

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Disertační práce:

Možnosti využití smrku ztepilého (*Picea abies* (L.)

Karst.) se zvýšenou odolností ke stresům

v extrémních horských polohách

Vypracoval: Ing. Jan Leugner

Školitel: Prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

Školitel specialista: Doc. Ing. Antonín Jurásek CSc.

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem předkládanou disertační práci vypracoval samostatně, s pomocí literárních pramenů uvedených v seznamu literatury na konci této práce.

V Novém Městě nad Metují 30. 4. 2010

Ing. Jan Leugner

Rád bych touto cestou poděkoval za vytrvalou podporu při zpracování této disertační práce své rodině.

Zvláštní poděkování bych chtěl vyjádřit všem spolupracovníkům a kolegům, Doc. Ing. Antonínu Juráskovi, CSc., RNDr. Jarmile Martinové a Evě Ráčkové, a dalším pracovníkům VÚLHM VS v Opočně za neustálou podporu a množství rad udílených při zpracování vlastní práce.

Poděkování také patří vedoucímu mé disertační práce Prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. za konzultace a odborné vedení po celou dobu trvání práce.

Seznam zkratk použitých v disertační práci

ANOVA – analýza variance

ČSN – česká státní norma

ETR - fotosyntetického transportu elektronů

F_o - fluorescence minimální (základní)

F_m – maximální fluorescence

F_v - variabilní fluorescence

F_v/F_m - maximální kvantový výtěžek fluorescence

LVS – lesní vegetační stupeň

PAR - fotosynteticky účinné záření

RCK – rašelino-celulózový kelímek

VP – výzkumná plocha

ZORM – zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin

Poznámka

Zpracování disertační práce proběhlo v rámci řešení rezortního výzkumného záměru: Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí (Mze 0002070203), dílčího záměru 04: Zakládání lesních porostů a zalesňování v měnících se podmínkách prostředí, a dále v rámci projektu NAZV 1G58021 Možnosti použití směsí klonů smrku ztepilého se zvýšenou odolností vůči stresům na antropogenně narušených stanovištích horských poloh. Řešení obou zmiňovaných projektů je garantováno Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumnou stanicí Opočno.

Obsah

1	Úvod	1
2	Rozbor problematiky	2
2.1	Charakteristika dřeviny	2
2.2	Charakteristika horských populací smrku ztepilého	3
2.3	Charakteristika modelové horské oblasti	4
2.4	Stav genofondu smrku v době vrcholící imisně-ekologické kalamity	5
2.5	Možnosti autovegetativního množení smrku ztepilého	5
2.6	Selekce smrku ztepilého s využitím autovegetativního množení	7
2.7	Umělá obnova exponovaných horských lokalit	9
2.7.1	Genetická kvalita sadebního materiálu	10
2.7.2	Morfologická kvalita sadebního materiálu	10
2.7.3	Fyziologická kvalita sadebního materiálu	11
3	Cíl práce	13
4	Metodika	14
4.1	Charakteristika výzkumných ploch	14
4.1.1	Primární matečnice (výzkumné plochy 1. úrovně)	16
4.1.2	Klonové výsadby 1. generace (výzkumné plochy 2. úrovně)	19
4.1.3	Klonové výsadby 2. generace (výzkumné plochy 3. úrovně)	19
4.1.4	Výsadby generativního původu se specif. způsobem pěstování ve školce	23
4.2	Metody hodnocení	24
4.2.1	Hodnocení morfologických charakteristik	24
4.2.2	Hodnocení zdravotního stavu	25
4.2.3	Hodnocení fyziologických charakteristik	25
4.2.3.1	Hodnocení fluorescence chlorofylu	26
4.2.3.2	Hodnocení odolnosti k suchu	27
4.2.3.3	Hodnocení odolnosti k mrazu	28
4.3	Metody zpracování výsledků	29
5	Výsledky	30
5.1	První blok výzkumných šetření – komplexní hodnocení prosperity klon. výsadeb	30
5.1.1	Podmínky prostředí a růst generativních matečnic	30
5.1.2	Vyhodnocení růstu generativních matečnic a klonových výsadeb 1. generace	32
5.1.3	Vyhodnocení vztahu růstu mateřských stromů a jejich veget. potomstev	33
5.1.4	Hodnocení růstu a zdravotního stavu klonových výsadeb 2. generace	38
5.1.4.1	Hodnocení růstu klonové směsi v experimentální výsadbě na VP Černo-horská rašelina	38
5.1.4.2	Porovnání růstu matečných stromů a hodnocení fyziologického stavu u vybraných klonů z polosesterské populace Černo-horská rašelina 8 (cr 8)	40
5.1.4.3	Hodnocení růstu klonové výsadby 2. generace na VP Svorová hora	47
5.2	Druhý blok výzkumných šetření - hodnocení růstu a zdravotního stavu výsadeb generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce	53
5.2.1	Hodnocení růstu	53
5.2.2	Hodnocení fyziologického a zdravotního stavu	55

5.2.2.1	Ztráty vody při řízeném vysychání.....	55
5.2.2.2	Fluorescence chlorofylu při mrazovém testu	56
5.2.2.3	Zdravotní stav (olistění)	56
6	Diskuse.....	58
6.1	Diskuse k prvnímu bloku výzkumných šetření – komplexní hodnocení prosperity klonových výsadeb (výzkumné plochy 1. až 3. úrovně).....	58
6.2	Diskuse k druhému bloku výzkumných šetření - hodnocení růstu a zdravotního stavu výsadeb generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce.....	62
7	Závěr	63
8	Summary	64
9	Literatura	68

1 Úvod

Hlavním cílem současného lesnického hospodaření v horských oblastech je stabilizace funkcí lesa. Pro lesní ekosystémy vyšších poloh našich hor 8. lesní vegetační stupeň (LVS) má nezastupitelnou (porostotvornou) funkci smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.), proto je žádoucí posoudit reálné možnosti této dřeviny při zvyšování odolnosti nově zakládaných porostů. Extrémní podmínky pro obnovu lesa jsou zejména na kalamitních holinách, kde je působení stresových faktorů ještě znásobeno. Jednou z možností zvýšení stability budoucích porostů je používání jedinců smrku se zvýšenou odolností ke stresům.

Pro úspěšné hospodaření v lesích je nezbytnou podmínkou použití druhů a jedinců, kteří jsou geneticky adaptovaní pro lokální klimatické a stanovištní podmínky (Karlsson 2000).

Poškození lesů v extrémních horských podmínkách způsobuje lesnímu hospodářství řadu obtížně řešitelných problémů. V 70. a 80. letech minulého století došlo k rozpadu lesních ekosystémů na velkých rozlohách především v horských lesních komplexech. Imisní kalamity tak vyvolaly určitou přirozenou selekci v lesních porostech, protože i v době vrcholící imisně-ekologické situace se vyskytovaly části porostů, nebo jednotlivé stromy, které odolávaly nepříznivým faktorům prostředí. Tyto vitální stromy z autochtonních porostů se staly základem programu pro záchranu genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších (Schwarz 1996, Schwarz, Vašina 1997).

V souvislosti s programem záchranu genofondu v oblasti Krkonoš, při kterém bylo využíváno autovegetativního způsobu rozmnožování řízkováním, byla založena řada matečnic a klonových výsadb smrku pocházejících z autochtonních nebo vysoce odolných stromů z této oblasti. Jejich podrobné sledování by mělo přinést poznatky o použitelnosti potenciálně strestolerantních směsí klonů smrku ztepilého při zalesňování extrémních horských holin a o možnosti uplatnění selekce při přípravě sadebního materiálu k obnově extrémních stanovišť (Jurásek, Martincová 2005).

Specifické horské podmínky kladou zvýšené požadavky na výběr a přípravu sadebního materiálu schopného přežít a růst v často extrémním prostředí. Jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující další prosperitu porostů v těchto oblastech je odpovídající genetická kvalita. Je však třeba rovněž zajistit, aby během pěstování ve školce nedošlo k nežádoucímu zúžení genetického spektra při třídění osiva a sadebního materiálu (Campbell, Sorensen 1984, Jurásek, Martincová 2004).

Otázkami prosperity smrkových kultur založených metodami zajišťující potenciálně zvýšenou odolnost ke stresovým faktorům a metodami zajišťující dopěstování úplného růstového (genetického) spektra horských populací se zabývá tato disertační práce.

2 Rozbor problematiky

2.1 Charakteristika dřeviny

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) je statný stálezelený jehličnatý strom, který má původní areál rozšíření ve střední a jihovýchodní Evropě (od Alp po Balkán), kde tvoří horské a podhorské lesy. Souvislé původní porosty se nacházely v severní a severovýchodní Evropě, kde sahaly od Norska přes Polsko až na východ po Bělorusko a horní Povolží. Krom toho je s oblibou vysazován v kulturních lesích na celé severní polokouli, často jako smrková monokultura.

Smrk ztepilý je statný strom s rovným kmenem, který je v mládí pokrytý hladkou, světlehnědou kůrou, která se s přibývajícím věkem mění v šedohnědou až červenohnědou šupinovitou rozpukanou borku. Koruna je štíhle jehlancovitá, větve v ní vyrůstají v pravidelných přeslenech. Kořenový systém je mělký, bez hlavního kořene. Jehlice jsou 10 – 25 mm dlouhé, 1 mm široké, na průřezu čtyřhranné a na konci zašpičatělé. Květenství jsou šišticevitá. Žluté samčí šištice vyrůstají v paždích jehlic na loňských větévkách, načervenalé samičí vyrůstají na konci letorostů v horních patrech koruny. Původně rostou směrem nahoru, ale ještě před opylením se mění na převislé. Šišky jsou nerozpadavé, podlouhlé (Hejný, Slavík 1988).

Smrk ztepilý je stinná až polostinná dřevina, která přirozeně roste většinou na kyselých půdách s vrstvou surového humusu, středně až silně vlhkých až rašelinných, často podzolovaných. Smrk je citlivý na zvýšené množství imisí v ovzduší, proto na konci minulého století docházelo k hynutí porostů v téměř všech severních pohořích na našem území. Imise ovlivňují nepříznivě celkový fyziologický stav smrku, zejména pěstovaného v monokulturách na nevhodných ekologických stanovištích. Tento nepříznivý vliv se projevuje zejména sníženou odolností vůči patogenním organismům (Hejný, Slavík 1988). Nižší fyziologická kvalita jednotlivých stromů se také projevuje ve snížené rezistenci k extrémním klimatickým vlivům, které se často vyskytují v našich horských polohách.

V přírodních podmínkách České republiky má smrk ztepilý přirozené rozšíření v hornatinách a částečně ve vrchovinách. V 8. LVS má dominantní porostotvornou funkci (Průša 1990).

2.2 Charakteristika horských populací smrku ztepilého

Horské populace smrku, podobně jako provenience smrku pocházející z území ležících na severu Evropy, jsou charakterizovány přizpůsobením ke kratší délce vegetačního období (Holzer et al. 1987, Schultze 1998). Dochází u nich k přerušení výškového růstu a zakládání pupenů na podzim při delší fotoperiodě než u smrků z nižších poloh nebo z jižnějších oblastí. Časnější ukončení růstu znamená zkrácení období prodlužovacího růstu (Skroppa 1994).

Populace smrku z vyšších poloh (v podmínkách České republiky 8. LVS) se také vyznačují větší variabilitou velikosti osiva i semenáčků (Kotrla 1998), a navíc odlišnou intenzitou a dynamikou růstu (Holzer et al. 1987, Lang 1989).

Tato růstová dynamika je geneticky fixovaná a byla pozorována například i při pěstování semenáčků v řízeném prostředí skleníku nebo růstové komory (Holzer 1984, Quamarudin et al. 1995).

Uvedené rozdíly jsou z větší části přičítány vysoké genetické variabilitě osiva. Hlavní příčinou je skutečnost, že smrk v různých nadmořských výškách kvete přibližně ve stejné době a pyl je unášen v širokém rozmezí nadmořských výšek. Následkem toho mohou být horské populace smrku opyleny populacemi ze středních nadmořských výšek a naopak (Holzer 1984). Při pěstování sadebního materiálu pro vyšší horské polohy je tedy nutné používat odlišná kritéria pro třídění semenáčků a sazenic, protože vyřazování menších, pomalu rostoucích jedinců může být příčinou zúžení genetického spektra a odstranění právě těch rostlin, které jsou nejlépe přizpůsobeny růstu v extrémních horských podmínkách. Jedná se pravděpodobně o jedince, kteří jsou schopni přežít extrémní klimatické výkyvy, ke kterým může docházet i jednou za několik desítek let (Lang 1989). Tento názor podporují i údaje některých autorů o tom, že výška nadzemních částí smrkových semenáčků klesá se stoupající nadmořskou výškou původu (Modrzyński 1995, Kotrla 1998). Předpokládá se přitom, že v procesu adaptace k nepříznivým podmínkám horského prostředí získávají populace smrku vyšší odolnost na úkor intenzity růstu.

Nižší intenzitu růstu horských populací smrku v souvislosti s jejich zvýšenou adaptací k nepříznivým horským podmínkám popisuje také například Oleksyn (Oleksyn et al. 1998). K uvedené hypotéze přispívají i údaje o tom, že populace smrku pocházející z vyšších nadmořských výšek nebo ze severnějších oblastí vykazují vyšší odolnost k mrazu (Simpson 1994, Hawkins, Shewan 2000, Westin et al. 2000a) a k suchu (Modrzyński, Eriksson 2002) než semenáčky z nižších poloh nebo jižnějšího původu. Holubčík (1976) nepozoroval vztah původu a výšky u jednoletých semenáčků smrku, u dvou až pětiletých sazenic však již zjistil vysoce průkaznou lineární regresi. S rostoucí nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou

původu se průměrná výška sazenic snižovala. Naproti tomu Šimiak (1991) vztah mezi výškou semenáčků a sazenic smrku ztepilého a nadmořskou výškou jejich původu nepotvrdil.

Z uvedených poznatků je zřejmé, že horské populace smrku ztepilého mají specifické vlastnosti, které je nutno zohlednit při obnově horských lokalit. Potřeba respektování těchto specifíků je dále umocněna při obnově lesních ekosystémů, které byly značně poškozeny během imisních nebo klimatických kalamitních situací. Výskyt kalamitních situací má za následek vznik rozsáhlých holin, které dále velmi zhoršují téměř všechny ekologické podmínky pro obnovu lesa v exponovaných horských polohách.

2.3 Charakteristika modelové horské oblasti

Pro vyhodnocení prosperity jedinců smrku ztepilého s potenciálně zvýšenou odolností ke stresům po výsadbě do extrémních horských podmínek byla zvolena modelová horská oblast Krkonoš. Hlavním důvodem byla zejména velká rozloha 8. lesního vegetačního stupně a také přirozená selekce stromů (popř. částí porostů), která nastala v průběhu imisně-ekologické katastrofy v 70. a 80. letech minulého století.

Krkonoše jsou nejvyšším pohořím Západních Sudet i celé České vysočiny. Jejich vrcholové partie výrazně přecházejí nad horní hranici lesa a mají tedy některé rysy vysokohorské přírody.

Krkonoše spolu s některými okolními horskými celky tvoří tzv. krkonošsko-jizerské krystalinikum budované proterozoickými až paleozoickými krystalickými břidlicemi (zvláště svory, fylity a ortorulami o stáří 600 – 1000 milionů let). Do krystalinika pronikl během karbonu žulový pluton, vytvářející větší část hlavního hřebene (Chaloupský 1983).

Významným geomorfologickým činitelem bylo zalednění pohoří, k němuž došlo v ledových dobách ve čtvrtohorách, kdy byl reliéf modelován jak horskými ledovci, tak i mrazovými procesy.

Krkonoše náleží převážně do klimatické oblasti chladné (okrsky: mírně chladný, chladný a studený) a jen okrajově mírně teplé s okrskem mírně teplým. Vzhledem k blízkosti Atlantického oceánu a k převládajícímu západnímu větrnému proudění tvoří hřeben Krkonoš nejvyšší překážku proudům vlhkého, chladného vzduchu od oceánu, což se projevuje vysokým množstvím dešťových a sněhových srážek (Hladný, Sýkora 1983). Ve srovnání s ostatními pohořími Sudet mají Krkonoše v celoročním průměru nejdrsnější podnebí. Průměrné roční teploty se pohybují od 0 do 6 °C a srážky od 900 do 1 600 mm. Sněhová pokrývka v nejvyšších polohách trvá kolem 180 dnů a výška sněhu kolísá okolo 200 – 300

cm. Délka vegetační doby je v 700 m n. m. 120 dnů, v 1 000 m 102 dnů a v 1 500 m 15 dnů (Plíva, Žlábek 1986).

V Krkonoších je vyvinuta výrazná výšková půdní stupňovitost od podhorských po vysokohorské půdy. V nejnižších partiích převládají kambizemě, výše přecházejí do kryptopodzolů a nejvyšší polohy pokrývají podzoly. Vesměs se jedná o půdy silně kyselé na živiny chudé a výrazně sorpčně nenasycené (Vacek et al. 2000).

2.4 Stav genofondu smrku v době vrcholící imisně-ekologické kalamity a program jeho záchrany v Krkonoších

Podle výsledků historického průzkumu byl v 19. století krkonošský genofond lesních dřevin, zejména smrku, značně narušen živelným dovozem semen ze zahraničí. Podle stáří smrkového porostu (podle archivních údajů mohlo být první smrkové osivo dovezeno do Krkonoš v roce 1848) a podle morfologických znaků byly určeny autochtonní dílčí populace. Umělá obnova byla v Krkonoších používána od roku 1748 z místních semen. Mezi roky 1748 - 1848 proto mohlo dojít pouze k vysetí krkonošského osiva do nevhodné nadmořské výšky nebo na nevhodná stanoviště. Protože se tehdy v obtížně přístupných lokalitách neprováděla intenzivní pěstební péče, lze dnes v důsledku přirozeného výběru považovat tyto dílčí populace za původem krkonošské a stanovištně odpovídající. V Krkonoších nejsou kromě 8. lesního vegetačního stupně jako celku jiné extrémně vyhraněné gamodemy krkonošského smrku a za výrazný ekodem lze považovat pouze rašeliništní smrk z Černoohorského rašeliniště (Schwarz 1997).

Při záchraně genofondu lesních dřevin je upřednostňována generativní cesta in situ (zabezpečení převodu maximální genetické variability do následného potomstva), ale v případě nutnosti (absence semenných stromů vhodného původu, neplodnost) jsou využívány i jiné metody (umělá obnova, hřížení). V rámci programu záchrany genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších (Schwarz 1996, Schwarz, Vašina 1997) bylo mimo jiné využíváno vegetativní množení řízkováním smrku ztepilého.

2.5 Možnosti autovegetativního množení smrku ztepilého

Autovegetativní množení řízkováním je obecně známou metodou u dřevin již po dlouhou dobu. Využívá se přitom skutečnosti, že dřeviny mají zpravidla na výhonech nadzemní části shluky vysoce dělivých meristemických pletiv, které tvoří základy kořenových primordií. Lokalizace kořenových primordií se mění s postupující zralostí výhonů, u měkkých řízků má svůj základ v pericyklu, u polotvrdých řízků ve floému a u zimních řízků v kambiu. Ve všech případech jsou kořenové základy spojeny s vodivými svazky. Je-li oddělená část rostliny

(řízek) s kořenovými základy umístěna do prostředí s vhodnými podmínkami, pak se začnou z tohoto meristemického pletiva dělením buněk formovat tzv. adventivní kořeny (Krüssmann 1997). Zakořeňovací schopnost je velmi variabilní v rámci rodu, druhu, ale i jednotlivých stromů stejné populace. Jde o vzájemnou vazbu dědičných dispozic a vnějších podmínek, tím je proces zakořeňování víceméně neopakovatelný (Radosta 1990, Radosta, Volná 1988). U smrku ztepilého se tato původně šlechtitelská metoda stále více stává běžným způsobem výroby kvalitního sadebního materiálu. Milionové produkce byly již v minulosti dosahovány např. v Německu a Rakousku (Kleinschmit 1973, Holzer et al. 1987), údaje o statistických produkcích z Finska uvádí Lepistö (1974).

Metoda řízkování se prolíná se šlechtitelskými aspekty a slouží k reprodukci cenných populací dřevin (Chalupa 1982, Šindelář 1987). S autovegetativním množením je nutně spojena práce s jednotlivými klony, což s sebou nese i určitá rizika. Jedná se především o nebezpečí zúžení genetického spektra druhu vytvořeného evolucí, čímž se může narušit schopnost přirozené autoregulace. Uměle, autovegetativními postupy vytvořené syntetické populace lesních dřevin musí mít dostatečnou, geneticky podmíněnou, variabilitu. Tohoto cíle se v praxi dosahuje zastoupením dostatečného množství klonů v syntetické populaci a jejich proporcionálním podílem (Šindelář, Frýdl 2004). Ve šlechtitelských programech se pracuje s klonovou směsí obvykle v rozsahu 100 – 2000 klonů (Kleinschmit, Svolba 1980). V Německu jsou pro zalesňování vegetativně množným sadebním materiálem požadovány zákonem klonové směsi s minimálním počtem 500 klonů. Při zalesňování speciálních maloplošných stanovišť se tento počet může snížit na 100 klonů (Svolba 1996). V legislativě některých dalších zemí jsou uvažovány následující minimální počty klonů v klonových směsích: ve Švédsku 30 až 120 klonů podle stupně jejich testování, v Dánsku 100 klonů pro netestované a 20 pro testované a v Belgii 50 klonů (Muhs, Krusche 1986). Požadavek na minimální počet 100 klonů uvádí Paule (1987). Takový počet zajistí stabilitu kultur, maximalizuje produkci, ale také zajistí přiměřenou genetickou variabilitu populace.

Na druhé straně existuje řada prací zabývajících se nezbytným počtem klonů z hlediska rizika a produkční stability (Hühn 1986, Kleinschmit 1985). Doporučené počty klonů dosahují čísel mezi 3 až 50. Roberds a Bishir (1997) použili 4 teoretické analýzy pro vyhodnocení, jak počty klonů ovlivňují rizika neúspěchu výsadeb způsobených neočekávanými katastrofami. Na jejich základě uvádějí, že použití 30 až 40 nezávislých klonů do výsadeb poskytuje ochranu proti katastrofickým jevům ekvivalentní velkému počtu klonů.

Vzhledem k tíživé imisně ekologické situaci jsou šlechtitelské programy pro smrk zaměřeny ve stále větší míře na záchranu genofondu a snahou je i určitá selekce na odolnost vůči antropogenní zátěži (Matsche et al. 1984).

Ve šlechtitelských programech představuje značný problém stárnutí matečnic. Selektce v raném věku (3 až 4 roky) neposkytuje odpovídající podklady pro získání dobře rostoucích klonů (Nielsen, Roulund 1996), vegetativní množení řízků ze starých matečnic je problematické. Jedním z řešení je tak zvaný sériový způsob množení, kdy jsou řízků odebírány v několika cyklech z mladých jedinců ve školce a následně z jejich vegetativně množených potomstev (Spethmann 1986, Schmidt 1988, Foster et al. 1989, Russell, Ferguson 1990, Périnet et al. 1990, Dekker-Robertson, Kleinschmit 1991, Tousignant et al. 1996).

Hromadný odběr řízků z velkého počtu semenáčků ve školce a v následných cyklech z jejich vegetativně množeného potomstva představuje z genetického hlediska poněkud odlišný přístup oproti „klasickému“ odebírání řízků z mladých stromů (klonové rozmnožování), kdy je vytvářeno mnoho kopií z poměrně malého počtu genotypů a každý genotyp je používán odděleně. Při hromadném, sériovém množení je vytvářeno poměrně málo kopií z mnoha genotypů vybraného oddílu. Zatímco při klonovém množení je možno získat větší genetický zisk, ale jsou potřeba rozsáhlejší a dlouhodobější šlechtitelské programy, při hromadném rozmnožování kultur ve školce není genetický zisk tak velký, ale může být dosažen mnohem rychleji (Ritchie 1997).

Uvedené problémy signalizují náročnost problematiky při záchraně genofondu cenných populací smrku a nezbytnost rychlé přípravy a realizace konkrétních opatření. Šlechtitelské programy pro smrk z imisně ohrožených regionů v našich oblastech (kde se zároveň předpokládá výrazné využití metody řízkování), jsou rozpracovány řadou autorů (Šindelář 1987, Šindelář 1990, Hynek 1990, Schwarz 1996, Schwarz, Vašina 1997). K realizaci těchto cílů je ovšem zapotřebí mimo vytvoření nezbytných finančních zdrojů i také provozní zefektivnění produkce.

2.6 Selektce smrku ztepilého s využitím autovegetativního množení

Dílčí populace lesních dřevin v horských oblastech vznikly dlouhodobým přirozeným výběrem a jsou adaptovány na místní podmínky prostředí. Představují proto stabilní složku horských lesních ekosystémů. Jsou cenné mimo jiné i proto, že jsou zdrojem genů, ovládajících zejména znaky odolnosti ke stresovým podmínkám prostředí. Původní dílčí populace lesních dřevin a jejich soubory, tvořící lesní ekosystémy různých typů, jsou významným prvkem přirozené stability v krajině (Šindelář 1984).

V extrémních horských podmínkách není cílem výběru sadebního materiálu vyšší intenzita růstu, ale nejlepší adaptace k nepříznivým vlivům prostředí. Například Modrzyński a Eriksson (2002) zjistili větší odolnost k suchu u populací smrku pocházejících z vysokých nadmořských výšek v porovnání se smrkem z nižších poloh, známá je i jejich vyšší odolnost k mrazu (Hawkins, Shewan 2000, Westin et al. 2000a). Základem pro zalesňování extrémních lokalit jsou proto potomstva stromů nejlépe přežívajících a rostoucích v těchto specifických extrémních podmínkách.

