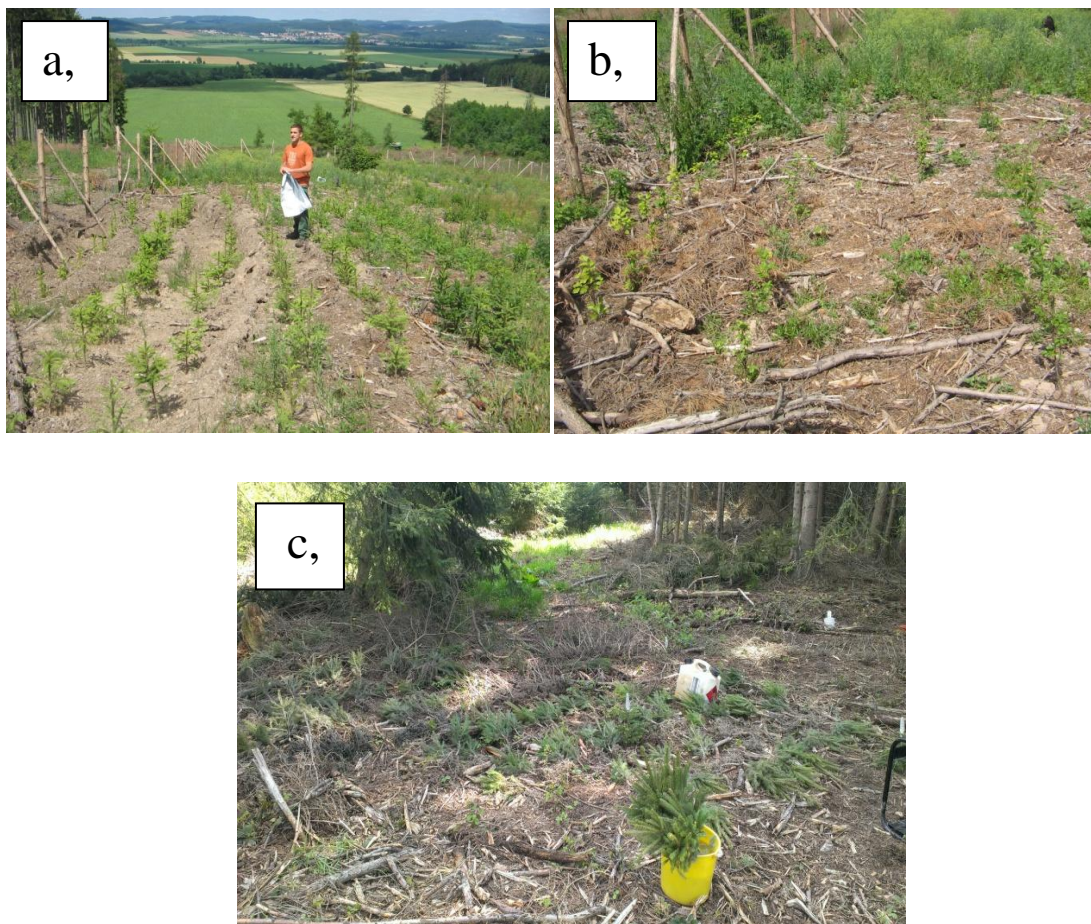
Prostokořenný sadební materiál obou dřevin byl podroben vysychání zvlášť u čerstvých sazenic a zvlášť u sazenic, které byly týden založené. Čerstvý sadební materiál byl exponován po dobu 0, 0,5, 1, 2 a 3 hodiny, týden založený sadební materiál obou dřevin vysychal 0, 1 a 3 hodiny (Tab. 1). Krytokořenný sadební materiál obou dřevin byl vystaven vysychání ve značně odlišných, delších časových intervalech z důvodu balu okolo kořenového systému a tím i pomalejšího vysychání kořenového systému. Čerstvý sadební materiál byl vystaven vysychání po dobu 0 a 4-5hod, po týdenním založení 0 a 4 hodiny (Tab. 1). Po každé uplynulé době vystavení stresu bylo vybráno 20 ks rostlin, které byly následně rychle vysazeny na plochu. V každé testované variantě bylo 20 ks rostlin, které byly vysazeny jamkovou sadbou do řádku ve vzdálenosti 0,5 m a jsou orientovány vodorovně se svahem (Obr. 2). Typy variant jsou od sebe ve vzdálenosti po 1 m (Obr. 2, Obr. 3a). Varianty jsou sázeny vedle sebe podle doby podrobené jejich vysychání (na okraji jsou čerstvé rostliny bez vysychání a čím více od okraje, jsou více stresované (Obr. 2, Obr. 3a)). Sazenice smrku ztepilého byly vysazeny v dolní části plochy dohromady s prostokořennými a krytokořennými v oddělených variantách. V horní části byl vysazen buk lesní a stejně jako u smrku byly dohromady vysazeny rostliny prostokořenné a krytokořenné v oddělených variantách (Obr. 3b). Týden založené rostliny byly vysazeny do řádků vedle předchozí výsadby (Obr. 2). K prostokořennému a krytokořennému sadebnímu materiálu byla přiřazena zkratka. Prostokořenný sadební materiál je označen zkratkou PK SAMA. Krytokořenný sadební materiál KK SAMA. Takto byly označeny i druhy rostlin. Prostokořenný sadební materiál smrku ztepilého je označen zkratkou PK SM a buku lesního PK BK. U krytokořenného sadebního materiálu je to podobné, KK SM – smrk ztepilý a KK BK – buk lesní.



Obr. 2: Schéma výzkumné plochy s očíslovanými variantami podle různé délky vysýchání rozdělené podle druhu rostliny a čerstvých nebo týden založených sazenic.

Tab. 1: Jednotlivé expozice podle stanovené doby vysychání testovaného sadebního materiálu

	Dřevina	Typ sadebního materiálu	Jednotlivé expozice se stanovenou dobou vysychání				
			0. expozice	1. expozice	2. expozice	3. expozice	4. expozice
Čerstvý sadební materiál	SM	PK SAMA	10:00	10:00-10:30	10:00-11:00	10:00-12:00	10:00-13:00
			0 hod	0,5 hod	1 hod	2 hod	3 hod
		KK SAMA	10:00	10:00-15:00	-	-	-
			0 hod	5 hod	-	-	-
	BK	PK SAMA	10:00	10:00-10:30	10:00-11:00	10:00-12:00	10:00-13:00
			0 hod	0,5 hod	1 hod	2 hod	3 hod
		KK SAMA	10:00	10:00-15:30	-	-	-
			0 hod	5,5 hod	-	-	-
Týden založený sadební materiál	SM	PK SAMA	11:00	11:00-12:00	11:00-14:00	-	-
			0 hod	1 hod	3 hod	-	-
		KK SAMA	11:00	11:00-15:00	-	-	-
			0 hod	4 hod	-	-	-
	BK	PK SAMA	11:00	11:00-12:00	11:00-14:00	-	-
			0 hod	1 hod	3 hod	-	-
		KK SAMA	11:00	11:00-15:00	-	-	-
			0 hod	4 hod	-	-	-



Obr. 3: Vybudované oplocení s variantami s různě dlouhou dobou vysýchání rostlin po výsadbě vlevo smrk ztepilý (a), vpravo buk lesní (b) a prostokořenný sadební materiál buku lesního a smrku ztepilého, který je před výsadbou podroben různě dlouhé době vysýchání (c)

Před samotným zahájením výsadeb bylo provedeno testování rostlin z hlediska fyziologické kvality sadebního materiálu v závislosti na ztrátě vody. Byly vybrány metody, které jsou celkem snadné, rychlé, peněžně dostupné a v provozu uskutečnitelné.

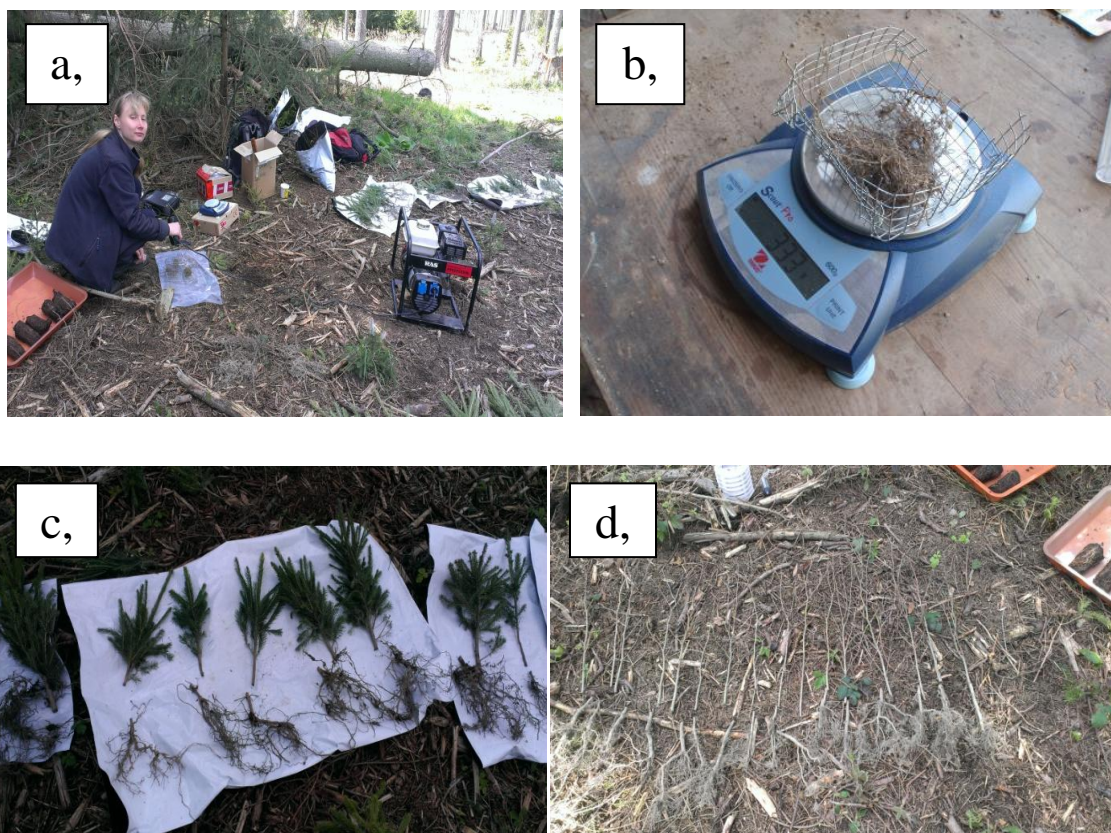
- a) Měření hmotnostního úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu
- b) Měření hmotnostního úbytku kořenových balů
- c) Měření vlhkosti substrátu kořenových balů

