

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav zakládání a pěstění lesů

Dlouhodobé skladování sadebního materiálu buku lesního
(*Fagus sylvatica* L.)

Bakalářská práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

.....
.....

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, 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 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, 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 dne

Poděkování:

Ráda bych tímto poděkovala své vedoucí práce Ing. Kateřině Houškové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady a poznatky a také hlavně za její ochotu a vstřícnost při zpracování celé práce. Také bych chtěla poděkovat personálu lesní školky LESCUS Cetkovice s.r.o., že nám umožnili provedení výzkumu v jejich školce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá stanovením vhodných podmínek pro dlouhodobé skladování sadebního materiálu buku lesního v mrazových podmínkách. V této práci byla použita metoda skladování v mrazicích boxech s teplotami nastavenými na -3 °C, -6 °C a -8 °C. Cílem bylo zjistit hranici teplot pro přežití rostlin, délku skladování a délku aklimatizace rostlin před výsadbou, vliv aplikace fungicidu a izolační vlastnosti kartónových krabic a polyethylenových pytlů. Byly provedeny dvě hodnocení, ve kterých jsme hodnotili morfologické parametry, vitalitu rostlin a ztráty po výsadbě. Z našich výsledků vyplynula jako optimální pro dlouhodobé skladování v mrazicích boxech teplota -3 °C. Hraniční teplota pro přežití rostliny byla stanovena na -6 °C. Nebyl pozorován významný rozdíl mezi typy obalů a aplikace fungicidu pro dlouhodobé skladování v mrazicích boxech není nutná. Jako vhodnou dobu aklimatizace doporučujeme více jak 4 dny. Celková délka skladování může být více jak 4 měsíce.

Klíčová slova

Dlouhodobé skladování, buk lesní, mrazicí boxy, sadební materiál, krytokořenný sadební materiál mrazení, aklimatizace, fungicid, kartónové krabice, polyethylenové pytly, dřeviny

Abstract

This bachelor thesis aims to determine suitable conditions for long-term storage of European beech planting stock in freezing conditions. In this thesis, we used a method of storing in freezing boxes with temperatures set at -3 °C, -6 °C and -8 °C. The main objectives of the thesis were to determine the temperature limit for the plants survival, the length of storage and acclimatization of the plants before planting, the effects of the fungicide application and the insulating properties of cardboard boxes and polyethylene bags. Two evaluations were performed in which we evaluated morphological parameters, plant vitality and plant loss. Our results suggest the temperature -3 °C as optimal for long-term storage in freezing boxes. The plant survival limit was set at -6 °C. No significant differences were observed between the types of packaging and the application of the fungicide for long-term storage in freezer boxes was not found to be necessary. For suitable acclimatization, we recommend more than 4 days. The total period for storage can reach over 4 months.

Key words

Long term storage, European beech, freezing box, freezing, planting stock, potted planting stock, acclimatation, fungicide, cardboard covers, polyethylene bags, tree species

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl bakalářské práce	9
3. Literární přehled.....	10
3.1. Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>).....	10
3.2. Skladování sadebního materiálu	12
3.2.1. Krátkodobé skladování sadebního materiálu	13
3.2.2. Dlouhodobé skladování sadebního materiálu.....	14
3.3. Reakce rostlin na teploty pod bodem mrazu	16
4. Materiál a metody	18
4.1. Materiál	18
4.1.1. Sadební materiál	18
4.1.2. Popis skladovacích ploch	18
4.1.3. Popis stanovištních podmínek výzkumné plochy	18
4.2. Metody	19
4.2.1. Varianty	19
4.2.2. Příprava sadebního materiálu do mrazicích boxů	20
4.2.3. Výsadba sazenic	22
4.2.4. Hodnocení sazenic.....	22
4.2.5. Vyhodnocení dat.....	25
5. Výsledky	26
5.1. Základní přehled.....	26
5.2. Porovnání dřevin skladovaných při teplotě -3 °C.	33
5.3. Vliv aplikace fungicidu na sazenice buku lesního	35
5.4. Porovnání délky aklimatizace sazenic buku lesního	37
5.5. Porovnání výsadby sazenic buku lesního do teplé a studené půdy	39
5.6. Porovnání délky skladování v teplotě -3 °C.....	41
6. Diskuze.....	43

7. Závěr	48
8. Summary	49
9. Seznam literatury	50

1. Úvod

Arboristika, obor vycházející ze znalostí dendrologie, fyziologie, fytopatologie, pedologie, mechaniky a jiných dílčích oborů, umožňuje vykonávat odborné práce zahrnující komplexní péči o dřeviny. Tato komplexní péče započatá již u semen pak vrcholí péčí o jednotlivé stromy, aby bylo zajištěno jejich zdraví a role v krajině či urbanizovaném prostředí. Vzhledem ke komplexitě tohoto oboru je vhodné přispět novými poznatky z oblasti dlouhodobého skladování sadebního materiálu a rozšířit tak povědomí o možnostech pěstování dřevin. Navíc tyto znalosti mohou výrazně přispět k pochopení základů, od kterých se odráží vývoj zdravého stromu.

Toto téma je rovněž zajímavé z pohledu klimatických změn, které jsou stále více aktuální, a pozorujeme výrazné kolísání teplot během zimy a s brzkým nástupem jara. Z tohoto pohledu je pak dlouhodobé skladování v mrazících boxech velice perspektivní. Nejenže zde můžeme mít všechny podmínky pod kontrolou, a rostliny tak zbytečně nemusíme vystavovat stresovému působení teplotních změn, ale také můžeme oddálit výsadbu na nejvhodnější dobu, aniž by došlo k narašení sadebního materiálu. Navíc tento typ skladování umožňuje v okrasných a lesních školkách přesunout některé činnosti z jarního období na podzim či do zimy, což může přispět k usnadnění organizace prací na jaře, a umožnit tak celoroční zaměstnání pracovníků školek.

Bakalářská práce je součástí projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1520080: "Optimalizace umělé obnovy lesa v České republice". Stěžejními cíli tohoto projektu jsou porovnání růstu prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého, buku lesního a douglasky tisolisté na převažujících stanovištích České republiky, určení vhodného druhu výsadby, správné manipulace a podmínek dlouhodobého skladování krytokořenného sadebního materiálu. Bakalářská práce přináší výsledky prvního roku testování skladování sadebního materiálu v mrazících boxech, přičemž další ověřování budou následovat v nadcházejících dvou letech.

2. Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce bylo stanovení vhodných podmínek dlouhodobého skladování sadebního materiálu, a to konkrétně u buku lesního (*Fagus sylvatica*). Práce se zaměřuje zejména na stanovení limitních teplot pro přežití rostlin, na délku mrazení a dobu aklimatizace. Rovněž je diskutována nutnost aplikace fungicidu na sazenice a vhodnost použití kartonových obalů nebo polyethylenových pytlů ke skladování.

3. Literární přehled

3.1. Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Fagus sylvatica je opadavý strom dorůstající velkých rozměrů s rovným průběžným kmenem a hladkou borkou. Jeho kořenový systém je srdčitý se silnými kořeny, které umožňují pevné ukotvení jedince na stanovišti. V případě vápenitých a jílovitých půd zakořeňuje mělce, ale i přesto bývá prokořenění buku dostatečné. Koruna u solitérních jedinců je kulovitá a v porostu spíše metlovitého tvaru. Dendrometrické parametry buku jsou uváděny s průměrnou výškou stromu 35 m, průměrem kmene 1,5 m. Šířka a nasazení koruny se odvíjí podle toho, zda se jedinec nachází v zapojený v porostu dřevin nebo jestli se jedná o solitérního jedince (Úradníček, 2014).

Na letorostech vyrůstají pupeny střídavě, jsou dlouhé, úzké, pichlavé a skořicové barvy (Dendrologie online [online]). Výhony mají purpurově hnědou barvu s lenticelami (Botany [online]). Listy jsou buď zubaté, nebo celokrajné se zvlněným okrajem. Květy jsou nenápadné, jednopohlavné. Samčí květy jsou v dlouhých stopkatých svazečcích, zatímco samičí květenství je složeno ze dvou květů. Plody buku jsou bukvice s tvarem trojboké nažky a uzavřené v ostnitě číšce. Bukvice jsou jedlé (Horáček, 2007).

Buk lesní je dřevina, která mimořádně dobře snáší zástin. V tomto ohledu může se jí v České republice může vyrovnat jen málokterá dřevina. Tato vlastnost vychází z anatomicky uzpůsobených listů, které jsou uvnitř uzavřeného porostu. Stinné listy jsou na rozdíl od slunných ploché a jejich čepel je mnohem tenčí. Slunné listy mají čepel znatelně pevnější a na okraji zdviženou. S touto vlastností se pojí velmi husté olistění, které nedovolí průnik slunečního záření, a tak neposkytuje vhodné růstové podmínky ostatním rostlinám. Růst je proto umožněn pouze rostlinám, které jsou buď výrazné sciofyty nebo se jedná o rostliny jarního aspektu, které kvetou ještě před olistěním buku. V tuto dobu totiž na půdní povrch proniká dostatek světla, které půdu rychle zahřívá a umožňuje růst těmto rostlinám (Úradníček, 2014).

Nároky na půdní vláhu jsou střední, a pokud je to možné, rostlina se vyhýbá oběma extrémům, tedy suchým i zamokřeným půdám. Proto se běžně nevyskytuje v lužních lesích, kde dochází ke stoupání spodních vod a k záplavám. Požadavky na relativní vzdušnou vlhkost a na srážky jsou vyšší, a to obzvláště v letním období. V případě, kdy se dřevina nachází na chladném severu, vyžaduje v průměru asi 500 mm srážek ročně, oproti teplému jihu, kde se minimální nároky pohybují kolem 800–1000 mm srážek ročně (Úradníček, 2014).

Růst buku je umožněn téměř na veškerém typu půd, kromě suchých písků, nepropustných jíílů a bažinných nebo rašelinných půd. Ideálními typy půdy pro dobrý růst buku jsou humózní půdy. Celkové nároky na půdu, vyšší či nižší, jsou výrazně ovlivněny klimatickými a ostatními podmínkami, proto musí být požadavky na půdu vyhodnocovány s ohledem na tyto podmínky (Úradníček, 2014).

Co se týče reakce buku na teplotní změny, je buk lesní významně náchylný na mráz, který dokonce může mladé jedince úplně zlikvidovat. Pozdní mrazy představují velký problém pro letorosty, které raší již časně z jara, a mohou je výrazně poškozovat. Z těchto důvodů je vhodné buk vysazovat do míst, kde mrazy, a hlavně pozdní mrazy, nebudou ohrožovat výsadbu. Také je vhodné buk sázet v lokalitách s nepříliš znečištěným ovzduším, protože je dřevina středně citlivá na znečištění ovzduším. Z tohoto důvodu se jí příliš nedaří podél silnic, v ulicích měst a v blízkosti průmyslových aglomerací (Úradníček, 2014). Ideální stanoviště pro buk jsou tedy parky, krajinné a sadovnické úpravy, větší zahrady a podobně (Horáček 2007).

Využití buku lesního je velmi široké. Buk je řazen mezi významné hospodářské dřeviny v České republice. Pro své kvalitní dřevo načervenalé barvy nachází uplatnění v nábytkářství, kde se využívá hlavně k výrobě ohýbaného nábytku. Také je důležitou surovinou pro výrobu překližek, dýh, parket, železničních pražců, a rovněž se využívá v některých chemických a polochemických zpracováních dřeva jako je např. suchá destilace, výroba buničiny, dřevotřískových desek atd. V neposlední řadě se jeho dřevo využívá jako konstrukční materiál pro výrobu dopravních prostředků, různých dřevěných doplňků a drobných předmětů jako jsou hračky, cívky, drobné ruční nářadí a další (Anatomická stavba dřevin – lexikon dřev [online], 2002).

Kromě uplatnění buku lesního jako zdroje dřeva pro další zpracování, nelze opomenout jeho uplatnění jako plnohodnotné dřeviny. Buk lesní je již jako tradiční dřevina hojně používán zahradníky při navrhování parkových, krajinářských a zahradních úprav. Buk se dá krásně využít jako významná solitéra, jelikož se dožívá vysokého věku, ale také jej můžeme začlenit do smíšené skupiny dřevin. Zároveň je k dispozici mnoho kultivarů, kterými lze výsadbu zpestřit. Mezi nejzajímavější kultivary můžeme zařadit ty, které mají listy zbarvené do červena jako například *Fagus sylvatica*, *f. purpurea*, *Aspleniifolia*, *Riversii*, *Rohanii* a mnohé další. Od červenolistých kultivarů jsou samozřejmě i varianty s různými tvary korun, např. převislé větve u kultivarů *Fagus sylvatica* *Black swan*, *Tortuosa purpurea*, *Pendula purpurea*,

a sloupovitý tvar koruny u kultivarů *Dawyck purple*, *Rohan obelisk*. Další velice zajímavé, ale často opomíjené kultivary, jsou ty s odlišným tvarem listové čepele, jako je tomu u *Fagus sylvatica Aspleniifolia*, *Grandidenata*, *Laciniata*, *Mercedes*, *Rohanii* a dalších (Horáček, 2007; Dendrologie online [online]).

Průzkumem trhu bylo zjištěno, že výše uvedené kultivary, až na pár výjimek, jsou běžně dostupné u tuzemských dodavatelů, a to jako vzrostlý sadební materiál pěstovaný v kontejnerech.

3.2. Skladování sadebního materiálu

Skladování je obecně definováno dle ČSN 48 2116 jako: Uchování sadebního materiálu dřevin mezi jednotlivými etapami manipulace ve vhodných podmínkách zajišťujících zachování jeho dobrého fyziologického stavu. Jedná se o dlouhodobé skladování přes zimní období nebo krátkodobé skladování před jarní nebo podzimní výsadbou. Schématické znázornění různých způsobů skladování je uvedeno na Obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Schéma různých způsobů skladování (převzato z Jurásek et al., 2010).