Selekce klonů pro extrémní podmínky může být prováděna přirozeným výběrem v matečnicích založených v exponovaném prostředí podobném místu určení (Schachler et al. 1986). Otázkou zůstává, do jaké míry se růstové podmínky v matečnicích a s nimi spojená kvalita řízků promítají do následného růstu klonových výsadeb získaných vegetativním množením smrku v různých matečnicích a zda je několikanásobná selekce in situ efektivní a hodnotitelná pomocí vnějších morfologických a vnitřních fyziologických znaků.

Jako hlavní výhody vegetativního množení u lesních dřevin uvádí Kleinschmit (1992):

1. Genetický zisk může být získán rychle a efektivně bez ztrát způsobených křížením.
2. Klony mohou být produkovány s konkrétními vlastnostmi pro určitá stanoviště (např. lokality s pozdními mrazy x pozdě rašící klony).
3. Možnost produkce rychle rostoucích klonů pro rychlerostoucí plantáže.
4. Genetický zisk lze získat bez prodlení způsobeného pozdějším kvetením.
5. Vzácné populace s malým množstvím osiva lze efektivně rozmnožovat.
6. Selekcí vhodného materiálu (s respektováním určitých zásad) mohou být založeny relativně homogenní porosty.

Za největší výhodu použití klonového materiálu v lesnictví považuje Lundkvist (1984) možnost vyselektování klonů adaptovaných k určitým stanovištním podmínkám.

Vyhodnocení vlivu genetického původu je ovšem velmi komplikované, protože na růst sadebního materiálu po výsadbě na konkrétní zalesňované lokality působí velmi výrazně vlivy okolního prostředí; tyto vlivy se tak mohou odrazit ve výrazné vnitroklonové variabilitě. Poměrně výrazně se projevují i rozdíly mikrostanovišť v rámci jedné lokality. Značné vnitroklonové rozdíly zjistili Johnsena a Skroppa (1992), kteří pozorovali vysokou variabilitu růstu v rámci některých klonů smrku ztepilého, zatímco jiné klony byly homogenní. Wonisch et al. (1999) uvádějí, že na jednotlivých lokalitách přispívají ke stresu stromů podmínky maloplošných stanovišť, zejména půdní poměry, v kombinaci s velkoplošnými vlivy jako je

nadmořská výška. Na základě podrobného vyhodnocení řady biochemických a fyziologických charakteristik zjistili, že maloplošné půdní vlivy, např. nedostatečné zásobování vodou, mohou přispívat rozhodující měrou k celkovému stresu smrků. Značnou citlivost mladých smrků k podmínkám mikrostanišťa pozoroval i Jonsson (1999). Významnou interakci klon x stanoviště u smrku ztepilého popisují i další autoři (Isik et al. 1995). Karlsson a Högborg (1998) a Karlsson (2000) uvádějí, že interakce výškového růstu klonů se stanovištěm se často mění s věkem klonové výsadby.

Z uvedených poznatků tedy vyplývá, že výběr vhodného sadebního materiálu pro obnovu lesa na extrémních stanovištích je možný, ale je nutno velmi citlivě přistupovat k výběru konkrétních klonů pro další pěstování, protože intenzivní růst v prvních letech nemusí znamenat i lepší adaptabilitu k extrémním horským podmínkám. V řadě případů tomu může být naopak. Proto je důležité porovnávání různých morfologických a fyziologických parametrů (mimo výšky a tloušťky kmínků i olistění a případné růstové anomálie) ve výsadbách na různě exponovaných stanovištích.

Isik et al. (1995) uvádějí, že výška řízkovanců ve školce není spolehlivým ukazatelem budoucího vývoje po výsadbě. Také Högborg (2003) zjistil, že výběr klonů množených řízkováním podle výšky ve školce se projevil jen málo na výšce klonů 6 let po výsadbě. Selektce pro růst by měla být dělána u klonů starších než 8 let (Gammel et al. 1991).

Genetická kvalita získaná vegetativním množením kvalitních jedinců smrků se většinou neprojevuje okamžitě po výsadbě, o čemž svědčí také poznatky Sonesson a Almqvista (2002), kteří pozorovali vysoký výškový přírůst smrkových klonů v porovnání s generativními jedinci 6 let po výsadbě. Tento lepší růst přičítají kromě dobrých genetických vlastností i lepší morfologické kvalitě sadebního materiálu, kdy řízkovanci měli tlustší kmínky a byli celkově silnější než semenáčky.

2.7 Umělá obnova exponovaných horských lokalit

Obnova exponovaných horských lokalit je mnohem náročnější než běžná obnova lesa v nižších polohách. Kromě technických obtíží (špatná dostupnost, krátké období pro zalesňování) jsou zpravidla i klimatické a půdní podmínky nepříznivé. Vegetační období je krátké s nižšími teplotami, dlouho přetrvává sněhová pokrývka a často se vyskytuje i riziko poškození výhonů vyčnívajících nad úroveň sněhu buď mechanicky částčkami sněhu a ledu hnanými větrem nebo fyziologicky zimním vysycháním při intenzivním oslunění v době, kdy je půda ještě příliš chladná a kořeny nemohou dostatečně přijímat vodu. Běžné jsou i teplotní extrémy v podobě pozdních nebo časných mrazů (Jurásek, Martincová 2004). Specifické

horské podmínky tak kladou zvýšené požadavky na výběr a přípravu sadebního materiálu schopného přežít a růst v často extrémním prostředí.

Pro obnovu extrémních horských poloh je nezbytné používání kvalitního sadebního materiálu, což je obecně jedním ze základních předpokladů úspěšné obnovy lesních porostů. Sazenice musí mít všechny předpoklady pro to, aby rychle a bez zbytečných ztrát odrostly do stádia zajištěné kultury. Kvalita sadebního materiálu je pojem zahrnující celý komplex vzájemně podmíněných vlastností a znaků. Nejdůležitější složkou je kvalita genetická, která je určena původem reprodukčního materiálu. Velký význam má také kvalita morfologická (vnější měřitelné znaky) a fyziologická (vnitřní znaky, které jsou obtížně měřitelné). Dalším důležitým faktorem v hodnocení kvality sadebního materiálu je jeho zdravotní stav (Leugner 2006).

2.7.1 Genetická kvalita sadebního materiálu

Požadavky na genetickou kvalitu jsou v naší legislativě nově řešeny vyhláškou 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin. Pro použití reprodukčního materiálu smrku ztepilého pro 8. LVS je ve vyhlášce stanovena výjimka z obecných pravidel přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin. Tato výjimka zakazuje přenos reprodukčního materiálu smrku z nižších LVS do 8. LVS. Opodstatněnost tohoto opatření byla výzkumně potvrzena i v rámci současného výzkumu (Mañas, Mauer 2009).

2.7.2 Morfologická kvalita sadebního materiálu

Základní parametry morfologických standardů kvality vymezuje technická norma ČSN 48 2115 *Sadební materiál lesních dřevin*. Neopomenutelné parametry morfologické kvality sadebního materiálu se staly součástí tzv. „obchodovatelných standardů“, určených platným zněním zákona č. 149/2003 Sb., *o obchodu s reprodukčním materiálem* (ZORM) a jeho prováděcími předpisy (vyhláška č. 29/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

Morfologická kvalita je vzhledem ke své relativně snadné měřitelnosti hlavním kritériem pro posuzování kvality pěstovaného sadebního materiálu. Základními znaky (obchodní jakosti dle vyhlášky 29/2004 Sb.) jsou tloušťka kořenového krčku, maximální věk a výšková rozpětí. Dalším důležitým morfologickým znakem je stav kořenového systému, který je v ČSN 48 2115 charakterizován především pomocí poměru objemu kořenů k nadzemním částem a pomocí podílu objemu jemných kořenů (do síly 1 mm) v kořenovém systému. Podle druhu dřeviny jsou měřeny i některé další znaky, jako například délka posledního přírůstu ve vztahu k celkové výšce (u smrku a douglasky) jako možný projev nevyváženosti výživy nebo u podřezávaných listnáčů průměr kořene v místě řezu.

V rámci hodnocení morfologické kvality je dále vizuálně posuzována průběžnost kmínků a případný výskyt deformací nebo závažných poranění kořenů.

V souvislosti s vyššími nebo extrémnějšími horskými polohami se naskytá otázka, do jaké míry jsou legislativní opatření na úseku kvality sadebního materiálu dostačující nebo kde je nutné je blíže specifikovat a doplnit (Jurásek et al. 2007).

Na základě desetiletého sledování růstu sadebního materiálu se specifickou přípravou (třídění semenáčků před školkováním do velikostních kategorií a dopěstování celého růstového spektra), Jurásek et al. (2009) konstatují, že vyřazování rostlin s počátečním pomalým růstem v lesní školce může vést k ochuzení spektra dopěstovaných rostlin o jedince, kteří jsou nejlépe adaptováni pro růst v extrémních horských polohách.

Navrhují tedy modifikovat školkařské technologie tak, aby bylo možno pro obnovu lesních porostů v 8. lesním vegetačním stupni dopěstovat celé růstové spektrum semenáčků. Jako vhodná možnost se ukazuje dopěstování malých rostlin jako krytokořenný sadební materiál (například s využitím prorůstavého typu obalů, rašelino-celulósových kelímky „Jiffy pots“, (v dalším textu označované jako RCK). Poté by měly být tyto sazenice vysazeny na stejnou lokalitu jako jedinci s rychlejším růstem (Jurásek et al. 2007).

2.7.3 Fyziologická kvalita sadebního materiálu

Hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu je obtížnější než stanovení morfologických charakteristik. V ČSN 482115 je uvedeno, že 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.

Pro posuzování fyziologické kvality je v současnosti nejvíce využíván test růstového potenciálu kořenů, podle kterého je možno určit potenciální schopnosti sazenic obnovit rychle růst kořenů po výsadbě do příznivých podmínek (Burdett 1979, Tanaka et al. 1997). Sazenice jsou přesazeny do přepravek se směsí rašeliny a perlitu a umístěny do růstové komory s teplotou 20 – 22 °C, relativní vzdušnou vlhkostí 70 % a délkou dne 16 hodin. Po 3 týdnech je hodnocen počet rostoucích (bílých) kořenů kratších a delších než 0,5 cm. Sledováno je rovněž rašení terminálních a postranních pupenů (Martincová, Nárovcová 2000)

Tento test může být doplněn předchozím vystavením části vzorku rostlin teplotnímu a vlhkostnímu stresu (32 °C, 30 % r.v.v. po 15 minut) (Ritchie 1984). Při porovnání následného růstu stresovaných a nestresovaných sazenic je možno odhalit i menší oslabení,

kteří se při samotném hodnocení růstového potenciálu kořenů neprojeví Tento test vitality vyvinutý na Oregonské státní univerzitě je vhodný především pro posuzování sadebního materiálu určeného pro velmi nepříznivá stanoviště (Martincová 2000).

Snížená fyziologická kvalita může být způsobena mnoha faktory (Leugner 2006).

1. Poškození klimatickými extrémy - poškození silnými zimními mrazy nebo tzv. fyziologickým vysycháním tj. vysycháním nadzemních částí v zimním a časně jarním období při radičním počasí, kdy kořeny nejsou schopny získat vodu ze zmrzlé nebo příliš chladné půdy a kompenzovat tak ztráty transpirací. Pozorováno bylo především u jehličnanů, zejména u douglasky a některých okrasných dřevin, ale i u smrku ztepilého.
2. Poškození při nedodržení optimálních skladovacích podmínek – dochází k nadměrné ztrátě vody a zásobních látek.
3. Nevhodný termín a podmínky vyzvedávání – poškození jemných kořenů (zejména u borovice) při vyzvedávání v zimních měsících ze zmrzlé půdy při mrazových teplotách.
4. Poškození během vyzvedávání a dopravy – vyschnutí jemných kořenů, zapaření sazenic, mechanické poranění apod.

Kvalitní sadební materiál je nezbytnou podmínkou pro úspěšnou obnovu lesa, tento fakt je ještě více umocněn v exponovaných horských polohách. Standardy kvality musí být splněny vždy, tedy bez ohledu na způsob pěstování sadebního materiálu, tedy i při vegetativním způsobu pěstování (popř. při využívání krytokořenného sadebního materiálu). Bezpodmínečně je nutno dodržovat všechny zásady správné manipulace, především ochranu před vysycháním, přehřátím nebo poškozením mrazem během přepravy z lesní školky na místo výsadby. Fyziologickému oslabení a poškození je možné účinně předcházet přepravou v uzavřených obalech (pytle, uzavřené přepravky) nebo alespoň s dokonale krytými kořeny (v přepravkách, pytlích, přebalech kořenů apod.). U krytokořenného sadebního materiálu (KSM) nesmí během přepravy oschnout prorůstavý obal a substrát v něm. Velmi citlivý na fyziologické poškození (oschnutí) je i KSM z neprorůstavých typů obalů, který se obvykle přepravuje jako „plugy“ vyjmuté s pěstebními buněk (Leugner et al. 2009).

Pokud je sadební materiál pěstován v nižších nadmořských výškách, má klíčový význam jeho včasné přesunutí na lokality klimaticky co nejbližší odpovídající místům výsadby (sněžné jámy, úložiště KSM), aby se doba rašení přiblížila co nejvíce podmínkám stanoviště výsadby. Dlouhodobější pěstování ve vysokých nadmořských výškách (tzv. aklimatizační školky) se však ukázalo jako neúčelné (Behm, Ruetz 1989, Jurásek, Martincová 1996, 2001).

Z uvedeného přehledu je zřejmá složitost zalesňování extrémních horských lokalit. Vhodnost a účelnost použitých technologií lze komplexně posoudit až podle prosperity experimentálně založených porostů v delším časovém horizontu.

3 Cíl práce

Cílem práce je provést vyhodnocení prosperity jedinců smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) s potenciálně zvýšenou odolností ke stresům po výsadbě do extrémních horských podmínek.

Prvním dílčím cílem je posoudit, zdali několikanásobná selekce smrku ztepilého in situ je efektivní a zda se předpokládaná vysoká genetická kvalita sadebního materiálu projeví ve srovnávacích výsadbách v porovnání s běžně používaným sadebním materiálem generativního původu z místních zdrojů.

Dalším dílčím cílem je hodnocení růstu a fyziologického stavu výsadeb generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce (detailní třídění semenáčků dle intenzity jejich růstu), při kterém je dopěstováno celé růstové spektrum horských populací smrku z 8. lesního vegetačního stupně.

4 Metodika

4.1 Charakteristika výzkumných ploch

Výzkumné plochy (VP) pro sledování výsadeb smrku se zvýšenou odolností ke stresům byly v minulých letech zakládány zejména z pohledu zajištění úspěšné umělé obnovy lesa v extrémních horských podmínkách a vytvoření stabilních lesních ekosystémů. Nejedná se tedy o klasický šlechtitelský program, který by umožnil využít standardní šlechtitelské způsoby zpracování dat.

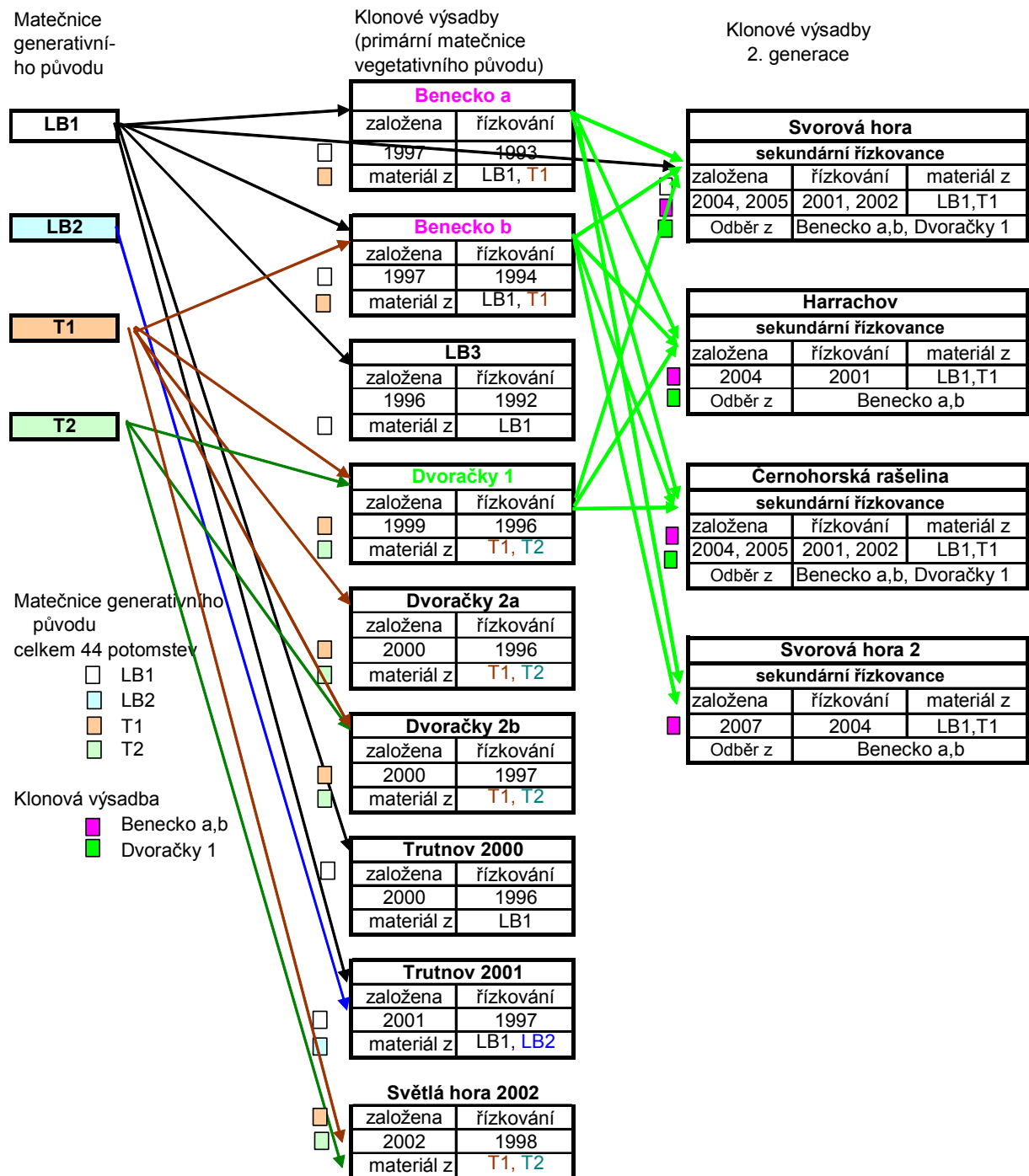
V současné době je v modelové horské oblasti k dispozici rozsáhlý soubor přesně evidovaného klonového materiálu smrku ztepilého rostoucího v různých podmínkách (viz schéma na obr. 1).

Geneze matečnic a klonových výsadeb je následující:

- Sběr osiva v modelové oblasti Krkonoš z nejcennějších populací vykazujících vnější znaky strestolerance (po imisní kalamitě v 70. a 80. letech).
- Vypěstování a výsadba sadebního materiálu s evidencí po jednotlivých sazenicích.
- Založení matečnic generativního původu (označeny jako výzkumné plochy 1. úrovně)
 - Trutnov (označení T1, T2) - založeny v letech 1990 a 1993, nadmořská výška 500 m n. m.
 - Lesní Bouda (označení LB1, LB2) - založeny v letech 1989 a 1993, nadmořská výška 1 080 m n. m.
- Odběr řízků z vitálních, dobře rostoucích klonů (každoročně v letech 1992 až 1998).
- Zakořenění řízků, dopěstování řízkovanců.
- Postupné zakládání klonových výsadeb v různých podmínkách v Krkonoších (od roku 1996). V současné době je založeno 12 klonových výsadeb (označeny jako výzkumné plochy 2. úrovně).
- Odběr řízků z vitálních, dobře rostoucích klonů v klonových výsadbách 1. generace (každoročně v letech 1999 až 2000), po zakořenění řízků a dopěstování řízkovanců k založení klonových výsadeb 2. generace v extrémních podmínkách Krkonoš (označeny jako výzkumné plochy 3. úrovně).

Do základních matečnic generativního původu bylo celkem vysazeno více než 1500 sazenic ze 44 polosesterských potomstev vybraných stromů. V klonových výsadbách vegetativního původu roste již více než 20 000 přesně evidovaných jedinců. Na obr. 1 je znázorněno celé schéma souboru výzkumných ploch (matečnic a klonových výsadeb), které jsou využívány

pro výzkum použití „strestolerantní“ směsi klonů smrku ztepilého v extrémních horských polohách.



Obr. 1: Schéma vzniku matečnic a klonových výsadeb

4.1.1 Primární matečnice (výzkumné plochy 1. úrovně)

Primární matečnice byly založeny generativně množným sadebním materiálem jednak v podmínkách optimálních pro růst smrku (možnost dřívějšího odběru řízků) v Trutnově v nadmořské výšce 500 m (matečnice T1, T2), jednak v Krkonoších na výzkumné ploše Lesní Bouda v nadmořské výšce 1080 m (LB1, LB2) pro další přirozenou selekci klonů in situ. V disertační práci jsou využívány matečnice T1 a LB1.

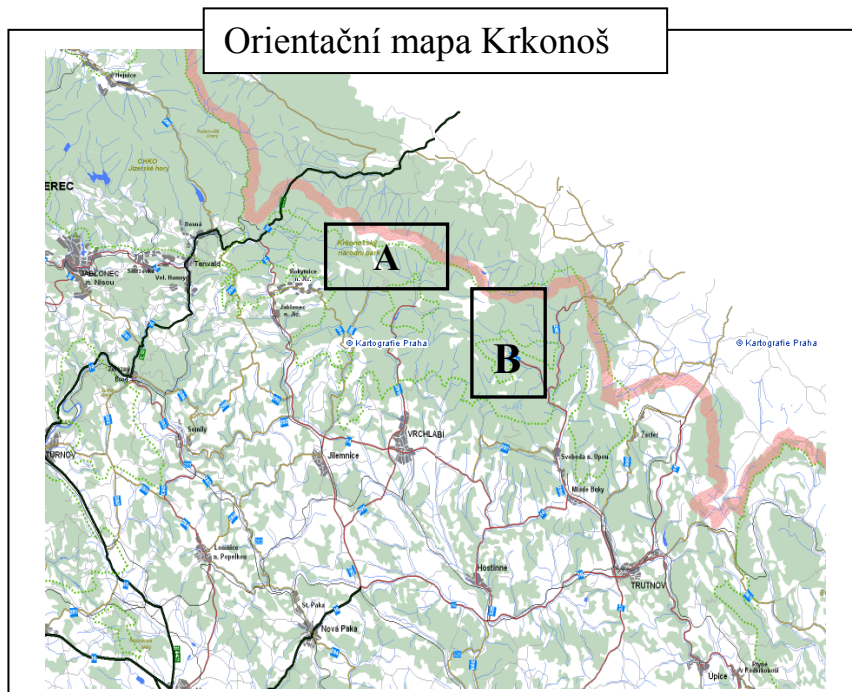
Rozdílné přírodní podmínky v primárních matečnicích jsou základem pro sledování vlivu ekologických podmínek matečnice na růst potomstev v klonových výsadbách.

V tabulce 1 jsou uvedeny počty stromů (klonů) z jednotlivých lokalit původu osiva pro založení matečnic.

Tabulka 1: Přehled vybraných potomstev v matečnicích generativního původu (výzkumné plochy 1. úrovně)

Původ osiva (lokalita a číslo stromu)	Označení potomstva	Nadmořská výška původu osiva (m n. m.)	Počet stromů v generativní matečnici (ks)	
			LB1	T1
Benzina 2	b2	1 060	22	21
Černohorská rašelina 4	cr4	1 190	10	4
Černohorská rašelina 8	cr8	1 190	11	11
Jelení důl 11	jd11	1 100	15	19
Labský důl 14	ld14	1 060	52	18
Nad Horními Mísečkami 1	nhm1	1 080	19	35
Velká Kotelní jáma	vkj	1 100	5	4
Zadní plech 1	zp1	1 180	10	8

Lokalizace míst sběru osiva, založených matečnic a klonových výsadeb (s výjimkou matečnic v Trutnově a na Benecku) je zřejmá z příložených map (obr. 2 – 4).



Obr. 2: Lokalizace míst sběru osiva a založených matečnic – orientační mapa (Turistická a lyžařská mapa 1993)



Obr. 3: Lokalizace míst sběru osiva a založených matečnic – detail výřezu A (Turistická a lyžařská mapa 1993)

Lokality sběru osiva:

- | | | |
|------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 – Labský důl | 2 – Zadní plech | 3 – Krakonošova Snídaně |
| 4 – Velká Kotelní jáma | 5 – Medvědin 6 | 6 – Benzina |
| 7 – Malá Kotelní jáma | | |

Založené klonové výsadby:

- B – Dvoračky 1 C – Dvoračky 2



Obr. 4: Lokalizace míst sběru osiva a založených matečnic – detail výřezu B (Turistická a lyžařská mapa 1993)

Lokality sběru osiva:

- | | | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 8 – Jelení důl 9,10,12 | 9 – Jelení důl 11 | 10 – Černohorská rašelina 7,8 |
| 11 – Černohorská rašelina 4 | 12 – Těsný důl 1,2,3 | |

Založené matečnice a klonové výsadby:

- A – Lesní Bouda 1,2,3

4.1.2 Klonové výsadby 1. generace (výzkumné plochy 2. úrovně)

Ze základních matečnic byly od roku 1992 odebírány řízky. Po zakořenění a dopěstování ve školce byly získané klony vysazovány do různých stanovištních podmínek na Trutnovsku a v Krkonoších. Celkem bylo do současné doby tímto přesně evidovaným sadebním materiálem založeno sedm ploch – klonových výsadeb 1. generace. Každá sazenice v těchto matečnicích je označena vlastním číslem evidovaným zároveň s číslem klonu (tj. číslem stromu v základní matečnici).