4.3.1. Měření hmotnostního úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu

Tato metoda testování byla používána pouze u prostokořenného sadebního materiálu před jeho výsadbou. Podstatou této metody je velká pravděpodobnost, že kořenový systém, který bude plně nasycen vodou, bude ztrácet vodu z kořenového systému rychleji než málo nasycený, částečně vyschnutý. Metoda spočívá ve vystavení kořenového systému testované rostliny ke konstantnímu tepelnému stresu vyvolaného fénováním. K fénování byl použit kvalitní fén na vlasy s příkonem 1600W. Nezbytné je mít k fénování potřebný konstantní elektrický proud, který byl zajištěn benzinovým agregátem s měničem energie (Obr. 4a). Dalším nezbytným doplňkem je laboratorní váha s přesností 0,1 g. Potřebnou pomůckou je košíček/síto, do kterého se budou vkládat vzorky jemných kořenů (Obr. 4b). Z každé testované sazenice je odebrán vzorek jemných kořenů, odebrán byl vzorek 4–6 g jemných kořenů (Obr. 4b). Vzorek jemných kořenů z cca 3 rostlin byl zvážen a vložen do košíčku a následně po určitou dobu fénován a poté opět zvážen. Dle procentického úbytku hmotnosti kořenového systému, posoudíme stav rostliny. Fénování kořenového systému probíhalo v intervalech 1, 2 a 5 minut a po každém intervalu byl, zaznamenám váhový úbytek. U založených sazenic bylo testováno fénování po dobu pouze 1 a 5 minut.

Kořenový systém je velice choulostivý, ztrácí vodu až 3 krát rychleji než nadzemní část. Z toho vyplývá, buňky, které jsou na kořenovém systému, rychleji odumírají. Odumřelé buňky špatně poutají vodu a při následném vystavení stresu (fénování) nedokážou vodu dostatečně poutat a rychleji vodu ztrácejí. Na podobném principu pracuje metoda IDS, která tím odstraňuje neproduktivní semena. Tento princip byl analogicky využit i při našem hodnocení, vystavený oschlý kořenový systém každé rostliny byl máčen po dobu 10 minut ve vodě, aby byl vodou znovu nasycen. Následně byl od namočeného kořenového systému po jeho povrchovém oschnutí oddělen vzorek jemných kořenů s cílem zjistit jeho hmotnost a poté opět vystavit vysoušení. V praxi je navíc také možné se setkat s cíleným máčením oschlého sadebního materiálu ve vodě, aby byl navozen efekt čerstvých vlhkých kořenů před výsadbou. Součástí měření bylo taktéž zjišťování rychlosti ztráty vody v rostlinách měřením jejich hmotnosti, a to zvláště v kořenovém systému a zvláště u nadzemní části

(Obr. 4b,c). Rostliny bez založení byly hodnoceny po 4 hodinách, po 3 hodinách byl vyhodnocován sadební materiál týden založených rostlin.



Obr. 4: Působení tepelného stresu na jemný kořenový systém pomocí fěnu poháněného benzínovým agregátem (a), měření ztráty vody jemných kořenů před tepelným stresem nebo po tepelném stresu (b) a testovaný prostokořenný sadební materiál smrku ztepilého (c) a buku lesního (d)

4.3.2. Měření hmotnostního úbytku kořenových balů

Tuto metodu je možné použít pouze u krytokořenného sadebního materiálu. Před samotnou výsadbou stresovaných rostlin byla zjišťována hmotnost kořenových balů. Kořenové baly, které byly odštíženy od nadzemní části, byly na odštíženém místě ošetřeny voskem, aby se zamezilo ztrátě vody. Takto bylo testováno od každé dřeviny 20 ks balů. Jednotlivé baly byly váženy naráz ve stejných intervalech shodně s výsadbou rostlin, aby byla zjištěna ztráta vody u vysazovaných balů rostlin. První vážení bylo provedeno u balů, které nebyly vystaveny žádnému vysychání. Na konci dne, kdy byl vysazován krytokořenný sadební materiál, bylo po uplynulé době vysychání provedeno další vážení. Takto jsme zjistili úbytek hmotnosti kořenových balů

vlivem ztráty vody u rostlin ponechaných vysychání. Cílem této metody je zjistit procentuální minimální možné zastoupení vody v kořenových balech před výsadbou rostlin. Pro zjištění hmotnosti kořenových balů plně nasycených vodou byl 20 rostlinám, odstřižen kořenový bal (Obr. 5). Odstřižené kořenové baly byly nejprve zváženy a následně namočený do vody po dobu 10 minut. Po 10 minutách máčení ve vodě byly baly ponechány po dobu 10 minut okapaní a poté opět zváženy. Takto jsme zjistili maximální možné nasycení kořenových balů vodou.

4.3.3. Měření vlhkosti substrátu kořenových balů

Tato metoda je opět určena pouze pro krytokořenný sadební materiál. Cílem této metody je zjistit vlhkost substrátu obalených sazenic, které budou po výsadbě prosperovat. Dalším cílem je zjistit, který z testovaných přístrojů bude vykazovat nejlepší parametry pro hodnocení krytokořenného materiálu v provozu. Kritériem je rychlé, přesné a snadné měření a v neposlední řadě cenová dostupnost přístrojů. Vlhkost substrátu u krytokořenného sadebního materiálu byla měřena několika přístroji. V roce 2015 a 2016 byl použit přístroj WHT 860, který je určen pro měření vlhkosti dřeva. V roce 2016 byla k tomuto přístroji přidána vhodná velikost čidla. Dalšími měřicími přístroji, které byly podrobeny testování, byly vlhkoměry používané pro měření vlhkosti půdy, jsou to vlhkoměr HH2 s čidlem SM300 a testován byl rovněž přístroj Lincoln zapůjčeny od firmy EMS Brno. Vlhkoměry Lincoln a HH2 byly nevhodné. Vlhkoměr s názvem Lincoln byl nevhodný pro jeho hrubou stupnici hodnot vlhkosti (stupeň 1–10). Vlhkoměr HH2 byl dobrý, ale problém byl ve velikosti jeho čidla, které dosahuje velkých rozměrů pro měření balů, zvláště pro baly buku. Vlhkost balů byla měřena na stejných balech rostlin jako, byl sledován jejich váhový úbytek při výše zmiňované metodě hodnocení hmotnostního úbytku kořenových balů (Obr. 5). Nutno podotknout, že přístroje udávají objemovou vlhkost substrátu (%).



Obr. 5: Testované baly (měření hmotnostního úbytku a vlhkostního úbytku kořenových balů během vysychání) buku lesního (na světlých podložkách) a smrku ztepilého (na tmavých podložkách) v průběhu vysychání

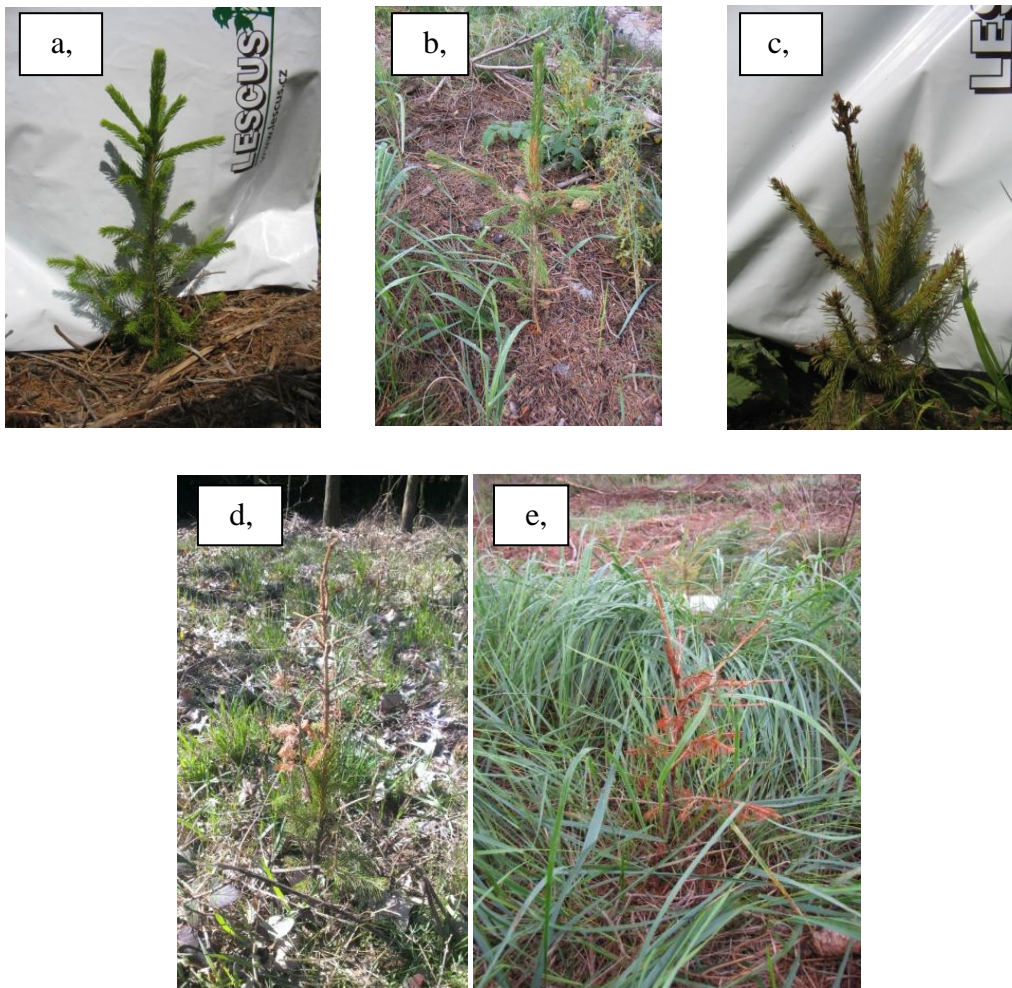
4.3.4. Vyhodnocování testovaných variant na konci vegetačního období