3.2.1. Krátkodobé skladování sadebního materiálu

Ke krátkodobému skladování se přistupuje nejčastěji v jarním období, kdy je sadební materiál ještě v dormanci a rostliny ještě nejsou narašené. Dormance je pro rostliny výhodou, jelikož jsou díky tomu odolnější k nepříznivým podmínkám, které mohou působit na rostliny během manipulace (Jurásek et al., 2010).

Při krátkodobém skladování je nutné dbát zvýšené pozornosti na sledování teplot. Důvodem je rychlejší spotřeba zásobních látek sadebního materiálu se zvyšující se teplotou, kdy se dřeviny již dva týdny před prvními známkami rašení probouzejí z dormance (Jurásek et al., 2010). Závislost na změnách teploty je největší nevýhodou krátkodobého skladování, protože ne vždy je možné rychle vysadit všechny sadební materiál ještě v dormanci. Dlouhodobé skladování v mrazicích boxech má v tom to ohledu velkou výhodu, jelikož zde jsou teploty pod kontrolou.

Jurásek a kol., 2010 uvádí následující způsoby krátkodobého skladování:

- Založení do půdy – jedná se o skladování sadebního materiálu v brázdách, kde jsou rostliny umístěny buď jednotlivě, nebo ve svazcích a jejich kořenový systém je zasypán půdou do výšky 5 cm nad kořenovým krčkem. Celou brázdou s rostlinami je nutno dobře zastínit.
- Uložení v uzavřených obalech – zde je důležité zajistit kvalitní zastínění, rostliny musí být v dormanci a musejí být pravidelně kontrolovány z důvodu výskytu plísní nebo rašení.
- Neklimatizované prostory – umístění sadebního materiálu do sklepů nebo jeskyň, kde teplota nepřesahuje 6 °C. Rostliny jsou zde umístěny s krytým kořenovým systémem a mohou zde být skladovány maximálně 3 týdny.
- Sněžné jámy – jedná se o speciálně vybudované prostory, kde se k chlazení využívá udusaného sněhu. Zde teplota nepřesahuje +4 °C a sadební materiál zde může být skladován maximálně 4 týdny. Rostliny se mohou skladovat buď s chráněným, nebo nechráněným kořenovým systémem.

3.2.2. Dlouhodobé skladování sadebního materiálu

Sadební materiál se dá dlouhodobě skladovat dvěma způsoby. Buď v uzavřených obalech pod sněhem, nebo v klimatizovaných skladech. Skladování v uzavřených obalech pod sněhem, které je spojeno s řadou limitací, jako je například omezení v regulaci teplot, nebude více diskutováno. Dlouhodobé skladování v klimatizovaných sádkách bude podrobněji rozebráno v následující části.

Pro dlouhodobé skladování musí být rostliny ve stádiu plné dormance, což znamená, že jsou vyzvedávány co nejpozději, ideálně koncem podzimu, začátkem zimy (ČSN 48 2116). Pro zjištění plné dormance u rostlin se mohou použít různé metody. Příkladem může být metoda chladových hodin, která byla použita i v našem výzkumu. Zde se vypočítá suma 500 chladových hodin, tj. součet všech hodin při teplotě 0–5 °C (Bárta, 2015). Bárta, 2015 pro upřesnění stavu rostlin také použil metodu, kde se zjišťuje obsahu vody v nadzemní části rostlin, u kterých se odeberou vzorky z terminální části a jsou následně zváženy. Poté jsou tyto vzorky vloženy do sušárny, kde se 8 hodin suší při teplotě 105 °C. Po skončení tohoto procesu jsou vzorky znovu zváženy. Získané hodnoty se poté vloží do příslušného vzorce, který určí z obsahu vody, zda jsou rostliny v dormanci či nikoliv.

Další metody zjištění dormance uváděné ČSN 48 2115:

- Vizuální posouzení stavu pupenů a kořenů - zde se zjišťují zvětšené primordia v pupenech a konce kořenových špiček by měly být zbarveny do bílé barvy. Tato metoda se dá aplikovat okamžitě, např. ve školce.
- Cytologická metoda - metoda, kdy se zjišťuje stav dělení meristematických buněk.
- Zjišťování odolnosti k mrazu. U této metody jsou možné dva přístupy. V prvním přístupu se porovnají hodnoty elektrických charakteristik před a po vystavení rostlin mrazu. Obvykle se rostliny vystaví teplotě -18 °C po dobu 20 hodin. V druhém přístupu jsou pozorovány barevné změny rostlin po vystavení mrazu (totožné podmínky jako u prvního přístupu). V porovnání obou přístupů je rychlejší a objektivnější způsob s porovnáním hodnot elektrických charakteristik.
- Zjišťování přítomnosti ligninu v pletivech terminálního výhonu. Zde se působí pomocí chemických činidel, kde po chemické reakci dochází ke změně zbarvení a zjišťuje se tak, zda již došlo k lignifikaci rostliny.

Pro dlouhodobé skladování v klimatizovaných skladech dle ČSN 48 2116 platí následující: Skladovací prostory musí být vybaveny technickým zařízením umožňující stabilní udržení požadované teploty a vlhkosti vzduchu. Vlhkost vzduchu je důležitá v případě, kdy se sadební materiál skladuje v teplotách nad 0 °C (nejvhodnější teploty jsou 0,5–2 °C). V tomto případě se sadební materiál neukládá do hermeticky uzavřených obalů, ale nechává se v otevřených obalech, nebo bez obalu. Aby nedošlo k oschnutí kořenů, udržuje se vysoká vzdušná vlhkost (80–98 %).

Další podmínkou, která musí být pro dlouhodobé skladování v klimatických skladech splněna, je například zajištění cirkulace vzduchu ve skladech, aby bylo odváděno teplo od sadebního materiálu. Dále se ve skladech musí pravidelně kontrolovat teplota a vlhkost vzduchu. Také se nesmí zapomenout na provádění pravidelných kontrol zdravotního stavu rostlin, a to včetně případného ošetření proti plísním. Jednotlivé kroky by měly být monitorovány a uvedeny do záznamu (ČSN 48 2116).

V případě kde se rostliny skladují v teplotách pod 0 °C (s ideální teplotou -2 až -3 °C), používá se k ochraně celých rostlin hermeticky uzavřené obaly, polyuretanové pytle nebo kartonové krabice. Při tomto způsobu skladování není nutné udržovat ve skladovacím prostoru určitou vzdušnou vlhkost (ČSN 48 2116).

Expedice ze skladů může probíhat prakticky kdykoliv je potřeba. Podle ČSN 48 2116 musí být při vyskladnění sadební materiál minimálně po dobu 6 hodin aklimatizován na stinném místě s teplotou do 12 °C. V praxi je zabráněno vzniku teplotního šoku aklimatizací sadebního materiálu s teplotním mezistupněm v chladicím boxu s teplotou 4–7 °C (Bráta, 2015).

Bárta, 2015 uvádí, že minimální doba pro aklimatizaci u krytokořenného sadebního materiálu je 3–5 dní, u prostokořenného 48 hodin. Hlavním důvodem odlišné doby aklimatizace je kořenový bal, který drží nízkou teplotu po dlouhou dobu. Naopak prostokořenný materiál by měl být co nejrychleji vyexpedován (po aklimatizaci), aby nedošlo k rozvoji houbových patogenů.

Metoda dlouhodobého skladování se využívá především proto, aby byl umožněn větší časový rozptyl ve výsadbě dřevin. Dlouhodobě skladovaný materiál totiž zůstává stále v dormanci a nedochází k probuzení a narašení rostlin, a proto může být výsadba tohoto sadebního materiálu provedena i červenci, aniž by došlo k velkým ztrátám (Bárta, 2015). To je velkou výhodou oproti jiným způsobům skladování jak krytokořenného, tak

prostokořenného sadebního materiálu. Nevýhodou ovšem může být nutnost dodržení přesných postupů (Bárta, 2015).

3.3. Reakce rostlin na teploty pod bodem mrazu

Teplota a změny teploty mají na rostliny velký vliv. Ovlivňují jejich růst, životní cyklus, metabolismus a další. Pavlová (2005) uvádí, že optimální teploty pro růst většiny rostlin se pohybuje od 5 do 40 °C. V tomto rozpětí jsou u většiny rostlin aktivní enzymatické systémy katalyzující biochemické reakce, na kterých závisí tvorba biomasy, obnova buněčných stěn a další funkce důležité pro správné fungování rostliny jako celku.

Růst rostlin je nejrychlejší za optimálních teplot. Ovšem v případě, kdy se teploty dostanou k minimální a maximální hranici, tak je růst zastaven. Toho to principu rostliny využívají k přechodu do vegetačního klidu, tedy do dormance, ve kterém rostlina přečká nepříznivé podmínky k růstu (Pavlová, 2005).

Poškození rostlin nejčastěji nastává při poklesu teplot pod bod mrazu, kdy dochází ke změně v lipidové vrstvě buněčných membrán a dojde k jejich smrštění tím, že lipidy přejdou z tekutého stavu do pevného stavu gelu. Poškození mrazem může být buď přímé, nebo nepřímé. Přímé působení mrazu na buněčné struktury vytváří krystaly ledu v mezibuněčných prostorech. Malé množství krystalků nezpůsobuje poškození základních buněčných funkcí, ale při delším působení mrazu krystalky narůstají a může docházet k mechanickému poškození cytoplasmatické membrány. Při působení velmi nízkých teplot může dojít k tvorbě krystalků přímo v buňce, a nastává tak buněčná smrt. Nepřímo mráz působí na rostliny dehydratací protoplastu, ke které dochází při zamrznutí vody v apoplastu. Důsledkem tohoto působení mrazu rostlina *de facto* uschne (Pavlová, 2005).

Tůma a Tůmová (1998) uvádí, že poškození mrazem závisí na mnoha faktorech. Hlavními faktory jsou rychlost teplotních změn, přítomnost tzv. nukleačních center a obsah rozpuštěných látek. Dále popisují, že velikost vznikajících krystalků ledu je omezoována specifickými proteiny, které se nacházejí v epidermis, na hranici buněčné stěny a mezibuněčných prostorů. Zde se proteiny vážou na vznikající krystalky ledu a zpomalují jejich růst. Tento princip však neplatí u všech rostlin. Tvorbu velkých krystalků ovlivňuje také přítomnost sacharidů (fruktanty, sacharóza, sorbitol a manitol), aminokyselin a polyalkoholů.

Působení teplot pod bodem mrazu v přirozených podmínkách rostliny výrazně nepoškozuje. Rostliny přirozeným snižováním teploty a otužováním přecházejí do dormance a jejich metabolismus je výrazně snížen. Rostliny tedy výrazně poškozují náhlé změny teplot, kdy rostlina není připravena čelit těmto stresovým podmínkám.

4. Materiál a metody

4.1. Materiál

4.1.1. Sadební materiál

Pro výzkum byl použit krytokořenný sadební materiál buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Rovněž bylo plánováno testovat prostokořenný sadební materiál, ale pro náhlé nepříznivé podmínky počasí nemohl být vyzvednut ze záhonů. Pro porovnání byly použity prostokořenné sazenice vybraných dřevin, tj. topolu šedého (*Populus x canescens* (Aiton) Sm.), dubu letního (*Quercus robur* L.) a douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)

- *Fagus sylvatica* (fv1+0, lesní školka LESCUS Cetkovice s.r.o.)
- *Populus x canescen* (2+0, lesní školka MENDELU ŠLP Masarykův les Křtiny)
- *Quercus robur* (2+1, lesní školka MENDELU ŠLP Masarykův les Křtiny)
- *Pseudotsuga menziesii* (2+2, lesní školka MENDELU ŠLP Masarykův les Křtiny)
- *Picea abies* (2+2, lesní školka LESCUS Cetkovice s.r.o.)
- *Picea abies* (fv1+1, lesní školka LESCUS Cetkovice s.r.o.)

4.1.2. Popis skladovacích ploch

Sazenice na dlouhodobé skladování byly připravovány ve skladech lesní školky LESCUS Cetkovice s.r.o., která se nachází v obci Cetkovice v nadmořské výšce 406 m n. m. Materiál byl hermeticky uzavřen do pytlů a krabic s popisem jednotlivých variant, a poté uskladněn do třech mrazících boxů o nastavených teplotách -3 °C, -6 °C a -8 °C. Teplota a vlhkost vzduchu v mrazících boxech, přímo u rostlin v pytlích a krabicích byly měřeny pomocí měřicího systému Minikin Thi.

4.1.3. Popis stanovištních podmínek výzkumné plochy

Výzkumná plocha se nachází na plochách společnosti LESCUS Cetkovice, a.s. asi 1 kilometr severovýchodně od obce Cetkovice. Konkrétně se stanovištní plocha nachází na pozemcích určených k plnění funkce lesa, lesní typ 4S2 (GPS: 49.5819456N, 16.7426708E) v nadmořské výšce 477 m n. m. Jedná se o paseku v mírném svahu se stoupáním asi 6°.

4.2. Metody

4.2.1. Varianty

Sadební materiál byl tříděn následovně podle variant skladování:

- Podle typu obalu pro uskladnění
 - Polyethylenové pytle
 - Kartonové krabice
- Podle teploty
 - teplota -3 °C
 - teplota -6 °C
 - teplota -8 °C
- Podle aplikace fungicidu
 - Ošetřeny fungicidem „FUNG“
 - Bez ošetření fungicidem
- Podle doby rozmrazování (aklimatizace)
 - 0 dnů
 - 2 dny
 - 4 dny
 - 7 dnů
- Podle teploty půdy
 - Teplá půda „TP“
 - Studená půda

Pro snazší orientaci v textu jsou následující pojmy používány ve zkrácené formě: polyethylenové pytle - „pytle“, kartonové krabice - „krabice“, ošetření fungicidem - „s fungicidem“, bez ošetření fungicidem - „bez fungicidu“. V textu jsou také zanedbány mírné rozdíly teplot u jednotlivých variant a uvažujeme pouze varianty s „nastavenou“ teplotou, i když se skutečná teplota mohla mírně lišit od nastavené.