Přehled klonových výsadeb 1. generace (VP 2. úrovně) je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Klonové výsadby (výzkumné plochy 2. úrovně) - založené vegetativně množným sadebním materiálem pocházejícím ze základních matečnic uvedených v tabulce 1

Klonová výsadba	Nadmořská výška (m n.m.)	Rok založení	Počet klonů (ks)	Počet jedinců (ks)
Lesní Bouda 3	1080	1996	58	380
Benecko	750	1997	350	3480
Dvoračky 1	1000	1999	237	2770
Dvoračky 2A	1000	2000	92	1160
Dvoračky 2B	1000	2000	137	1460
Trutnov 2000	480	2000	130	880
Trutnov 2001	520	2001	87	482
Světlá hora	720	2002	125	1699

4.1.3 Klonové výsadby 2. generace (výzkumné plochy 3. úrovně)

Z klonových výsadeb Benecko a v menší míře i Dvoračky 1 byly odebírány řízky z vybraných potomstev a klonů. Vegetativní potomstva byla po dopěstování vysazena na extrémní horské lokality co nejbližší místu jejich původu. Byly tak vytvořeny modelové klonové směsi zahrnující klony s časným, průměrným i pozdním rašením, stejně jako klony s nadprůměrným, průměrným a podprůměrným růstem pozorovaným při předchozím hodnocení v matečnicích a klonových výsadbách 1. generace. Předpokládá se, že na těchto lokalitách by se měla projevit adaptabilita vybraných klonů k nepříznivým horským podmínkám. Zároveň byl na uvedené lokality vysazen i běžný provozně pěstovaný generativní sadební materiál odpovídajícího původu (ve variantách pokusů je označen jako

kontrola). Jako další srovnávací varianta byly označeny i smrky z přirozeného zmlazení, pokud se vyskytly na uvedených výzkumných plochách.

Výzkumné plochy byly založeny na následujících lokalitách v modelové oblasti Krkonoš:

- Svorová hora - kalamitní holina o rozloze 11,14 ha v nadmořské výšce 1 100 až 1 200 m (SLT 8K4, HS 721), část plochy využitá pro klonovou výsadbu byla označena jako Svorová hora B,
- Oblast Harrachova
 - Kyselý vrch - SLT 8Z4, HS 201 A 02b, nadmořská výška 1170 m,
 - Nad Terexem - SLT 8K2, HS 515 D10 nadmořská výška 1140 m,
 - Špice - SLT 8K2, HS 521 B 02a, nadmořská výška 1000 až 1120 m,
- Černoohorská rašelina – ostrůvkovitá výsadba v I. zóně KRNAP, nadmořská výška 1 150 až 1 200 m

Přehled výzkumných klonových výsadb 2. generace (*výzkumné plochy 3. úrovně*) je uveden v tabulce 3. Výzkumné plochy Špice a Nad Terexem v lokalitě Harrachov byly vzhledem k vysokému nebezpečí poškození zvěří oploceny.

Tabulka 3: Klonové výsadby 2. generace (*výzkumné plochy 3. úrovně*) založené vegetativně množným sadebním materiálem (modelové klonové směsi)

Lokalita	Termín výsadby	Typ sadebního materiálu	Počet (ks)				
			klonů	ramet	sazenic	kontrolních (generativních) sazenic	jedinců z přirozeného zmlazení
Svorová hora B	jaro 2004	r1+2 (prosto-kořenné)	39	172	3676	470	200
	jaro 2005	r1+3 (prosto-kořenné)	31	směs ramet	2111		
	podzim 2005	r1+2+k0,5 (RCK)	45	183	1157	24	
Harrachov	podzim 2004	r1+3 (prosto-kořenné)	39	194	2783	250	25
Černoohorská rašelina	podzim 2004	r1+3 (prosto-kořenné)	16	88	1582	50	45
	podzim 2005	r1+2+k0,5 (RCK)	24	72	995	24	

Pro výběr klonových směsí, které byly hodnoceny na výzkumných plochách 3. úrovně bylo provedeno detailní statistické vyhodnocení biometrických charakteristik (výškový, tloušťkový růst) generativních matečnic a klonových výsadeb 1. generace (do hodnocení byly zahrnuty výzkumné plochy 1. a 2. úrovně). Rozsáhlé databáze údajů měřených již od roku 1989 byly upraveny (sjednoceny) pro statistické hodnocení.

Konečný výběr jednotlivých polosesterských potomstev byl proveden na základě statistického hodnocení, které bylo provedeno firmou IDS Ing. Karel Matějka, CSc.

Bylo provedeno vyhodnocení růstu jednotlivých generativních matečnic a klonových výsadeb (viz tabulka 4).

Tabulka 4: Matečnice a klonové výsadby zahrnuté do podrobného statistického hodnocení

Výzkumná plocha	Typ	Nadmořská výška (m n.m.)	Rok založení	Zkratka
Lesní Bouda 1	generativní matečnice (VP 1. úrovně)	1080	1989	LB1:89
Trutnov 1		520	1990	T1:90
Lesní Bouda 3	klonová výsadba 1. generace (VP 2. úrovně)	1080	1996	LB3:96
Benecko		750	1997	BENE:97
Dvoračky 1		1000	1999	DVO1:99
Dvoračky 2A		1000	2000	DVO2a:00
Dvoračky 2B		1000	2000	DVO2b:00
Trutnov 2000		480	2000	TRU:00
Trutnov 2001		520	2001	TRU:01
Světlá Hora		740	2002	SH:02

Výsledky hodnocení růstu jednotlivých potomstev jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 5). Statisticky průkazné kladné nebo záporné odchylky v růstu jsou vyznačeny symboly + resp. -. Náznak odchylky je vyznačen těmito symboly v závorce. Potomstva vykazující opakovaně zápornou odchylku jsou v tabulce zvýrazněna červeně, potomstva s opakující se kladnou odchylkou jsou zvýrazněna modře. Zápornou odchylku výškového přírůstu v několika letech vykazovala potomstva b2, jd12, ks4 a zn, kladná odchylka byla zaznamenána vícekrát u potomstev ld14, lh, mkj2 a td1. Stabilnější chování potomstev lze očekávat nejdříve od 3. roku po výsadbě, kdy obvykle odezní výraznější šok po výsadbě na holinu (Matějka 2007).

Tabulka 5: Popis potomstev a vyhodnocení jejich růstu (Matějka 2007)

Dílčí populace	Původ osiva – lokalita (podle označení Správy KRNP)	Označení	Nadm. výška	Rok po výsadbě řízkovanců				
				1	2	3	4	5
7/1	Krakonošova Snídaně 4	krs4	1040			(-)	-	-
7/1	Krak. Snídaně, výb. strom 1743	ks1743	1020	-			+	
7/1	Krak. Snídaně 5 u vody dole	ks5dol	1020	(-)				
7/1	Krak. Snídaně 5 u vody nahoře	ks5hor	1020	-	-			
7/3	Bažinky 2	baz2	920					
7/4	Labský důl 103 C	ld103C	990	+				
7/5	Těsný důl 1	td1	950		+	+		+
7/5	Těsný důl 2	td2	940	+	+			-
7/5	Těsný důl 3	td3	930					
8/3	Benzina 1	b1	1060	(-)		(+)		
8/3	Benzina 2	b2	1060	-	-	-	-	-
8/3	Benzina 3	b3	1060	(+)				
8/3	Kotel	kot	1100					
8/3	Medvědín 1	m1	1220	(-)				
8/3	Medvědín 4	m4	1210		(+)			
8/3	Medvědín 5	m5	1220	(+)	(+)			
8/3	Medvědín 7	m7	1240		(+)			
8/3	Malá Kotelní jáma - pod cestou	mkj2	1100	(-)		(+)	+	+
8/3	Nad Horními Mísečkami 1	nhm1	1080			-		
8/3	Velká Kotelní jáma	vkj	1100		-	(-)		
8/3	Zlaté návrší	zn	1120	-	-		-	
8/4	Labský důl 11	ld11	1060				-	-
8/4	Labský důl 12	ld12	1060	-				
8/4	Labský důl 14	ld14	1060		(+)	+	+	(+)
8/4	Labský důl 9	ld9	1060			(+)		
8/4	Zadní plech 1	zp1	1180	(+)	+	(-)	-	
8/6	Černá hora 3	ch3	1200					
8/8	Jelení důl 10	jd10	1140	(-)		-	-	
8/8	Jelení důl 11	jd11	1100			(-)	(-)	(-)
8/8	Jelení důl 12	jd12	1050		-	-	-	
8/8	Jelení důl 9	jd9	1130	(-)		-	(-)	(-)
8/8	Koule - strom pod stac. plochou	kou	1140	(-)				
8/8	Prostřední hora	ph	1220					
8/8	Prostřední hora č. 124	ph124	1240		-			
8/8	Prostřední hora č. 127	ph127	1240	+				
8/8	Prostřední hora č. 79	ph79	1240	+				
9	Liščí hora	lh	1280	(-)	(+)	+	(+)	(+)
P 4	Černohorská rašelina 2	cr2	1190		-			
P 4	Černohorská rašelina 4	cr4	1190	(-)	(-)	(-)		
P 4	Černohorská rašelina 7	cr7	1190					
P 4	Černohorská rašelina 8	cr8	1190		(-)		+	
8	Generativní A-SM-503-22-8-SM	kontrola						

Poznámka: potomstva vykazující opakovaně zápornou odchylku jsou v tabulce zvýrazněna červeně, potomstva s opakující se kladnou odchylkou jsou zvýrazněna modře.

Výsadby generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce

Pro sledování rostlin s různě intenzivním juvenilním růstem po výsadbě na extrémní horské lokality (2. výzkumný blok) byl založen pokus s výškovým tříděním semenáčků. V roce 1992 před školkováním byly dvouleté semenáčky pocházející z 8. LVS (B/SM/0001/22/8/TU) rozděleny do 3 velikostních kategorií: menší než 8 cm (malé), 8 až 15 cm (střední) a 15 až 22 cm (velké).

Po dopěstování ve školce byly v roce 1994 vysazeny na výzkumnou plochu Pláň (severní svah Stohu v nadmořské výšce 1000 – 1100 m n. m., HS 73, SLT 8K), a to buď jako prostokořenné (2+2) nebo jako krytokořenné sazenice v RCK (2+2+0,5k) (Jurásek, Martincová 2004).

Poznatky z výzkumné plochy Pláň jsou doplňovány o hodnocení sadebního materiálu smrku vypěstovaného ze semenáčků roztríděných před školkováním do šesti výškových kategorií (menší než 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 15 cm, 15 – 20 cm, 20 – 25 cm, větší než 25 cm), které jsou sledovány po výsadbě na výzkumnou plochu v modelové horské oblasti Krkonoš (VP Svorová hora A na extrémní horské holině na svahu Svorové hory v nadmořské výšce 1100 - 1150 m založené v roce 2004 (Leugner, Martincová 2004, 2007).

Vzhledem k poměrně rozsáhlému spektru výzkumných ploch je v následující tabulce 6 shrnuto rozdělení všech výzkumných ploch využitých v disertační práci do úrovní podle způsobu založení.

Jednotlivé fáze vyhodnocení v kapitole výsledků jsou prováděny ve vazbě na jednotlivé úrovně výzkumných ploch.

Tabulka 6: Rozdělení výzkumných ploch (VP) do úrovní dle způsobu založení

Výzkumné plochy 1. úrovně (generativní matečnice)	Výzkumné plochy 2. úrovně (klonové výsadby 1. generace)	Výzkumné plochy 3. úrovně (klonové výsadby 2. generace)	Výzkumné plochy se specificky tříděným sadebním materiálem
VP Trutnov 1 (T 1)	VP Lesní Bouda 3 (LB 3)	VP Černožorská rašelina (CR)	VP Pláň
VP Lesní Bouda 1 (LB 1)	VP Benecko (Ben)	VP Svorová hora B (SH B)	VP Svorová hora A (SH A)
	VP Dvoračky 1 (D 1)	VP Harrachov (H)	VP Pláň – kontrola A
	VP Dvoračky 2A (D 2A)		VP Pláň – kontrola B
	VP Dvoračky 2B (D 2B)		
	VP Trutnov 2000 (T 2000)		
	VP Trutnov 2001 (T 2001)		

4.2 Metody hodnocení

Komplexní hodnocení růstu, fyziologického a zdravotního stavu sadebního materiálu smrku ztepilého s předpokládanou vyšší odolností ke stresům bylo prováděno na VP všech úrovní (viz tab. 6).

V první části disertační práce zaměřené na sledování vegetativních polosesterských potomstev (výzkumné plochy 1. - 3. úrovně) byla hodnocena potomstva 44 populací nebo jednotlivých stromů z různých lokalit v modelové oblasti Krkonoš. Pozornost byla zaměřena především na klonové výsadby 2. generace (výzkumné plochy 3. úrovně), kde byla sledována vybraná potomstva („strestolerantní“ klonové směsi) a porovnávala s běžně používaným generativně množným sadebním materiálem a přirozeným zmlazením.

Ve druhé dílčí části disertační práce bylo provedeno komplexní hodnocení generativního sadebního materiálu, který byl vypěstován na základě specifických požadavků na třídění a pěstování smrku pocházejících z 8. LVS, se zvláštním důrazem na pomalu rostoucí části spektra oddílů (výzkumné plochy se specificky tříděným sadebním materiálem). Tento sadební materiál byl sledován především na rozsáhlé VP Pláň.

4.2.1 Hodnocení morfologických charakteristik

Pro morfologická hodnocení byly měřeny tyto základní biometrické parametry:

1. výška nadzemní části – měřena jako vzdálenost od povrchu půdy po terminální pupen s přesností na 1 cm,
2. tloušťka kořenového krčku – měřena u výsadeb jejichž výška neumožňuje měření výčetní tloušťky, měřena byla těsně nad povrchem půdy s přesností na 0,5 mm,
3. výčetní tloušťka – měřena ve výšce 1,3 m nad povrchem půdy dvakrát v na sobě kolmých směrech (výsledná tloušťka je potom uváděna jako průměr z těchto dvou měření) s přesností na 0,5 mm,
4. výškový přírůst – měřen jako vzdálenost od posledního ročního přeslenu po terminální pupen s přesností na 1 cm.

4.2.2 Hodnocení zdravotního stavu

Zdravotní stav byl hodnocen podle stupně defoliace a barevných změn jehličí (diskolorace). Pro tyto charakteristiky byla používána stupnice uvedená v tabulce 7. Zároveň byly zaznamenávány tvarové odchylky a případná poškození nadzemních částí.

Tabulka 7: Stupnice hodnocení defoliace a diskolorace (podle Monitoring 2004)

Stupeň defoliace/diskolorace	Třída defoliace	Třída diskolorace	Procento defoliace	Procento diskolorace
Žádná	0	0	0 – 10 %	0 – 10 %
Slabá	1	1	>10 – 25 %	>10 – 25 %
Střední	2	2	>25 – 60 %	>25 – 60 %
Silná	3	3	>60 – <100 %	>60 %
Mrtvý strom	4		100 %	

Ve druhém výzkumném bloku byla pro hodnocení zdravotního stavu využita procentuelní stupnice olistění (odstupňovaná po 10%).

4.2.3 Hodnocení fyziologických charakteristik

Hodnocení fyziologických charakteristik bylo prováděno u vybraných klonů smrku ztepilého rostoucích v klonové výsadbě 1. generace Benecko (VP 2. úrovně, viz tab. 6) a v klonových výsadbách 2. generace Černoorská rašelina a Svorová hora (VP 3. úrovně, viz tab. 6). Výzkum byl zaměřen na sledování průběhu rašení, dále posuzování stavu a funkčnosti asimilačního aparátu a odolnosti k mrazu a suchu. Cílem bylo zjistit, zda existují rozdíly v těchto charakteristikách mezi polosesterskými potomstvy, případně i mezi klony. Pro toto hodnocení byla vybrána potomstva stromů z lokality Malá Kotelní jáma (mkj2)

a Černohorská rašelina (cr8). Další hodnocení fyziologických parametrů bylo provedeno pro zjištění případných rozdílů mezi jednotlivými růstovými částmi populace se zaměřením na pomalurostoucí jedince.

Stav asimilačního aparátu byl zjišťován pomocí měření fluorescence chlorofylu (viz kap. 4.2.3.1.), odolnost k mrazu byla hodnocena jako velikost poškození rostlinných pletiv po vystavení větví mrazové teplotě (-20 °C po 20 hodin). Poškození mrazem bylo posuzováno podle poměru elektrického odporu větví před a po vystavení mrazové teplotě (blíže viz kap. 4.2.3.3) a podle fluorescence chlorofylu. Odolnost k suchu byla zjišťována jako ztráty vody během řízeného vysychání (blíže viz kap. 4.2.3.2).

4.2.3.1 Hodnocení fluorescence chlorofylu

Fluorescence chlorofylu byla měřena přístrojem Imaging-PAM 2000 (výrobce Heinz Walz GmbH). Základní charakteristikou je maximální kvantový výtěžek fluorescence (F_v/F_m) vzorků uchovávaných ve tmě po dobu minimálně 45 minut. Po adaptaci na tmu dosahuje fluorescence minimální (základní) hodnoty (F_o). Po následujícím silném saturačním ozáření dochází velmi rychle (100 až 200 milisekund) k zaplnění všech akceptorů a reakčních center fotosystému elektrony a fluorescence se zvyšuje k maximální hodnotě (F_m). Rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou ($F_o - F_m$) je nazýván variabilní fluorescence F_v . Poměr F_v/F_m poskytuje přesný odhad stavu asimilačního aparátu a účinnosti procesu fotosyntézy. Pro uvedené měření bylo aplikováno měřící světlo intenzity $3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a saturační impuls intenzity $2400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ v trvání 800 ms.

Reakce asimilačního aparátu na měnící se intenzitu světla byla zjišťována u stejných vzorků jehličí po změření parametrů F_o , F_m vzorku přizpůsobeného na tmu. Intenzita fotosynteticky účinného záření (PAR) byla zvyšována od 0 do $1\,400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, interval mezi impulsy saturačního světla byl 10 sekund. Základní sledovanou charakteristikou byl v tomto případě tzv. fotosyntetický transport elektronů (ETR). Tato charakteristika je počítána podle rovnice

$$\text{ETR} = 0,5 \times \Phi_{\text{PSII}} \times \text{PAR} \times 0,84 \mu\text{ekvivalentů m}^{-2}\text{s}^{-1},$$

kde Φ_{PSII} představuje účinný kvantový výtěžek fotosystému 2 - $(F_m - F_o)/F_m$ (Maxwell, Johnson 2000). Fotosyntetický transport elektronů (ETR) je používán zejména proto, že jeho křivky mají obdobný průběh jako křivky fotosyntetické fixace CO_2 . Jako typický příznak stresu je uváděna redukce ETR při saturační intenzitě světla.

Pro hodnocení uvedených charakteristik fluorescence chlorofylu byly využívány jehlice z nejmladšího ročníku postranních větvíček.

Pro měření byly používány jednotlivé jehlice nalepené na podložku vrchní (adaxiální) stranou nahoru (obr. 5). Na jedné podložce pro každé měření bylo umístěno zároveň 16 jehlic z různých variant. Každá kombinace jehlic byla opakována 6x. Podložky s připravenými jehlicemi byly před měřením uchovávány ve vlhku a ve tmě. Doba se lišila v závislosti na postupném zpracovávání vzorků. Minimální doba adaptace jehlic na tmu byla 45 minut.



Obr. 5: Smrkové jehlice připravené pro měření fluorescence chlorofylu

4.2.3.2 Hodnocení odolnosti k suchu

Odolnost k suchu (ztrátám vody) byla zjišťována pomocí analýzy transpiračních křivek podle Slavíka et al. (1965). Při této analýze se stanovuje dlouhodobý průběh transpiračních (ztrátových) křivek, tj. váhové změny odříznutých částí ve standardních podmínkách. Na základě výsledků předchozích měření byly pro další hodnocení z transpiračních křivek vybrány úbytky po 15 minutách vysychání (převážně stomatární transpirace) a po 3 hodinách vysychání (kutikulární transpirace).

Pro **hodnocení ztrát vody** byly větve smrku dovezené z výzkumných ploch umístěny přes noc bázemi v nádobách s vodou zakrytých tmavou PE fólií. Před začátkem měření byly větve (stále umístěné bázemi ve vodě) ponechány na světle po dobu 1 hodiny pro otevření průduchů. Potom byly postupně odebírány letorosty z bočních větviček posledního ročního přeslenu, váženy a umístovány na hřebíky na polystyrénové desky (obr. 6), kde byly ponechány vysychat s opakovaným vážením po 15 a 180 minutách. Po ukončení vysychání byly vzorky vysušeny při teplotě 80 °C do konstantní hmotnosti. Z rozdílu čerstvé hmotnosti

a sušiny byl zjišťován obsah vody. Ztráty vody byly vyjadřovány v procentech počátečního obsahu vody.



Obr. 6: Zjišťování ztrát vody

4.2.3.3 Hodnocení odolnosti k mrazu

Pro **hodnocení odolnosti k mrazu** byly využívány boční větve s posledními dvěmi ročními přírůsty (měření elektrického odporu bylo prováděno na dvouleté části výhonu). U takto připravených vzorků byl změřen elektrický odpor větviček před mražením (R1) přístrojem Tree Vitality Meter (obr. 7) a vzorky uzavřené v PE sáčcích byly umístěny na 20 hodin do mrazicího boxu s teplotou $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Během mražení byly pytle v mrazáku dvakrát přemístěny pro homogenizaci podmínek. Kontrolní větvičky byly po stejnou dobu umístěny v lednici při teplotě $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Také tyto vzorky byly chráněny proti ztrátám vody uzavřením v PE pytlích.

Po ukončení mražení byly vzorky ponechány temperovat po dobu 2 hodin na laboratorní teplotu. Následně bylo provedeno změření elektrického odporu větviček po mražení (R2). Poměr odporu před ku po mrazovém testu indikuje velikost poškození rostlinných pletiv mrazem (čím vyšší poměr, tím větší poškození). U stejných vzorků bylo hodnoceno poškození asimilačního aparátu měřením fluorescence chlorofylu (viz kap. 4.2.3.1) po expozici mrazovým teplotám.



Obr. 7: Měření elektrického odporu smrkových větviček pro hodnocení odolnosti k mrazu

4.3 Metody zpracování výsledků

Matematicko-statistické zpracování výsledků bylo provedeno v software MS Excel a QC expert. Byla provedena analýza variance (ANOVA) pro zjištění významnosti vlivu původu jednotlivých variant u všech sledovaných charakteristik.

Následně bylo provedeno párové porovnávání dvojic potomstev klonů (Scheffého metodou). Zjištěné signifikantní rozdíly mezi variantami jsou uvedeny v grafech jednotlivých charakteristik (odlišná písmena ukazují signifikantní rozdíly na 5% hladině významnosti).

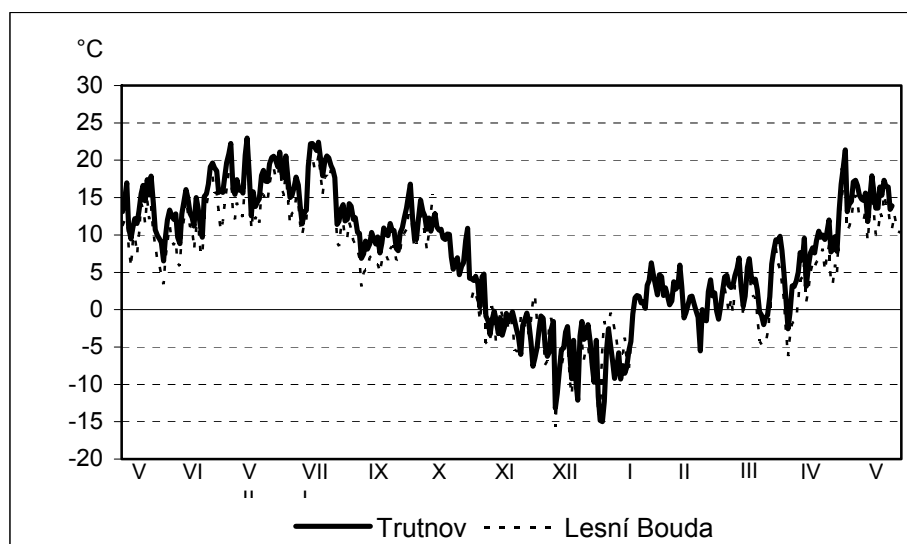
Při hodnocení rozdílů u morfologických parametrů rostlin generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce byl použit také „Studentův t-test“ pro rozdílné velikosti variant se stejnou variabilitou.