Měření bylo uskutečněno 4. 10 v době, kdy rostliny mají plně vyzrálé letorosty. Jednotlivé expozice byly rozděleny a měřeny podle druhu, pěstebního vzorce a doby stresování sazenic. Každé měřené rostlině, byly v každé variantě měřeny konkrétní hodnoty:

- Celková délka nadzemní části, uváděna v jednotkách centimetrů
- Roční terminální přírůst, uváděn v jednotkách centimetrů
- Tloušťka kořenového krčku, uváděna v jednotkách milimetrů
- Délka jehlic u jehličnatých dřevin na postranních větévkách, měřeny 3 jehlice v milimetrech
- Rozměry délky a šířky listu u listnatých dřevin, uváděných v milimetrech
- Posouzení vitality rostlin, uváděna u každé dřeviny stupnicí od 1 do 5

Výška sazenic byla měřena pomocí skládacího metru nebo dlouhého pravítka 50cm. Skládací metr byl přiložen k rostlině od kořenového krčku až po vrchol letošního terminálu. Letošní terminální přírůst byl měřen od posledního přeslenu po vrcholovou terminální pupene rostliny. Tloušťka kořenového krčku byla měřena pomocí

posuvného měřítka (šuplery). Posuvné měřítko bylo přiloženo na kořenový krček a nedošlo k poškození rostliny. Dalším měřením bylo vyhodnocování délky jehlic u jehličnatých dřevin a u listnatých dřevin velikost listu. Velikost jehlic a listu byla měřena pomocí pravítka. Měřeny byly 3 jehlice z postranních větví letošního roku z prostřední části rostliny, naměřené jednotlivé hodnoty z každé jehlice byly zapsány. Podobným způsobem probíhalo měření u listnatých dřevin. U každé sazenice nebo semenáčku buku byl měřen jeden největší list. Měřena byla v nejširším místě šířka listu, délka listu byla měřena od řapíku až k vrcholu daného listu. Závěrečným hodnocením stavu každé dřeviny bylo vizuální posouzení její vitality. Stupnice hodnocení byla rozčleněna na stupně hodnocení 1 až 5 s tím, že nejlepší hodnota představovala stupeň hodnocení č. 1 a nejhorší stupeň č. 5. Rostliny, které byly ohodnoceny stupněm č. 1, vykazovaly velké terminální i boční přírůsty, barva asimilačního aparátu byla sytě zelená, délka jehlic dostatečně dlouhá (Obr. 6a). Stupeň č. 2 byl přiřazen rostlinám, které vykazovaly přírůst, ale jejich barva nebo délka přírůstu neodpovídaly nejkvalitnějším jedincům (Obr. 6b). Stupeň č. 3 byl přiřazen rostlinám, které měly malou velikost a světlou až nažloutlou barvu asimilačního aparátu (Obr. 6c). Stupněm č. 4 byl označen sadební materiál, který odumírá, jehlice vykazují známky rezivění a opadávají (Obr. 6d). Sazenice nebo semenáčky, které byly posouzeny jako uhynulé, byly bez funkčního asimilačního aparátu a nevykazovaly žádné známky regenerace a byly označeny stupněm č. 5 (Obr. 6e). Takto byly ohodnoceny všechny rostliny v každém hodnoceném řádku (variantě). Všechny přiřazené hodnoty k testovaným rostlinám byly v každém řádku sečteny a následně zprůměrovány. Takto zprůměrované hodnoty byly následně uvedeny v tabulkách.

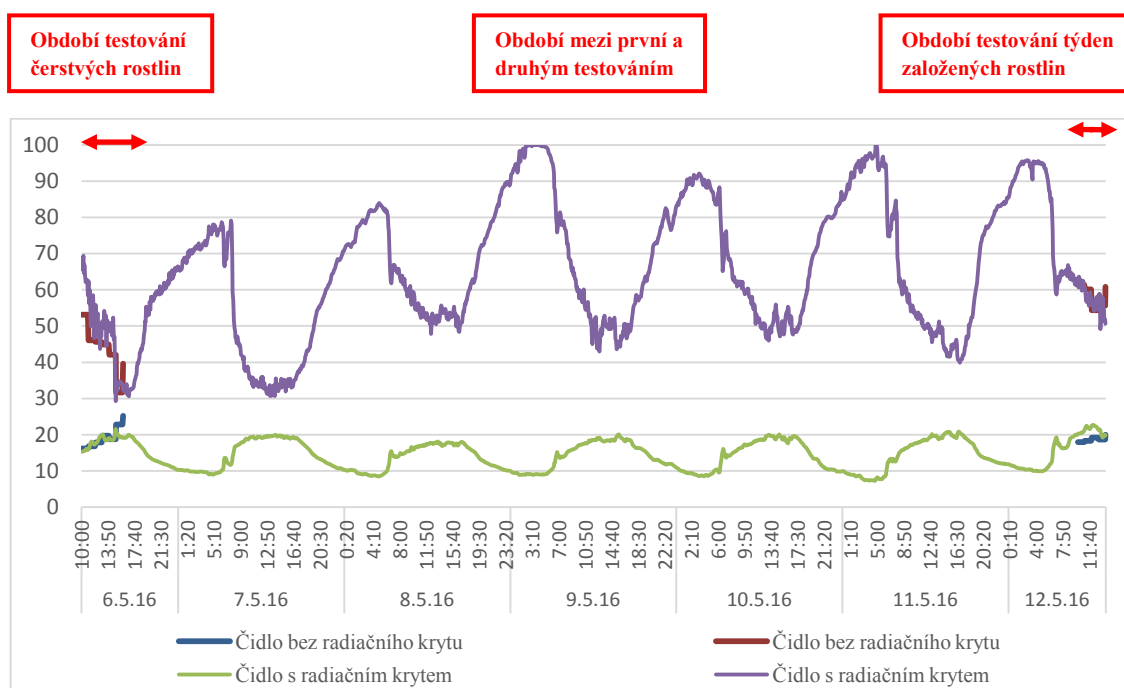


Obr. 6: Posuzované varianty vitality smrku ztepilého, hodnoceny č. 1 nejvíce vitální (a), č.2 méně vitální (b), č.3 středně vitální (c), č.4 chřadnoucí (d), č.5 uhynulý (e)

Naměřené výsledky během zakládání výsadby a vyhodnocené varianty na konci vegetačního období byly zapsány do předem připravených archů, ze kterých byly naměřené hodnoty přepsány do elektronické podoby. Tyto výsledky byly zpracovány pomocí popisné statistiky v programu Microsoft Office Excel 2007.

5. Výsledky a jejich zhodnocení

V průběhu obou exponování sadebního materiálu vysycháním před výsadbou se denní teplota vzduchu pohybovala okolo 20 °C (Obr. 7). Vlhkost vzduchu v první den hodnocení byla ze začátku kolem 70 %, postupem času klesala na hodnotu mezi 40–30 % (Obr. 7). Zhruba po týdnu, kdy bylo uskutečněno další měření týden založeného sadebního materiálu, byla vlhkost oproti minulému měření celý den vyšší, mezi 60–50 % (Obr. 7). Hodnoty, které jsou měřeny s radičním krytem i bez krytu, jsou po oba dny testování téměř stejné. Výjimkou jsou naměřené hodnoty teploty z 12.5., kdy rostliny byly po týdenním založení, které jsou oproti měření s radičním krytem o málo nižší. Po dobu, kdy byl založen sadební materiál k dalšímu testování, se pohybovaly nejvyšší denní teploty maximálně k hranici 20 °C (Obr. 7). Vlhkost vzduchu byla po celý týden rozmezí mezi 40 % a 100 %, výjimkou je první den po založení, kdy vlhkost vzduchu klesla k 30 % (Obr. 7).



Obr. 7: Průběh teploty a relativní vlhkosti vzduchu na výzkumné ploše v době výsadby s vyznačenými obdobími testování sadebního materiálu vysycháním před výsadbou.

5.1. Vyhodnocení prostokořenného sadebního materiálu

5.1.1. Úbytek hmotnosti jemných kořenů při konstantním tepelném stresu

Prostokořenný sadební materiál byl před výsadbou podroben testování pomocí nové metody hodnocení fyziologické kvality s ohledem na ztrátu vody vysycháním rostlin, a to měření hmotnostního úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu vyvolaném pomocí fénování. Z tabulek 1-4 je patrné, že čím déle rostliny vysychaly v blízkosti místa výsadby, tím docházelo k menšímu váhovému úbytku jemných kořenů během fénování. Rostliny máčené ve vodě před testem vykazovaly oproti nenamáčeným větší váhový úbytek jemných kořenů během fénování. Tento rozdíl byl zvláště velký při vysychání jemných kořenů 5 minut. Dále bylo zjištěno, že sazenice buku ztrácejí vodu z kořenového systému oproti sazenicím smrku rychleji, což je možné posoudit z tabulek 1 a 2 oproti tabulkám 3 a 4. Významné rozdíly byly zjištěny mezi rostlinami čerstvě vyzvednutými a týden založenými, a to při délce vysychání 0 hod (bez stresu vysycháním). Tento rozdíl se vyskytuje jak u sazenic buku, tak i u sazenic smrku. Týden založené rostliny vykazují menší váhový úbytek jemných kořenů už při 1 minutě vysychání než rostliny čerstvé, rozdíl je kolem 4 % (Tab. 2, Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5). Při 5minutovém vystavení vysychání kořenového systému rozdíl mezi těmito dvěma variantami je až 15% (Tab. 2, Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5). U rostlin, které byly máčeny ve vodě, není tento rozdíl tak velký jako u čerstvých.