Jako základní varianta buku lesního byly určeny rostliny skladované v PE pytli, při teplotě -3 °C, s aklimatizací 4 dny, bez aplikace fungicidu. S touto variantou byly porovnávány ostatní varianty, včetně jiných dřevin skladovaných stejným způsobem.

4.2.2. Příprava sadebního materiálu do mrazicích boxů

Příprava sadebního materiálu do mrazicího boxu probíhala 17. 2. 2016 v klimatizované hale. Sadební materiál byl balen buď do PE pytlů, nebo do kartonových krabic, a to vždy po 30 kusech. Sazenice byly do pytlů vkládány kořeny dolů a do krabic kořeny vodorovně směrem ke stěnám s nadzemní částí do středu krabice, ve dvou řadách proti sobě. U každé varianty byly použity vždy dvě vrstvy obalu. U pytlů byly sazenice baleny nejdříve do malého pytle, a poté do většího. Z pytle byl vytlačen přebytečný vzduch a byl pevně zavázán provázkem. Krabice byly nejdříve vystlány potravinovou folií, a následně do nich byly vloženy sazenice. Tato folie tvořila voděodolnou vrstvu, která nahrazovala voděodolný nátěr. Po uzavření byla krabice obalena potravinovou folií.

Při balení se dbalo na pevné uzavření obalů, aby se zamezilo přístupu vzduchu. Některé varianty obsahovaly sazenice, u kterých byl aplikován fungicid Dithane. Tento fungicid byl aplikován na nadzemní část sazenic, který byly vyskládány na folii na zemi. Postřik schnul velmi pomalu, a proto byly sazenice vkládány do obalů ve vlhkém stavu.

Každý obal byl označen papírovým štítkem varianty, tj. označení druhu dřeviny, typu obalu, teploty skladování, aplikace fungicidu či bez ošetření, vysazení do teplé půdy či nikoliv a délkou rozmrazování. Pojmeme teplá půda je myšleno testování pozdní výsadby, kdy bylo teplé počasí a teplota přes den přesahovala 20 °C. Poté označení byly sazenice umístěny do mrazicích boxů podle teplot -3 °C, -6 °C a -8 °C. Přehled všech variant je uveden v Tabulce č. 1. Na Obrázku č. 2 (a-d) je zachycena příprava sadebního materiálu do mrazicích boxů.

Naskladněno bylo celkem 430 sazenic krytokořenného buku lesního (*Fagus Sylvatica*), 30 ks prostokořenných sazenic dubu letního (*Quercus robur*), 30 ks topolu šedého (*Populus x canescen*), 30 ks douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*), 30 ks prostokořenného smrku ztepilého (*Picea abies*) a 30 ks krytokořenného smrku ztepilého (*Picea abies*).

V mrazicích boxech byly sazenice ponechány do naplánované výsadby. První vyskladnění proběhlo 18. 4. 2016, tj. cca po dvou měsících skladování.

Tabulka č. 1: Přehled variant

dřevina	typ sadebního materiálu	teplota	obal	délka skladování	aplikace fungicidu	výsadba do teplé půdy
buk lesní	krytokořenný	-3 °C	pytel	0	NE	NE
				2	NE	NE
				4	ANO	ANO
				7	NE	NE
		-6 °C	krabice	4	NE	NE
				4	NE	NE
				4	NE	NE
				4	NE	NE
-8 °C	pytel	4	NE	NE		
		4	NE	NE		
dub zimní	prostokořenný	-3 °C	pytel	4	NE	NE
topol šedý	prostokořenný	-3 °C	pytel	4	NE	NE
douglaska tisolistá	prostokořenný	-3 °C	pytel	4	NE	NE
smrk ztepilý	krytokořenný	-3 °C	pytel	4	NE	NE
	prostokořenný	-3 °C	pytel	4	NE	NE



Obrázek č. 2 (a-d): Fotografie z průběhu naskladňování sadebního materiálu

4.2.3. Výsadba sazenic

Výsadba probíhala na výzkumné ploše společnosti LESCUS Cetkovice, a.s., popsané výše, s pečlivou jamkovou sadbou. Velikost jamek u prostokořenného sadebního materiálu 25x25cm a u krytokořenného sadebního materiálu 35x35 cm. První výsadba se uskutečnila 18. 4. 2016. Byly vysazeny varianty bez rozmrazování. Následně byla výsadba odstupňována v závislosti na počtu dní aklimatizace sazenic v klimatizovaném skladu. Teplota aklimatizace byla stanovena na ± 3 °C. Ve dnech 2. 5., 7. 6., 20. 6. a 7. 7. 2016 byly vysazeny varianty s různou hranicí rozmrazování. 27. 5. 2016 byly vysazeny varianty „TP“ tedy pozdní výsadba. Poznámka: ve výsadbě 12. 5., 7. 6., 20. 6. a 7. 7. 2016 bylo vysazeno pouze 10 rostlin pro omezené množství sadebního materiálu v pokusu.

4.2.4. Hodnocení sazenic

První hodnocení proběhlo 7. 6. 2016, kdy byla hodnocena fenologie a vitalita rostlin. U rostlin bylo hodnoceno, zda začaly rašit či nikoliv, zda byly již olistěné a také zda byly rostliny vitální, chřadnoucí či mrtvé. Mezi vitální rostliny byly zařazeny pouze ty bez jakýchkoliv známek poškození. Mezi chřadnoucí byly zařazeny ty rostliny, u nichž bylo pozorováno žloutnutí či hnědnutí listů, mrtvé rostliny či rostliny s jinými známkami poškození.

1. 9. a 29. 9. 2016 probíhalo druhé podrobnější hodnocení. Zde byly měřeny morfologické parametry sadebního materiálu, tj. výška rostlin, délka přírůstu, tloušťka kořenového krčku, délka jehlic, šířka a délka listů (viz Tabulka č. 2). K měření bylo používáno posuvné měřítko šuplera, skládací metr a pravítko dlouhé 30 cm. Také byla hodnocena vitalita rostlin podle námi sestavené stupnice (viz Obrázek č. 3 (a-d)).

Tabulka č. 2: Metody měření morfologických parametrů

Parametr sazenice	Popis měření	jednotka
Výška rostliny	Byla měřena skládacím metrem od země k vrcholu dřeviny, tedy k poslednímu (terminálnímu) pupenu.	cm
Délka přírůstu	Byla měřena skládacím metrem od půdního profilu k začátku terminálu z r. 2016. Výsledný přírůst byl získán odečtem naměřeného přírůstem od celkové výšky.	cm
Tloušťka rostliny	Byla měřena posuvným měřítkem v místě kořenového krčku.	mm
Délka jehlic	Byla měřena 30cm pravítkem vždy 3 jehlice z prostřední části letorostu. Následně byl vypočítán průměr délky jehlic.	mm
Šířka listu	30cm pravítkem byla měřena šířka největšího listu na rostlině.	mm
Délka listu	30cm pravítkem byla měřena délka největšího listu na rostlině.	mm



Stupeň 1. - Listy jsou zelené barvy, přírůst je dobře znatelný, celkově na rostlině nelze pozorovat žádné známky chřadnutí.



Stupeň 2. - Listy mají světle zelenou až žlutozelenou barvu, přírůst je méně znatelný.



Stupeň 3. - Listy mají žlutozelenou až žlutou barvu, přírůst je téměř nezřetelný, velice často se objevuje zaschlý vrchol.



Stupeň 4. – Mrtvý jedinec

Obrázek č. 3 (a-d): Popis jednotlivých stupňů vitality

4.2.5. Vyhodnocení dat

Všechna data byla zpracována a vyhodnocena v programech Microsoft Excel a STATISTICA. K analýze rozdílů mezi jednotlivými variantami byla použita jednofaktorová ANOVA a Fisherův post-hoc test. Jako statisticky významné byly označeny všechny výsledky v intervalu spolehlivosti s hodnotou $\alpha = 0,05$. Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou v tabulkách znázorněny horním indexem.

5. Výsledky

5.1. Základní přehled

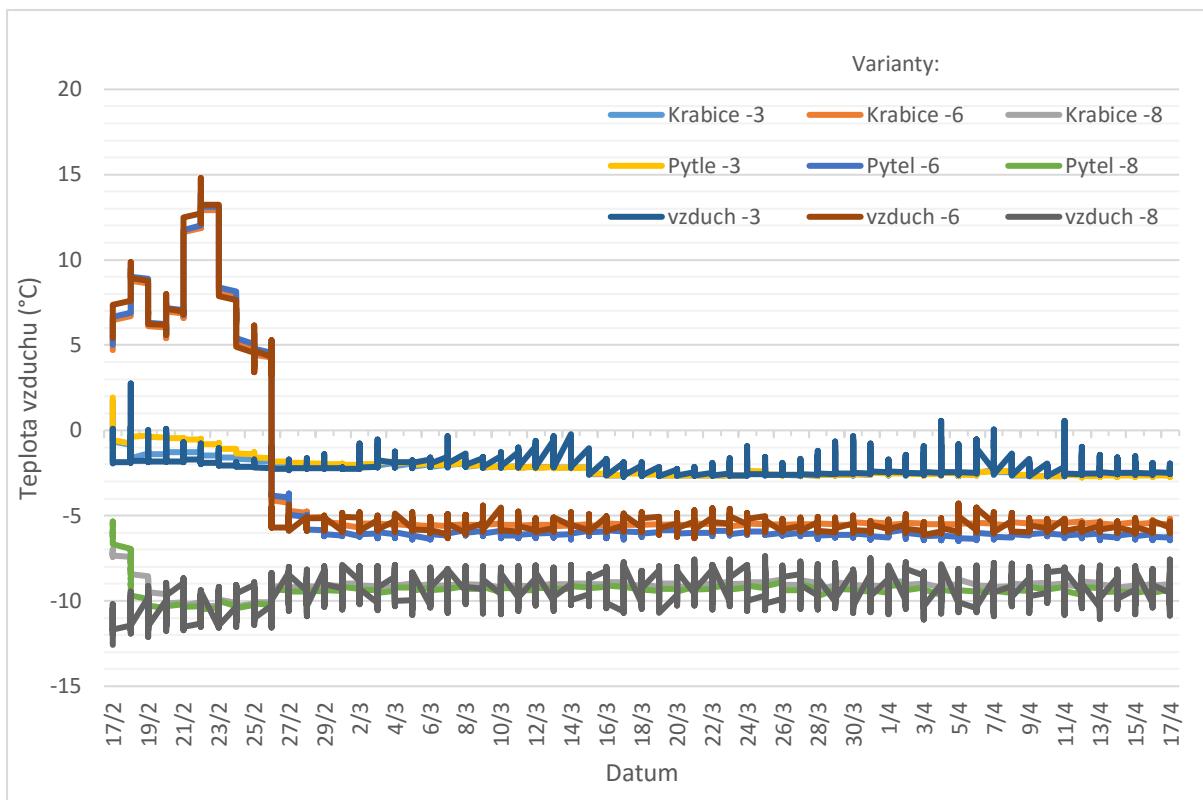
V každém mrazicím boxu byly umístěny 3 teplotní čidla Minikin Thi pro kontrolu teplot. Jednotlivé čidla byly umístěny do krabice či pytle a do volného prostoru, aby byly měřitelné rozdíly mezi jednotlivými způsoby skladování, tj. v pytlích a v krabicích. Tento způsob měření teplot také umožnil hodnotit izolační vlastnosti jednotlivých obalů. Z tabulky č. 3 lze pozorovat rozdíly reálných teplot v mrazicích boxech od nastavených. V mrazicím boxu pro teplotu $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ se teplota v průměru pohybovala o stupeň níže, v boxu pro teplotu $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla teplota v průměru o cca $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižší a v boxu pro $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla teplota v průměru o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižší, než byla nastavená teplota. V porovnání izolačních vlastností obalů v boxu s teplotou $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebyl pozorován významný rozdíl mezi jednotlivými obaly. V boxu s nastavenou teplotou $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ byly lépe izolovány rostliny v krabicích než v pytlích. Podobné izolační vlastnosti krabice byly pozorovány i při teplotě $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabulka č. 3: Průměrná teplota v mrazicích boxech \pm maximální odchylka ($^{\circ}\text{C}$)

Umístění teplotního čidla	Nastavená teplota ve variantách		
	Teplota $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$	Teplota $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$	Teplota $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Krabice	$-2,3 \pm 1,2$	$-5,5 \pm 2,8$	$-9,2 \pm 4,7$
Pytel	$-2,2 \pm 1,2$	$-6,1 \pm 3,1$	$-9,4 \pm 4,8$
Vzduch*	$-2,2 \pm 1,1$	$-5,6 \pm 3,0$	$-9,4 \pm 5,1$

* Teplotní čidlo měřící teplotu vzduchu v mrazicím boxu

V dlouhodobém měření byla očekávána odchylka $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, nicméně ve skutečnosti docházelo k odchylkám mnohem větším, než je $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (viz obrázek č. 4). Reálné teploty byly u jednotlivých variant následující: varianta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; varianta $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; varianta $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -9,4$). Toto kolísání teplot je tedy třeba brát v úvahu pro správnou interpretaci výsledků. V únoru byla také zaznamenána porucha mrazicího boxu s nastavenou teplotou $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy se teploty dostaly nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rostliny však zůstaly v dormanci a jejich stav, dle výsledků, nebyl ovlivněn.



Obrázek č. 4: Teploty v mrazících boxech

7. 6. 2016 proběhlo první hodnocení sazenic, kde byla hodnocena fenologie rostlin a jejich vitalita po výsadbě. Hodnocení semenáčků buku je znázorněno v tabulce č. 4 a tabulce č. 5. Ve variantách Pytel -3 °C, Krabice -3 °C, Pytel -6 °C a Krabice -6 °C všechny semenáčky vyrašily a byly vitální. Ve variantách Pytel -8 °C vyrašilo pouze 24 % semenáčků (8 jedinců) a z rašících rostlin byla vitální více jak polovina (63 % = 5 jedinců). Ve variantě Krabice -8 °C vyrašilo a bylo vitálních pouze 7 % (2 jedinci) semenáčků.