5 Výsledky

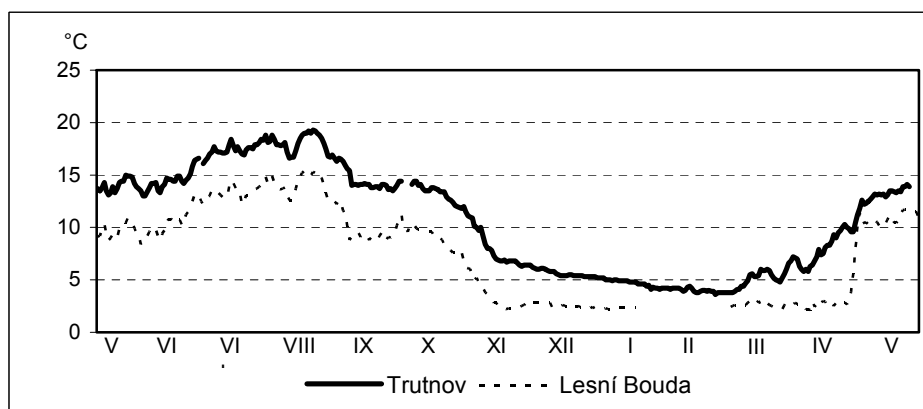
5.1 První blok výzkumných šetření – komplexní hodnocení prosperity klonových výsadeb (výzkumné plochy 1. až 3. úrovně)

5.1.1 Podmínky prostředí a růst generativních matečnic

Primární matečnice (VP 1. úrovně, viz tab. 6) byly založeny generativně množným sadebním materiálem jednak v podmínkách optimálních pro růst smrku na Trutnovsku v nadmořské výšce 500 m (T1), jednak v Krkonoších na VP Lesní Bouda (LB1) v nadmořské výšce 1080 m, která byla založena pro přirozenou selekci klonů. Odlišné klimatické podmínky na těchto dvou výzkumných plochách (matečnicích) lze charakterizovat např. údaji o teplotě vzduchu a půdy zjištěné přímo na uvedených lokalitách během roku 2001 až 2002 (obr. 8 a 9).



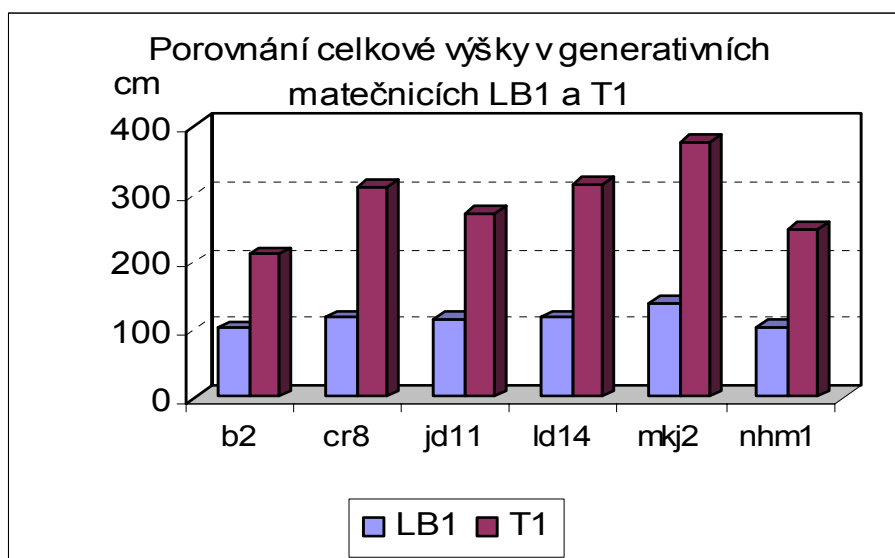
Obr. 8: Porovnání průměrných denních teplot vzduchu ve výšce 200 cm v roce 2001 až 2002 na VP Lesní Bouda (LB1 – 1080 m n. m.) a Trutnov (T1 – 500 m n. m.)



Obr. 9: Porovnání průměrných teplot půdy v hloubce 20 cm v roce 2001 až 2002 na VP Lesní Bouda (LB1 – 1080 m n. m.) a Trutnov (T1 – 500 m n. m.)

Rozdíly v teplotě vzduchu (v 200 cm nad zemí) byly zaznamenány především ve vegetačním období. U teploty půdy v kořenovém prostoru byly zaznamenány výraznější rozdíly v průběhu celého roku (pozn. přerušení datové řady bylo způsobeno poruchou čidla).

Z měření výškového růstu na VP Trutnov 1 (T1) a Lesní bouda 1 (LB1), tj. v generativních matečnicích vyplývá, že podmínky prostředí ovlivňují výrazným způsobem růst jedinců na výzkumných plochách. Jedenáct let po výsadbě byla výška stromů na VP T1 téměř trojnásobná v porovnání s VP na LB1, která je umístěna na extrémní horské lokalitě (obr. 10).

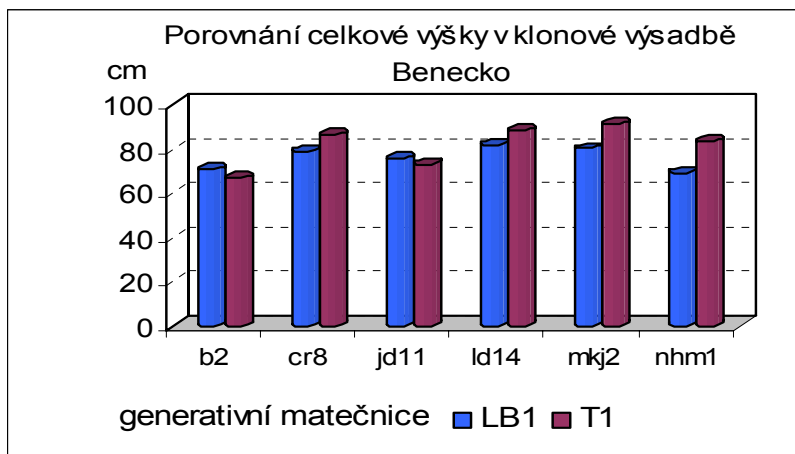


Obr. 10: Porovnání výšky nadzemní části vybraných potomstev smrku ztepilého ve dvou základních matečnicích generativního původu – Trutnov (T1) a Lesní Bouda (LB1) jedenáct let po výsadbě.

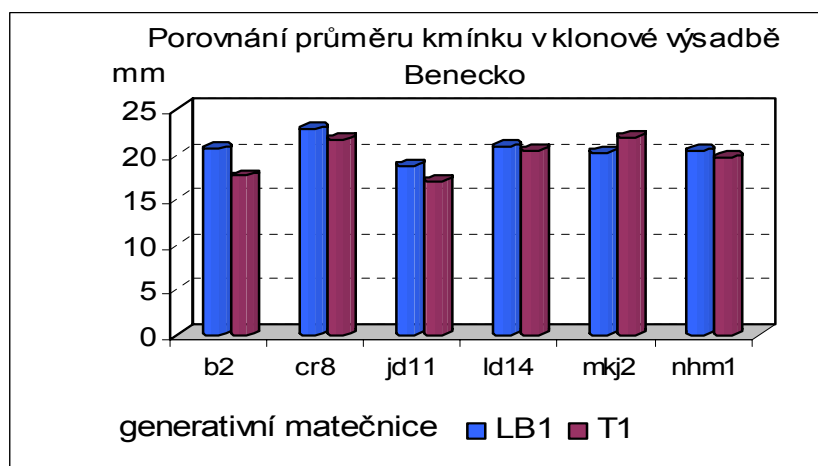
Vztah mezi lokalitou generativní matečnice a růstem potomstev

Pro zodpovězení otázky, zda se vliv růstových podmínek v generativně založených matečnicích (VP 1. úrovně) promítá i na růstové charakteristiky potomstva vysazeného do jednotných podmínek, byla využita klonová výsadba na lokalitě Benecko (VP 2. úrovně) v nadmořské výšce 750 m n. m. v Krkonoších.

Tato výzkumná plocha byla založena v roce 1997 řízkovanci vypěstovanými z řízků odebraných jak v matečnici Trutnov (T1), tak na Lesní Boudě (LB1). Průměrné hodnoty výšky nadzemních částí a tloušťky kořenových krčků 5 let po výsadbě řízkovanců na VP Benecko jsou znázorněny na obr. 11 a 12.



Obr. 11: Porovnání výšky nadzemních částí řízkovanců pocházejících z řízků z generativních matečnic Trutnov (T1 - 500 m n. m.) Lesní Bouda (LB1 - 1080 m n. m.) - růst v klonové výsadbě Benecko (750 m n. m.) 5 let po výsadbě



Obr. 12: Porovnání průměru kořenových krčků řízkovanců pocházejících z řízků z generativních matečnic Lesní Bouda (LB1 - 1080 m n. m.) a Trutnov (T1 - 500 m n. m.) - růst v klonové výsadbě Benecko (750 m n. m.) 5 let po výsadbě

Z naměřených údajů vyplývá, že na růst řízkovanců nemá výrazný vliv umístění matečnice. Z výsledků je zřejmé, že nadmořská výška generativních matečnic, z nichž byly odebrány řízky, neovlivnila výrazněji následný růst řízkovanců (potomků jednotlivých stromů) v klonové výsadbě.

5.1.2 Vyhodnocení růstu jednotlivých generativních matečnic a klonových výsadeb 1. generace

Na základě komplexního vyhodnocení růstu v prvních letech po výsadbě (tab. 5) bylo možno provést výběr polosesterských potomstev pro další detailnější sledování. Potomstva, která

vykazovala nadprůměrný růst téměř ve všech sledovaných výsadbách (mkj2, ld14, lh) byla použita jako základ pro sestavování „strestolerantních“ klonových směsí a jsou tak nejvíce zastoupena v klonových výsadbách druhé generace (VP 3. úrovně), na kterých probíhá průběžné vyhodnocování růstu potenciálně strestolerantních klonů ve srovnání v kontrolním sadebním materiálem generativního původu vypěstovaným běžným způsobem. Do dalšího podrobného sledování byla ovšem zařazena také potomstva, která vykazují ve starších výsadbách (VP 1. a 2. úrovně) průměrný nebo podprůměrný růst, a to potomstva stromů ze specifických lokalit (například Černoohorská rašelina) nebo potomstva s podprůměrným růstem, ale dobrým zdravotním stavem (b1, b2, jd11). Předpokládá se, že pomalejší růst u nich může být ovlivněn mimo jiné i vyšší odolností k extrémům jež se vyskytují ve víceletém intervalu.

Na základě vyhodnocení růstu jednotlivých polosesterských populací v generativních matečních a klonových výsadbách 1. generace byl tedy proveden výběr populací a klonů pro sestavení potenciálně strestolerantních směsí klonů pro obnovu extrémních horských lokalit.

5.1.3 Vyhodnocení vztahu růstu matečných stromů a jejich vegetativních potomstev

Již u stromků v generativních matečnicích (VP 1. úrovně viz tab. 6) pocházejících z osiva vitálních stromů vystavených stresovým podmínkám bylo možné předpokládat určitou míru odolnosti vůči stresům. Další selekce probíhala přirozeným výběrem během růstu matečnice v extrémních horských podmínkách (Lesní bouda 1 – LB1 – obr. 13). Řízky z vitálních jedinců této výsadby (matečnice) byly postupně používány pro zakládání klonových výsadeb (VP 2. úrovně) v různých klimatických podmínkách. Jejich přehled a podrobnější popis je uveden v tabulce 8. Pro posouzení vlivu přírodních podmínek byly klonové výsadby zakládány ve velmi širokém rozpětí ekologických podmínek.

Obr. 13: Pohled na VP Lesní Bouda 1



Tabulka 8: Přehled počtu stromů v matečnici LB1 (VP 1. úrovně) a v klonových výsadbách (VP 2. úrovně) založených řízkovanci pocházejícími z těchto stromů

Plocha (označení)	Nadmořská výška	Rok výsadby	Typ reprodukčního materiálu	Počet klonů	Počet jedinců
Lesní Bouda 1 (LB1)	1 080	1989	generativní z vitálních stromů – výsev 1985 a 1986	489	489
Lesní Bouda 3 (LB3)	1 080	1996	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1992	59	381
Benecko A (Ben93)	750	1997	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1993	162	613
Benecko B (Ben94)	750	1997	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1994	111	111
Trutnov 2000 (T2000)	480	2000	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1996	133	891
Trutnov 2001 (T2001)	520	2001	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1997	20	49

Vyhodnocení vztahu růstu matečných stromů a jejich vegetativních potomstev bylo provedeno pro posouzení, do jaké míry se intenzivní růst matečných stromů v extrémních horských podmínkách zachovává i u vegetativních potomstev na různých ekologicky odlišných lokalitách.

Na jaře 2006 před začátkem růstové aktivity bylo provedeno měření výškového a tloušťkového růstu vybraných polosesterských potomstev v generativní matečnici Lesní Bouda 1 (VP 1. úrovně) a v klonových výsadbách (VP 2. úrovně) založených řízkovanci pocházejícími z této matečnice (polosesterská potomstva jsou tvořena jedinci generativního původu vypěstovaných z osiva stromů s vyšší odolností vůči stresům a jejich vegetativně množených potomků). Měřena byla celková výška stromů, poslední výškový přírůst a tloušťka kmínku. Vzhledem k rozdílnému věku a výškové diferenciaci výsadeb byl tloušťkový růst v klonových výsadbách Lesní Bouda 3, Trutnov 2000 a Trutnov 2001 měřen jako průměr kořenového krčku těsně nad povrchem půdy, zatímco u velkých stromů v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonové výsadbě Benecko byl měřen průměr kmínku $d_{1,3}$. Pro porovnání dynamiky růstu mezi jednotlivými lokalitami jsou pak používány relativní hodnoty vztažené k průměrnému růstu hodnocených souborů klonů na dané VP.

Pro hodnocení **rozdílů mezi potomstvy nadprůměrně a podprůměrně rostoucích stromů** v matečnici Lesní Bouda 1 byly v této matečnici vybráni intenzivněji rostoucí, tj. nejvyšší jedinci (vyšší než 290 cm) s dobrým zdravotním stavem (10 % nejintenzivněji rostoucích

klonů v matečnici LB1 s dostatečným počtem potomků v klonových výsadbách – dále označeny jako „stromy +“) a podprůměrně rostoucí jedinci (menší než 150 cm – 10 % nejhůře rostoucích klonů v matečnici LB1 s dostatečným počtem potomků v klonových výsadbách – dále označeny jako „stromy –“). V jednotlivých klonových výsadbách (LB3, Ben93, Ben94, T2000, T2001) byl vyhodnocen a vzájemně porovnáván růst jejich potomstev.

Cílem dílčího experimentu bylo zjistit, jak ovlivnily různé stanovištní podmínky růst jednotlivých klonů. Výsledky jsou vyjádřeny procentem z průměrných hodnot výšek nadzemních částí potomstva v daných kulturách. Hodnocení bylo provedeno samostatně pro každou klonovou výsadbu a byli hodnoceni všichni jedinci pocházející z polosesterského potomstva Malá Kotelní jáma 2. Základní údaje o růstu smrkových výsadeb na jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Průměrné hodnoty základních morfologických znaků v matečnici (VP 1. úrovně) a klonových výsadbách (VP 2. úrovně) smrku ztepilého v různých podmínkách

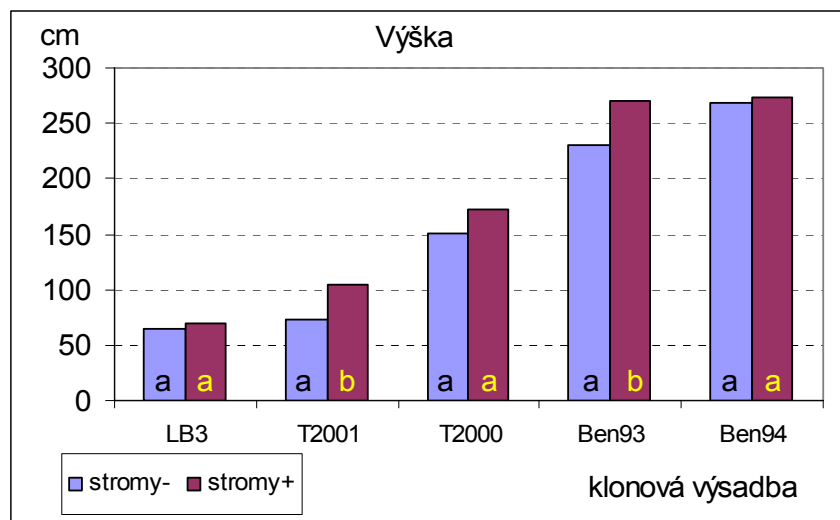
Výzkumná plocha		LB1	LB3	Ben93	Ben94	T2000	T2001
Výška (cm)	průměr	199,1	66,0	251,6	260,1	155,7	84,8
	směrodatná odchylka	75,656	21,965	67,522	64,637	45,149	34,820
	počet	205	179	281	252	234	49
Výškový přírůst/2005 (cm)	průměr	14,9	5,1	51,8	59,0	45,4	23,9
	směrodatná odchylka	7,178	4,437	19,115	17,665	15,628	10,930
	počet	205	179	281	252	234	49
Tloušťka/ (mm)	průměr	26,8*	17,6	31,8*	33,3*	33,3	20,3
	směrodatná odchylka	16,034	6,650	11,428	11,316	10,316	6,996
	počet	162	179	272	251	234	49

*) Měření průměru kmínku ve výšce 1,3 m, u ostatních průměr kořenového krčku těsně nad povrchem půdy.

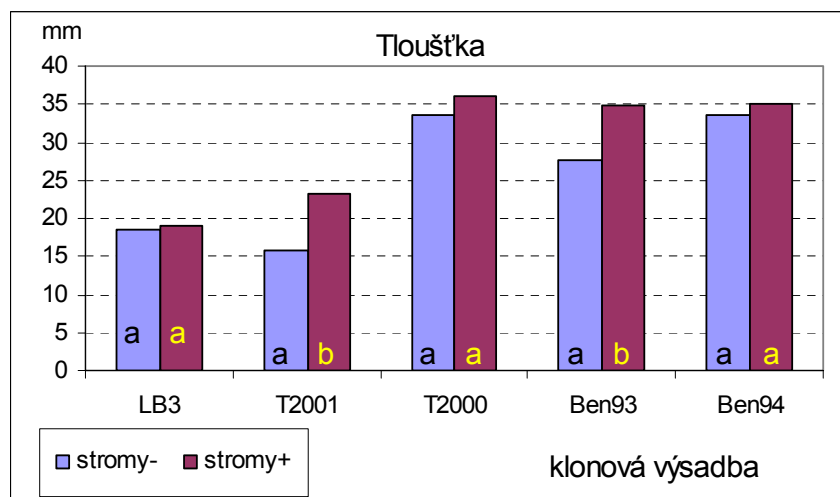
Z těchto naměřených hodnot jsou zřejmé výrazné rozdíly v růstu na jednotlivých lokalitách v závislosti na nadmořské výšce a klimatických podmínkách. Nejvyšší dynamika výškového i tloušťkového růstu byla zaznamenána na lokalitě Benecko. V kulturách, kde byla tloušťka měřena jako $d_{1,3}$, nemohly být do tohoto měření zahrnuty menší stromy, kde bylo možné měřit pouze tloušťku krčků. Proto se v tabulce vyskytují odlišné počty jedinců u měření výšky nadzemní části a tloušťky kmínků.

V generativní matečnici Lesní Bouda 1 (VP 1. úrovně - 1080 m n. m., věk 17 let) byly vybrány jednak dynamicky přirůstající stromy („stromy+“) a dále jedinci s nízkou dynamikou

růstu („stromy-“). Porovnání výškového a tloušťkového růstu jejich potomstev v klonových výsadbách (VP 2. úroveň) v různých stanovištních podmínkách je znázorněno na obrázcích 14 a 15.



Obr. 14: Výškový růst vegetativních potomstev nejvyšších stromů (stromy+) a nejmenších stromů (stromy-) z generativní matečnice LB 1. Rozdílná písmena v sousedních sloupcích znamenají statisticky průkazné rozdíly mezi potomstvy velkých a malých stromů na 5 % hladině významnosti



Obr. 15: Tloušťkový růst vegetativních potomstev nejvyšších stromů (stromy+) a nejmenších stromů (stromy-) z generativní matečnice LB 1. Rozdílná písmena v sousedních sloupcích znamenají statisticky průkazné rozdíly mezi potomstvy velkých a malých stromů na 5 % hladině významnosti. Tloušťka byla hodnocena jako průměr kořenového krčku, na Benecku jako $d_{1,3}$.

Z výsledků uvedených na obrázcích 14 a 15 vyplývá, že potomstva matečných stromů s intenzivním růstem a dobrým zdravotním stavem (stromy+) lépe rostla ve všech klonových výsadbách. Rozdíly byly statisticky průkazné prozatím ve dvou případech. Pro posouzení tohoto trendu bude vhodné sledovat jednotlivé výzkumné plochy v delších časových řadách. Klonová výsadba Benecko (VP 2. úrovně) 17 let po výsadbě je znázorněna na obrázku 16.

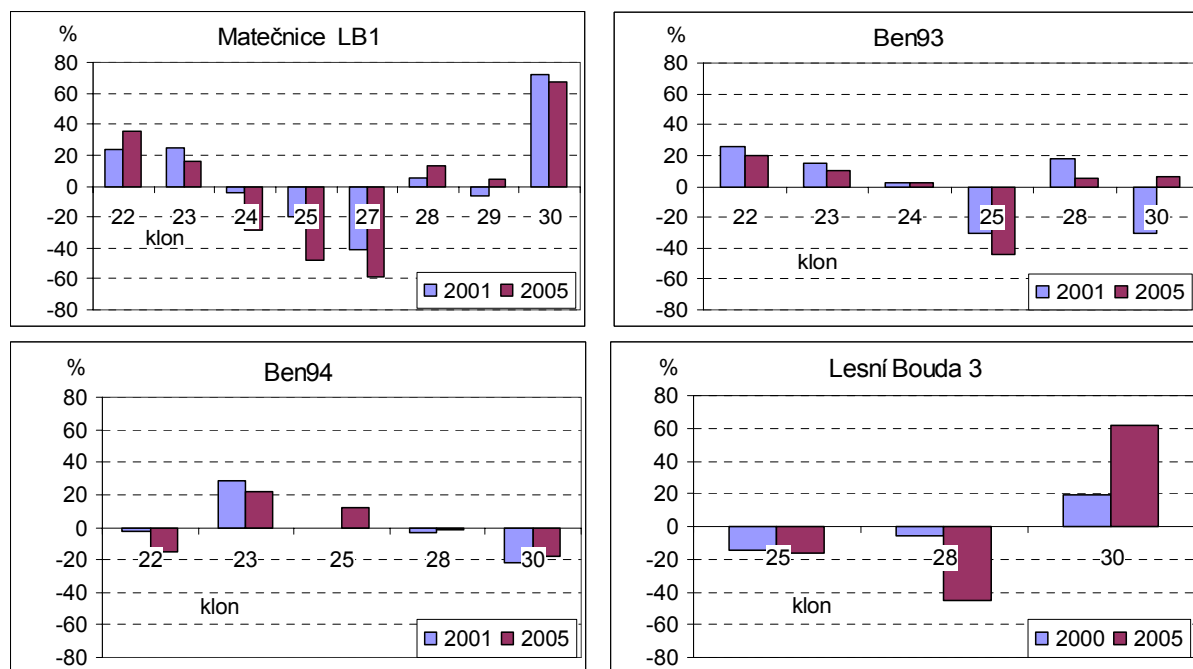


Obr. 16: Klonová výsadba Benecko

Dalším aspektem hodnocení vztahu mezi růstem mateřského stromu a jeho vegetativního potomstva bylo **detailní sledování růstu klonů s rozdílnou dynamikou růstu z vybraného polosesterského potomstva vysazených v různých ekologických podmínkách.**

K tomuto účelu byly využity údaje o růstu jednotlivých klonů polosesterského potomstva stromu č. 2 z Malé Kotelní jámy (mkj2) v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách Benecko 93, 94 a Lesní Bouda 3. Toto potomstvo bylo vybráno vzhledem k jeho nadprůměrné vitalitě růstu a dobrému zdravotnímu stavu v generativní matečnici.

Výsledky podrobného sledování růstu uvnitř polosesterské populace stromu z Malé Kotelní jámy (mkj2) v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách jsou uvedeny na obrázku 17.



Obr. 17: Výška nadzemních částí vybraných klonů znázorněná jako relativní hodnoty vzhledem k průměrům ze souborů uvedených klonů na jednotlivých lokalitách

Z těchto údajů jsou patrné výrazné rozdíly růstu některých klonů na různých lokalitách, což potvrzuje značný vliv konkrétních růstových podmínek v jednotlivých klonových výsadbách. Zejména v extrémních podmínkách výsadeb na lokalitě Lesní Bouda (LB1 – VP 1. úrovně a LB3 VP 2. úrovně) se ukázal výborný růst klonu č. 30, který naopak na příznivější lokalitě Benecko (VP 2. úrovně) vykazoval růst podprůměrný.