Tab. 2: Váha vzorků jemných kořenů PK SM (%) s různou délkou vysychání čerstvě vyzvednutých rostlin při různé délce fénování vzorků

	Délka vysychání rostlin	Délka fénování jemných kořenů			
		0 min	1 min	2 min	5 min
Rostliny nemáčené ve vodě před testem	0 hod	100	86,6	76,9	66,1
	0,5 hod	100	90,0	84,3	74,5
	1 hod	100	92,3	88,0	82,6
	2 hod	100	90,9	85,7	77,9
	3 hod	100	93,5	89,3	85,4
Rostliny máčené ve vodě před testem	0 hod	100	83,9	74,3	61,7
	0,5 hod	100	85,6	75,0	61,4
	1 hod	100	84,3	79,1	67,6
	2 hod	100	82,5	76,4	63,1
	3 hod	100	96,4	87,9	78,7

Tab. 3: Váha vzorků jemných kořenů PK SM (%) s různou délkou vysychání 1 týden založených rostlin při různé délce fénování vzorků

	Délka vysychání rostlin	Délka fénování jemných kořenů		
		0 min	1 min	5 min
Rostliny nemáčené ve vodě před testem	0 hod	100	90,4	81,8
	1 hod	100	91,8	84,4
	3 hod	100	93,7	86,1
Rostliny máčené ve vodě před testem	0 hod	100	83,9	68,0
	1 hod	100	83,8	60,2
	3 hod	100	78,9	59,2

Tab. 4: Váha vzorků jemných kořenů PK BK (%) s různou délkou vysychání čerstvě vyzvednutých rostlin při různé délce fénování

	Délka vysychání rostlin	Délka fénování jemných kořenů			
		0 min	1 min	2 min	5 min
Rostliny nemáčené ve vodě před testem	0 hod	100	77,5	68,3	61,0
	0,5 hod	100	81,3	77,2	70,3
	1 hod	100	85,0	77,2	71,4
	2 hod	100	95,4	86,8	82,1
	3 hod	100	88,9	75,8	80,8
Rostliny máčené ve vodě před testem	0 hod	100	75,2	60,9	51,3
	0,5 hod	100	74,2	57,1	51,4
	1 hod	100	72,3	64,4	56,3
	2 hod	100	79,8	74,3	66,0
	3 hod	100	75,1	66,4	63,0

Tab. 5: Váha jemných kořenů PK BK (%) s různou délkou vysychání 1 týden založených rostlin při různé délce fénování vzorků

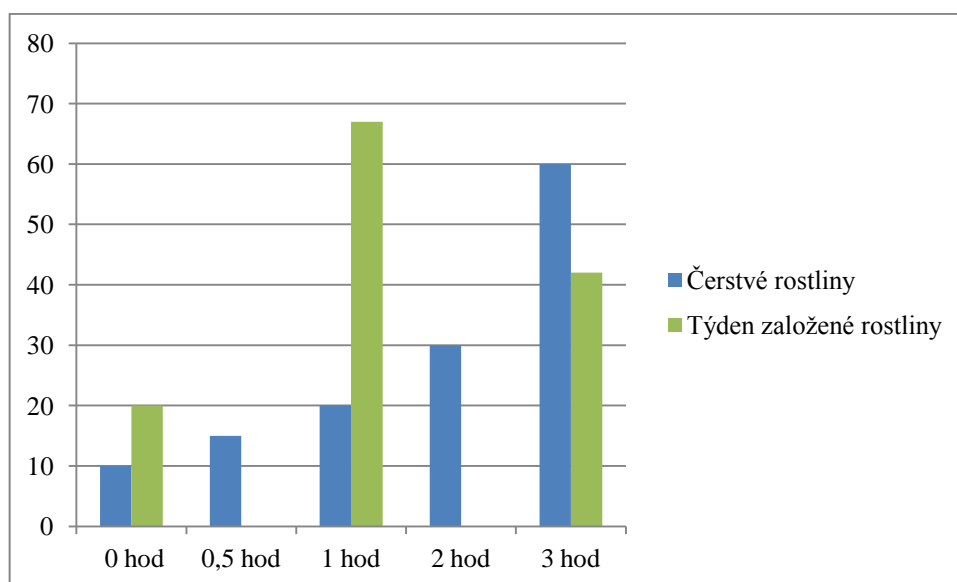
	Délka vysychání rostlin	Délka fénování jemných kořenů		
		0 min	1 min	5 min
Rostliny nemáčené ve vodě před testem	0 hod	100	83,5	70,7
	1 hod	100	87,4	77,4
	3 hod	100	94,1	84,0
Rostliny máčené ve vodě před testem	0 hod	100	74,2	56,0
	1 hod	100	70,0	53,3
	3 hod	100	74,8	55,7

5.1.2. Vyhodnocení prostokořenného sadebního materiálu na konci vegetačního období

Čerstvý sadební materiál smrku při různých dobách ponechání vysychání nevykazuje výraznější mortalitu. Nejvíce uhynulých rostlin bylo při 1 a 2 hodině vysychání, kdy mortalita představovala 10 %. To neplatí u týden založeného sadebního materiálu, který při ponechání 3 hodin vysychání rostlin představuje 35% mortalitu. Z výsledků vyplývá, že čím déle byly rostliny stresovány, tím více jsou poškozovány klikorohem. Velké poškození klikorohem bylo zjištěno zvláště u týden založených rostlin, které byly i při nulovém stresování, výrazněji poškozovány než rostliny čerstvé (Tab. 6). Nejvíce poškozena varianta výsadby klikorohem byla u prostokořenných rostlin při 1 hodině vysychání, kde je poškozeno až 67 % sazenic (Tab. 6, Obr. 8). Čerstvý sadební materiál s přibývajícím délkou vystavení vysychání, je více poškozován klikorohem (Tab. 6, Obr. 8). Omezení výškového přírůstu délkou vystavení rostlin stresu u čerstvých sazenic nebylo prokázáno, ale týden založené rostliny vykazovaly s delší dobou stresování nižší přírůsty. Celková výška rostlin je přímo úměrná k naměřeným hodnotám u terminálních přírůstů, protože rostliny byly měřeny od kořenového krčku až k vrcholu terminálního pupene. Rostliny, které nebyly stresovány, vykazovaly největší tloušťku kořenového krčku. Nejvíce vitálních a bez úhynu rostlin bylo u čerstvého sadebního materiálu při 3hodinovém vystavení stresu. Naopak u založených rostlin, bylo nejméně vitálních jedinců po 3hodinovém vysychání (Tab. 7).

Tab. 6: Procentuální znázornění napadených kusů sazenic smrku ve variantách vystavení vysychání klikorohem

		Doba vysychání rostlin						
		0 hod	0,5 hod	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	5 hod
Prostokořenný sadební materiál	Čerstvé rostliny	10	15	20	30	60	-	-
	Týden založené rostliny	20	-	67	-	42	-	-
Krytokořenný sadební materiál	Čerstvé rostliny	0	-	-	-	-	-	40
	Týden založené rostliny	45	-	-	-	-	45	-



Obr. 8: Procentuální poškození prostokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého klikorohem ve variantách vysychání rostlin.

Čerstvý sadební materiál buku při vystavení vysychání 0 hodin nevykazoval žádný úhyn rostlin (Tab. 7). Naopak u půlhodinového a zvláště při 2hodinovém vysychání dochází k velkému úhynu rostlin. Tato zjištění mohou být ovlivněna nevhodnou sadbou rostlin do půdy, anebo chybou hodnotitele, který přednostně vybíral rostliny s výrazně oschlým kořenovým systémem. Sazenice buku totiž vykazovaly velkou heterogenitu ve velikosti objemu kořenového systému a zejména objemu jemných kořenů. I přesto je zřejmé, že čím delší byla expozice buku vysycháním, tím vyvolávala větší mortalitu, než tomu bylo u smrku. U týden založeného sadebního materiálu buku, je u všech variant/délek vysychání dosaženo velké mortality. Čerstvé sazenice buku dosahovaly větších přírůstků při nulovém vystavení stresu, naopak u rostlin stresovaných 3 hodiny a týden založených, bylo dosaženo velice malých terminálních přírůstků. Nutno podotknout, že i přes celoplošné oplocení proti zvěři, bylo zaznamenáno malé množství okusu terminálu. Tyto rostliny mohou zkreslit dosažené výsledky, a proto nebyly měřeny. Tloušťka kořenového krčku u sazenic buku čerstvého a i týden založeného nevykazuje významné rozdíly. Vitalita rostlin dosahuje nejlepších hodnot u čerstvých rostlin s nulovou dobou stresování. Naopak velice špatné hodnoty vitality jsou zjištěny u rostlin při půlhodinovém stresování a zvláště u vysychání o délce 2 a 3 hodiny. U rostlin týden založených je vitalita rostlin ze všech variant srovnatelná (od 2,55 po 2,95), (Tab. 7).

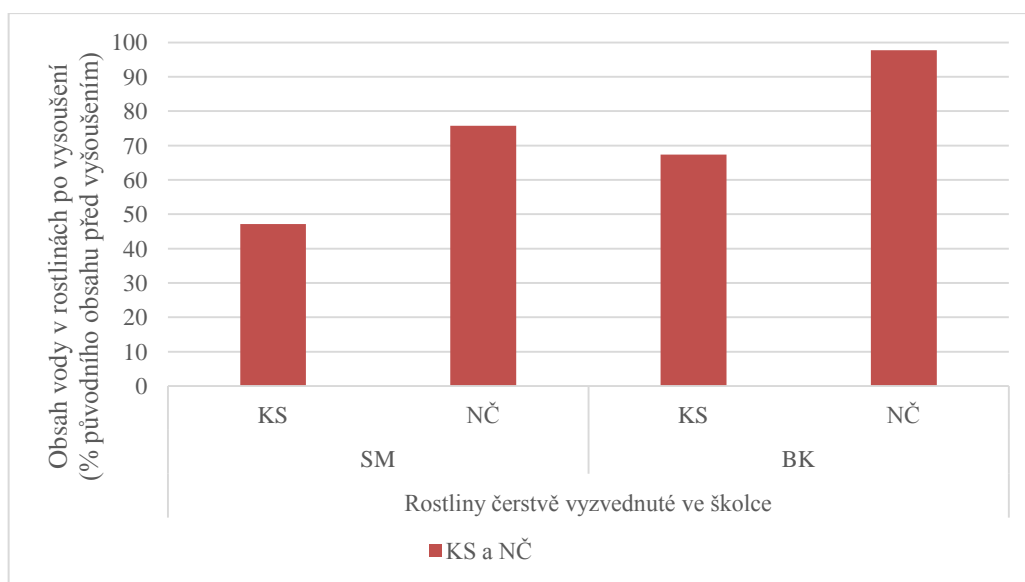
Tab. 7: Mortalita, poškození a základní morfologické charakteristiky sadebního materiálu stresovaného různě dlouhou dobu před výsadbou vysycháním na konci prvního vegetačního období po výsadbě