Tabulka č. 4: Hodnocení fenologie a vitality semenáčků buku

Varianty	Počet rostlin (ks)				
	rašících	nerašících	vitálních	chřadnoucích	mrtvých
Pytel -3 °C	189	1	189	1	0
Pytel -6 °C	30	0	30	0	0
Pytel -8 °C	8	25	5	3	0

Tabulka č. 5: Hodnocení fenologie a vitality semenáčků buku

Varianty	Počet rostlin (ks)				
	rašící	nerašící	vitální	chřadnoucí	mrtvá
Krabice -3 °C	60	0	60	0	0
Krabice -6 °C	28	0	28	0	0
Krabice -8 °C	2	27	2	0	0

Téměř všechny sazenice dubu, topolu a douglasky vyrašily a byly vitální, pouze jeden jedinec u dubu a dva jedinci u topolu nevyrašili (Tabulka č. 6).

Tabulka č. 6: Hodnocení sazenic dubu, topolu a douglasky (počet jedinců)

Dřevina	Počet rostlin (ks)				
	rašící	nerašící	vitální	chřadnoucí	mrtvá
DB	29	1	29	0	0
TP	28	2	28	1	1
DG	30	0	30	0	0

Pozn.: DB – dub; TP – topol; DG – douglaska

Na konci vegetačního období bylo provedeno další hodnocení. Byly hodnoceny ztráty výsadby a dendrometrické parametry rostlin. Ztráty krytokořenného buku z pytlů v teplotě -3 °C byly 4 % a ve variantě krabice nebyly pozorovány žádné ztráty. U sazenic z teploty -6 °C byly ztráty u variant z pytlů menší než u variant v krabicích, a to 4 %. Rostliny z teploty -8 °C v obou variantách obalu nepřežily, až na jednoho jedince (Tabulka č. 5). Ztráty u ostatních dřevin jsou uvedeny v Tabulce č. 6.

Tabulka č. 5: Ztráty buku lesního na konci 1 vegetačního období po výsadbě (%)

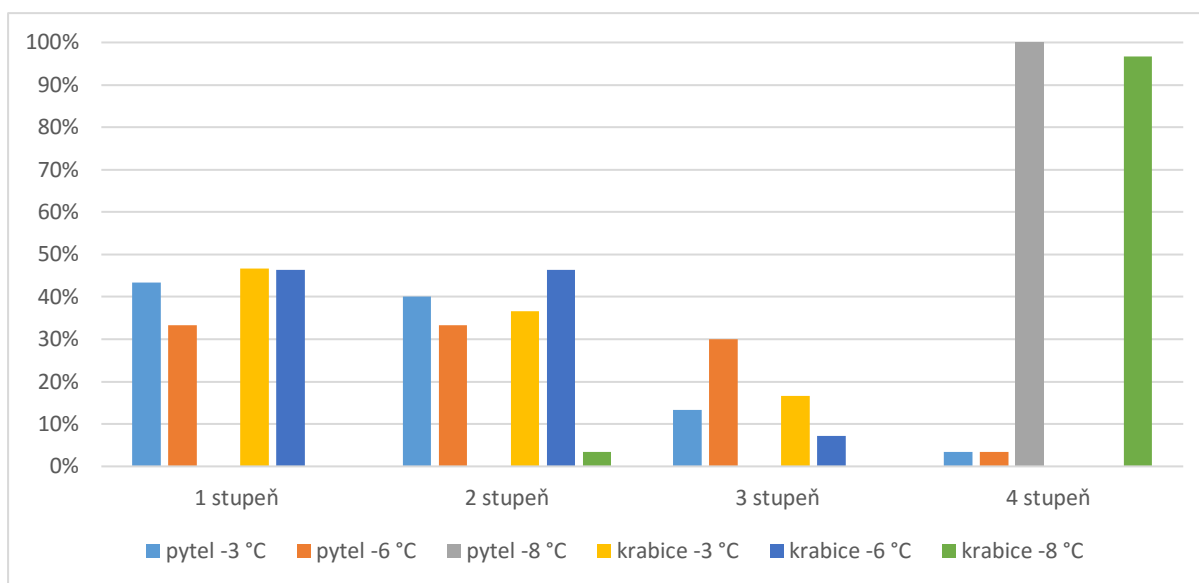
Typ obalu	pytel			krabice		
	-3 °C	-6 °C	-8 °C	-3 °C	-6 °C	-8 °C
BK	3,9	3,3	100	0	6,7	96,7

Tabulka č. 6: Ztráty dubu, topolu a douglasky na konci 1. vegetačního období po výsadbě (%)

Dřevina	Ztráty (%)
DB	0
TP	6,7
DG	3,3

Pozn.: DB – dub; TP – topol; DG – douglaska

Nejlepší vitalita byla pozorována u sazenic z varianty krabice -3 °C a krabice -6 °C. Nejvíce chřadnoucích jedinců bylo pozorováno ve variantě pytel -6 °C a nejméně chřadnoucích jedinců bylo ve variantě krabice -6 °C. Nejhorší vitalitu, tedy 4. stupeň – mrtvý jedinec, měly obě varianty, pytel a krabice, při -8 °C (Obrázek č. 5).



Obrázek č. 5: Procentuální zastoupení rostlin v jednotlivých variantách dle stupňů vitality (od 1. stupně – vitální rostlina, po 4. stupeň – mrtvá rostlina)

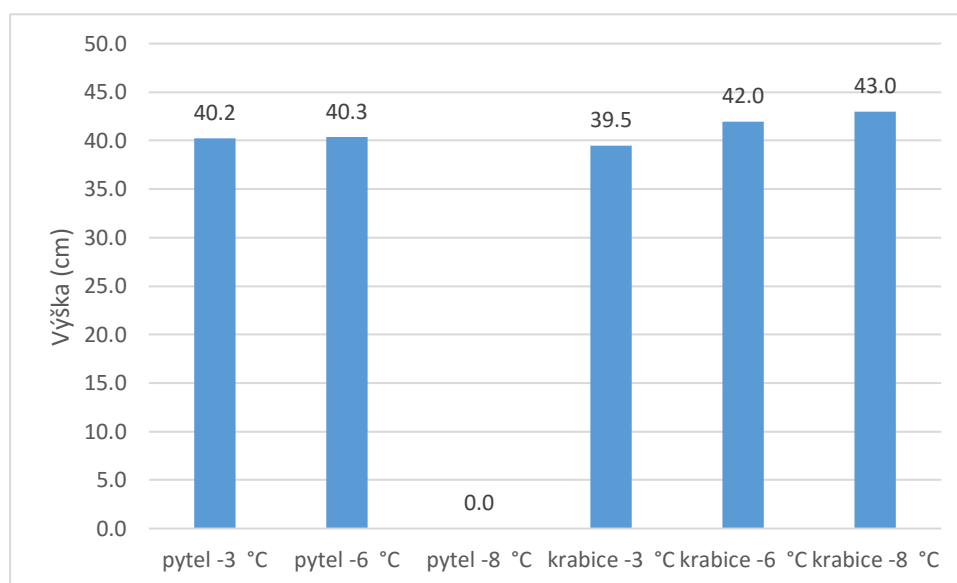
Celkový přehled morfologických parametrů jednotlivých variant je popsán v tabulce č. 7. Ve varianta pytel -8 °C nebylo možné hodnotit morfologické charakteristiky, protože sazenice v této variantě nepřežily. Podobně ve variantě krabice -8 °C, kde přežila pouze jediná rostlina, nejsou morfologické charakteristiky porovnávány s ostatními variantami, aby nedošlo ke zkreslení dat a závěrů.

Tabulka č. 7: Morfologické parametry buku lesního skladovaného před výsadbou při různých teplotách

Teplota	Typ obalu	Výška	Přírůst	Tloušťka rostlin	Délka listu	Šířka listu
		cm		mm		
-3 °C	pytel	40,2 ^a	3,5 ^{a,b}	7,1 ^{a,b}	59,4 ^a	34,8 ^{a,b}
-6 °C		40,3 ^a	4,6 ^b	6,3 ^c	54,4 ^a	31,7 ^a
-8 °C						
-3 °C	krabice	39,5 ^a	3,6 ^{a,b}	7,4 ^b	65,0 ^c	36,0 ^b
-6 °C		42,0 ^a	2,7 ^a	7,1 ^{a,b}	58,6 ^a	33,4 ^{a,b}
-8 °C		43,0 ^a	0,0 ^{a,b}	5,0 ^{a,c}	27,0 ^b	17,0 ^c

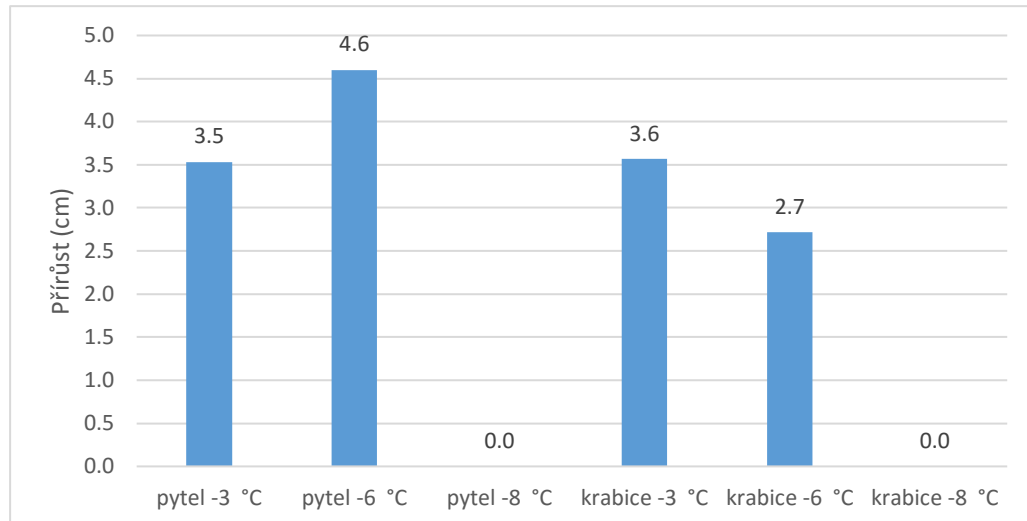
Pozn.: Horní indexy sdružují varianty dle podobnosti do skupin se stejným písmenem a určují statisticky významné rozdíly.

Průměrná výška sazenic se pohybovala od 39,5 cm do 43,0 cm (Obrázek č. 6). Rozdíly mezi teplotami a typy obalů nebyly statisticky významné, a tedy výška sazenic byla přibližně stejná.



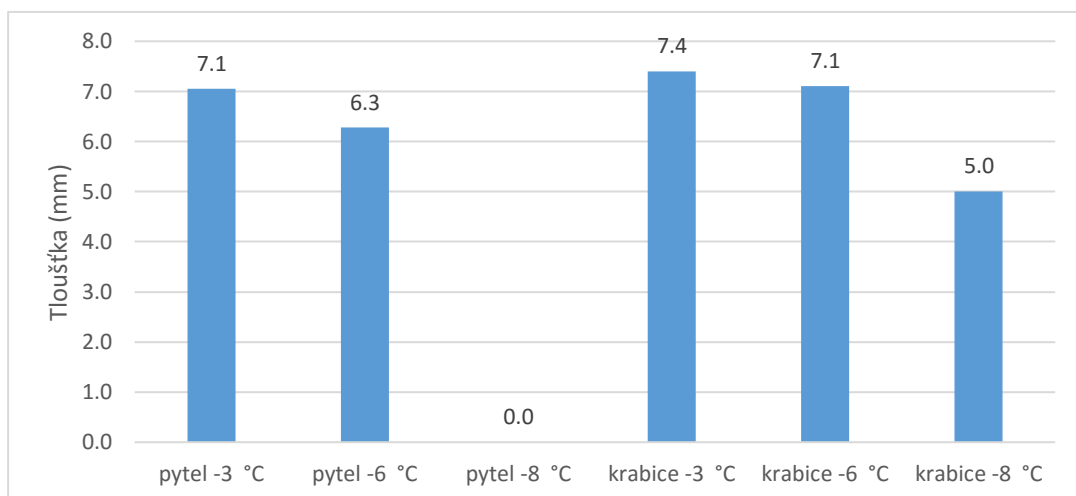
Obrázek č. 6: Výška buku lesního na konci prvního vegetačního období v jednotlivých variantách dle typu obalu a teploty skladování před výsadbou (cm)

Přírůst rostlin za vegetační období se pohyboval od 2,7 cm do 4,0 cm (Obrázek č. 7). Statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$) ve srovnání jednotlivých variant byl pozorován u variant pytel -8 °C a krabice -8 °C, kde k přírůstu nedošlo. Významný rozdíl ($p < 0,001$) byl také pozorován mezi variantami pytel -6 °C a krabice -6 °C. U variant s teplotou skladování -3 °C rozdíl nebyl.