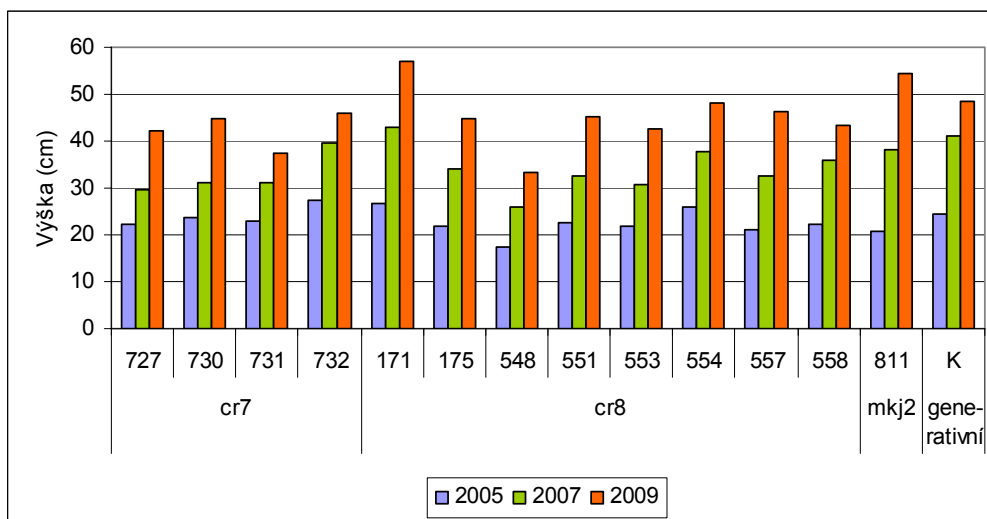
5.1.4 Hodnocení růstu a zdravotního stavu klonových výsadeb 2. generace (VP 3. úrovně) v porovnání s kontrolním sadebním materiálem generativního původu

5.1.4.1 Hodnocení růstu klonové směsi v experimentální výsadbě na VP Černohorská rašelina

Klonová výsadba Černohorská rašelina (VP 3. úrovně viz. tab. 6), založená na podzim 2005, představuje specifickou lokalitu v těsném sousedství rašeliniště. Byla tam vysázena převážně potomstva pocházející z této oblasti (Černohorská rašelina – cr7 a cr8), dále potomstva pocházející z nadprůměrně rostoucí polosesterské populace mkj2 a kontrolní generativně množené sazenice (A-SM-503-22-8-SM). Sazenice vegetativního i generativního původu byly čtyřleté (pěstební vzorce: 1r+3 a 2+2)

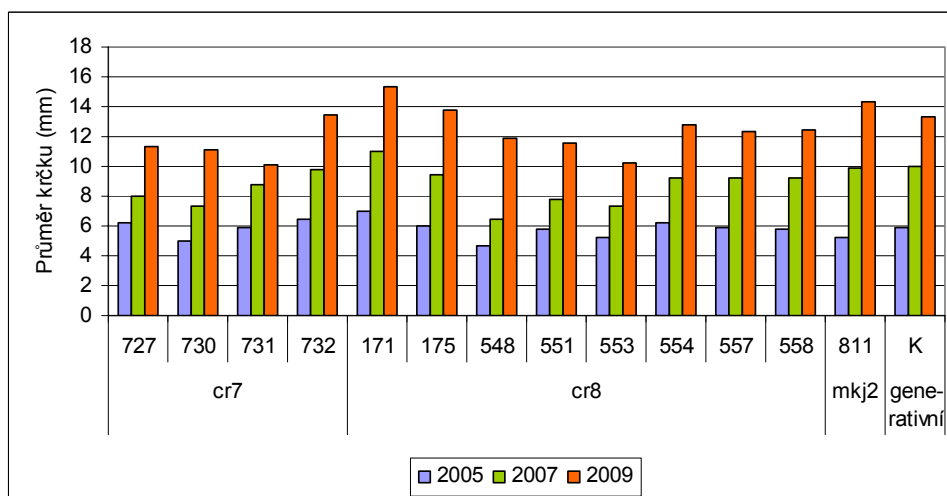
Hodnocení morfologických znaků v klonové výsadbě 2. generace na VP Černohorské rašelina ukázalo velmi dobrý růst souboru klonů původně pocházejících z této lokality (obr.18).

Z porovnání výškového růstu řízkovanců (klonů 2. generace) a kontrolního sadebního materiálu generativního původu (K) vypěstovaného běžným způsobem prozatím nebyly zjištěny výraznější rozdíly. Řízkovance vykazovaly velmi dobrý zdravotní stav (u žádné varianty nebyla defoliace vyšší než 10 %, také barevné změny asimilačního aparátu se 4 roky po výsadbě téměř nevyskytovaly) a jejich dynamika růstu (podle posledního přírůstu) je velmi dobrá.



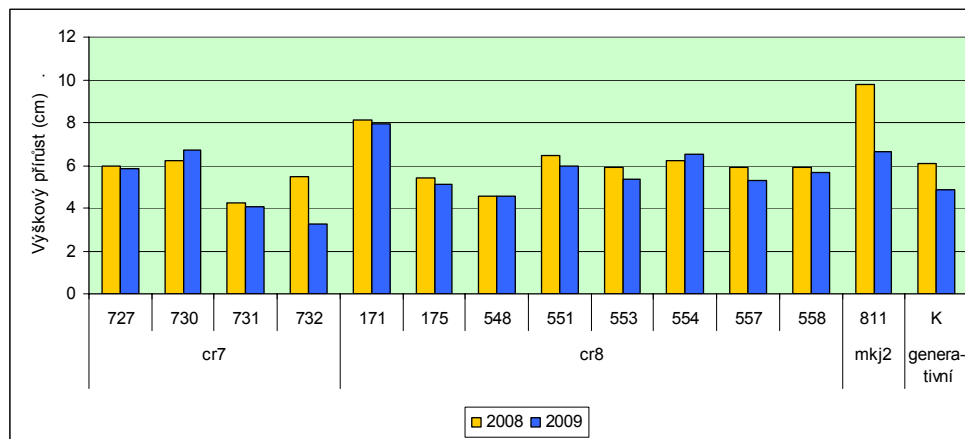
Obr. 18: Celková výška jednotlivých klonů a kontrolního sadebního materiálu na VP Černohorská rašelina

Plouštkový růst měl podobnou dynamiku jako růst výškový. Prozatím nebyly zjištěny příliš výrazné rozdíly mezi jednotlivými klony (obr. 19). K větší diferenciaci bude zřejmě docházet až v delším časovém horizontu, po který bude sadební materiál růst v extrémních podmínkách.



Obr. 19: Průměr kořenového krčku jednotlivých klonů a kontrolního sadebního materiálu na VP Černohorská rašelina

Z výsledků hodnocení dynamiky růstu (výškových přírůstků) v letech 2008 a 2009 je například patrný dobrý růst některých klonů z polosesterských potomstev Černohorská rašelina 8 (cr8) a Malá Kotelní jáma 2 (mkj2), které svým výškovým přírůstkem převyšují ostatní klony a také kontrolní sadební materiál generativního původu (obr. 20).



Obr. 20: Výškový přírůstek v roce 2008 a 2009 u jednotlivých klonů v porovnání s kontrolními sazenicemi generativního původu na VP Černohorská rašelina

Pokud zůstane zachována současná dynamika růstu klonů, lze v následujících letech očekávat zvyšování rozdílů v morfologických parametrech. Výrazný vliv na diferenciaci růstu a také zdravotního stavu bude mít zejména výskyt klimatických extrémů, ke kterým dochází jednou za několik let. Takové extrémy tak pravděpodobně velmi výrazně zvýší rozdíly jak mezi jednotlivými klony, tak i rozdíly ve srovnání s kontrolním sadebním materiálem ve prospěch potomstev se zvýšenou odolností.

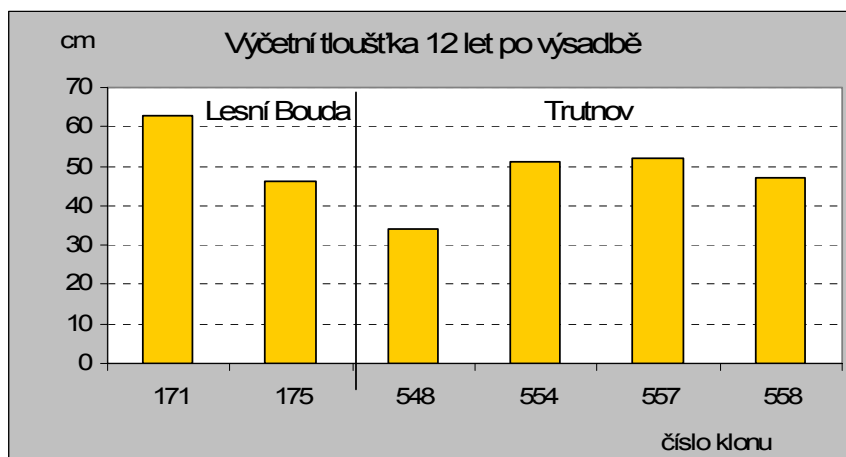
Morfologická měření byla u vybraných klonů (vybraných na základě výsledků uvedených v kapitole 5.1.4.1) rozšířena o vyhodnocení růstu matečných stromů a doplněna o hodnocení fyziologického stavu vybraných klonových potomstev, které se uskutečnilo v klonové výsadbě 2. generace na VP Černohorská rašelina (VP 3. úrovně) a také o porovnání růstu matečných stromů v matečnicích a klonové výsadbě 1. generace (VP 1. a 2. úrovně). U těchto vybraných klonů bylo také provedeno statistické testování růstových parametrů naměřených v klonové výsadbě Černohorská rašelina (VP 3. úrovně).

5.1.4.2 Porovnání růstu matečných stromů a hodnocení fyziologického stavu u vybraných klonů z polosesterské populace Černohorská rašelina 8 (cr8)

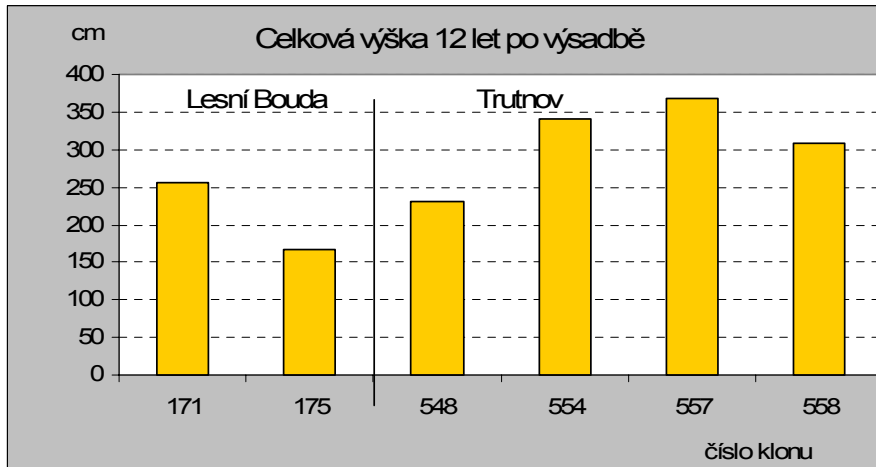
Pro podrobné vyhodnocení byly k dispozici údaje získané z různě starých výsadeb rostoucích v různých přírodních podmínkách. Cílem tedy není porovnání absolutních hodnoty dosažené

výšky nebo průměru kmínků, ale především vyhodnocení relací mezi jednotlivými sledovanými klony popřípadě porovnání klonového materiálu s běžnými generativně množenými sazenicemi.

Na obr. 21 a 22 je znázorněna výška a tloušťka jednotlivých matečných stromů v matečnicích Lesní Bouda (LB1) a Trutnov (T1) (VP 1. úrovně) 12 let po výsadbě.



Obr. 21: Výška nadzemních částí matečných smrků v generativních matečnicích (VP 1. úrovně) 12 let po výsadbě

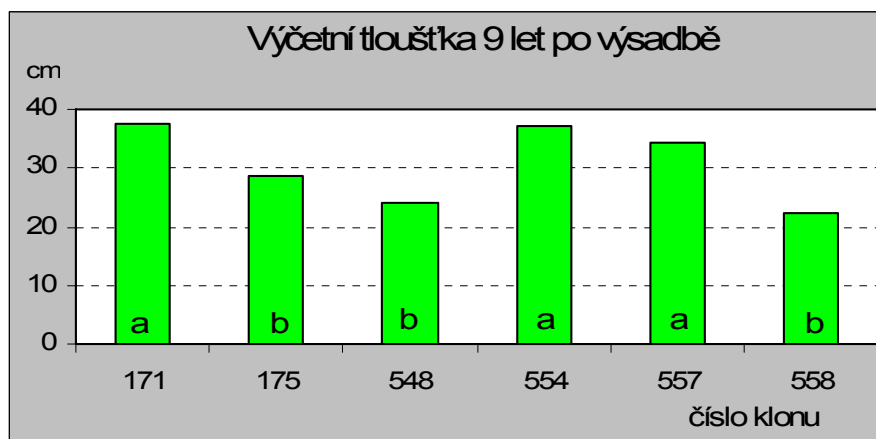


Obr. 22: Tloušťka kmínku matečných smrků v generativních matečnicích (VP 1. úrovně) 12 let po výsadbě

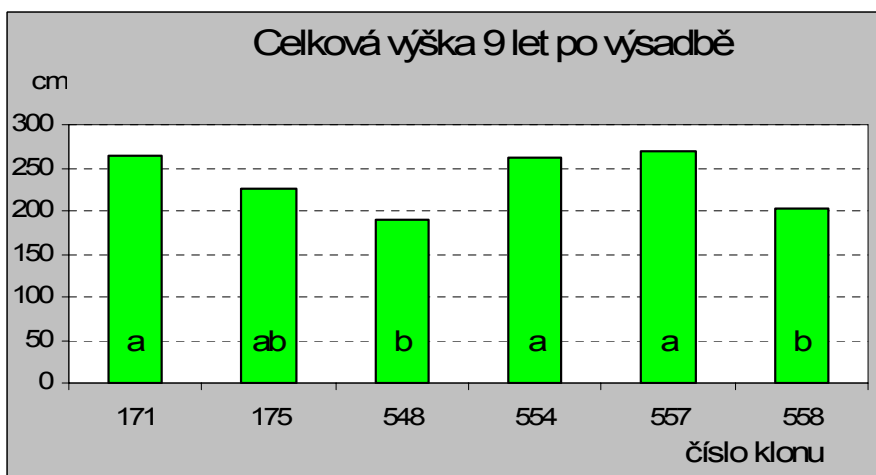
Při jejich posuzování je třeba brát v úvahu velmi rozdílné růstové podmínky v jednotlivých matečnicích (podhorské a extrémní horské stanoviště – viz kap. 5.1.1). Uvedené hodnoty tak slouží hlavně jako základ pro posuzování vzájemných vztahů růstu matečných stromů a jejich vegetativních potomstev v klonových výsadbách (sledovány byly vzájemné relace v morfologických parametrech). Z grafů je patrný vynikající růst stromu číslo 171 v matečnici

Lesní Bouda. Zřetelný je i horší růst stromu číslo 548 v porovnání s ostatními stromy v matečnici Trutnov.

Obdobný trend byl pozorován v klonové výsadbě na VP Benecko (VP 2. úrovně) (obr. 23 a 24), kde sloupce představují průměrné hodnoty z vegetativních potomstev (klonů) výše popsáných stromů. Všechny stromy zde rostou v relativně stejných podmínkách jedné lokality. Také na této lokalitě je zřejmý velmi dobrý růst klonu 171 a naopak výrazné zaostávání klonu 548.



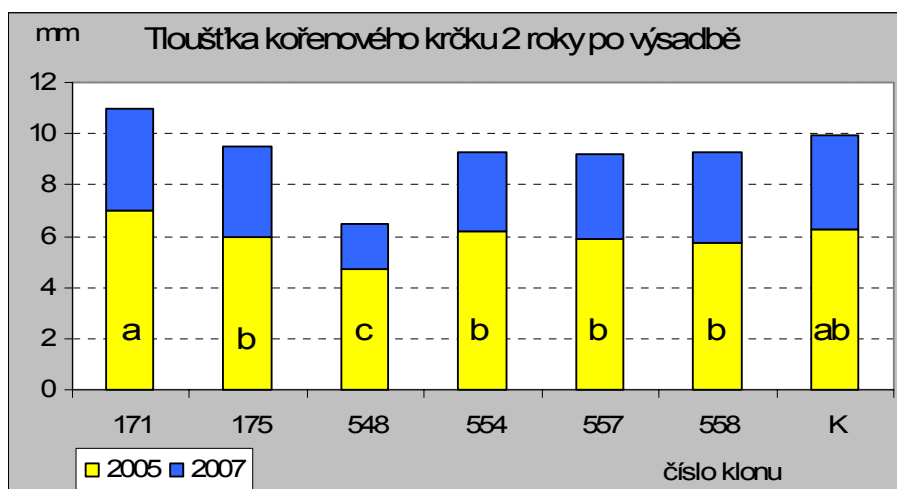
Obr. 23: Tloušťka kmínku vegetativních potomstev smrku (klonů 1. generace) na lokalitě Benecko 9 let po výsadbě. Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)



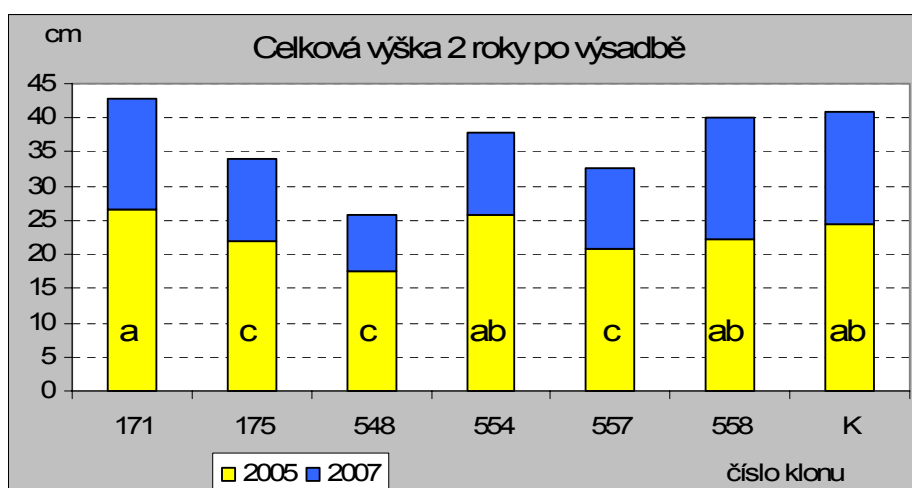
Obr. 24: Průměrná výška nadzemních částí vegetativních potomstev smrku (klonů 1. generace) na lokalitě Benecko 9 let po výsadbě. Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)

Dispozice pro intenzitu růstu jednotlivých klonů zůstaly do značné míry zachovány i v klonové výsadbě 2. generace na VP Černohorské rašelina (obr. 25 a 26). Hodnocení morfologických znaků klonové výsadby na této specifické lokalitě ukázalo velmi dobrý růst

některých klonů původně pocházejících z této lokality, zejména klonu č. 171. Nejhorší růst byl opět pozorován u potomstva klonu číslo 548.



Obr. 25: Tloušťka kmínku vegetativních potomstev smrku (klonů 2. generace) na lokalitě Černohorská rašelina 2 roky po výsadbě. Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)



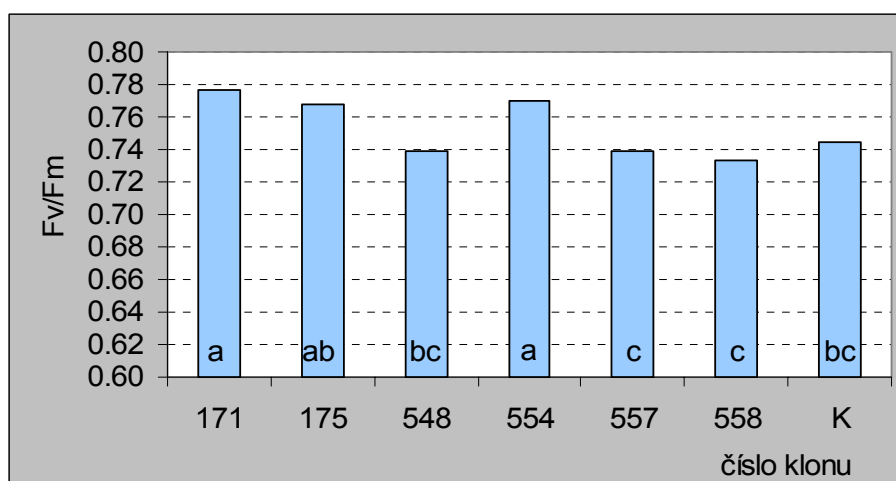
Obr. 26: Průměrná výška nadzemních částí vegetativních potomstev smrku (klonů 2. generace) na lokalitě Černohorská rašelina 2 roky po výsadbě. Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)

Z porovnání růstu vybraných klonů (klonů 2. generace na VP Černohorská rašelina – 3. úroveň VP) a kontrolního sadebního materiálu vypěstovaného běžným způsobem je prozatím patrný relativně dobrý růst generativně množených sazenic (kontrola). Mezi řízkovanci (klony 2. generace) byly zjištěny signifikantní rozdíly v dynamice růstu. Nejintenzivněji rostoucí klony měly srovnatelné růstové parametry s generativně množeným sadebním materiálem. Lze předpokládat, že se příznivý vliv genetické kvality klonového materiálu na intenzitu růstu se projeví až delším obdobím růstu ve specifických podmínkách.

Protože pouze dynamický růst nemusí v horských podmínkách znamenat také vysokou odolnost k nepříznivým (stresovým) podmínkám byla morfologická šetření doplněna o hodnocení fyziologických parametrů.

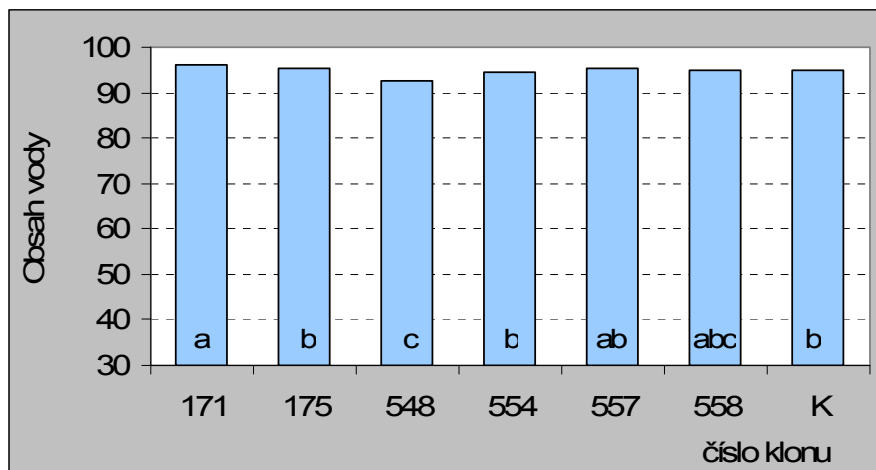
V jarním období roku 2009 bylo provedeno měření fluorescence chlorofylu a hodnocení intenzity ztrát vody v laboratorních podmínkách u vybraných klonů z VP Černoorská rašelina – 3. úroveň VP, odebírány byly jednoleté výhony z předcházejícího roku.

Z hodnocení fluorescence chlorofylu je patrný velmi dobrý stav a funkčnost fotosyntetického aparátu u řízkovanců všech sledovaných klonů. Nejlepší hodnoty vykazují opět jedinci klonu 171. Výsledky naznačují velmi dobré přizpůsobení řízkovanců podmínkám extrémní horské lokality. Ukazují na lepší stav fotosyntetického aparátu v porovnání s kontrolními generativními sazenicemi horské populace smrku (obr. 27).

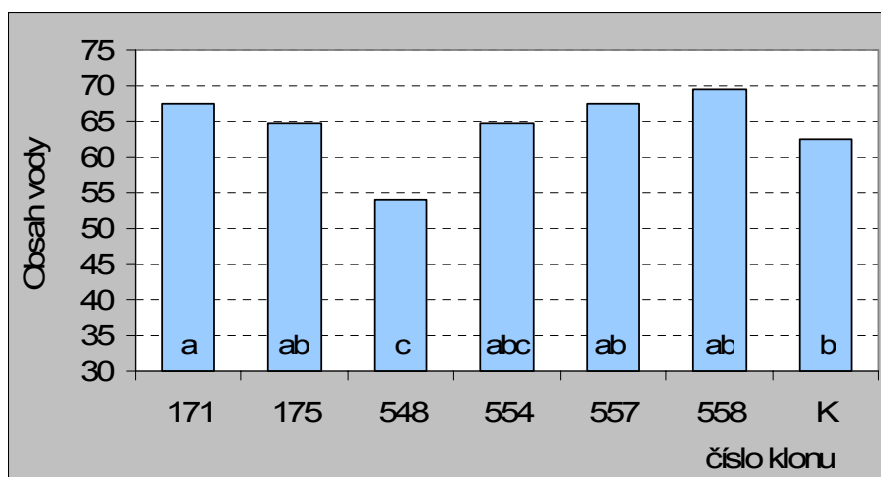


Obr. 27: Maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) jehlic vzorků smrku z VP Černoorská rašelina. Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)

Dalším hodnoceným fyziologickým parametrem bylo stanovení odolnosti ke ztrátám vody, které bylo prováděno na základě hodnocení obsahu vody v letorostech po 15 a 180 minutách řízeného vysychání v laboratorních podmínkách (obr. 28 a 29). Toto hodnocení ukázalo horší schopnost odolávat suchu u jedinců klonu 548. Naopak nejlépe rostoucí klon 171 byl schopen uchovat si během vysychání vysoký obsah vody. Výsledky hodnocení fyziologického stavu řízkovanců 2. generace tedy korespondují s údaji o růstu jednotlivých klonů získanými při opakovaných měřeních in situ.