		Délka vysychání rostlin						Vitalita
			Mortalita	Poškození klikorohem	Výška	Přírůst	Tloušťka	
			(%)	(% rostlin)	(cm)	(cm)	(mm)	
SM	Čerstvé rostliny	0 hod	5	10	46,6±5,5	5,6±3,1	10,3±2,4	2,29
		0,5 hod	0	15	38,0±9,2	5,7±2,1	7,6±2,3	2,10
		1 hod	10	20	46,1±9,6	5,8±1,9	8,1±2,4	2,00
		2 hod	10	30	40,1±9,4	5,2±3,1	8,1±1,5	2,10
		3 hod	0	60	43,2±6,1	6,0±2,3	9,4±3,2	1,65
	Týden založené rostliny	0 hod	0	20	41,3±7,7	6,8±2,7	9,2±2,0	1,90
		1 hod	10	67	34,6±10,3	5,6±2,8	7,4±2,8	2,10
		3 hod	35	42	38,2±5,3	5,3±1,9	8,6±1,7	3,11
BK	Čerstvé rostliny	0 hod	0	-	42,2±3,9	5,9±5,5	6,4±1,3	1,70
		0,5 hod	35	-	51,3±8,9	2,6±2,3	8,4±1,3	3,40
		1 hod	0	-	47,7±13,9	4,3±3,0	7,9±1,8	1,95
		2 hod	70	-	43,6±9,1	2,2±4,1	7,0±1,8	4,35
		3 hod	10	-	43,1±8,8	1,8±2,1	6,3±1,2	2,70
	Týden založené rostliny	0 hod	25	-	44,1±8,2	2,9±3,2	7,0±1,3	2,55
		1 hod	20	-	45,9±13,4	2,4±1,9	6,9±1,7	2,55
		3 hod	25	-	45,0±9,6	2,2±3,7	7,0±1,7	2,95

Pozn.: V tabulce vždy uveden aritmetický průměr hodnot ± směrodatná odchylka

5.1.3. Úbytek vody z kořenové a nadzemní části rostliny

U prostokořenného sadebního materiálu byl po 4hodinovém vysychání hodnocen úbytek vody v % z nadzemní části a kořenové části. Z grafu je patrné, že kořenový systém rostlin buku a smrku výrazně rychleji ztrácí vodu než nadzemní část (Obr. 9). Rostliny smrku rychleji ztrácejí vodu z kořenové části a nadzemní části než rostliny buku (o více než 20 %).

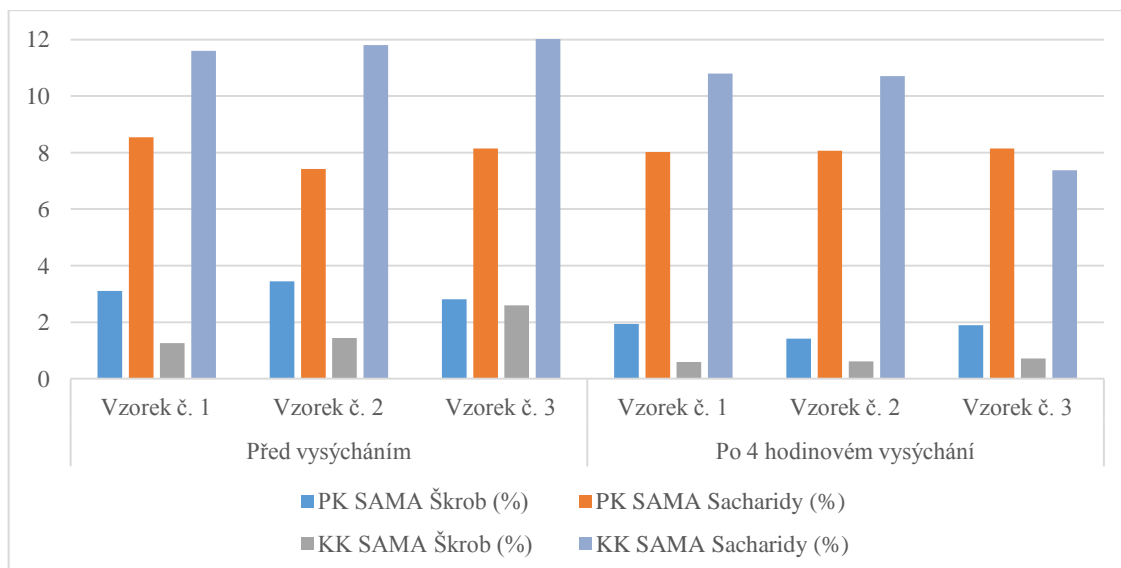


Obr. 9: Obsah vody v nadzemní části (NČ) a kořenovém systému (KS) rostlin po 4hodinovém vysychání v % původního obsahu vody.

5.1.4. Obsah zásobních látek v rostlinách během vysychání

Jemné kořeny prostokořenného sadebního materiálu obsahují před vysoušením více škrobu a méně sacharidů než krytokořenný sadební materiál (Obr. 10). Krytokořenný sadební materiál obsahuje výrazně více sacharidů, dosahuje hodnot až 12 %, na rozdíl od škrobu, který dosahuje cca 2 %.

Po 4hodinovém vysoušení klesl obsah škrobu u prostokořenného sadebního materiálu mírně pod hranici 2 % (Obr. 10). Obsah sacharidů, před a po vysoušení prostokořenných rostlin byl stejný a dosahuje hodnot kolem 8 %. Krytokořenný sadební materiál po vysoušení obsahoval dvojnásobně méně škrobu, (tj. 0,3 %) než před vysoušením, (tj. 0,8 %). Obsah sacharidů, který byl všeobecně u krytokořenných sazenic vysoký (až 12 %), dosahoval po vysoušení hodnot 11 %. Výjimkou je vzorek č. 3, který po vysoušení dosahuje hodnot sacharidů 7 %.



Obr. 10: Obsah vody v nadzemní části (NČ) a kořenovém systému (KS) rostlin po 3 (po založení rostlin) a 4 (bez založení rostlin) hodinovém vysýchání v % původního obsahu vody

5.2. Vyhodnocení krytokořenného sadebního materiálu

5.2.1. Hodnocení úbytku hmotnosti kořenových balů vážením

Kořenové baly v průběhu vysychání ztrácely vodu výrazně pomalu. Čerstvé sazenice smrku, i sazenice týden založené vykazovaly po 5 a 4 hodinách ztrátu vody z balu pouze kolem hodnot 4-5 % (Tab. 8). U sadebního materiálu buku byla zjištěna větší ztráta obsahu vody z balů než u smrku. Největší ztráta byla zaznamenána u čerstvého buku, který byl vystaven vysychání po dobu 5,5 hodin, a jeho hmotnost klesla o 9 % (Tab. 8). U týden založeného buku byla zjištěna ztráta hmotnosti po 4 hodinách necelých 7 % (Tab. 8).

Tab. 8: Hmotnost kořenových balů (v % hmotnosti balů plně nasycených vodou) testovaného sadebního materiálu smrku ztepilého a buku lesního po různé době vysychání na výzkumné ploše

		Hmotnost balů (%)			
		Vodou plně nasycené baly	Délka vysychání rostlin		Sušina balů
			0 hod	5 hod	
SM	Čerstvé rostliny	100		5 hod	12,5 ± 0,8
			89,5 ± 6,8	84,6 ± 6,6	
	Týden založené rostliny			4 hod	
			94,3 ± 6,2	90,6 ± 6,1	
BK	Čerstvé rostliny	100		5,5 hod	13,5 ± 2,3
			89,7 ± 18,8	80,9 ± 17,9	
	Týden založené rostliny			4 hod	
			82,1 ± 13,8	75,3 ± 13,5	

Pozn.: V tabulce vždy uveden aritmetický průměr hodnot ± směrodatná odchylka

5.2.2. Hodnocení úbytku vlhkosti substrátu kořenového balu krytokořenného sadebního materiálu vlivem vysychání

Krytokořenný sadební materiál byl také hodnocen metodou měření objemové vlhkosti substrátu kořenových balů a její následné snižování v důsledku vystavení vysychání. Je zřejmé, že baly rostlin byly před zahájením testování velice provlhčené. K hodnocení vlhkosti kořenových balů bylo použito dvou čidel, které jsou v tabulce označeny jako WHT 860 a SM 300. U hodnocených sazenic smrku ztepilého bylo při použití čidla WHT 860 zjištěno v průběhu vysychání opačných hodnot měřené vlhkosti substrátu vlivem rozmrzání balu (Tab. 9). Tyto hodnoty jsou přisuzovány ne zcela rozmrzlému balu, v jehož středu byl led, který postupně rozmrzal a na konci doby testování dosahoval vlivem rozmrzání větší vlhkosti než na začátku měření. Tyto hodnoty byly naměřeny i u týden založeného sadebního materiálu smrku ztepilého, který během založení zcela nerozmrzl. Kořenové baly testovaného buku lesního vykazovaly postupným měřením čidlem WHT 860 ztrátu vlhkosti vlivem vystavení vysychání než tomu bylo u smrku. Je to dáno menšími baly, které během aklimatizace rostlin před testováním úplně rozmrzly, na rozdíl od balů smrku (Tab. 9). Z hodnot naměřených u buku lesního, lze vyhodnotit velice malou ztrátu vlhkosti během vystavení balů vysychání. Ztráta po 5,5 a 4 hodin vysychání činí pouze 2 % z předešlého stavu (Tab. 10). Čidlo SM 300 vykazuje oproti čidlu WHT 860 nižších hodnot. Hodnoty měřené s čidlem SM 300, vykazují oproti WHT 860 postupnou ztrátu vlhkosti balů s přibývajícím délkou vystavení vysychání, ačkoliv baly během měření nebyly zcela rozmrzlé. Čidlo SM 300 naměřilo v průběhu vysychání 5 a 4 hodin úbytek vlhkosti v obou variantách smrku kolem 7 % (Tab. 9). U sazenic buku lesního, jak již bylo výše zmíněno, jsou hodnoty ovlivněny příliš velkým čidlem, které zapříčinilo naměření zkreslených hodnot. Hodnoty jsou před vysycháním v rozmezí od 30 do 40 %, po vystavení vysychání klesly zhruba o 5-7 % (Tab. 9).