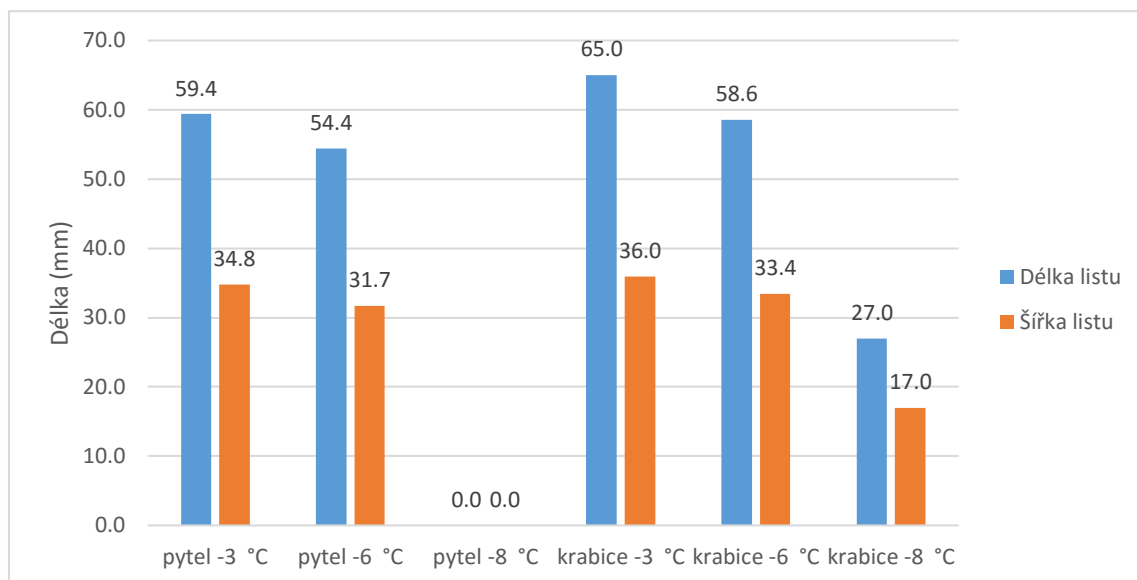
Obrázek č. 7: Přírůst buku lesního na konci prvního vegetačního období v jednotlivých variantách dle typu obalu a teploty skladování před výsadbou (cm)

Tloušťka rostlin měřená v oblasti kořenového krčku se pohybovala od 5,0 mm do 7,4 mm (Obrázek č. 8). Jedinou variantou se statisticky významným rozdílem ($p < 0,001$) byla varianta pytel -6 °C. Průměrná tloušťka kořenového krčku byla téměř o 1 mm menší než u jiných variant.



Obrázek č. 8: Tloušťka buku lesního na konci prvního vegetačního období v jednotlivých variantách dle typu obalu a teploty skladování před výsadbou (mm)

Statisticky významné rozdíly velikosti listů v celkovém poměru rozměrů listů nebyly zjištěny (Obrázek č. 9). Nicméně v porovnání délky listu, byla u varianty krabice -3 °C pozorována statisticky významně delší délka listu ($p < 0,001$) ve srovnání s ostatními variantami. Podobně se lišila varianta pytel -6 °C v šířce listu, kde šířka listu dosahovala nejmenších rozměrů.



Obrázek č. 9: Délka a šířka listů (mm) buku lesního na konci prvního vegetačního období v jednotlivých variantách dle typu obalu a teploty skladování před výsadbou

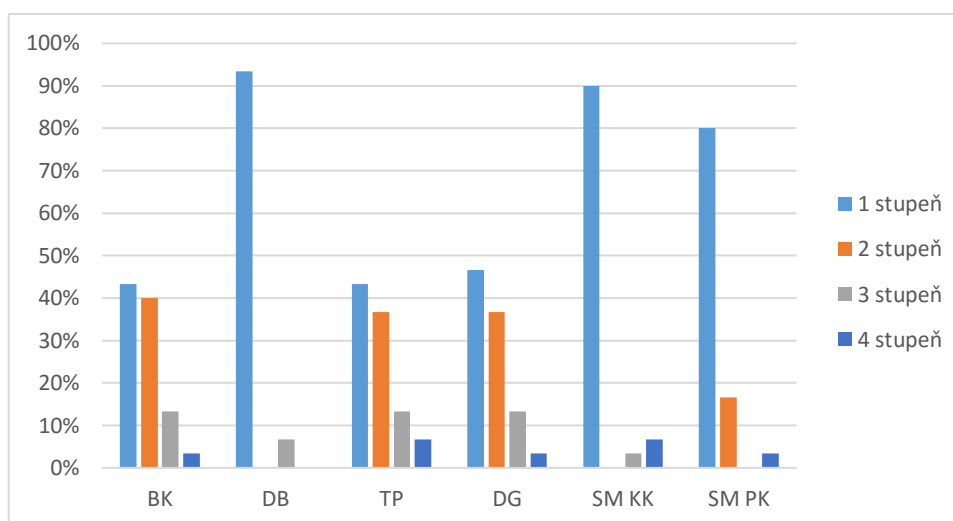
5.2. Porovnání dřevin skladovaných při teplotě -3 °C.

Ztráty po výsadbě a na konci vegetačního období byly u všech dřevin velmi malé (Tabulka č. 8). Z těchto výsledků lze proto usoudit, že žádná z dřevin dlouhodobým skladováním v teplotě -3 °C nebyla poškozena.

Tabulka č. 8: Ztráty jednotlivých dřevin po výsadbě a na konci vegetačního období (%)

Dřevina	Typ sadebního materiálu	Ztráty po výsadbě (%)	Ztráty na konci vegetačního období (%)
BK	krytokořenný	0	3
SM		0	7
DB	prostokořenný	0	0
TP		3	7
DG		0	3
SM		0	3

Na konci vegetačního období byla nejlepší vitalita pozorována u dubu a obou variant smrku. Tyto varianty měly nejvíce jedinců se stupněm vitality 1. U zbylých dřevin byla pozorovaná vitalita nižší (Obrázek č. 10).



Obrázek č. 10: Procentuální podíl rostlin v jednotlivých variantách dle stupně vitality (od 1. stupně – vitální rostlina, po 4. stupeň – mrtvá rostlina)

V tabulce č. 9 jsou uvedeny morfologické parametry dřevin. Rozdíly v jednotlivých parametrech mezi dřevinami jsou dány morfologickými a ekologickými vlastnostmi jednotlivých dřevin, a jsou tak důležitými výchozími hodnotami pro další sledování. Nejmenšího přírůstu dosahoval buk a největšího přírůstu topol.

Zajímavý je také rozdíl mezi smrky. Prostokořenný smrk dosahoval mnohem menšího přírůstu než krytokořenný smrk. V porovnání délky jehlic mezi smrky byly naměřeny kratší jehlice u prostokořenných smrků. V celkovém porovnání se tedy lépe jevila varianta krytokořenného smrku oproti variantě prostokořenný smrk.

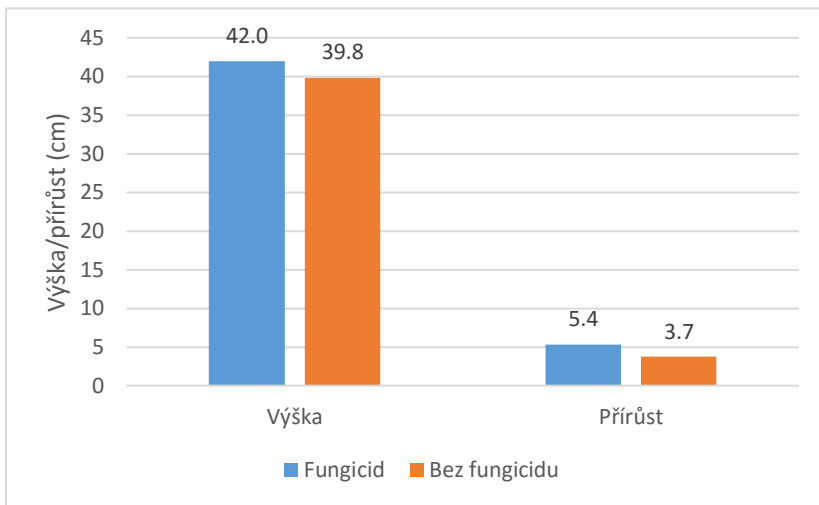
Tabulka č. 9: Morfologické parametry dřevin naměřené na konci vegetačního období

Dřevina	Typ sadebního materiálu	Výška	Přírůst	Tloušťka rostlin	Délka listu	Šířka listu	Délka jehlic
		cm		mm			
BK	krytokořenný	40,2	3,5	7,1	59,4	34,8	
SM		39,6	10,0	8,5			12,3
DB	prostokořenný	37,2	11,6	5,8	70,1	39,6	
TP		68,8	24,4	7,1	57,3	44,8	
DG		33,0	5,6	7,7			15,3
SM		42,8	8,6	9,0			10,0

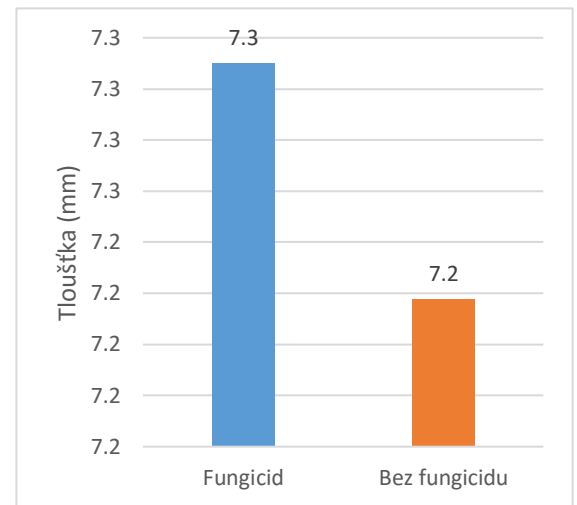
Pozn.: BK – buk; SM – smrk; DB – dub; TP – topol; DG – douglaska

5.3. Vliv aplikace fungicidu na sazenice buku lesního

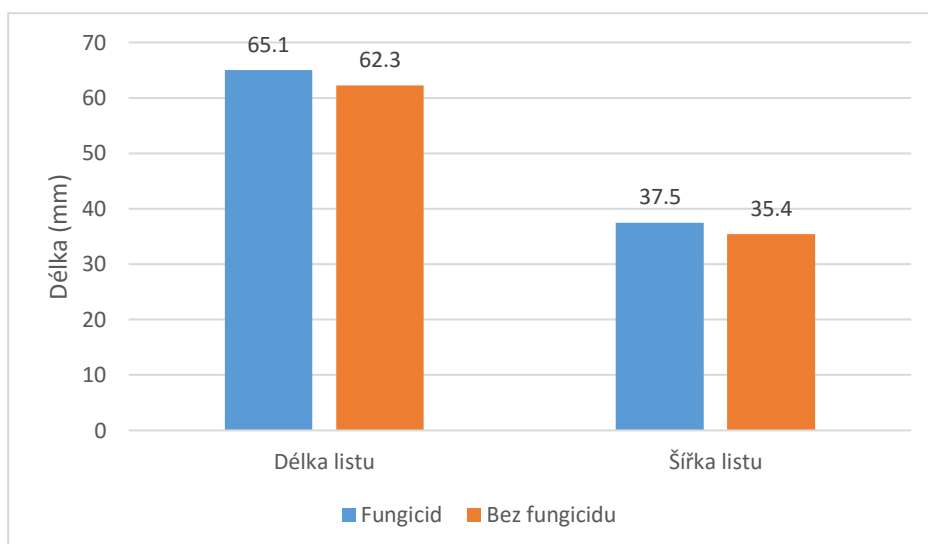
Aplikace fungicidu proti šíření plísní a jiných houbových chorob během aklimatizace rostlin se ukázalo jako nepotřebné. Nebyl pozorován žádný významný rozdíl mezi rostlinami, na které byl aplikován fungicid, ve srovnání s rostlinami bez fungicidu. Obě varianty rostlin odrůstaly podobně. Morfologické parametry sazenic jsou zobrazeny na Obrázku č. 11a,b,c. Statisticky významný rozdíl ($p > 0,001$) byl zjištěn pouze u přírůstu rostlin. Menší hodnoty byly naměřeny u rostlin, na které nebyl aplikován fungicid.



Obrázek č. 11a: Výška a přírůst buku bez a s aplikací fungicidu (cm)

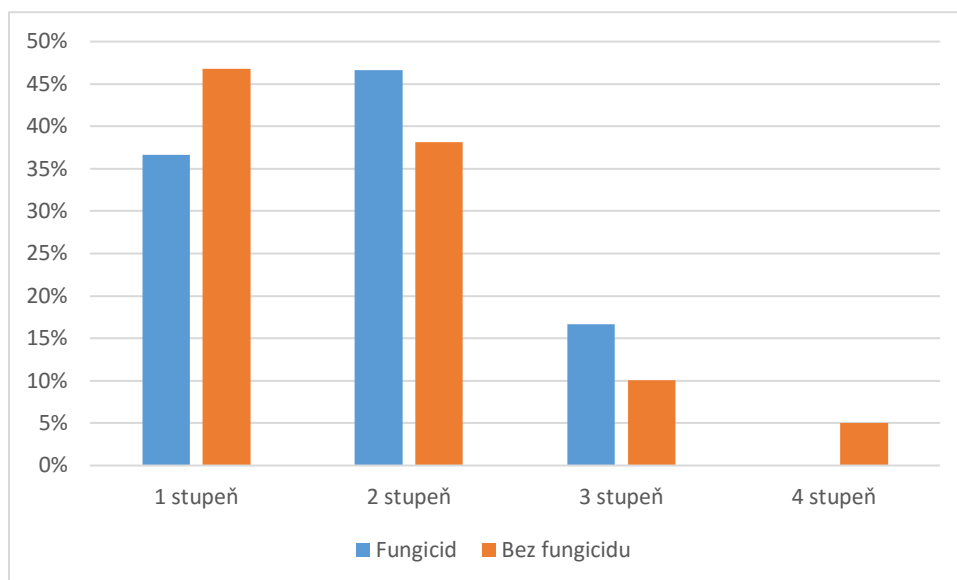


Obrázek č. 11b: Tloušťka buku bez a s aplikací fungicidu (cm)



Obrázek č. 11c: Délka a šířka listů buku bez a s aplikací fungicidu (mm)

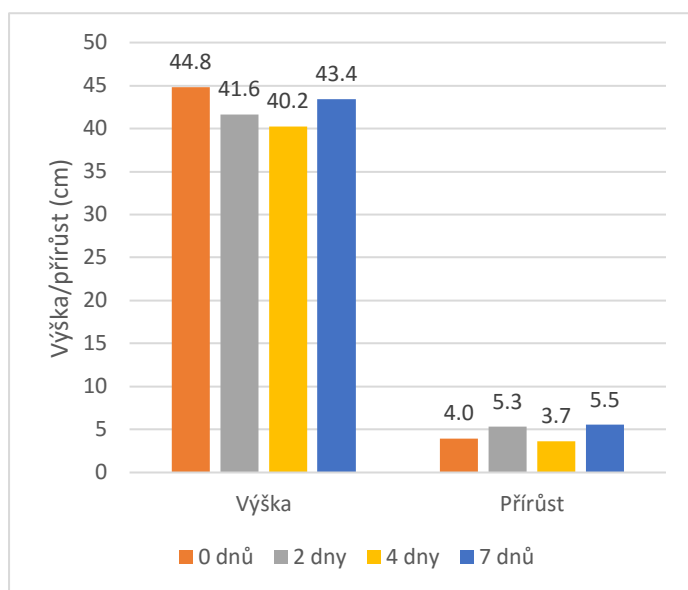
V porovnání vitality sazenic s aplikovaným fungicidem a bez aplikace fungicidu, se ukázalo, že mezi jednotlivými variantami není významný rozdíl, jelikož obě varianty měly více jak 80 % sazenic s vitalitou 1. a 2. stupně (Obrázek č. 12).