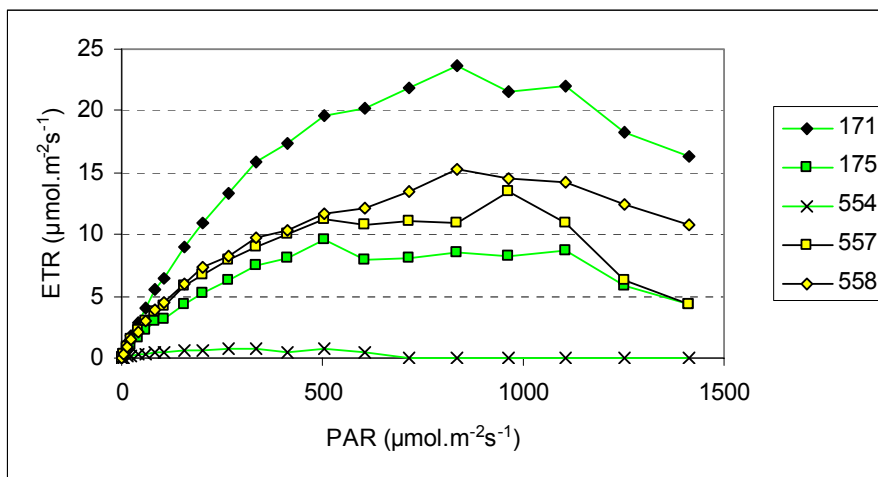


Obr. 28: Obsah vody v letorostech po 15 minutách vysychání v laboratorních podmínkách (v % počátečního obsahu vody) Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)



Obr. 29: Obsah vody v letorostech po 180 minutách vysychání v laboratorních podmínkách (v % počátečního obsahu vody) Rozdílná písmena ve sloupcích představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)

Poslední fyziologickým znakem, který byl v rámci experimentu prováděn, bylo zjišťování rozdílů v odolnosti k mrazu mezi klony. Odolnost k mrazu byla zjišťována pomocí měření elektrického odporu větvíček před a po mrazení a pomocí měření fluorescence chlorofylu. Obě tyto metody jsou rychlé, poskytující výsledky během několika hodin po ukončení mrazení. Vzorčky větví byly vystaveny mrazovému testu (-20 °C po 20 hodin) a poté byl měřen průběh fotosyntetického transportu elektronů (ETR) a elektrický odpor větvíček. Poškození asimilačního aparátu se projevilo výraznými změnami fluorescence chlorofylu (obr. 30).



Obr. 30: Průběh fotosyntetického transportu elektronů (ETR) při zvyšující se intenzitě fotosynteticky účinného záření (PAR) u jehlic z letorostů smrku z klonové výsadby 1. generace Benecko vystavených mrazovému testu

Dobrou adaptaci klonového materiálu k extrémním podmínkám je možné demonstrovat na příkladu klonu č. 171, který nejlépe roste v generativní matečnici i v klonových výsadbách 1. a 2. generace. Byla u něj zjištěna i nejlepší odolnost k mrazu. Naproti tomu například klon 554, který také poměrně dobře roste, vykazuje nejhorší odolnost k mrazu. Tento rozdíl se může projevit při výskytu výraznějšího klimatického extrému, který by mohl poškodit méně odolné klony. Zde je třeba poznamenat, že různé stupně odolnosti klonů vůči specifickým stresům prostředí jsou přirozenou mozaikou pestrosti genetického spektra populace a zajišťují stabilitu obnovovaného lesního porostu i pod tlakem různých stresových situací, které se v horských podmínkách objevují.

U všech morfologických i fyziologických parametrů bylo provedeno statistické vyhodnocení. Byla provedena jednofaktorová ANOVA (faktor potomstva jednoho klonu) a následně bylo provedeno párové porovnávání dvojic potomstev klonů (Scheffého metodou). Zjištěné signifikantní rozdíly mezi variantami jsou uvedeny v grafech jednotlivých charakteristik (odlišná písmena ukazují signifikantní rozdíly). Z hodnot v tab. 10 je patrné, že sledovaný faktor (příslušnost k určitému klonu) je statisticky velmi významný v morfologických i fyziologických parametrech. Párové porovnávání odhalilo statistické rozdíly mezi potomstvy některých klonů, tyto rozdíly jsou zobrazovány pomocí rozdílných písmen v obr. (21 - 29).

Tabulka 10 : ANOVA pro morfologické parametry a hodnoty fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) na VP Černohorská rašelina

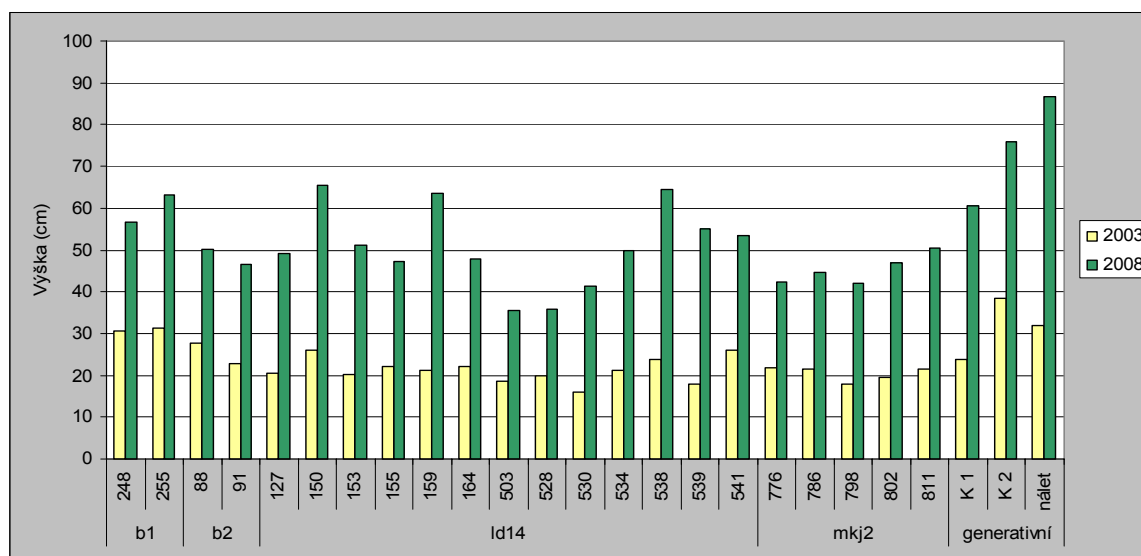
Charakteristika	Zdroje variability	Suma čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	F _{exp.}
Tloušťka kořenového krčku	Vysvětlená variabilita	809,5	6	6,613	25,536*
	Náhodná var.	3032,6	574	5,229	
	Celková var.	3842,0	580		1,265
Výška nadzemní části	Vysvětlená variabilita	14889,2	6	245,319	11,159*
	Náhodná var.	127641,1	574	220,071	
	Celková var.	142530,3	580		1,115
Fluorescence chlorofylu F _v /F _m	Vysvětlená variabilita	0,045	6	0,000713	15,438*
	Náhodná var.	0,087	178	0,000471	
	Celková var.	0,132	184		1,710

* – statistická signifikance $\alpha = 0.05$

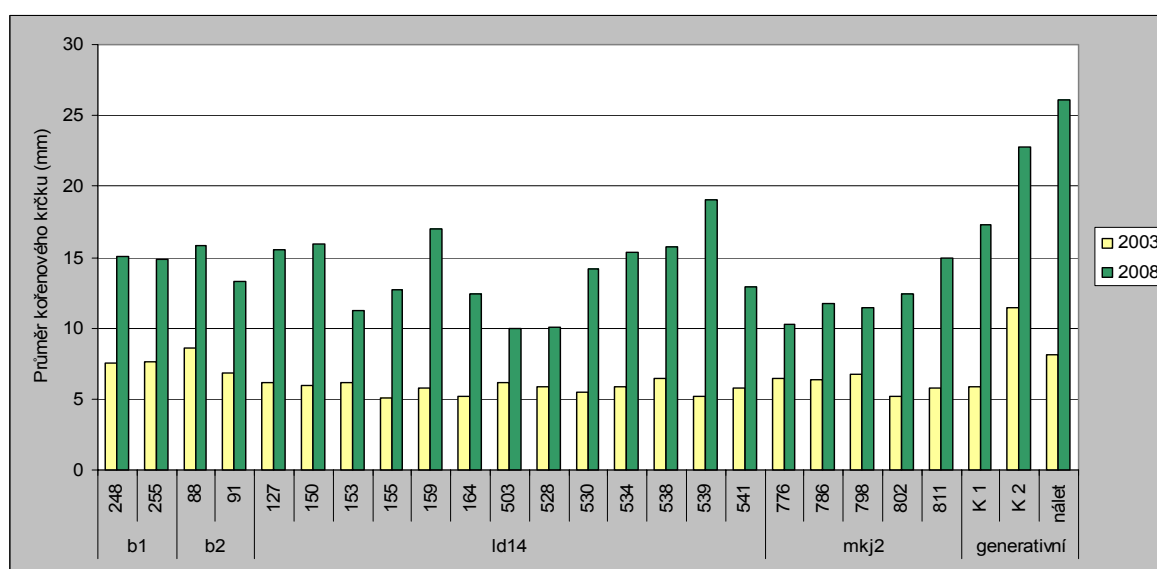
5.1.4.3 Hodnocení růstu klonové výsadby 2. generace na VP Svorová hora

Na výzkumnou plochu Svorová hora (VP – 3. úroveň viz tab. 4) byla na jaře 2004 vysázena klonová směs, kterou tvořila převážně následující polosesterská potomstva stromů: Benzina 1 (b1), Benzina 2 (b2), Labský důl 14 (ld14) a Malá Kotelní jáma 2 (mkj2). Tato klonová směs byla doplněna o kontrolní sazenice generativního původu ze dvou zdrojů. Jednalo se za prvé o sadební materiál s podobnými morfologickými parametry jako vysazované řízkovance (K1), za druhé o vyspělý sadební materiál, který měl při výsadbě téměř dvojnásobné morfologické parametry (K 2). Sledování bylo doplněno o jedince z přirozeného zmlazení, kteří se vyskytovali v některých částech VP (nálet).

Výsledky hodnocení (obr. 31 a 32) ukazují diferenciaci růstu potomstev jednotlivých klonů. V grafech jsou uváděny parametry sazenic před výsadbou (podzim 2003) a 5 let po výsadbě (podzim 2008). Po pěti letech růstu na extrémní horské lokalitě lze vylíšit nadprůměrně rostoucí klony (255, 150, 159, 538, 539) i klony rostoucí podprůměrně (503, 528). Růst sadebního materiálu generativního původu (kontrola) je srovnatelný s dobře rostoucími klony. Nejlepší růstové parametry byly zaznamenány u jedinců z přirozeného zmlazení. Tyto rozdíly byly očekávány, protože jedinci z přirozeného zmlazení nepřekonávali šok z přesazení, který měl výrazný vliv na růst sadebního materiálu vegetativního i generativního původu.

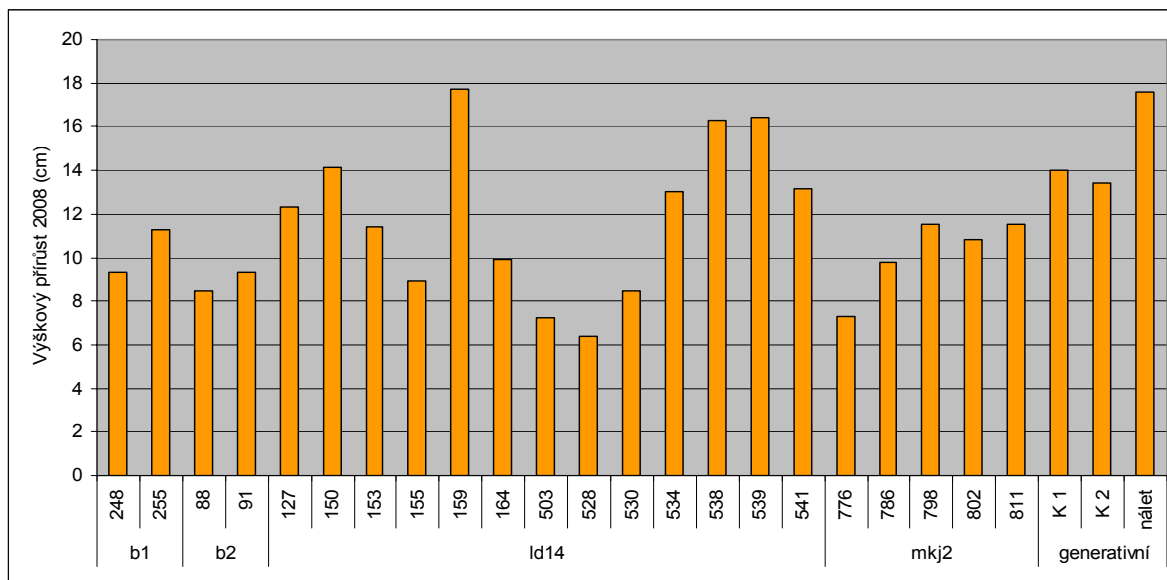


Obr. 31: Celková výška jednotlivých klonů, kontrolního sadebního materiálu a náletu na VP Svorová hora



Obr. 32: Průměr kořenového krčku jednotlivých klonů, kontrolního sadebního materiálu a náletu na VP Svorová hora

Dynamika růstu, vyjádřená výškovým přírůstkem v roce 2008 (obr. 33), potvrzuje výrazné rozdíly v růstu mezi jednotlivými klony. Klony s nejintenzivnějším růstem svou dynamikou růstu předčily kontrolní sadební materiál generativního původu a dosahují již několik roků po výsadbě (i s handicapem šoku po přesazení) růstových parametrů srovnatelných s jedinci z přirozeného zmlazení.

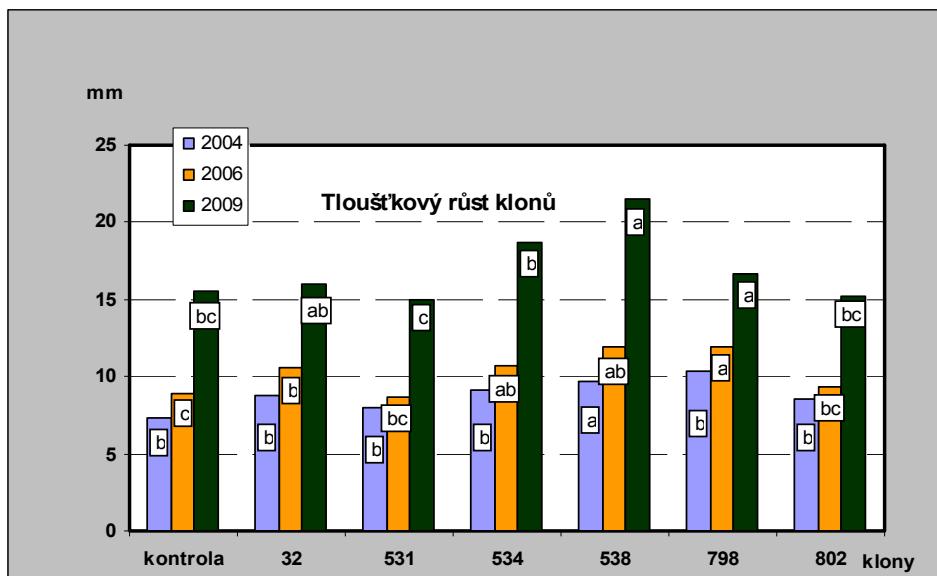


Obr. 33: Výškový přírůst jednotlivých klonů, kontrolního sadebního materiálu a náletu na VP Svorová hora

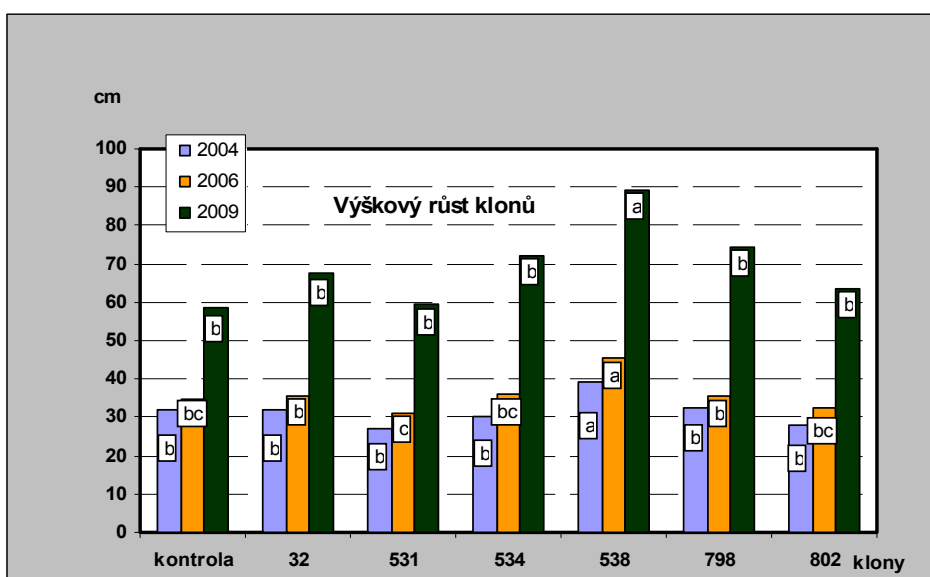
5.1.4.4 Hodnocení růstu klonové výsadby 2. generace na VP Harrachov (VP 3. úrovně)

Výzkumná plocha Harrachov je tvořena třemi dílčími plochami (Nad Terexem, Špice a Kyselý vrch). Na tyto dílčí plochy byla na podzim 2004 vysázena klonová směs, kterou tvořila následující polosesterská potomstva: Benzina 1 (b1), Labský důl 14 (ld14), Jelení důl 11 (jd11) a Malá Kotelní jáma 2 (mkj2). Na každou z dílčích ploch byl vysazen i kontrolní sadební materiál generativního původu (A-SM-503-22-8-SM) vypěstovaný v lesní školce Rezek.

Pro hodnocení růstových parametrů na klonové úrovni byli v roce 2009 vybráni zástupci (klony) dílčích populací jd11, ld14 a mkj2. Na obrázcích 34 a 35 je dokumentován jejich tloušťkový i výškový růst v prvních 5 letech po výsadbě. Z grafů jsou patrné rozdíly v růstu jednotlivých klonů. Statisticky průkazně se svým nadprůměrným růstem vylišuje klon číslo 538. Rozdíly mezi ostatními klony nejsou 5 let po výsadbě na extrémní horské lokality statisticky průkazné. Růst sadebního materiálu generativního původu (kontrola) je srovnatelný s nejpomaleji rostoucími klony (531, 802).



Obr. 34: Tloušťkový růst klonů v klonové výsadbě 2. generace (Harrachov). Rozdílná písmena ve sloupcích z jednotlivých let představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)



Obr. 35: Výškový růst klonů v klonové výsadbě 2. generace (Harrachov). Rozdílná písmena ve sloupcích z jednotlivých let představují statisticky průkazné rozdíly (5% hladina významnosti)

Významnost meziklonové variability byla detailněji hodnocena pomocí analýzy variance (ANOVA). Testovaným faktorem byla příslušnost k jednotlivým klonům. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Test významnosti vlivu příslušnosti k jednotlivým klonům ve vztahu k celkové variabilitě klonové výsadbě na VP Harrachov

Parametr	Závěr	Teoretický	Vypočítaný	Pravděpodobnost
Výška nadzemní části 2004	Významný	2.129	18.273	4.82E-18
Výška nadzemní části 2009	Významný	2.131	12.039	5.00E-12
Průměr kořenového krčku 2004	Významný	2.129	10.563	1.26E-10
Průměr kořenového krčku 2009	Významný	2.128	7.608	1.26E-07

Statistické testování prokázalo významný vliv původu (příslušnosti k určitému klonu) na výškový a tloušťkový růst smrků v době výsadby i 5 let po výsadbě. Z výsledků hodnocení 5 let po výsadbě vyplývá, že vliv původu byl na této VP výraznější než vliv ostatních faktorů prostředí (zejména maloplošných stanovištních podmínek).

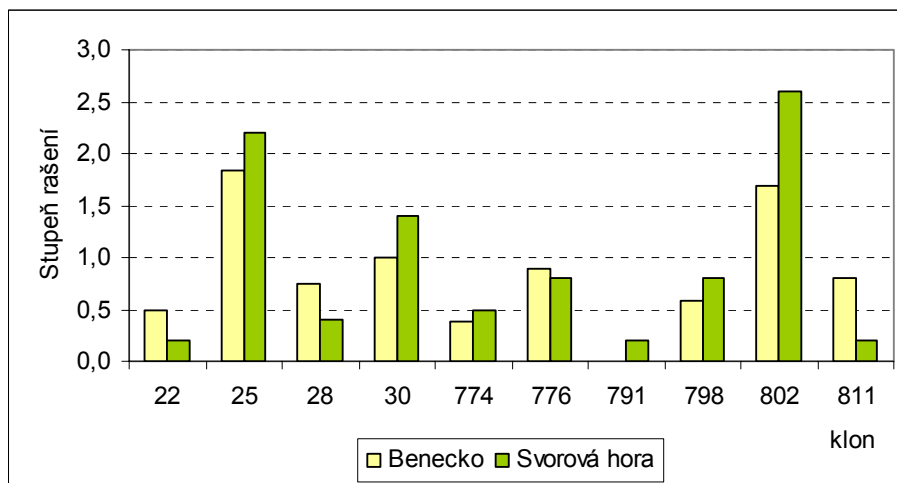
5.1.5 Hodnocení časnosti rašení smrku v klonových výsadbách 1. a 2. generace

Časnost rašení byla hodnocena u vybraných klonů v klonové výsadbě 2. generace Svorová hora (VP 3. úrovně) na jaře 2009 (20. 5. 2009).

Stav pupenů byl popisován podle následující stupnice:

- 0 – neraší, pupeny nejsou zvětšené,
- 1 – zvětšené pupeny, prosvítají zelené jehlice,
- 2 – prasklé pupeny, svazečky jehlic se začínají rozvírat,
- 3 – rozevřené jehlice,
- 4 - začátek délkového růstu výhonů,
- 5 – intenzivní délkový růst.

Výsledky byly porovnávány s rašením stejných klonů v klonové výsadbě Benecko (VP 2. úrovně) hodnoceným v roce 2002 a 2003, v letech, kdy byly v kultuře odebírány řízky pro následné založení klonových výsadeb 2. generace.



Obr. 36: Porovnání časnosti rašení vybraných klonů v klonové výsadbě 1. generace (Benecko) a 2. generace (Svorová hora)

Na obr. 36 je možno vylišit výrazně časně rašící klony (25, 802) a klony, které raší značně později (791, 811, 22, 774). Malé rozdíly v rámci klonů mezi klonovými výsadbami 1. a 2. generace lze přičíst vlivu podmínek mikrostanoviště a skutečnosti, že rašení u všech klonů nepostupuje stejně rychle a výsledky tak mohou být ovlivněny i termínem hodnocení. Obdobné rozdíly mezi klony byly pozorovány při hodnocení časnosti rašení v ostatních klonových výsadbách i v generativních matečnicích, které se uskutečnilo již dříve.

Z výsledků je zřejmé, že geneticky podmíněná časnost rašení u klonů smrku je patrná beze změn i u klonů 2. generace.

5.2 Druhý blok výzkumných šetření - hodnocení růstu a zdravotního stavu výsadeb generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce

5.2.1 Hodnocení růstu

Na výzkumné ploše Pláň (VP se specificky tříděným sadebním materiálem) bylo provedeno měření výškového a tloušťkového růstu smrků vypěstovaných ze semenáčků vyznačujících se různou intenzitou růstu ve školce. V tabulce 12 jsou uvedeny jednotlivé růstové parametry 2 rok po výsadbě (1995), 7 let po výsadbě (2000) a 10 let po výsadbě (2003). Na obrázku 37 je pohled na VP Pláň 16 let po výsadbě.