Tab. 9: Objemová vlhkost substrátu kořenových balů dle čidel WHT 860 a SM 300 u sadebního materiálu smrku ztepilého a buku lesního s různou délkou založení a vysychání před výsadbou

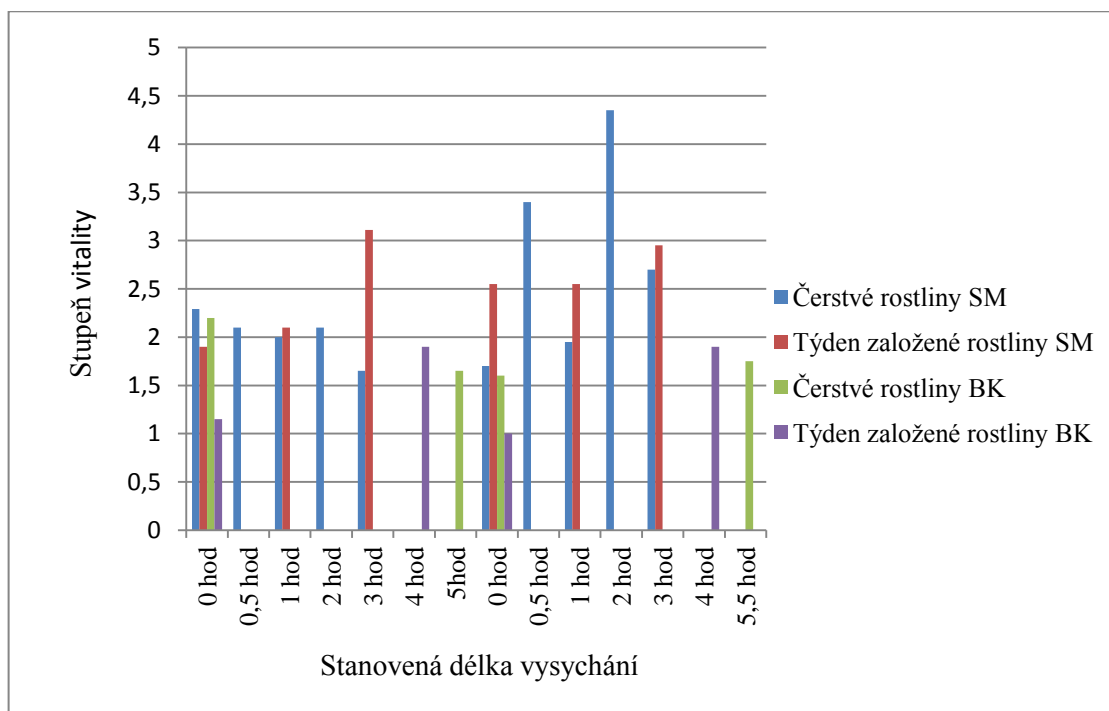
		Objemová vlhkost substrátu kořenového balu (%) dle čidel			
		WHT 860		SM 300	
		Délka vysychání rostlin			
		0 hod	5 hod	0 hod	5 hod
SM	Čerstvé rostliny	83,3±2,2	85,6±1,8	76,6±12,7	69,3±12,8
	Týden založené		4 hod		4 hod
		88,1±3,0	89,7±2,3	90,8±13,4	84,0±13,2
BK	Čerstvé rostliny		5,5 hod		5,5 hod
		80,1±8,8	77,9±9,0	37,7±15,5	30,3±15,4
	Týden založené		4 hod		4 hod
		83,8±3,2	81,5±4,4	33,9±5,7	28,9±4,7

5.2.3. Vyhodnocení krytokořenného sadebního materiálu na konci vegetačního období

Krytokořenný sadební materiál byl stejně jako prostokořenný vyhodnocován na konci vegetačního období.

Z vyhodnocených variant byla dosažena největší mortalita (15 %) u smrkových sazenic bez založení při žádném vystavení vysychání. U ostatních variant s různou dobou vysychání nebyla zjištěna výraznější mortalita. Poškození klikorohem, tak jako u protokořenného sadebního materiálu, se opět významně (40 % testovaných rostlin) objevuje na rostlinách čerstvých, ponechaných vysychání po dobu 5 hodin (Tab. 6, Obr. 8). Týden založené rostliny byly ještě více poškozeny než čerstvé, kdy bylo poškozeno 45 % z vysázených sazenic z obou variant délky vysychání. Tyto hodnoty poškození klikorohem byly zjištěné i u stresovaných sazenic protokořenného smrku. Z těchto výsledků je možné usuzovat, že sadební materiál smrku vystavený po určitý čas vysychání (stresu), je významně více napadán klikorohem (Tab. 6). Výška testovaných rostlin nevykazovala žádné výrazné rozdíly mezi variantami. Všeobecně byl menší sadební materiál smrku oproti buku, což je ovšem ovlivněno použitým sadebním materiálem, kde buk dosahoval

před výsadbou větších výšek. Přírůst rostlin u jednotlivých variant nedosahuje výraznějších rozdílů, pouze u varianty buku, bez založení. Zde u nestresovaných rostlin, dosahoval přírůst větších naměřených hodnot než u stresovaných po dobu 5,5 hodin (Tab. 10). Mezi těmito dvě variantami byl rozdíl v dosahovaných ročních přírůstech 40 % (Tab. 10). U tloušťek kořenových krčků smrkových a bukových sazenic, nebylo zjištěno výraznějších výsledků. Tloušťka kořenového krčku dosahovala u buku opačných hodnot, než bylo očekáváno. Rostlina bez stresování dosahovala nejmenších tloušťek, naopak rostlina stresovaná dosahovala největších. Je to pravděpodobně dáno výběrem sazenic. Vitalita krytokořenného sadebního materiálu byla vyhodnocena jako nejhorší u varianty čerstvého smrku a bez vysychání, kdy průměrná hodnota varianty činila 2,2 (Obr. 11). U týden založeného smrku byla zjištěna hodnota před vysycháním 1,15, oproti tomu po 4 hodinách byla posouzena hodnota 1,9 (Obr. 11). Sadební materiál buku vykazoval se stoupajícím stresem zvláště u týden založeného, výrazně horší vitalitu. U varianty buku týden založeného byla zjištěna hodnota po 4 hodinách 1,9, oproti hodnotě 1,0, která byla u nestresovaných rostlin buku (Obr. 11).



Obr. 11: Stanovená průměrná vitalita každé testované varianty buku lesního a smrku ztepilého (čerstvý sadební materiál a týden založený sadební materiál, prostokořenných a krytokořenných rostlin).

Tab. 10: Mortalita a základní morfologické charakteristiky krytokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého a buku lesního na konci prvního vegetačního období po výsadbě ve variantách dle délky vysychání rostlin před výsadbou a založení rostlin

		Délka vysychání	Mortalita	Poškození klikorohem	Výška	Přírůst	Tloušťka	Vitalita
			(%)	(% rostlin)	(cm)	(cm)	(mm)	
SM	Bez založení rostlin	0 hod	15	0	35,1±4,1	6,5±1,8	7,0±1,0	2,20
		5 hod	5	40	39,9±4,6	10,7±4,6	9,1±1,5	1,65
	Týden založené	0 hod	0	45	38,7±4,1	10,6±3,7	8,2±1,5	1,15
		4 hod	0	45	40,4±6,2	14,2±6,5	8,5±0,8	1,90
BK	Bez založení rostlin	0 hod	20	-	42,1±8,3	10,0±10,9	6,8±1,6	1,60
		5,5 hod	5	-	44,3±10,9	5,9±3,1	6,9±1,3	1,75
	Týden založené	0 hod	0	-	47,6±9,3	6,6±3,7	7,6±1,6	1,00
		4 hod	20	-	50,6±11,2	9,9±4,9	8,3±1,2	1,90

Pozn.: V tabulce vždy uveden aritmetický průměr hodnot ± směrodatná odchylka

6. Diskuze

V jarních měsících, kdy dochází k zalesňování, jsou v poslední době vyšší teploty a méně srážek, které mají za následek nejen snížení vlhkosti půdy, což může vyvolat značné ztráty rostlin po výsadbě, ale i výrazné snížení fyziologické kvality zalesňovaného sadebního materiálu při jeho manipulaci. Leugner (2012) uvádí, že z praktického hlediska má velký význam nejen velikost ztrát, ale i redukce růstu sazenic po výsadbě, což může znamenat delší potřebu ošetřování kultur, případně zvýšený úhyn v dalších letech důsledku útlaku buřene nebo snížení vitality sazenic.

Zamezení osýchání kořenů při vyzvedávání i po něm je základním předpokladem uchování fyziologické kvality. K jejímu snížení totiž může dojít již během 10 – 15 minut (Poleno a kol. 2009). S tímto tvrzením nelze zcela souhlasit, neboť z naměřených výsledků u nezaloženého smrku i po delší době osýchání nevyplývají žádné výraznější ztráty po výsadbě ani snížení přírůstu. Sadební materiál smrku dokonce úspěšně odrůstá i po 3hodinovém vystavení vysychání. Leugner (2012) uvádí, že výrazněji než velikost ztrát byl manipulací před výsadbou ovlivněn výškový a tloušťkový růst v prvním vegetačním období. V našem případě terminální přírůst dosahoval nižších hodnot týden založený sadební materiál smrku a u buku. U čerstvého sadebního materiálu smrku nebylo naměřeno menších přírůstů s přibývajícím délkou stresování. Sychra (2016) uvádí, že mortalita na konci vegetačního období u nezaložených sazenic vysazovaných v prvním termínu (bez založení) nepřekročila u smrku 14 %, přičemž největší mortalita byla zjištěna u sazenic, které byly vystaveny největší době (180 min) osýchání. Leugner (2012) uvádí, že ujímavost je výrazně redukována jen v případě, kdy byly sazenice exponovány po 120 minut a vysazeny na nechráněný (nezastíněný) záhon. Naopak Mauer (1994) uvádí po 60minutové expozici tříletých semenáčků smrku ztepilého až 84% ztráty, při 120minutové expozici pak 100% úhyn. Každý pokus však byl prováděn odlišných povětrnostních a půdních podmínkách a na jiném sadebním materiálu. U týden založeného smrku se více projevilo stresování rostlin, kdy při 3hodinové expozici je dosaženo až 35% mortality. Mírné zvýšení mortality založeného sadebního materiálu smrku zjistil i Sychra (2016), kdy mortalita se zvýšila u týden založeného smrku o 5 %. Nutno podotknout, že výrazný vliv mohl mít na ujímavost i přítomnost klikoroha. Z výsledků je patrné, že nejvýraznější výskyt byl u sazenic, které byly týden založené a u sazenic s dlouhou délkou stresování. Zdá se, že založením nebo vysycháním stresované rostliny