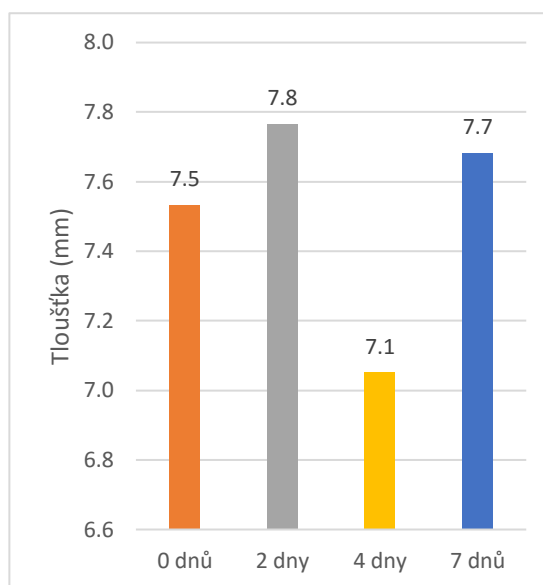
Obrázek č. 12: Procentuální zastoupení rostlin s různým stupněm vitality (od 1. stupeň – vitální rostlina, po 4. stupeň – mrtvá rostlina) v jednotlivých variantách s aplikací fungicidu či bez aplikace

5.4. Porovnání délky aklimatizace sazenic buku lesního

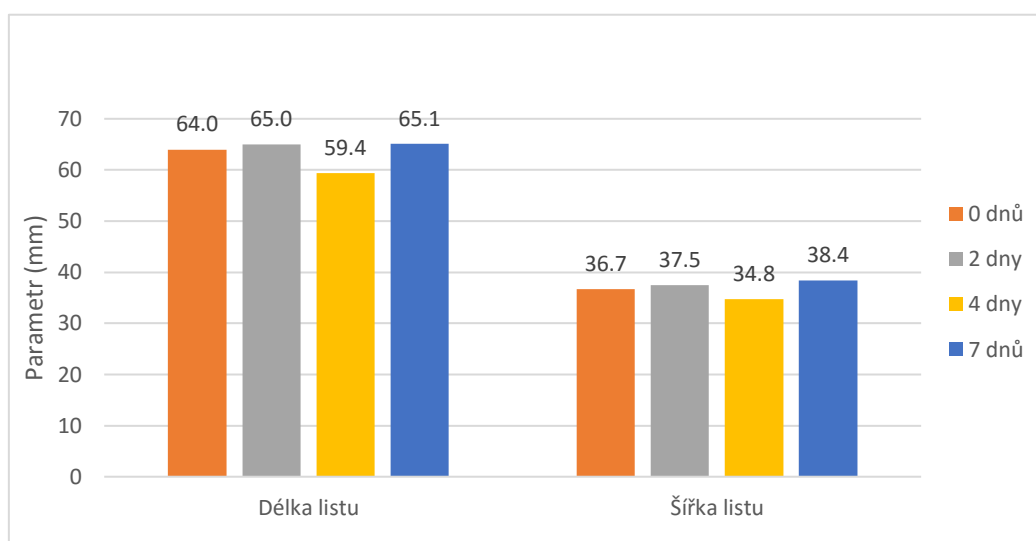
Hodnocení rostlin s různou délkou aklimatizace se ukázalo jako velice zajímavé. Statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$) byl pozorován pro variantu s aklimatizací 4 dnů. Tato varianta měla ve srovnání s ostatními variantami výrazně nižší hodnoty (Obrázek č. 13a,b,c). Nejvyšší přírůst byl pozorován u variant s délkou aklimatizace 2 a 7 dnů. Naopak nejmenší přírůst měly rostliny ve variantách aklimatizace 0 a 4 dny.



Obrázek č. 13a: Vliv délky aklimatizace na výšku a přírůst rostlin (cm)

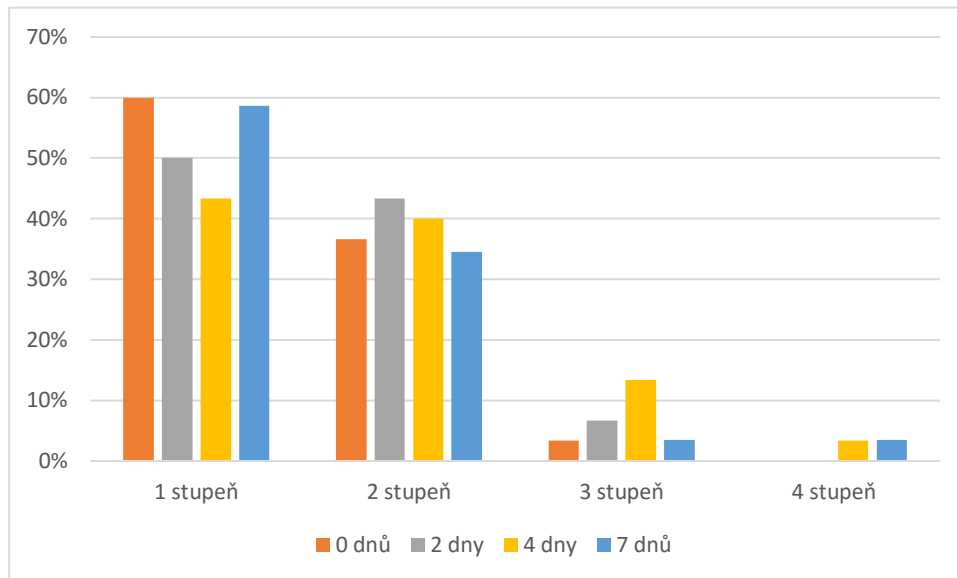


Obrázek č. 13b: Vliv délky aklimatizace na tloušťku rostlin (mm)



Obrázek č. 13c: Vybrané morfologické parametry buku (mm) v závislosti na délce aklimatizace

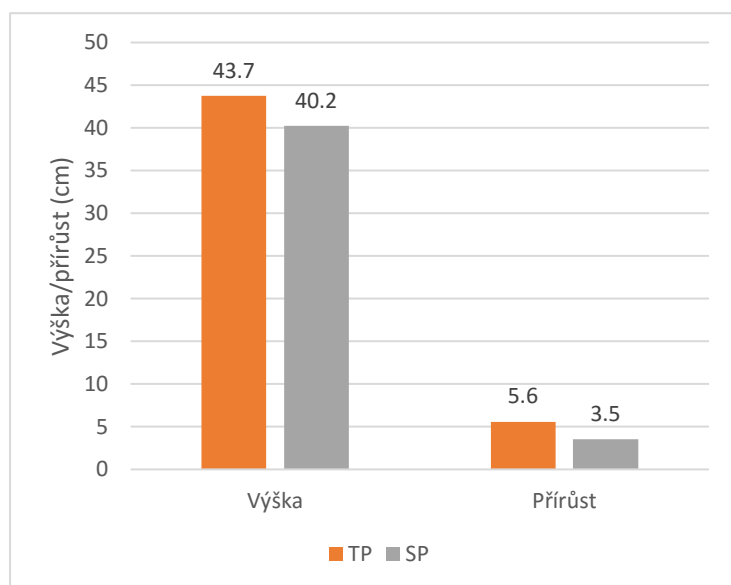
Na konci vegetačního období vykazovaly nejlepší vitalitu rostliny s délkou aklimatizace 0 a 7 dnů. Naopak nejhorší vitalita byla zaznamenána u rostlin s délkou aklimatizace 4 dny. Ve variantě s délkou aklimatizace 2 dny byla vitalita rostlin nepatrně lepší. Celkový stav vitality je znázorněn na Obrázku č. 14.



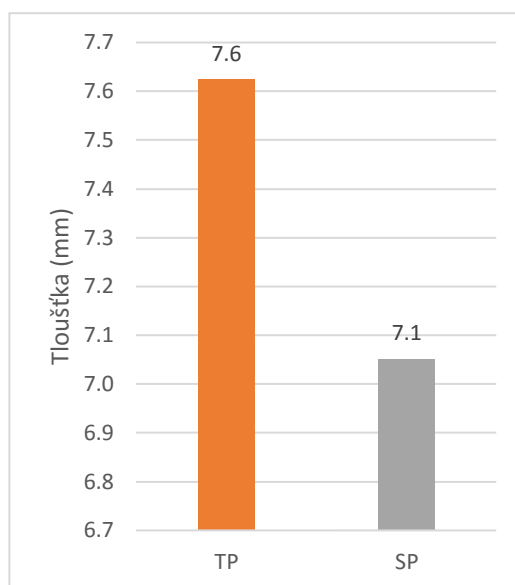
Obrázek č. 14: Procentuální zastoupení rostlin s různým stupněm vitality (od 1. stupeň – vitální rostlina, po 4. stupeň – mrtvá rostlina) v závislosti na délce aklimatizace

5.5. Porovnání výsadby sazenic buku lesního do teplé a studené půdy

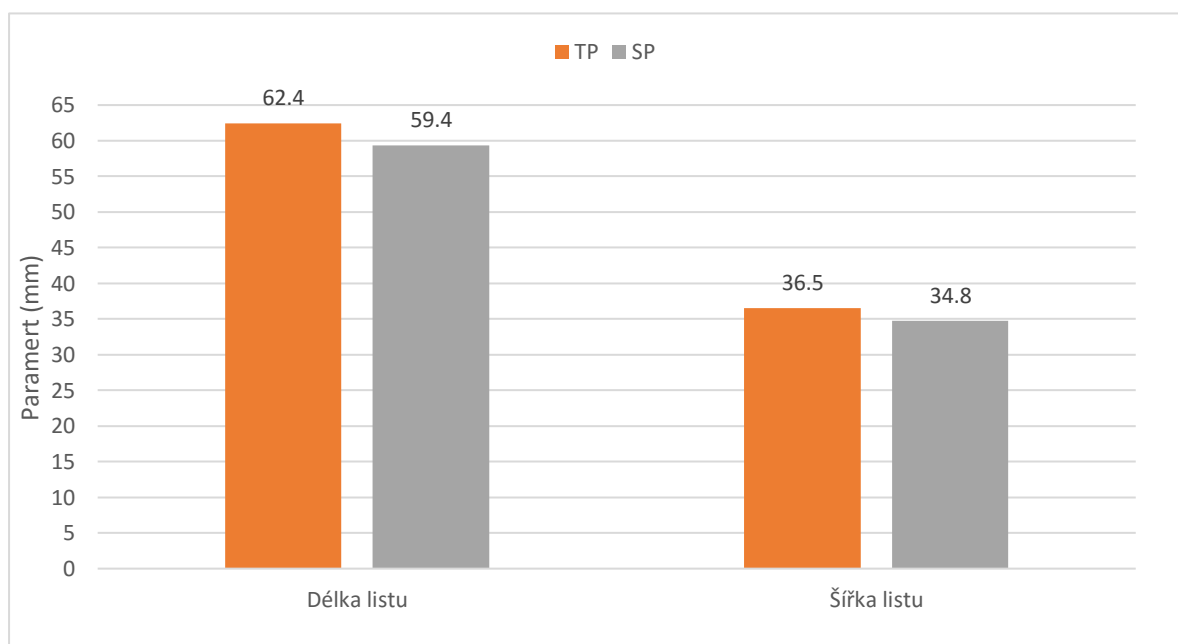
Ve srovnání variant sazenic vysazených do teplé a do studené půdy byl statistický významný rozdíl pozorován pouze v parametrech výška a přírůst. Výrazně nižší hodnoty těchto parametrů byly pozorovány pro semenáčky vysazené do studené půdy (Obrázek č. 15a,b,c).