Obr. 37: Pohled na výzkumnou plochu Pláň – 16 let po výsadbě

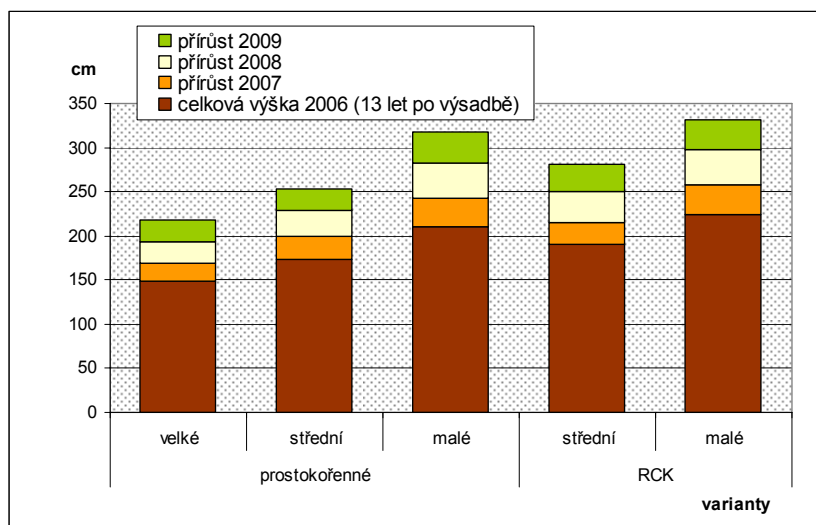
Tabulka 12: Vývoj základních morfologických parametrů u velikostních kategorií smrku po výsadbě na VP Pláň

Charakteristika	Rok	Varianta	Prostokořenné			RCK	
			malé	střední	velké	malé	střední
		Výška v době školkování	menší než 8 cm	8 - 15 cm	15 - 22 cm	menší než 8 cm	8 - 15 cm
Výška(cm)	1995	průměr	28.8 a	46.2 b	51.3 c	31.7 a	41.8 b
		sx	8.290	8.367	8.936	7.579	8.791
		n	94	93	92	80	94
	2000	průměr	71.4 a	69.6 a	68.1 a	80.3 a	73.4 a
		sx	21.870	21.968	18.039	23.621	26.857
		n	80	93	70	80	91
	2003	průměr	125.3 b	129.7 b	101.2 a	154.5 b	132.1 a
		sx	46.159	43.964	42.623	35.627	48.135
		n	64	75	63	71	88
Výškový roční přírůst (cm)	1995	průměr	4.1 a	4.0 a	3.7 a	3.9 a	3.7 a
		sx	2.910	3.030	1.861	2.123	2.508
		n	94	93	90	80	94
	1996	průměr	3.7 c	2.6 b	1.8 a	5.5 b	3.9 a
		sx	2.951	1.823	1.051	3.080	4.047
		n	84	91	92	82	95
	1999	průměr	10.0 b	6.1 a	5.4 a	11.8 b	7.7 a
		sx	5.438	4.412	4.624	5.621	5.480
		n	86	95	73	82	83
	2003	průměr	21.7 c	12.1 b	7.9 a	18.9 b	14.4 a
		sx	14.035	7.400	6.156	11.538	8.692
		n	60	72	71	81	80
Tloušťka kořenového krčku (mm)	1995	průměr	6.4 a	8.7 b	11.3 c	7.5 a	8.4 b
		sx	1.901	1.504	2.018	2.120	1.792
		n	52	64	50	50	64
	1998	průměr	9.5 a	8.5 a	13.4 b	13.2 a	13.3 a
		sx	2.727	2.659	3.664	4.612	3.516
		n	32	33	32	32	32
	2000	průměr	14.3 a	12.9 a	14.1 a	16.3 a	18.3 a
		sx	5.354	4.877	4.662	4.998	7.067
		n	32	30	32	32	31
	2003	průměr	36.6 b	35.0 a	27.4 a	38.7 a	43.7 a
		sx	13.296	9.928	12.860	12.657	12.131
		n	28	30	30	30	28

Rozdílná písmena v řádcích indikují statisticky významné rozdíly na hranici významnosti 5 % (testováno Studentovým t-testem pro rozdílné velikosti variant se stejnou variabilitou, odděleně pro prostokořenné a krytokořenné jedince)

V době výsadby v roce 1994 byly sazenice varianty „malé“ statisticky významně nejmenší v porovnání se „středními“ a „velkými“. Díky dobré dynamice růstu a zdravotnímu stavu v extrémních podmínkách však původně malé sazenice „předrostly“ ostatní varianty. Třináct let po výsadbě byly největší a pokračovaly v intenzivním růstu (obr. 38). Varianta

s nejrychlejším juvenilním růstem (velké) naopak dosáhla nejmenších rozměrů. Stejně relace mezi variantami jsou tedy pozorovány i v roce 2009 (16 let po výsadbě (obrázek 38)).



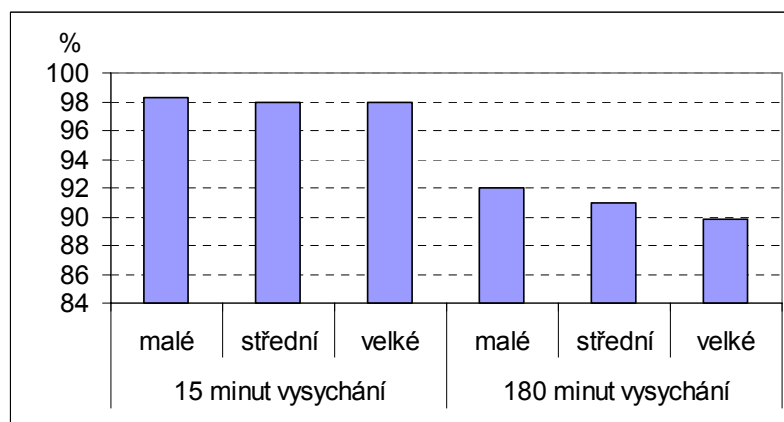
Obr. 38: Výškový růst jednotlivých variant na TVP Pláň

5.2.2 Hodnocení fyziologického a zdravotního stavu

5.2.2.1 Ztráty vody při řízeném vysychání

Pro hodnocení odolnosti k suchu bylo provedeno měření ztrát vody. Tyto ztráty byly zjišťovány během vysychání odstřižených letorostů smrku nasycených vodou v laboratorních podmínkách (21 ± 1 °C, r.v.v. $50 \pm 5\%$). Obr. 39 znázorňuje obsah vody vyjádřený v procentech počátečního obsahu vody po 15 a po 180 minutách expozice.

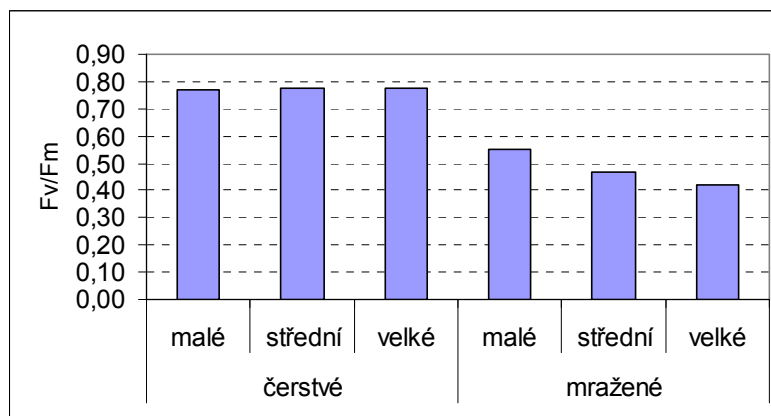
Z grafu je patrné, že nejvíce ztrácely vodu smrky varianty „velké“, potom „střední“ a nejméně „malé“, a to během stomatární (prvních 15 minut) i kutikulární (180 minut) transpirace. Rozdíly mezi variantami však byly relativně malé a v důsledku velké individuální variability statisticky neprůkazné.



Obr. 39: Obsah vody (v % počátečního obsahu vody) po 15 a 180 minutách vysychání

5.2.2.2 Fluorescence chlorofylu při mrazovém testu

Hodnoty zobrazené na obr. 37 představují poměr variabilní k maximální fluorescenci (F_v/F_m) zjištěný po ozáření vzorku jehličí adaptovaného na tmu (maximální kvantový výtěžek fotochemie fotosystému II). V literatuře je uváděno, že hodnoty této charakteristiky u nepoškozených asimilačních orgánů stromů mírného pásu jsou zpravidla vyšší než 0,75. Všechny hodnocené varianty v čerstvém stavu (před mrazovým testem) tedy vykazovaly dobrý stav a funkčnost asimilačního aparátu (obr. 40).

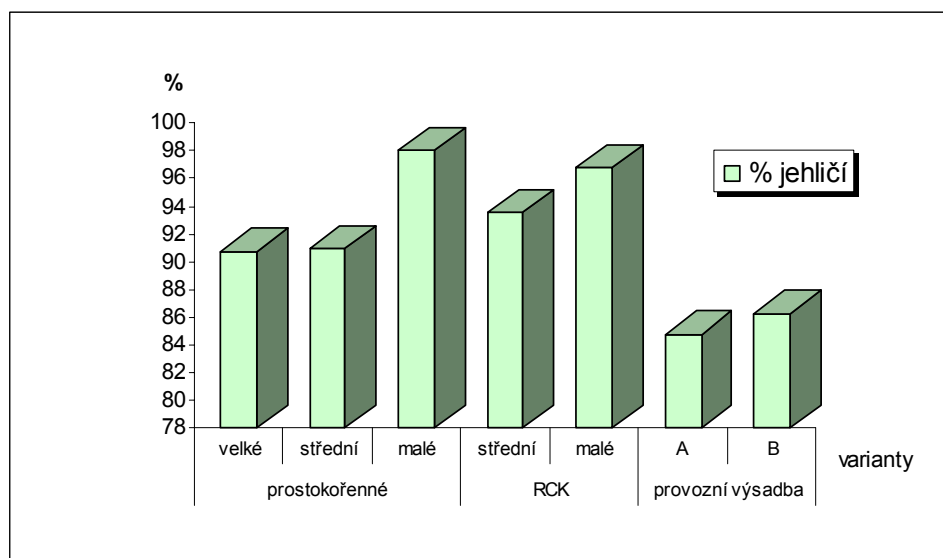


Obr. 40: Maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) u čerstvých vzorků jehličí smrku a po jejich vystavení mrazovým teplotám

Vystavení mrazovým teplotám (-20 °C po 20 hodin) vedlo k částečnému poškození fotosystému II, což se projevilo poklesem hodnoty F_v/F_m . Nejvýraznější poškození bylo pozorováno u varianty „velké“, nejmenší bylo poškození u varianty „malé“. Hodnoty u smrků z varianty „střední“ se pohybovaly mezi nimi. Jedná se o stejný trend jako u ztrát vody, kde nejvyšší odolnost vykazovaly sazenice z varianty „malé“ a nejmenší z varianty „velké“. I v případě fluorescence chlorofylu však byly rozdíly mezi variantami malé a byla pozorována značná individuální variabilita hodnocených stromů.

5.2.2.3 Zdravotní stav (olistění)

Na výzkumné ploše Pláň byl na podzim 2009 hodnocen zdravotní stav, který byl stanoven dle průměrného olistění v rámci jednotlivých výzkumných variant. Průměrné procento olistění je znázorněno na obr. 41. Z výsledků je patrné nejlepší olistění u smrků vypěstovaných z nejmenších semenáčků (varianty „malé“), které by při běžném způsobu třídění ve školce byly vyřazovány do výmětu. Nejhorší olistění bylo pozorováno na kontrolních plochách v provozních výsadbách (VP Pláň – kontrola A,B).



Obr. 41: Průměrné procento olistění smrků na VP Pláň

Na obrázku 42 je pohled na jednu z dílčích plošek na VP Pláň s variantou „velké“, kde je patrné snížené olistění této varianty



Obr. 42: Pohled na VP Pláň – varianta „velké“

6 Diskuse

6.1 Diskuse k prvnímu bloku výzkumných šetření – komplexní hodnocení prosperity klonových výsadeb (výzkumné plochy 1. až 3. úrovně)

Z výsledků získaných při sledování růstu generativních matečnic (VP 1. úrovně) a klonových výsadeb 1. generace (VP 2. úrovně) smrku vyplývá skutečnost, že přírodní podmínky (nadmořská výška) matečnic neovlivňuje výrazněji růst jejich potomků v klonových výsadbách. Skutečnost, že nadmořská výška matečnic neovlivnila následný růst vegetativně množených potomstev potvrzuje názor, že matečnice horského smrku je možno zakládat v příznivých růstových podmínkách nižších poloh (Jurásek, Martincová 2005). Tyto podmínky umožní rychlý růst stromků a tím získávání kvalitních řízků dříve a ve větším množství než v matečnicích založených v horských podmínkách. Tyto naše poznatky jsou rozdílné proti poznatkům zjištěných při sledování potomstev ze semenných sadů, kde bylo zjištěno, že generativní potomstva z vysoké nadmořské výšky nebo severní zeměpisné šířky si neudržují růstový rytmus a adaptabilitu svých rodičů, pokud byla semena produkována v příznivějších podmínkách jižnějších nebo nižších poloh (Johnsen, Skroppa 1992, Skroppa 1994). Je to přičítáno skutečnosti, že klima během sexuální reprodukce ovlivňuje adaptační vlastnosti potomstev smrku (Johnsen, Skroppa 1996).

Výsledky hodnocení růstu, které bylo prováděno v rámci disertační práce u matečných stromů na VP 1. úrovně a jejich vegetativních potomstev ukázalo, že potomstva matečných stromů s intenzivním růstem a dobrým zdravotním stavem, v práci označeny jako "stromy" lépe rostla ve všech klonových výsadbách (VP 2. úrovně). Statisticky průkazné rozdíly byly prozatím zjištěny ve dvou případech. Tyto poznatky potvrzují předpoklad, že selekce klonů pro extrémní podmínky může být prováděna přirozeným výběrem v matečnicích založených v extrémním prostředí podobném místu určení (Schachler et al. 1986, Leugner et al. 2005).

Výsledky podrobného sledování růstu uvnitř polosesterské populace stromu z Malé Kotelní jámy (mkj2) v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách 1. generace ukazují výrazné rozdíly v růstu některých klonů na různých lokalitách. Tento fakt lze vysvětlit značným, ale často odlišným vlivem konkrétních růstových podmínek v jednotlivých klonových výsadbách. Zejména v extrémních podmínkách výsadeb na lokalitě Lesní Bouda (LB1 a LB3) se ukázal výborný růst klonu č. 30, který naopak na ekologicky příznivější lokalitě Benecko vykazoval růst podprůměrný. Rozdíly v relativním růstu podporují hypotézu, že jedinci se zvýšenou odolností vůči stresům nemají nadprůměrnou intenzitu růstu

na lokalitách s nižším vlivem stresových faktorů (Karlsson a Högberg 1998, Leugner et al. 2008). Vzájemná interakce růstu klonů a stanovištních podmínek se v průběhu času může měnit, a proto bude vhodné ve sledování klonových výsadeb pokračovat i v následujících letech. Také je třeba si uvědomit, že intenzivní růst v prvních letech nemusí znamenat i lepší adaptabilitu k extrémním horským podmínkám. V řadě případů tomu může být naopak (Karlsson 2000).

Výsledky našich terénních šetření v celém spektru výzkumných ploch (VP 1.2. a 3. úrovně), u polosesterské populace Černoohorská rašelina ukázaly stejné relace (trendy) ve výškovém i tloušťkovém růstu mezi sledovanými klony v generativních matečnicích a v klonových výsadbách 1. a 2. generace. Tyto výsledky jsou tak v souladu s poznatky jiných autorů, kteří také zaznamenali vyšší růst klonů získaných z jedinců s nejlepším růstem (Roulund 1977, Elersek, Jerman 1988, Isik et al. 1995, Sonesson, Almqvist 2002, Leugner et al. 2008). Na základě těchto výsledků je selekce klonů podle výšky u smrku ztepilého využívána i provozně pro zvýšení produkčních schopností vegetativně množeného sadebního materiálu.

Růst horských populací smrku ztepilého je však poněkud odlišný v porovnání s populacemi z nižších poloh. Mimo to v extrémních horských podmínkách není primárním cílem zajistit produkci, ale především stabilitu lesních ekosystémů. Horské populace smrku ztepilého mají menší intenzitu růstu v porovnání s populacemi z nižších poloh (Kotrla 1998, Olexyn et al. 1998, Uhlířová 1999, Modrzyński, Eriksson 2002) a odlišný rytmus růstu (Lang 1989, Westin et al. 1999, Hannerz, Westin 2000, Westin et al. 2000b, Modrzyński, Eriksson 2002). Výrazné je zejména časnější ukončování prodlužovacího růstu a tvorba pupenů (Holzer et al. 1987, Molmann et al. 2006). Tato růstová dynamika je geneticky fixovaná a semenáčky smrku si ji zachovávají i při pěstování ve zcela odlišných podmínkách (skleník, růstová komora) minimálně v prvním roce růstu (Holzer 1984, Quamarudin et al. 1995). Za jednu z hlavních příčin těchto specifik je považována adaptace k nepříznivému prostředí na úkor růstu (Olexyn et al. 1998). Tyto poznatky potvrzují i naše výsledky, které ukazují na dobrou dynamiku růstu u jedinců s předpokládanou vyšší odolností ke stresům v porovnání s kontrolním sadebním materiálem v letech, kdy jsou klimatické podmínky na výzkumných plochách extrémní (déle přetrvávající sněhová pokrývka, nižší průměrné teploty, výskyt extrémních klimatických výkyvů).

V extrémních horských podmínkách není cílem výběru sadebního materiálu vyšší intenzita růstu, ale nejlepší adaptace k nepříznivým vlivům prostředí. Například Modrzyński a Eriksson (2002) zjistili větší odolnost k suchu u populací smrku pocházejících z vysokých nadmořských výšek v porovnání se smrkem z nižších poloh, známá je i jejich vyšší odolnost

k mrazu (Hawkins, Shewan 2000, Westin et al. 2000a). Základem pro zalesňování extrémních lokalit jsou proto potomstva stromů nejlépe přežívajících a rostoucích v těchto specifických extrémních podmínkách.

Při sledování klonových výsadeb 2. generace byla zjištěna značná variabilita růstu. Tři roky po výsadbě byl ještě patrný vliv šoku z přesazení v těchto extrémních podmínkách. Poměrně výrazně se projevovaly i rozdíly mikrostanovišť v rámci jedné lokality. Tyto zjištěné poznatky jsou ve shodě s údaji o značných vnitroklonových rozdílech, které uvádějí Johnsen a Skroppa (1992), kteří pozorovali vysokou variabilitu růstu v rámci některých klonů smrku ztepilého, zatímco jiné klony byly homogenní. Wonisch a kol. (1999) uvádí, že na jednotlivých lokalitách přispívají ke stresu stromů podmínky maloplošných stanovišť, zejména půdní poměry, v kombinaci s velkoplošnými vlivy jako je nadmořská výška. Na základě podrobného vyhodnocení řady biochemických a fyziologických charakteristik zjistili, že maloplošné půdní vlivy, např. nedostatečné zásobování vodou, mohou přispívat rozhodující měrou k celkovému stresu smrků. Značnou citlivost mladých smrků k podmínkám mikrostanovišť pozoroval i Jonsson (1999). Významnou interakci klon x stanoviště u smrku ztepilého popisují i další autoři (Isik et al. 1995). Karlsson a Högberg (1998) a Karlsson (2000) uvádějí, že interakce výškového růstu klonů se stanovištěm se často mění s věkem klonové výsadby. Tomu odpovídají i výsledky našich šetření vnitroklonové variability v různých letech po výsadbě na extrémní lokality.

Výška řízkovanců ve školce není spolehlivý ukazatel pro výběr klonů. Například Högberg (2003) uvádí, že výběr jedinců pro množení řízkováním podle výšky ve školce se projevil jen málo na výšce klonů 6 let po výsadbě. Také Issik a kol. (1995) uvádějí, že výška řízkovanců ve školce není spolehlivým ukazatelem budoucího vývoje po výsadbě. Selektce pro růst by měla být dělána u klonů starších než 8 let (Gemmell et al. 1991).

Porovnání vybraných klonů s kontrolním sadebním materiálem krkonošské populace smrku ztepilého 3 roky po výsadbě ukázalo poměrně dobrý růst i fyziologickou kvalitu generativně množených sazenic, což se shoduje s údaji které uvádí Kriegel (2003), který rovněž porovnával růst a zdravotní stavu vegetativně a generativně množeného sadebního materiálu smrku ztepilého ze 7. a 8. LVS vysazeného v Krkonoších. Genetická kvalita získaná vegetativním množением kvalitních jedinců smrků se většinou neprojevuje okamžitě po výsadbě, o čemž svědčí např. informace od Sonesson a Almqvista (2002), kteří při hodnocení 5000 smrkových klonů ve Švédsku přičítají vysoký výškový přírůstek smrkových klonů v porovnání se generativními jedinci 6 let po výsadbě kromě dobrých genetických vlastností i lepším vlastnostem sadebního materiálu, kdy řízkovanci měli tlustší kmínky a byli

celkově silnější než semenáčky. Při našem hodnocení růstu na VP 3. úrovni (Černohorská rašelina, Svorová hora, Harrachov) vykazovaly řízkovance velmi dobrý zdravotní stav a dynamiku růstu. Předpokládá se, že příznivý vliv genetické kvality se projeví až po delším období růstu ve specifických podmínkách, podobně jako v jiných experimentech s růstem smrku v horských oblastech (Jurásek et al. 2005).

U řízkovanců v porovnání se semenáčky je popisována odlišná dynamika fyziologických procesů, například pozdější nástup a menší intenzita dormance a zimní odolnosti a časnější rašení na jaře (Fennessy et al. 2000). Při hodnocení řízkovanců 2. generace na VP 3. úrovni nebyly zjištěny výraznější rozdíly intenzitě ztrát vody mezi řízkovanci a generativně získaným sadebním materiálem. Určité rozdíly pozorované mezi jednotlivými klony korespondovaly s intenzitou růstu těchto klonů. Měření fluorescence chlorofylu poskytuje detailní informace o fotochemii fotosystému II, který je citlivý k nepříznivým vlivům prostředí jako je silné světlo, nízká teplota, přehřátí nebo sucho (Maxwell, Johnson 2000, Kitao 2004, Lichtenthaler et al. 2005). Hodnoty maximálního kvantového výtěžku fluorescence, které byly zjištěny v klonové výsadbě 2. generace (VP 3. úroveň) naznačují lepší stav fotosyntetického aparátu u vybraných klonů v porovnání s kontrolními sazenicemi. Sledování variability růstu na úrovni klonů naznačilo rozdíly v prosperitě jednotlivých klonů během odrůstání na extrémní horské lokalitě. Na základě těchto výsledků byla již několik roků po výsadbě možno vylišit jak klony s nadprůměrným růstem tak také klony rostoucí průměrně či podprůměrně. Zjištěné výsledky tedy potvrzují hypotézu, že selekce klonů pro extrémní klimatické podmínky může být prováděna přirozeným výběrem v matečnicích založených v extrémním horském prostředí (Schachler et al. 1986, Jurásek, Martincová 2005). Detailní hodnocení variability růstu bylo provedeno v klonové výsadbě Harrachov, ve které jsou relativně homogenní stanovištní podmínky a kde jsou zastoupeny klony s dostatečným počtem jedinců. Hodnocena byla meziklonová i vnitroklonová variabilita. Meziklonová variabilita byla potvrzena statistickým testováním (ANOVA). Lze tedy konstatovat, že vliv původu (příslušnosti k určitému klonu) byl výraznější než vliv maloplošných stanovištních podmínek.

Výrazná vnitroklonová variabilita nebyla v klonové výsadbě 2. generace zjištěna, což odpovídá předpokladu, že všechny ramety jednoho klonu mají stejné genetické předpoklady. Rozdíly v jejich růstu tak jsou způsobeny dalšími vlivy (nejvýrazněji pravděpodobně konkrétními mikrostanovištními podmínkami růstu jednotlivých stromků), jak uvádí například Isik et al. (1995) a Jonsson (1999).

Sledování růstu jednotlivých klonů smrku v našich experimentech tedy ukázalo, že je možno využít vegetativního způsobu rozmnožování potenciálně strestolerantních směsí klonů smrku ztepilého při zalesňování extrémních horských holin, jako vhodné možnosti uplatnění selekce při přípravě sadebního materiálu k obnově extrémních stanovišť.

6.2 Diskuse k druhému bloku výzkumných šetření - hodnocení růstu a zdravotního stavu výsadeb generativního původu se specifickým způsobem pěstování ve školce

Výsledky sledování smrků vypěstovaných ze semenáčků vyznačujících se různou intenzitou růstu ve školce dokumentují velmi dobrý růst a zdravotní stav rostlin vypěstovaných z malých semenáčků (s pomalým růstem v juvenilním stadiu). Tato část růstového spektra, která byla při běžném způsobu pěstování ve školce vyřazována do výmětu, pravděpodobně tvoří nejodolnější část populace. Toto zjištění je v souladu s poznatky jiných autorů, kteří přinášejí údaje o tom, že výška smrkových semenáčků klesá se stoupající nadmořskou výškou původu (Modrzyński 1995). Uvádí se, že pokles růstových parametrů populací pocházejících z vyšších nadmořských výšek (kromě kratšího růstového období) může být výsledkem vyšší respirace a nižší intenzity asimilace a že v procesu adaptace k nepříznivějším podmínkám prostředí vyšších nadmořských výšek získávají populace smrku na odolnosti na úkor růstu. Nižší intenzita růstu horských populací smrku je dávana do souvislosti s jejich zvýšenou adaptací k nepříznivým horským podmínkám (Olexyn et al. 1998). To potvrzují i údaje o tom, že populace smrku pocházející z vyšších nadmořských výšek nebo ze severnějších oblastí vykazovaly vyšší odolnost jak k mrazu (Simpson 1994, Hawkins, Shewan 2000, Westin et al. 2000a), tak k suchu (Modrzyński, Eriksson 2002) než semenáčky z nižších poloh nebo jižnějšího původu.

Výsledky uvedené v disertační práci potvrzují hypotézu o tom, že ve školce pomaleji rostoucí jedinci po výsadbě na horské lokality velmi dobře prosperují, dynamicky přirůstají a jsou tedy s velkou pravděpodobností částí populačního spektra s klimaxovou strategií růstu (Jurásek et al. 2009). Na druhé straně je velmi zajímavé, že jedinci dynamicky rostoucí ve školce po výsadbě na horské lokality rychle ztrácí růstovou dynamiku a jejich zdravotní stav se rapidně zhoršuje. Tyto poznatky naznačují, že se jedná o jedince s pionýrskou strategií růstu.

Za velmi cenný poznatek, který je prozatím obtížné konfrontovat s literárními prameny, je to, že dynamika růstu „ve školce pomaleji rostoucích“ jedinců významně dominuje již v druhém desetiletí od výsadby a tyto smrky velmi rychle předrůstají jedince s nadprůměrným nebo průměrným růstem v juvenilní fázi.

Z výsledků prezentovaných v disertační práci je tedy patrné, že je nutno používat modifikované pěstební technologie ve školkách tak, aby bylo možno dopěstovat celé růstové spektrum horských populací smrku ztepilého. Specifické metody pro pěstování a třídění semenáčků horského smrku navrhuje také další autoři (Holzer et al. 1987, Lang 1989, Jurásek et al. 2007).