jsou náchylnější k napadení klikorohem. Přítomnost klikoroha ovlivnila měření kořenového krčku, kde nebylo možné změřit rostliny jím napadené a proto je možné, že nebylo zjištěno rozdílů mezi nestresovanou stresovanou rostlinou. Tloušťka kořenového krčku bude dost možná významnou veličinou hodnocení v následujících letech testování. Zřejmé je, že čerstvý sadební materiál je více odolný vůči stresování než týden založený. Výrazný vliv na ujmoutí a následné odrůstání bude mít kvalita použitého sadebního materiálu. I tento fakt mohl do jisté míry ovlivnit odrůstání stresovaného čerstvého buku, neboť u něj přibývajícím délkou stresování na rozdíl od smrku vzrůstá mortalita a je ovlivněn i roční terminální přírůst. Ujímavost sadebního materiálu ať už buku nebo smrku byla ovlivněna relativně dobrými vlhkostními podmínkami v jarních a letních měsících, což mělo za následek vhodných podmínek po výsadbě. Krytokořenný sadební materiál měl nečekaně velkou mortalitu u čerstvých rostlin, při žádném stresování, kde byla u smrku zjištěna mortalita 15 % a u buku 20 %. Tyto krytokořenné rostliny byly vysazeny na okraji výzkumné plochy, kde byla ponechána porostní stěna, která byla v zimě před jarní výsadbou odstraněna. Okrajovým efektem u dubu letního se zabýval ve své práci Mauer a kol. (2017), kde zjistili, že pokles vlhkosti půdy není prioritně (nebo zcela) vyvolán sluneční radiací, ale výrazně zvětšeným prokořeněním půdy. Zvláště okrajové stromy porostu reagují intenzivnějším růstem a větvením kořenů směrem do středu obnovované plochy (Mauer, 2017). Tato skutečnost může být výraznější v případě smrku, který má kořenový systém výhradně při povrchu půdy. Otázkou stále zůstává, zdali v našem případě opravdu sehrál vliv kořenů porostní stěny na ujímavost krajních variant i v případě již neexistujícího porostního okraje při výsadbě a zdali je vůbec možné, aby měly kořeny poražených stromů vliv na vlhkost půdy v následujících týdnech (měsících) na vlhkost půdy. Nutno podotknout, že bal KK SAMA je převážně tvořen rašelinou, která v jarních měsících může vyschnout. V takovém to případě se stává prakticky hydrofobní a je nemožné v místě výsadby, kde není dostatek vody ji znovu zvlhčit (Sarvaš, Kupka 2011).

Krytokořenný sadební materiál oproti prostokořennému je mimo 1. varianty více odolný stresu a dokáže bez výraznějších problémů odrůstat i po 5,5 hodinovém vystavení vysychání.

Kořenový systém ztrácí vodu přibližně o 30 % více než nadzemní část. Hlavním důvodem menší ztráty vody z nadzemní části je to, že smrkové jehlice jsou

pokryty voskovou vrstvou, která zabraňuje výraznější ztrátě vody, mají rovněž uzavíratelné průduchy a jsou na regulaci obsahu vody dle podmínek okolí přizpůsobeny. Kořeny jsou zvyklé na ochranu půdy a žádnou ochranu proti vysychání nemají. Sazenice buku byly navíc v dormanci a nemají žádné olistění, které by přispělo k výraznější ztrátě vody z nadzemní části. Proto také sadební materiál smrku ztrácel vodu z nadzemní a kořenové části rychleji než buk. Je to pravděpodobně dáno také menším zastoupením jemných kořenů u buku. Leugner a kol. (2012) uvádějí, že kořenový systém ztrácí vodu přibližně 2krát rychleji než nadzemní část. Sychra (2016) dokonce uvádí, že kořenový systém ztrácí vodu až třikrát rychleji než nadzemní část. Je velmi pravděpodobné, že významnou roli ve ztrátě vody bude mít průběh počasí během vysychání. Je téměř jisté, že při rychlém proudění vzduchu a malé vzdušné vlhkosti bude sadební materiál rychleji ztrácet vodu a projeví se více ztráta vody z kořenového systému.

Čerstvý prostokořenný sadební materiál, který nebyl žádnou dobu vystaven vysychání, ztrácí vodu z kořenového systému rychleji než kořenový systém stresovaný vysycháním. Z toho vyplývá, že z rostlin čerstvých se vyčerpá voda velmi rychle při povrchu jemných kořenů a následně je další ztráta pozvolnější i při silném tepelném stresu vyvolaném fénováním. Je tedy možné, že dle úbytku hmotnosti jemných kořenů bude možné rozlišit rostliny, které byly vystaveny vysychání během manipulace. Tuto skutečnost potvrzují Mauer, Houšková (2015) kde uvádějí, že ztratí-li kořen po jedné minutě stresu více jak 20 % hmotnosti, rostlina je velmi dobrá. Ztratí-li méně než 10 % hmotnosti je rostlina ve velmi špatném stavu a nastanou nepřijatelné ztráty (i více než 80 %). U kořenů které byly ponechány vysychání a následně byly máčeny, není u nich shledána výraznější ztráta vody a v závislosti na době vysychání. Nutno podotknout, že je za potřebí tuto metodu testování kvality sazenic dále testovat a uskutečnit další měření.

Ztráty obsahu vody z kořenových balů během testování byly zanedbatelné, neboť bal stále obsahuje dostatek vody rostlině pro její růst. Důvodem pomalého vysychání balů bylo jejich vysoké nasycení vodou před jejich skladováním v mrazicím boxu a následné nedostatečné rozmrznutí před testováním a výsadbou. Tyto faktory znemožňovaly v průběhu měření balů jejich pozvolné vysychání, často byl kořenový bal nerozmrzlý i po 5hodinovém testování. Sazenice buku vykazovaly rychlejší ztrátu vody z balů, což je zapříčiněno menší

velikostí kořenového balu, který rychleji během testování rozmrzl a snadněji ztrácel vodu.

Metodu měření objemové vlhkosti kořenových balů ovlivnil ne zcela rozmrzlý sadební materiál, neboť baly čerstvých rostlin na začátku měření projevovaly menší vlhkostní hodnoty, než tomu bylo u měřených rostlin ponechaných vysychání na konci dne. Takto naměřené hodnoty jsou přisuzovány postupným rozmrzáním zmrzlých balů, které postupem času ponechané stresování roztály a na konci doby při měření obsahovaly větší vlhkost. Při měření vlhkosti byla použita čidla SM 300 a WHT 860. Použití čidla SM 300 je spíše vhodné pro větší baly, které budou dosahovat objemu alespoň 350 ml, resp. 5 cm tloušťky. Čidlo WHT 860 je primárně určeno pro měření vlhkosti dřeva, z tohoto důvodu byly naměřené neúměrně vysoké hodnoty objemové vlhkosti substrátu balu. Z těchto výsledků je patrné, že měření vlhkosti balů bude potřeba ověřit dalšími měřeními a vyzkoušet i jiná čidla, které by více vyjadřovaly skutečný stav vlhkosti testovaného balu. Taktéž bude potřeba krytokořenný sadební materiál ponechat vysychání delší dobu, aby bylo zajištěno větších výsledků o hranici ujmoutí takto stresovaných rostlin.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjištění ujmoutí a odrůstání kultur ovlivněné nesprávnou manipulací. Porovnávána byla ujmavost a růst rostlin mezi krytokořeným a prostokořeným sadebním materiálem a rovněž mezi smrkem ztepilým a bukem lesním. Nesprávná manipulace byla prováděna v pozdních jarních měsících (v první polovině května), kdy teploty a vlhkost dosahují nevhodných podmínek pro výsadbu rostlin. Před výsadbou byl sadební materiál ponechán na povrchu země ve stínu, kde byl rozprostřen a po stanoveném čase postupně vysazován. Před výsadbou byly rostliny hodnoceny pomocí nových testovaných metod hodnocení stavu rostlin s ohledem na možnou neúměrnou ztrátu vody vysycháním. Na konci vegetačního období byla u všech variant hodnocena mortalita a morfologické parametry rostlin. Z dosažených výsledků vyplývá:

- 0,5-3 hodinové vysychání čerstvého prostokořenného smrku ztepilého nemá zásadní vliv na jeho odrůstání po výsadbě. Vysychání nebo týdenní založení zvyšovalo poškození rostlin klikorohem. U týden založeného sadebního materiálu byla s přibývajícím délkou vysychání zjištěna vyšší mortalita a rostliny dosahovaly menších přírůstků.
- 0,5-3 hodinové vysychání a týdenní založení buku lesního mělo negativní vliv na jeho růst a mortalitu. U čerstvých a týden založených rostlin s přibývajícím délkou vysychání je naměřeno menších terminálních přírůstků. Sadební materiál buku lesního je více citlivý na vysychání než smrk ztepilý.
- Metodou měření úbytku jemných kořenů při konstantním tepelném stresu bylo zjištěno, že sadební materiál vystavený vysychání během manipulace ztrácí vodu z jemných kořenů pomaleji než čerstvý sadební materiál.
- Sadební materiál buku lesního ztrácel vodu při vysychání pomaleji než smrk ztepilý.
- Kořenový systém ztrácel vodu rychleji než nadzemní část.
- Během 4 hodin vysychání dochází k úbytku zásobních látek (škrobu), zvláště u prostokořenného sadebního materiálu.
- Krytokořený sadební materiál buku lesního a smrku ztepilého obsahoval vysoké množství vody v balech, proto nebylo shledáno žádných výrazných ztrát i po týdenním založení rostlin.

- Díky vysoké vlhkosti kořenových balů testovaného krytokořenného sadebního materiálu nebylo možné ověřit limitní hodnoty vlhkosti či obsahu vody v balech.
- Čidlo SM 300 je nevhodné pro měření vlhkosti kořenových balů menších 5 cm, kvůli své velikosti.
- Ačkoliv hodnoty naměřené čidlem WHT 860 jsou vysoké, není možné toto čidlo zcela vyloučit z dalšího testování, neboť hodnoty naměřené tímto čidlem mohou být v dalším testování zjištěny jako limitní pro ujímavost sadebního materiálu.