Obrázek č. 15a: Výška a přírůst buků po výsadbě do teplé a studené půdy (cm)

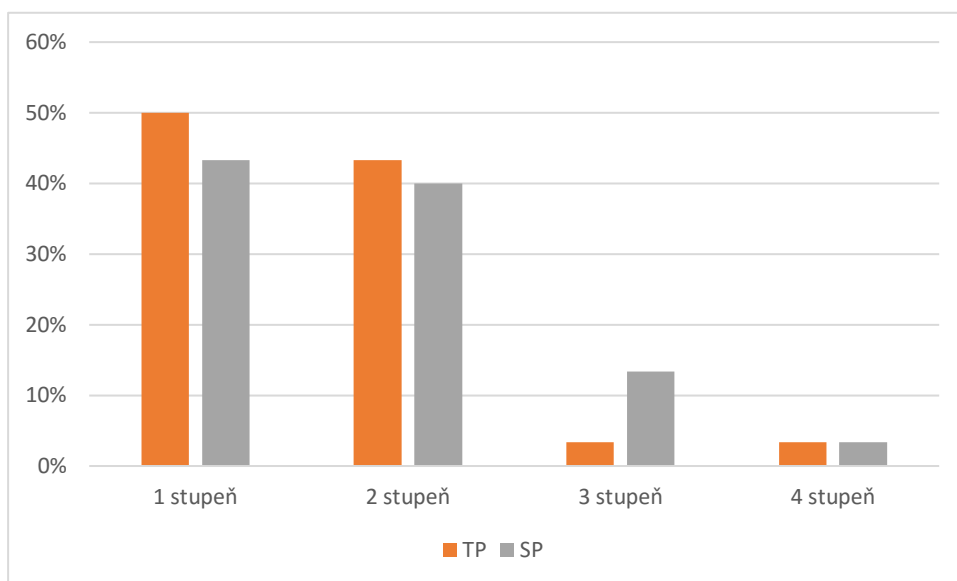


Obrázek č. 15b: Výška a přírůst buků po výsadbě do teplé a studené půdy (mm)



Obrázek č. 15c: Délka a šířka listů po výsadbě do teplé a studené půdy (mm)

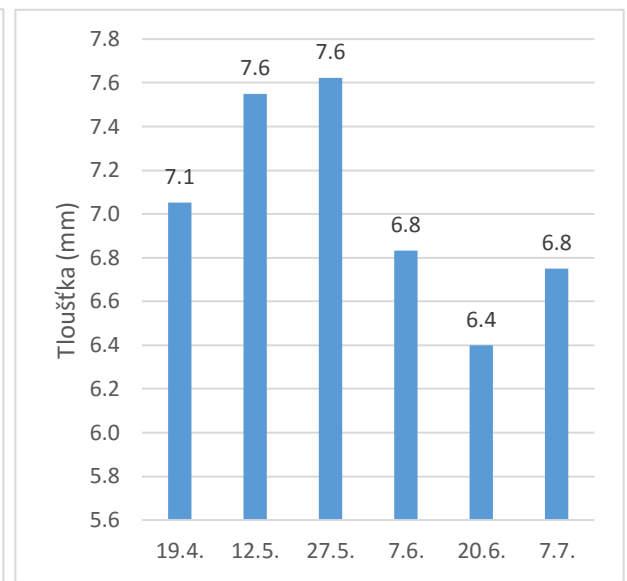
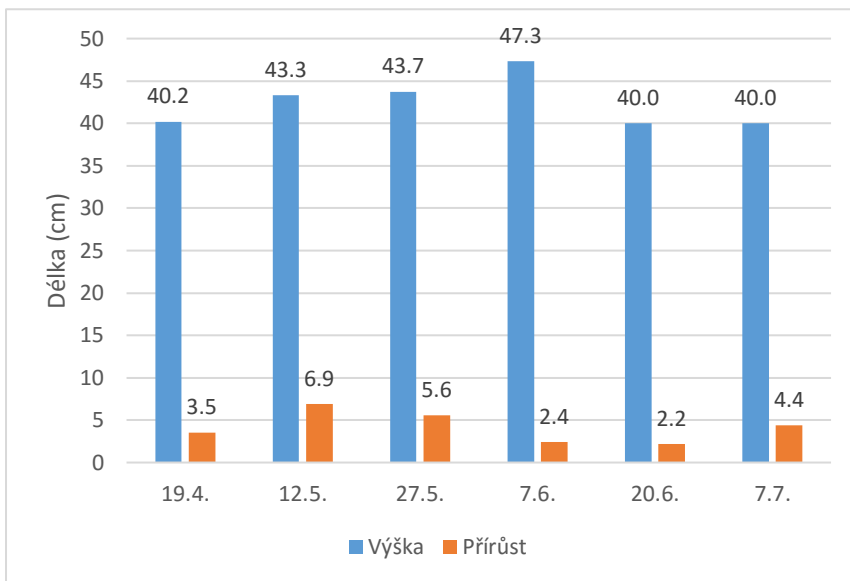
Z hlediska vitality buků je lepší výsadba do teplé půdy, jelikož tato varianta obsahovala více jedinců s vitalitou 1. a 2. stupně (Obrázek č. 16).



Obrázek č. 16: Procentuální zastoupení rostlin s různým stupněm vitality (od 1. stupně – vitální rostlina, po 4. stupně – mrtvá rostlina) vysazených do teplé a studené půdy

5.6. Porovnání délky skladování v teplotě -3 °C

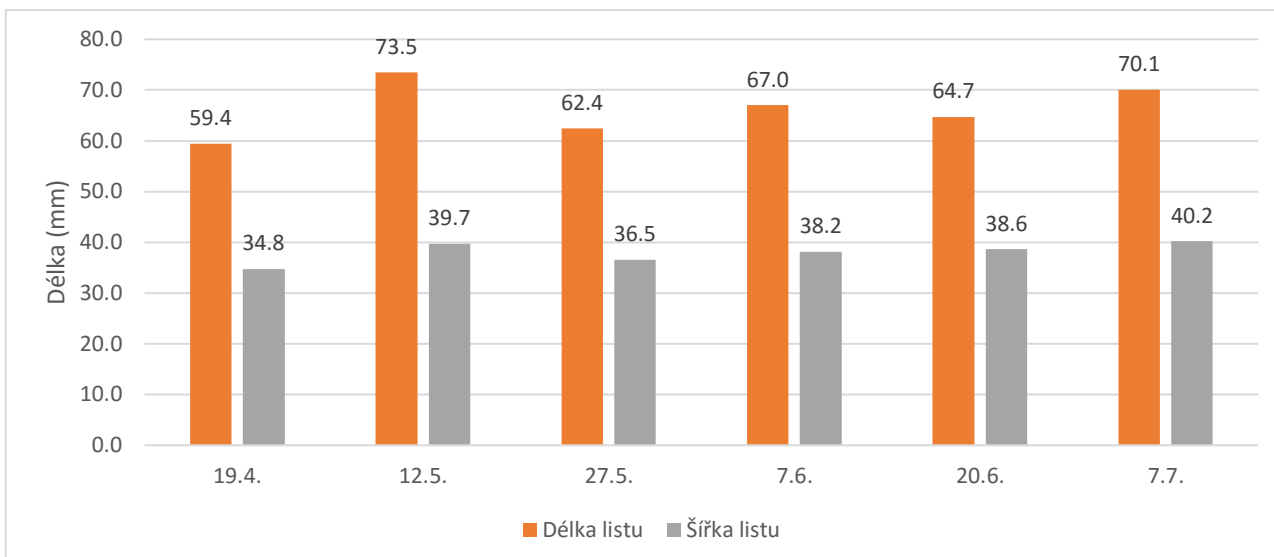
Délka dlouhodobého skladování příliš neovlivnila morfologii semenáčků ani jejich vitalitu. Morfologické znaky se sice statisticky významně lišily ($p < 0,001$), ale bez závislosti na délce skladování. Výšky semenáčků z výsadby ze dne 19. 4., 7. 6. a 7. 7. 2016 kde byly průměrné hodnoty stejné, se statisticky významně lišily ($p < 0,001$), od výsadby ze dne 12. 5., 27. 5. a 7. 6. 2016, kde byla průměrná hodnota výšky rostliny vyšší. V parametru přírůst se významně lišily výsadby ze dne 19. 4., 7. 6., 20. 6. 2016 ($p < 0,001$), kde byl přírůst stejný, ale nižší než jiné výsadby, tj. 12. 5. a 27. 5. 2016 (Obrázek č. 17a).



Obrázek č. 17a: Vliv délky dlouhodobého skladování na výšku a přírůst rostlin (cm)

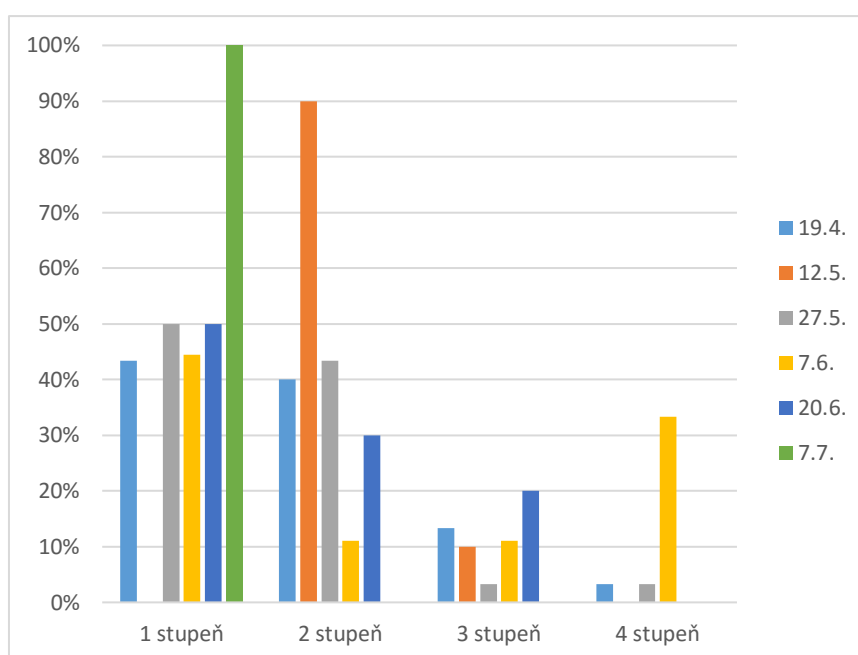
Obrázek č. 17b: Vliv délky dlouhodobého skladování na tloušťku rostlin (mm)

Průměrné hodnoty tloušťky rostlin byly přibližně stejné, kolem 7,5 cm. Významně ($p < 0,001$) se lišily pouze u výsadby 27. 5. a 20. 6 2016 (Obrázek č. 17b). Nejdelší a zároveň nejširší listy měly sazenice z výsadby ze dne 12.5. 2016. Nejkratší a nejužší listy byly pozorovány u semenáčků ze dne 19. 4. 2016 (Obrázek č. 17c).



Obrázek č. 17c: Vliv délky dlouhodobého skladování na délku a šířku rostlin (mm)

Z Obrázku č. 18 můžeme vidět, že vitalita rostlin ze všech variant výsadeb byla dobrá, a jelikož počet mrtvých jedinců (vitalita stupeň 4) byl velmi malý.



Obrázek č. 18: Procentuální zastoupení rostlin vysazených do teplé a studené půdy v jednotlivých variantách stupně vitality (od 1. stupně – vitální rostlina, po 4. stupeň – mrtvá rostlina)

6. Diskuze

Dlouhodobé skladování sadebního materiálu v mrazicích boxech je v severských zemích často využívanou metodou, nicméně v České republice jde o poměrně novou metodu skladování. Z tohoto pohledu může být náš výzkum vlivu dlouhodobého skladování v mrazicích boxech na rostliny pro praxi velmi přínosný. A to především proto, že podobný výzkum zkoumající různé podmínky a varianty způsobu uskladnění rostlin zatím nebyl proveden.

Podle ČSN 48 2116 má být teplota v klimatizovaných skladech během dlouhodobého skladování krytokořenného sadebního materiálu nastavena na teplotu $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V praxi se však skladuje, jak uvádí Bárta, 2015, při teplotě $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotu $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsme tedy zařadili jako základní a očekávali jsme standardní hodnoty v přežívání rostlin. Navíc jsme zařadili teploty $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, které sloužily primárně k definování hranice pro přežití rostlin. Tato práce se primárně zabývá skladováním krytokořenný buku lesního ve třech mrazicích boxech s výše zmíněnými teplotami. Nicméně, i přes pevně nastavené teploty, se reálné teploty v mrazicích boxech nepodařilo držet konstantní a přesné, proto se reálné teploty od požadovaných lišily v průměru o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (reálná teplota: varianta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; varianta $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; varianta $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sim -9,4$).

Na základě výsledků prvního hodnocení 7. 6. 2016, kdy byla hodnocena fenologie a vitalita rostlin, lze konstatovat, že rostliny skladované v krabicích a pytlích v teplotní variantě $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ reagovaly na dlouhodobé skladování velmi dobře, bez významných problémů. Podobně tomu bylo u varianty $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy rostliny také vyrašily a byly vitální. U rostlin z varianty $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsme předpokládali, že žádná rostlina nepřežije. Nicméně při prvním hodnocení se ve variantě s rostlinami uloženými do pytlů našlo 16,7 % jedinců, kteří rašili. Úspěšnost ujmoutí těchto semenáčků může mít souvislost s původem semen, kde vzešlí jedinci mohli pocházet ze semen rostlin s lepšími genetickými predispozicemi odolávat nízkým teplotám. Genetická analýza sice nebyla provedena, a i přestože by výsledky takové analýzy mohly přinést zajímavé zjištění, genetický přístup v kontextu skladování je z ekonomického hlediska zbytečný.

V rámci hodnocení rostlin na konci vegetačního období byly hodnoceny dendrometrické parametry, vitalita a ztráty během výsadby. Vitálních rostlin z celého výzkumu bylo,

dle očekávání, nejvíce v mrazicích boxech s variantou -3 °C. Tato teplotní varianta, která je v souladu s normou ČSN 48 2116 a běžnou praxí, tedy skutečně představuje optimální podmínky pro dlouhodobé uskladnění rostlin v mrazicích boxech. Zatímco rostliny z varianty -6 °C měly tendenci chřadnout, a tady lze usuzovat, že tato teplota je pro buky natolik stresující, že výrazně snižuje jejich vitalitu. Pozorované snížení vitality z varianty -6 °C po prvním roce může, ale nemusí, výrazně ovlivnit vitality rostlin z dlouhodobého hlediska. Nicméně výsledky z dlouhodobého sledování budou k dispozici až v několika následujících letech, kdy budou hodnoceny dalších fázích započatého výzkumu. Rozsah této práce pokrývá pouze první fázi.