Z praktického hlediska je téměř jisté, že metody hodnocení ztráty vody z rostlin během manipulace jsou perspektivní a lze pomocí nich určit ztrátu vody z rostlin. Potřeba je ale zdůraznit, že pro užití v praxi těchto metod hodnocení na ztrátu vody z rostlin je stále nutné jejich ověřování a pokud možno i následné zjednodušení její realizace. S ohledem na klimatické změny a stále častější méně vhodné počasí pro zalesňování na jaře, je manipulace se sadebním materiálem zásadní problém. Nutno podotknout, že v případě dobrého počasí po výsadbě (zejména, co se týče srážek), nemá i delší vysychání rostliny vliv na její ujímavost a odrůstání. Nicméně přísušky po výsadbě způsobují na sazenicích stresovaných před výsadbou suchem neúměrné ztráty. Proto je v provozu důležitá správná manipulace s prostokořenným sadebním materiálem zvláště u buku lesního, který vlivem ztráty vody špatně odrůstá, anebo vznikají velké ztráty během vegetační doby. Z výsledků je patrné, že kořenový systém během manipulace ztrácí vodu rychleji než nadzemní část. Krytokořenný sadební materiál je více odolný ke špatné manipulaci v podobě vysychání. Proto bych doporučil při zalesňování důkladnou ochranu kořenového systému, zvláště u prostokořenného sadebního materiálu. Při případné manipulaci s bukem a smrkem upřednostnit ochranu buku, který je citlivější ke ztrátě vody než smrk.

8. Summary

The aim of the bachelor thesis was to evaluate the growth and survival rate of the Norway spruce planting material (*Picea abies* (L.) Karst) and European beech planting material (*Fagus sylvatica* (L.)) after a certain period of drying due to poor manipulation. Measurements included the testing of new methods of evaluation of the quality of the planting material after drying.

Research area was established for the testing of the planting material in the forest environment near the village Cetkovice. The research area was fenced in order to avoid damage to the test stock. The stressing of the seedlings due to drying out was carried out in the late spring months when the humidity and temperature is not suitable for planting seedlings. Containerized and bare-rooted planting stock was tested and planted. Half of the planting stock was left for 1 week in the vicinity of the research area. The bare-rooted planting material was left to dry for 0.5 hours, 1 hour, 2 hours and 3 hours. Containerized plants was left to dry for 4 and 5 hours. New methods for assessing water loss from plants were tested during the drying of the planting material. The tested methods were: measuring the weight loss of fine roots under constant heat stress, measuring the mass loss of the root balls and measuring the moisture of the root balls substrate. The evaluation of the test plants was carried out at the end of the growing season. Survival rate, the vitality, the terminal growth, the thickness of the root neck, the length of the needles and the leaf were determined.

It has been found that with increasing drying times, higher losses and reduced terminal growth occur. Furthermore, it was found that spruce planting material better tolerates drying during handling than beech planting material. Significantly negative was the establishment of planting material after 1 week. The containerized planting material grew better compared to the bare-rooted planting material, except for the first variant that is most likely affected by the marginal effect. An important factor of growth of the seedlings is the course of the weather in the spring and summer months. Methods for assessing water loss from plants are needed to be further tested and evaluated.

9. Seznam zkratk

- BK – Buk lesní
- ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
- ČR – Česká republika
- KK BK – Krytokořenný buk lesní
- KK SAMA – Krytokořenný sadební materiál
- KK SM – Krytokořenný smrk ztepilý
- KS – Kořenový systém
- NČ – Nadzemní část
- OSU – Oregonská státní univerzita
- PK BK – Prostokořenný buk lesní
- PK SAMA – Prostokořenný sadební materiál
- PK SM – Prostokořenný smrk ztepilý
- PLO – Přírodní lesní oblast
- SAMA – Sadební materiál
- SM – Smrk ztepilý

10. Seznam použité literatury

- ČSN 48 2115. Sadební materiál lesních dřevin: Forest reproductive material. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. 7 s.
- Hadaš, P., 2004. Analýza stresových faktorů lesních ekosystémů vyšších poloh vázaných na klima. Sborník Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině: Sustainable forest and landscape management. Vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 424 s. ISBN 80-7157-844-4.
- Hrabák, R., Poruba, M., 2005. Les. Vyd. AVENTINUM, Praha 10. 149 s. ISBN 80- 6858-09-X.
- Jurásek, A., Mauer, O., Houšková, K., 2015. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin a postupy výsadby při umělé obnově lesa a zalesňování. Manipulace a skladování sadebního materiálu lesních dřevin. Vyd. Mendelova univerzita v Brně. 42 s. ISBN 978-80-7509-361-5.
- Jurásek, A., Martincová, J., Leugner, J., 2010. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Lesnický průvodce, 5, 2010. Strnady, Jíloviště. 34 s. ISBN 978-80-7417-035-5.
- Kantor, P., 2004. Stabilita alochtonního smrku a jeho produkční potenciál ve smíšených porostech chlumních oblastí. LDF MZLU v Brně. Sborník, Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině. Vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 424 s. ISBN 80-7157-844-4.
- Leugner, J., Martincová, J., Jurásek, A., 2012. Vliv vysychání během manipulace a prostředí po výsadbě na růst sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Vyd. Zprávy lesnického výzkumu, 57 (1), 1-7 s
- Mauer, O., Houšková, K., Mikita, T., 2017. Kořenový systém dubu lesního (*Quercus robur* L.) na okrajích obnovovaných porostů Journal of forest science, (1) 22–33.
- Mauer, O., Houšková, K., 2015. Zjišťování obsahu vody a celkové fyziologické kvality sadebního materiálu. Manipulace a skladování sadebního materiálu lesních dřevin. Vyd. Mendelova univerzita v Brně. 42 s. ISBN 978-80-7509-361-5.

- Mauer, O., Vaněk, K., 2013. Kvalita zakládaných kultur – základ kvality nových porostů. In: Proceeding of Central European Silviculture. LDF Mendelu Brno 159-166s.
- Mauer, O., Mauzerová, P., 2010. Vliv kvality užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů. Zborník referátov z medzinárodného seminára – Liptovský Ján, 117-122 s.
- Mauer, O., 1994. Ztráty suchem po výsadbě v závislosti na kvalitě prostokořenného sadebního materiálu smrku obecného. In: Nové směry v pěstování a ochraně sadebního materiálu ve školkách. Sborník referátů z celostátního odborného semináře. Opočno, VÚLHM, 15-21 s.
- Musil, I., Möllerová, J., 2005. Listnaté dřeviny. Přehled dřevin v rámci systému rostlin krytosemenných. Vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 79 s. ISBN 80-213-1367-6.
- Úradníček, L., Maděra, P., 2001. Dřeviny České republiky. Vyd. Matice Lesnická, Písek, 46, 254 s. ISBN 80-86271-09-9.
- Poleno, Z., Vacek, S., Podrázský, V., a kol, 2009. Pěstování lesů 3. Praktické postupy pěstování lesů. Vyd. Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2.
- Riedl, M., et. al. 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Vyd. Ministerstvo zemědělství Praha. 134 s. ISBN 978-80-7434-324-7.
- Rushfort, K., 2001. Svět stromů : The Easy Tree Guide Britain and Europe. Vyd. Granit s.r.o., Praha. 287 s. ISBN 80-72961-051-2.
- Sarvaš, M., Kupka, I., 2011. Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Vyd. ČZU, Praha. 60 s. ISBN 97880-213-2166-3.
- Steinhübel, G., 1982. Pomůcka k posouzení nedostatku vody ve smrkových sazenicích. Vyd. Lesnická práce, 1982. VÚLH Zvolen. 417 s.
- Schütz, J., 2002. Výběrné hospodaření a jeho různé formy. Katedra pěstění lesů Spolkové technické vysoké školy Zürich. Vyd. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 159 s. ISBN 978-80-7458-011-6.
- Souček, J., Tesař, V., 2008. Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Lesnický průvodce. 2008, (4), 3-37 s. Vyd. Opočno. ISBN 978-80-7417-000-3.

- Sychra, D., 2016. Vliv vysychání a založení sazenic na růst výsadeb smrku opilého a douglasky tisolisté. Zprávy lesnického výzkumu. Vyd. VÚLHM Strnady, Jíloviště 19 s. ISSN 0322-9688 (Print).
- Větvička, V., 1999. Evropské stromy. Vyd. AVETINUM s.r.o., Praha, Modřany. 216 s. ISBN 80-7151-238-9.

11. Internetové zdroje

- http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO30-Drahanska_vrchovina.pdf
- <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>
- http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=585400&x=1119200&s=1
- <https://mapy.cz/zakladni?x=16.7385241&y=49.5817639&z=15&base=ophoto>

12. Seznam příloh

Příloha 1. Umístění výzkumné plochy Cetkovice (www.mapy.cz)

Příloha 2. Nerozdrcené potěžební zbytky ponechané na výzkumné ploše, mezitím výsadba buku lesního.

Příloha 3. První testovaná sazenice ve variantě označená žlutou páskou

Příloha 4. Úspěšné odrůstání krytokořenného sadebního materiálu buku lesního

Příloha 5. Uhynulá smrková sazenice vlivem nesprávné manipulace

Příloha 6. Uhynulá buková sazenice vlivem nesprávné manipulace

Příloha 7. Smrková sazenice s imagem klikoroha, který poškodil svým žírem kmínek rostliny

Příloha 8. Silné poškození smrkové sazenice způsobené klikorohem

Příloha 9. Detailní poškození bukové sazenice

Příloha 10. Detailní poškození smrkové sazenice



Příloha 1. Umístění výzkumné plochy Cetkovice (www.mapy.cz)



Příloha 2. Nerozdrcené potěžební zbytky ponechané na výzkumné ploše, mezitím výsadba buku lesního.



Příloha 3. První testovaná sazenice ve variantě označená žlutou páskou



Příloha 4. Úspěšné odrůstání krytokořenného sadebního materiálu buku lesního



Příloha 5. Uhynulá smrková sazenice vlivem nesprávné manipulace



Příloha 6. Uhynulá buková sazenice vlivem nesprávné manipulace



Příloha 7. Smrková sazenice s imagem klikoroha, který poškodil svým žírem kmínek rostliny



Příloha 8. Silné poškození smrkové sazenice způsobené klikorohem



Příloha 9. Detailní poškození bukové sazenice



Příloha 10. Detailní poškození smrkové sazenice