Všeobecně celkové ztráty krytokořenného buku ve variantách skladovaných v pytlích a krabicích v teplotách -3 °C a -6 °C nepřesahovaly 7 %. Tyto hodnoty ztrát v porovnání s praxí, kdy se častěji pracuje se sadebním materiálem ponechaným buď na záhoně, nebo na uložišti, a který je před výsadbou skladován krátkodobě, jsou mnohem nižší. Z těchto výsledků je tedy opět patrný benefit dlouhodobého skladování v mrazicích boxech. Nízké ztráty nicméně již neplatí v případě rostlin skladovaných v pytli nebo krabici z varianty -8 °C, kde nepřežily žádné rostliny, až na jednoho odolného jedince z varianty krabice. Tento výsledek tak potvrdil naši původní hypotézu, ve které jsme předpokládali, že dlouhodobé vystavení rostlin hraniční teplotě cca -8 °C nebude slučitelné s jejich přežíváním. Tyto výsledky jsou ovšem platné pouze pro buk. Jiné části našeho výzkumu, která není zahrnuta v této práci, byl předmětem zkoumání vliv dlouhodobého skladování na prostokořenný a krytokořenný sadební materiál smrku ztepilého. Z porovnání našich výsledků a doposud nepublikovaných výsledků smrku se varianty -3 °C a -6 °C jeví velice podobně, ovšem výsledky z teplotní varianty -8 °C jsou výrazně ve prospěch smrku. Smrk tedy již z podstaty své odlišné fyziologie lépe snáší dlouhodobé skladování při nižších teplotách. V tomto kontextu je nicméně důležité mít na paměti i dobu aklimatizace rostliny do podobně nízkých teplot, aby bylo zamezeno vzniku teplotního šoku a akutního poškození buněčných struktur mrazem. Náhlé ochlazení rostliny, příp. vystavení velkým teplotním rozdílům, může být pro rostlinu i fatální. V takových situacích jsou pak klíčové reparační mechanismy rostliny a její schopnost se všeobecně fyziologicky vyrovnat se stresovým působením mrazu. Tyto procesy mrazové tolerance jsou úzce spjaty s evolučně vyvinutými mechanismy regulovanými na genetické úrovni jednotlivých rostlin (Chinnusamy *et al.*, 2007; Thomashow, 1999)

Na rozdíl od normy ČSN 48 2116, která uvádí pouze kartonové krabice jako jediný typ obalů pro skladování v teplotách pod nulou, jsme v našem výzkumu zahrnuli i skladování

sadebního materiálu v PE pytlích, jelikož se tento typ obalu více využívá v praxi. Porovnání izolačních vlastností obalů u dlouhodobého skladování v nízkých teplotách se ukázalo jako velice významné. Z našich výsledků je patrné, že obaly u sazenic regulují teplotu, a chrání tak rostliny před kolísáním teplot vzduchu v mrazících boxech. Jako účinnější se ovšem jevil obal typu krabice, nicméně nebyl pozorován žádný statisticky významný rozdíl od varianty pytel. I přesto lze uvažovat, že volba vhodného obalu může mít své opodstatnění. Z ekonomického hlediska je ovšem výhodnější obal typu pytle, vzhledem k nižší ceně a časově méně náročné manipulaci při naskladnění. Naše poznatky by nicméně mohly být přínosné i jako součást normy, čímž by se rozšířily podmínky skladování pro oba typy obalů, vzhledem k jejich vyhovujícím vlastnostem v optimálních teplotních podmínkách skladování z normy v rozmezí $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vliv dlouhodobého skladování na dendrometrické parametry u buku lesního bylo tedy možné porovnávat pouze mezi variantami $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotní varianty se vzájemně nelišily, nicméně byl pozorován vyšší přírůstek u rostlin skladovaných v pytlích. Tyto výsledky opět naznačují vliv typu obalů v dlouhodobém skladování. Konkrétní příčinou pozorovaných rozdílů může být rozdíl vlastností souvisejících s termoregulací uvnitř obalů. Z pohledu morfologie listů nebyly pozorovány významné rozdíly průměrných délek a šířek listů ve srovnání s normovanými parametry listů dřev. Také výška a tloušťka rostlin nebyla dlouhodobým skladováním významně ovlivněna. I přesto je možné, že dlouhodobé skladování do jisté míry morfologické parametry buku ovlivňuje, nicméně tyto změny nebyly analýzou odhaleny a jsou tedy zanedbatelné. Podobné výsledky byly pozorovány i u jiných dřevin (dub, topol, douglaska, smrk), které po skladování v optimální teplotě varianty $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ nestrádaly a jejich vitalita po výsadbě byla všeobecně dobrá. Na základě těchto výsledků lze doporučit teplotu kolem $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, jako teplotní optimum pro dlouhodobé skladování sadebního materiálu, a to nejen pro buk lesní, ale i různé druhy dřevin.

Mimo jiné jsme testovali vliv aplikace fungicidu na růst rostlin. Běžně při dlouhodobém skladování krytokořenného sadebního materiálu v teplotách nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až

+2 °C), kdy je vzdušná vlhkost 95 %, je aplikace fungicidu nutná, aby nedošlo k rozšíření houbových patogenů. Zatímco při dlouhodobém skladování v mrazových teplotách je vzdušná vlhkost velice nízká, a proto jsme ověřovali, zda je aplikace fungicidu v mrazových podmínkách potřebná. Z morfologických parametrů, ztrát po výsadbě a vitality rostlin, na které byl aplikován fungicid, ve srovnání s rostlinami bez aplikace fungicidu, nebyl pozorován žádný významný rozdíl s výjimkou přírůstu u rostlin. Zde byl pozorován významně větší přírůst u rostlin s aplikovaným fungicidem. I přes pozorovaný rozdíl není nutné aplikovat fungicid, avšak je možné aplikací fungicidu zajistit rostlinám méně stresové podmínky i v případě dlouhodobého skladování v mrazících boxech. Nicméně napadení houbovými patogeny v mrazících boxech nepředstavuje akutní hrozbu, která by zvyšovala pozorované ztráty, a tedy pozorované rozdíly v délce přírůstu mohly být způsobeny jinými vnějšími podmínkami.

Samotná výsadba zmrzlých rostlin není z biologického hlediska problém, nicméně v naší studii byla před výsadbou z praktického hlediska zařazena aklimatizace. Působení mrazu totiž kořenové baly k sobě v mrazících boxech přimrzají a při výsadbě by bylo nutné je od sebe oddělit, přičemž by mohlo dojít k nežádoucímu porušení kořenového balu. ČSN 48 2116 uvádí délku aklimatizace minimálně 6 hodin při teplotě 12 °C. Maximální délka aklimatizace ovšem v normě uvedena není, proto jsme do výzkumu zařadili různé délky aklimatizace. Podmínky aklimatizace byly nicméně převzaty z Barty, 2015. Délka aklimatizace po vytažení z mrazících boxů byla sledována pouze u teplotní varianty buku -3 °C s odstupem 0, 2, 4, 7 dnů. Ze statistického úhlu pohledu ovšem nebyl pozorován významný vliv délky aklimatizace na rostliny. Zajímavé výsledky však byly zjištěny u varianty aklimatizace 7 dnů, ve které rostliny odrůstaly lépe než jiné varianty, zvláště v porovnání s variantou aklimatizace 4 dny. I přesto, že byl pozorován významný rozdíl, je pravděpodobné, že mohly být výsledky výsadby ovlivněny vnějšími podmínkami. Nicméně z praktického pohledu doporučujeme spíše delší aklimatizaci rostlin, aby došlo k dostatečnému rozmrznutí kořenových balů, a nedošlo pak při výsadbě k jejich poškození.

Ve výzkumu byla také hodnocen vliv teploty půdy na výsadbu rostlin, kde jsme rostliny vysadili do studené půdy a do již zahřáté, tedy teplé půdy. Ve výsledném hodnocení se jako vhodnější jeví půdy teplé. Tato skutečnost zvyšuje možnosti pro výsadbu dlouhodobě skladovaného materiálu především v letních měsících. S tímto souvisí i celková délka skladování v mrazicích boxech. Z našich výsledků nebyl pozorován významný rozdíl mezi rostlinami v závislosti na celkové době skladování, a to jak z pohledu dendrometrických parametrů, tak vitality rostlin. Dokonce i rostliny skladované nejdelší časový interval, cca 4 měsíce, u kterých byl očekáván úhyn v důsledku vyčerpání zásobních látek, byly bez výrazného poškození či výrazných ztrát na vitalitě. Pro delší intervaly skladování nicméně doporučujeme provádět testy na obsah škrobů a cukrů, či jiných zásobních látek v rostlinách pro kontrolu aktuálního stavu rostlin.

Na základě našich výsledků, lze tedy konstatovat, že metoda dlouhodobého skladování krytokořenného buku lesního v mrazicích boxech je vhodnou alternativou dlouhodobého skladování sadebního materiálu nejen pro pěstitele, ale i např. majitele lesních školek. Tato metoda umožňuje udržet stálé klimatické podmínky pro rostliny, které pěstili zajistí možnost výsadby téměř kdykoliv během roku. Jako optimální se z našich výsledků jeví skladování sadebního materiálu zabaleného do PE pytlů v mrazicích boxech s nastavenou teplotou na přibližně $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Námi doporučená délka aklimatizace rostlin před výsadbou je více jak 4 dny, aby došlo k dostatečnému rozmrznutí obalů. Samotná délka skladování je velice flexibilní a do velké míry závisí na potřebách pěstitele.

7. Závěr

Tato práce zkoumá optimální podmínky pro dlouhodobé skladování sadebního materiálu buku lesního. Cílem práce bylo zjistit spodní hranici teplot, při kterých je možné rostliny v mrazových podmínkách skladovat. Mimo jiné byly testovány dva typy obalů, tj. PE pytle a kartonové krabice, celková doba mrazení a aklimatizace rostlin před výsadbou, nutnost aplikace fungicidu a výsadba do teplé nebo studené půdy.

Zde jsou uvedeny závěry vycházející z dosažených výsledků:

- Optimální teplota pro dlouhodobé skladování v mrazových podmínkách byla stanovena na $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Hraniční teplota pro přežití rostliny byla stanovena na $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při teplotě $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ rostliny nepřežívají
- Nebyly zjištěny zásadní rozdíly mezi obaly.
- Buk lesní lze skladovat v mrazicích boxech bez újmy více jak 4 měsíce.
- Různé délky aklimatizace se ukázaly jako nevýznamné. Aklimatizaci rostlin přesto doporučujeme z praktického hlediska, aby se kořenové baly lépe oddělovaly od sebe a nedošlo k poranění kořenů.
- Rostliny je vhodnější vysazovat do teplé půdy, která odpovídá pozdní výsadbě.
- Aplikace fungicidu není nutná.

Dlouhodobé skladování se na základě našich výsledků jeví jako velice perspektivní způsob dlouhodobého skladování sadebního materiálu. A to především proto, že zajišťuje maximální kontrolu nad teplotami v mrazicím boxu a omezuje teplotní výkyvy, které jsou běžné v přírodních podmínkách, na minimum. Takové podmínky jsou nejen šetrné pro rostliny, ale také umožňují flexibilní manipulaci s rostlinou pěstitelem během celého roku. S tím se tak pojí možnost trvalého zaměstnání pracovníků školek, což ze sociálního pohledu představuje velkou výhodu.

8. Summary

This thesis examines optimal conditions for long-term storage of European beech planting stock. The aim of the thesis was to determine the temperature limit in which the plants can be stored under freezing conditions. Among other things, two types of packaging, i.e. PE bags and cardboard boxes, the need for fungicide application and planting in warm or cold soil were tested, and also the total freezing and acclimatization time before planting the plants was set.

The following list includes conclusions based on our results:

- The optimal temperature for long-term storage under freezing conditions was set at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- The plant survival limit was set at $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plants do not survive storage at $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- There were no significant differences between the types of packaging.
- European beech can be stored in freezer boxes for over 4 months.
- Different lengths of acclimatization proved to be insignificant. Nevertheless, we recommend the acclimatization of plants from a practical point of view, so that the root balls are easily separated from each other and there are no injured roots.
- Plants are better suited for planting in warm soil, which corresponds to late planting.
- Application of fungicide is not necessary.

Long-term storage, based on our results, appears to be a very promising way of long-term storage of the planting stock. This is mainly because it provides maximum control over the temperatures in the freezer box and limits the temperature fluctuations that are common in natural conditions to minimum. Such conditions are not only plant-friendly but also allow flexible handling of the plant by growers throughout the year. This is also an opportunity for a permanent employment of forest nurseries workers, which from the social point of view represents a great advantage.

9. Seznam literatury

- BÁRTA, A.** 2015. Zkušenosti se skladováním sadebního materiálu lesních dřevin a jeho manipulací v provozních podmínkách lesní školky LESCUS Cetkovice s.r.o. In: *Manipulace a skladování sadebního materiálu lesních dřevin: Handling and Storage of Forest Planting Stock.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 24 - 28. ISBN 978-80-7509-361-5
- CHINNUSAMY V., ZHU J. a ZHU J.K.** 2007. Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends in Plant Science*, 12(10), 444–451.
- THOMASHOW M. F.** 1999. Plant cold acclimation: Freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 571–599.
- HORÁČEK, P.** 2007. *Encyklopedie listnatých stromů a keřů.* Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1708-8.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ J. a LEUGNER J.** 2010. *Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu: certifikovaná metodika.* Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-035-5.
- PAVLOVÁ, L.** 2005. *Fyziologie rostlin.* Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0985-1.
- TŮMA, J. a TŮMOVÁ, L.** 1998. *Fyziologie rostlin.* Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 80-7041-542-8.
- ÚRADNÍČEK, L.** 2014. *Dendrologie: (společenstva a významné dřeviny ČR).* Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-181-9.

JINÉ ZDROJE:

ČSN 48 2116. *Umělá obnova lesa a zalesňování.* 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

[online] **Buk: *Fagus sylvatica.*** *Anatomická stavba dřeva - Lexikon dřev.* 2002 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z:

http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=bk

[online] **Fagus sylvatica**. *Botany* [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/fagus-sylvatica/>

[online] **Fagus sylvatica: buk lesní**. *Dendrologie online* [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://databaze.dendrologie.cz/index.php?menu=5&id=482>