7 Závěr

Vzhledem k tomu, že všechny uvedené výzkumné plochy s generativně a vegetativně množným sadebním materiálem byly v minulých letech zakládány zejména z pohledu pěstebního výzkumu, tj. zajištění úspěšné umělé obnovy lesa v extrémních horských podmínkách a vytvoření stabilních lesních ekosystémů, nejedná se o klasický šlechtitelský program, který by umožnil využít standardní šlechtitelské způsoby zpracování dat. Poznatky ale mohou mít velký význam pro obnovu lesa v extrémních horských polohách.

Výsledky řešení ukazují na vyšší dynamiku růstu prakticky všech klonových výsadeb v různých klimatických podmínkách, pokud byly řízky odebírány z vitálních matečných stromků rostoucích v extrémním horském prostředí. I když vyšší dynamika růstu nebyla ve všech případech statisticky průkazná, jedná se o velmi zajímavá zjištění potvrzující, že je možno využít vegetativního způsobu pro rozmnožování potenciálně strestolerantních směsí klonů smrku ztepilého použitelných k zalesňování extrémních horských holin. Tento postup je vhodnou možností uplatnění selekce při přípravě sadebního materiálu k obnově extrémních stanovišť.

Rozdíly v morfologických znacích klonových výsadeb korespondují s fyziologickými charakteristikami sledovanými v klonové výsadbě 2. generace. Dobře rostoucí klony měly lepší parametry fluorescence a zpravidla vykazovaly nejnižší ztráty vody při řízeném vysychání. Naopak hůře rostoucí klony vykazoval nejméně příznivé hodnoty fyziologických parametrů.

Výsledky měření fluorescence chlorofylu a ztrát vody při řízeném vysychání ukázaly lepší okamžitý fyziologický stav sledovaných klonů v porovnání s kontrolními sazenicemi generativního původu. Naznačují lepší adaptaci vybraných klonů místního původu ke specifickým podmínkám horské lokality.

Dosažené výsledky potvrzují možnost využití klonového sadebního materiálu smrku a selekce „in situ“ k výběru potenciálně strestolerantních klonů. Tyto klony mohou v budoucnu tvořit kostru nově zakládaných lesních porostů a tím by tento sadební

materiál mohl přispět ke stabilizaci lesních ekosystémů v extrémních horských podmínkách.

Dále bylo prokázáno, že **sadební materiál vypěstovaný z menších, pomaleji rostoucích semenáčků vysokohorského ekotypu smrku ztepilého má po výsadbě do horských poloh velmi dobrou dynamiku růstu, která výrazně převyšuje dynamiku růstu jedinců vypěstovaných z větších semenáčků.** Rovněž zdravotní stav a vitalita těchto jedinců je lepší než u stromků, které byly ve školce vypěstovány z rychleji rostoucích semenáčků. Stromky vypěstované z těchto menších semenáčků budou z největší pravděpodobností tvořit stabilní část dospělých smrkových porostů v 8. LVS. Proto je nutno uplatňovat při pěstování ve školce určitá specifika, aby bylo využito celé růstové spektrum sadebního materiálu vypěstovaného jak z rychleji tak i pomaleji rostoucích semenáčků a sazenic. Nezbytné je zejména zabránit vyřazování menších semenáčků do výmětu, čímž by mohla být zásadním způsobem ohrožena stabilita a zdravotní stav nově zakládaných horských lesů.

Z poznatků o růstu horských populací smrku ztepilého je zřejmé, že růstová dynamika části populace se zvýšenou odolností vůči stresovým faktorům se výrazněji projevuje až v druhém desetiletí po výsadbě na extrémní horská stanoviště.

Proto bude účelné a potřebné všechny experimentální výsadby horského smrku sledovat a vyhodnocovat v delších časových řadách po výsadbě, aby mohla být nadprůměrná vitalita, růstová dynamika a odolnost ke stresovým faktorům jednoznačně prokázána.

8 Summary

Stabilization of forest functions is the main objective of the present forest management in mountain areas. Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) has an irreplaceable (stand-forming) function in forest ecosystems at higher mountain locations; therefore it is desirable to assess real potentials of this tree species in order to increase the tolerance of newly established plantations. Development of forest systems at high altitudes is limited by a combination of environmental factors. Besides these natural limitations high mountains are especially sensitive to air pollution that can have very negative effects on already damaged forest stands (Grill et al. 2005).

The selection of planting stock genetically best adapted to the given conditions is a crucial issue for reforestation of high-elevation localities (Holzer et al. 1991). One of the possibilities of increasing the stability of future plantations is to use spruce trees with higher stress

tolerance. This is the reason why a great attention has been paid to progenies of the most vital spruces from remnants of indigenous stands in the Krkonoše model mountain area.

The first block

The objective of the present work is to inform about the results of our research on the use of potentially stress-tolerant progenies of Norway spruce in forest regeneration in mountain localities.

These clone mixtures from Norway spruce mountain populations were gradually produced in the framework of long-term programs using the clonal propagation (Jurásek et al. 1994); their realization started in the eighties, at the time of the culmination of air-pollution disaster.

The results of morphological surveys in our trials document good growth dynamics of the selected 2nd generation clones. Although the differences in growth dynamics were not statistically significant in all cases, these findings are very interesting, confirming a hypothesis that the selection of clones for extreme climatic conditions can be done through natural selection in mother plantations in exposed mountain localities (Schachler et al. 1986).

A comparison of selected clones with the control planting stock of the Norway spruce population Krkonoše 3 years after outplanting indicated relatively good growth and physiological quality of generatively propagated plants, which is consistent with data reported by Kriegel (2003), who also compared the growth and health status of vegetatively and generatively propagated planting stock of Norway spruce from the 7th and 8th forest altitudinal zone in the Krkonoše Mts. Genetic quality gained by vegetative propagation of high-quality spruce plants is not mostly expressed immediately after outplanting, which was documented e.g. by Sonesson and Almquist (2002), who evaluated 5 000 spruce clones in Sweden and ascribed the large height increment of spruce clones compared to generative plants 6 years after outplanting, besides good genetic characteristics, to better characteristics of planting stock when rooted cuttings had thicker stems and were generally more robust than seedlings. Rooted cuttings on Černohorská rašelina RP had very good health status and growth dynamics. It is assumed that the favourable influence of genetic quality will be expressed after a longer period of growth in specific conditions similarly like in other experiments of Research Station Opočno (Jurásek et al. 2005).

The study of the growth and vitality of selected clones in ortet and clone plantations brought about the following information:

Identical relations of growth among the studied clones were observed on research plots with ortet and clone plantations in different site conditions. In all localities the growth of clone No. 171, which represents dynamically growing clones in original generative mother plantations,

was markedly the best. On the contrary, the clone that was selected as a representative of the lowest-quality clones in the generative ortet plantation was the worst again in all types of sites. Relatively good growth in the extreme mountain locality Černoorská rašelina was also observed 2 years after outplanting in the control (generative) planting stock of the spruce mountain population.

The above-mentioned differences in morphological traits of clone plantations correspond to physiological characteristics studied in the 2nd generation clone plantation. The maximal quantum yield of photosystem II photochemistry (Fv/Fm) was measured in the best-growing clone 171. This clone also had the lowest water losses during controlled desiccation. On the other hand, the worst-growing clone 548 had the least favourable values of these parameters.

The results of measurements of chlorophyll fluorescence and water losses during controlled desiccation indicated the better instantaneous physiological state of studied clones compared to the control plants of generative origin. They confirmed the better adaptation of selected clones of local provenance to the specific conditions of mountain locality.

The results illustrated very good growth dynamics of selected clones in extreme climatic conditions provided that cuttings were taken from vital parent trees growing in exposed mountain localities.

The growth of the 2nd generation clone plantation will require subsequent measurements in a longer time series in order to eliminate the potential influence of transplant shock and of the clone growth by site conditions interaction. But the results confirm a possibility of using the spruce clone stock and in situ selection for the selection of potentially more stress-tolerant clones. As a frame of newly established forest stands this planting stock could contribute to the stabilization of forest ecosystems in extreme mountain conditions.

The second block

Specific mountain conditions make greater demands on the choice and preparation of planting material that will survive and grow in such a frequently extreme environment. The relevant genetic quality of seed is self-evident.

Small seedlings characterised by slow growth in the first years after sowing, which are discarded in nurseries as culls in the course of current sorting, may be a very valuable part of the population from genetic aspects.

High growth variability within mountain spruce populations is mostly attributed to high genetic variability of seed. The spruce at various altitudes above sea level blossoms approximately at the same time and the pollen is borne across a wide range of altitudes. It may result in the pollination of spruce populations in the mountains by pollen from medium

altitudes and vice versa (Holzer, 1984). When growing the planting material for higher mountain altitudes, different criteria should be used for the sorting of seedlings and plants because the discarding of smaller, slowly growing plants may lead to the narrowing of the genetic spectrum and the plants that have adapted themselves to extreme mountain conditions in the best way might be culled (Holzer et al., 1987; Lang, 1989; Jurasek and Martinčova, 1996; 2001).

The aim of the experiment is to investigate the development of slowly growing seedlings from mountain population of Norway spruce after their planting on extreme mountain conditions compared to the development of seedlings of standard and large dimensions.

The results document very good growth and health of plants produced from small seedlings, i.e. seedlings characterised by slow growth in the first years after sowing

The results from the Krkonoše Mts. also support the conclusions of some authors from the Alps Mts. area that high-elevation spruce provenances may partly be pollinated with pollen from medium altitudes and that such pollination markedly contributes to the high interprovenance variability of height growth of spruce mountain populations. Because the seedlings originated from pollination with pollen of high-elevation trees are generally smaller, the discarding of small seedlings in the course of sorting in a nursery may have a negative influence on genetic heterogeneity (Holzer, 1984). The individuals with the best adaptation to growth in extreme mountain conditions, capable of surviving extreme climatic fluctuations that may occur once in several tens of years, are likely to be discarded (Lang, 1989).

The monitoring of plantations on mountain research plot in the course of 10 years showed that the out plantings established from seedlings growing slowly in a nursery and discarded as culls by a current sorting method (designated as “small”) were vigorous in mountain conditions and their growth was good.

Initial height differences from plants growing faster in a nursery were gradually reduced.

The health status of plantations from seedlings category small, characterised by foliage and frequency of occurrence of colour changes of needles, is better than plantations from larger categories.

9 Literatura

- BEHM, A. - RUETZ, W. F.: Forstpflanzen für höhere Lagen. Allg. Forstzeitschrift, 44, 1989, č. 22/23, s. 579 - 584.
- BURDETT, A. N.: New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. Canadian Journal of Forest Research, 9, 1979, s. 63 - 67.
- CAMPBELL, R. K. - SORENSEN, F. C.: Genetic implications of nursery practices. In: Forest Nursery Manual: Production of Bareroot seedlings. Duryea, M. L., Landis T. D. (eds), Corvallis, USDA Forest Service, 1984, s. 183 - 191.
- DEKKER-ROBERTSON, D. L. - KLEINSCHMIT, J.: Serial propagation Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.): Results from later propagation cycles. Silvae Genetica, 40, 1991, č 5/6, s. 202 - 214.
- ELERSEK L., JERMAN I.: The significance of selection and vegetative propagation for breeding of fast-growing spruce. Zbornik Gozdarstva in Lesarstva 31 1988: 27–37.
- FENNESSY J., O'REILLY C., HARPER C. P., THOMPSON D.: The morphology and seasonal changes in cold hardiness, dormancy intensity and root growth potential of rooted cuttings of Sitka spruce. Forestry (Oxford) 73 (5) 2000: 489–497.
- FOSTER, G. S. - BENTZER, B. G. - HELLBERG, A. R. - PODZORSKI, A. C.: Height and growth habit of Norway spruce cuttings compared between two serial propagation cycles. Canadian Journal of Forest Research, 19, 1989, č. 6, s. 807 - 811.
- GEMMEL, P. – ÖRLANDER, G. - HÖGBERG, K. A.: Norway spruce cuttings perform better than seedlings of the same genetic origin. Silvae Genetica, 40, 1991, s. 198 – 202.
- GRILL D. PFANZ H. LOMSKY B. BYTNEROWICZ A. GRULKE N. E. TAUSZ M.: Physiological responses of trees to air pollutants at high elevation sites. In: Plant responses to air pollution and global change, Eds: Omasa K., Nouchi I., de Kok L. J., Institut für Pflanzenwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz, Austria 2005: 37–44.
- HANNERZ M., WESTIN J.: Growth cessation and autumn-frost hardiness in one-year-old *Picea abies* progenies from seed orchards and natural stands. Scand. J. For. Res. 15 2000: 309–317

- HAWKINS, C. D. B. - SHEWAN, K. B.: Frost hardiness, height, and dormancy of 15 short-day, nursery-treated interior spruce seed lots. Canadian Journal of Forest Research, 30, 2000, č. 7, s. 1096 - 1105.
- HEJNÝ, S. – SLAVÍK, B.(ed.): Květena České republiky 1. Praha Academia 1988, s. 317 - 322
- HLADNÝ, J – SÝKORA, B.: Klimatologie, hydrologie a sněhová pokrývka. In: Krkonošský národní park. Ed. B. Sýkora. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1983, s. 33 - 44.
- HÖGBERG , K. A.: Possibilities and limitations of vegetative propagation in breeding and mass propagation of Norway spruce. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae - Silvestria, 39, 2003, č. 294, s. 7.
- HOLUBČÍK, M.: Vplyv proveniencie na vývoj sadencov smreka obyčajného. Vedecké práce Výskumného Ústavu Lesného Hospodárstva vo Zvolene, 23, 1976, s. 173 – 203,
- HOLZER, K: Die Bedeutung der Genetik für den Hochlagenwaldbau. In: Establishment and tending of subalpine forest. Proc. 3d. IUFRO Workshop P.1.07-00, 1984, s. 225 – 232.
- HOLZER, K. - SCHULTZE, U. - PELIKANOS, V. - MÜLLER, F.: Stand und Problematik der Fichten - Stecklingsvermehrung. Österreich. Forstztg, 98, 1987, č. 5, s. 12-13.
- HOLZER K., OHENE-COFFIE F., SCHULTZE U.: Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. FBVA Berichte 59 1991: 73.
- HÜHN, M.: Theoretical studies on the necessary number of components in mixtures. 3. Number components and risk considerations. Theor. Appl. Genet. 72, 1986, s. 211 – 218.
- HYNEK, V.: Šlechtitelské programy pro smrk v imisních oblastech. In: Úkoly semenářství a šlechtění při obhospodařování lesů v imisních oblastech. /Sborník z celostátní konference/. Špindlerův Mlýn 26. – 28. září 1990. Špindlerův Mlýn, ČSAZ 1990, s. 115 – 121.
- CHALOUPSKÝ, J.: Geologický vývoj. In: Krkonošský národní park. Ed. B. Sýkora. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1983, s. 11 – 18.
- CHALUPA, V.: Současné a perspektivní technologie vegetativního množení lesních dřevin. In: Sborník konference Výroba sadebního materiálu vegetativním způsobem. Brno, LF VŠZ, 1982, s. 24 — 26.
- ISIK, K. – KLEINSCHMIT, J. – SVOLBA, J.: Survival, growth trends and genetic gains in 17-year-old Picea abies clones at seven test sites. Silvae Genetica, 44, 1995, s. 116 – 128.

- JOHNSEN, O. – SKROPPA, T.: Genetic variation in plagiotropic growth in a provenience hybrid cross with *Picea abies*. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 1992, s. 335 – 361.
- JONSSON B.: Stand establishment and early growth of planted *Pinus sylvestris* and *Picea abies* related to microsite conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14, 1999, č.5, s. 425 - 440.
- JURÁSEK, A. – LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J.: Specifika pěstování a využití sadebního materiálu smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. pro horské oblasti. *Lesnický průvodce* 2/2007. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2007. 27 s.
- JURÁSEK, A. – LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J.: Effect of initial height of seedlings on the growth of planting material of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in mountain conditions. *Journal of Forest Science*, 55, 2009, č. 3, s. 112 – 118.
- JURÁSEK, A. - MARTINCOVÁ, J.: Vliv nadmořské výšky školky na kvalitu sadebního materiálu horského smrku. In: *Práce VÚLHM*. 81. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1996, s. 93 - 104.
- JURÁSEK, A. - MARTINCOVÁ, J.: Vliv místa školky, způsobů pěstování a třídění na růst sazenic horského smrku po výsadbě na holiny. In: *Opera Corcontica*. 37. Vol. 2. Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník příspěvků z mezinárodní konference . . . Svoboda nad Úpou, 19. – 21. září 2000. Vrchlabí, Správa Krkonošského národního parku 2001, s. 608 – 615.
- JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J.: Specifické požadavky použití sadebního materiálu v horských oblastech. In: *Přirozená a umělá obnova. Přednosti, nevýhody a omezení. Sborník ze semináře. Kostelec nad Černými lesy, 23. března 2004. Praha, Česká zemědělská univerzita 2004, s. 57 – 64.*
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J.: Vliv původu a podmínek prostředí na růst klonů smrku ztepilého po výsadbě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50, 2005, č.5, s. 69 – 75.
- KOTRLA, P.: Uchování a reprodukce genofondu původních populací smrku 8. lesního vegetačního stupně v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku. *Disertační práce, MZLU Brno. 1998, 139 s.*
- KARLSSON B.: Clone testing and genotype x environment interaction in *Picea abies*. Doctoral thesis. In: *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 162, 2000. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences: [1] – 47.

- KARLSSON, B. – HÖGBERG, K. A.: Genotypic parameters and clone x site interaction in clone test of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Genetics*, 5, 1998, s. 21 – 30.
- KITAO M.: Effects of environmental stresses on photosynthesis of woody plants. *Journal of the Japanese Forestry Society* 86 2004: 42–47.
- KLEINSCHMIT, J.: Untersuchung über den Einfluß der Düngung der Ausgangspflanzen auf die Wurzelbildung bei Fichten stecklingen. *Allgemeine Forst- u. Jagdzeitung*, 144, 1973, č. 3, s. 55 - 60.
- KLEINSCHMIT, J.: Züchtung mit vegetativer Vermehrung bei Fichte. *Vorträge für Pflanzenzüchtung*, 8, 1985, s. 137 – 148.
- KLEINSCHMIT, J.: Use of spruce cuttings in plantations. In: *Super Sitka for the 90s. Forestry Commission Bull.* 103, 1992, s. 1 - 10.
- KLEINSCHMIT, J. - SVOLBA, J.: Untersuchungen über die Struktur von Fichtenstecklingen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 151, 1980, č. 8, s. 147 - 152.
- KRIEGEL H.: Vývoj smrkových kultur generativního a vegetativního původu v horských polohách Krkonoš. *Zprávy lesnického výzkumu* 48 (1) 2003: 21–24.
- KRÜSSMANN G.: Die Baumschule. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. 6., völlig neubearbeitete Auflage. Parey Buchverlag Berlin. 1997, 982 s.
- LANG, H.-P.: Risks arising from the reduction of the genetic variability of some Alpine Norway spruce provenances by size grading. *Forestry Supplement*, 1989, 62, s. 49-52.
- LEPISTÖ, M.: Successful propagation by cuttings of *Picea abies* in Finland. *New Zealand Journal of Forest Science*, 4, 1974, č. 2, s. 367 - 370.
- LEUGNER, J.: Kvalitní sadební materiál – základ úspěšného založení lesní kultury na zemědělském pozemku. [Quality of planting stock – basic of prosperous establishment of young stand at agriculture land]. In: *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 1. 2006.* Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze; Jíloviště-Strnady, VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno 2006, s. 215 – 220. – ISBN 80-213-1435-4 (ČZU v Praze); – ISBN 80-86461-59-9 (VÚLHM Jíloviště-Strnady)

LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J. – JURÁSEK, A.: Vliv ekologických podmínek matečnic na následný růst a fyziologický stav klonových výsadeb horského smrku. In: Súčasná otázka pestovania lesa. Zborník zo VII. Česko-slovenského vedeckého sympózia vedecko-pedagogických a vedeckovýskumných pracovísk v odbore pestovanie lesa. Zvolen 6.9. – 7.9. 2005. Ed. M. Saniga, P. Jaloviar. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene 2005, s. 71 – 76.

LEUGNER J. - MARTINCOVÁ J.: Vyhodnocení dynamiky a variability růstu sadebního materiálu smrku ztepilého pro horské oblasti. In: Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století. Sborník z 5. česko – slovenského vědeckého sympozia pedagogických a vědeckovýzkumných pracovišť oboru Pěstování lesa. Křtiny, 14.9. – 16.9. 2004. Ed. J. Peňáz a J. Martínek. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, s. 35 – 42.

LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J.: Možnosti ovlivnění stability horských lesů způsobem pěstování sadebního materiálu smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) ve školkách. In: Aktuálne problémy lesného škôľkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2007. Zborník referátov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 27. – 28. marca 2007 v Liptovskom Jáne. Ed. M. Sarvaš, M. Sušková. Zvolen, Národné lesnícke centrum 2007, s. 139 – 144.

LEUGNER, J. – JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J.: Porovnání růstu matečných stromů horských populací smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) a jejich vegetativních potomstev vysazených v různých podmínkách. Zprávy lesnického výzkumu, 53, 2008, č. 1, s. 70 – 74.

LEUGNER, J. – JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J.: Comparison of morphological and physiological parameters of the planting material of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) from intensive nursery technologies with current bareroot plants. [Porovnání morfologických a fyziologických parametrů sadebního materiálu smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) z intenzivních školkařských technologií s běžnými prostokořennými sazenicemi]. Journal of Forest Science, 55, 2009, č. 11, s. 511 – 517.

LICHTENTHALER H.K., BUSCHMANN C., KNAPP M.: How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. Photosynthetica 43(3) 2005: 379–393.

LUNDKVIST, K.: Testing methods for general and specific adaptation in clonal forestry. Studia Forestalia Suetica 166, 1984, p. 35-39.

- MAŇAS P. – MAUER O.: Vliv původu reprodukčního materiálu na odrůstání smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) ve vyšších polohách 7. LVS v imisní oblasti Krušných hor. Zprávy lesnického výzkumu, 54, 2009, Special, s.31 – 36.
- MATĚJKA K.: Růst populací vegetativně množeného smrku v Krkonoších. Pracovní materiály IDS Praha 2007, 7s.
- MATSCHKE, J. - SCHÖNBORN, H. J. - SCHACHLER, G.: Möglichkeiten und Probleme bei der Selektion und Vermehrung raucharten Forstgehölze. Beitr. Forstwirtschaft. 18, 1984, č. 2, s. 58 - 66.
- MARTINCOVÁ, J.: Hodnocení kvality sadebního materiálu jako poradenská služba pro školkaře a vlastníky lesa. In: Progresívne spôsoby pestovania sadbového materiálu. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. Zvolen, 7. - 8. september 1999. Ed. L. Šmelková, I. Repáč. 1. vyd. Zvolen, Technická univerzita 2000, s. 37 - 42.
- MARTINCOVÁ, J. – NÁROVCOVÁ, J.: Informace o používaných metodách hodnocení kvality sadebního materiálu, instruktáž správného zadávání zakázek pro hodnocení kvality. In: Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí. Opočno, 7. – 8. března 2000. Sest. A. Jurásek. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2000, s. 65 – 74.
- MAXWELL, K. - JOHNSON, G. J.,. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 345, 2000 s. 659 - 668.
- MODRZYŃSKI, J.: Altitudinal adaptation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) progenies indicates small role of introduced populations in the Karkonosze mountains. Silvae Genetica, 44, 1995, č. 2 - 3, s. 70 – 75.
- MODRZYŃSKI, J. - ERIKSSON, G.: Response of *Picea abies* populations from elevational transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress. Forest Ecology and Management, 165, 2002, s. 105 – 116.
- MOLMANN J. A., JUNTTITA O., JOHNSEN O., OLSEN J. E.: Light quality requirements in latitudinal populations of Norway spruce. Acta Horticulturae 711 2006: 385–389.
- MUHS, H.J. - KRUSCHE, D.: Klonmischungen. Allgemeine Forstzeitschrift, 41, 1986, č. 51/52, s. 1316 - 1319.
- NIELSEN, U.B. - ROULUND, H.: Genetic variation in characters of importance for stand establishment in sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). Silvae Genetica, 45, 1996, č. 4, s. 197 - 204.

- OLEKSYN, J. - MODRZYNSKI, J. - TJOELKER, M. G., ZYTKOWIAK, R. - REICH, P. B. - KAROLEWSKI, P.: Growth physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology*, 12, 1998, s. 573 – 590.
- PAULE, L.: Úloha vegetativního rozmnožování při záchrane genofondu a v šlachtení lesných dřevín. *Lesnictví*, 33, 1987, č. 6, s. 491 - 500.
- PÉRINET, P. - LALLÉE, G. - NOREAU, R.: Rooting juvenile cuttings of forest trees with the Bouturatheque system. Sainte-Foy (Canada), IUFRO 1990, 2 s.
- PLÍVA, K. – ŽLABEK, I.: Přírodní lesní oblasti ČR. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1986, 313 s.
- PRUŠA, E.: Přirozené lesy České republiky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1990, 248s.
- QAMARUDDIN, M. - EKBERG, I. - DORMLING, I. - NORELL, L. - CLAPHAM, D. - ERIKSSON, G.: Early effects of long nights on budset, bud dormancy and abscisic acid content in two populations of *Picea abies*. *Forest Genetics*, 2, 1995, č. 4, s. 207 – 216.
- RADOSTA, P.: Vliv vnějších a vnitřních faktorů na proces rhizogenese u řízků vybraných druhů dřevin. /Kandidátská disertační práce/. Jíloviště-Strnady, VŮLHM 1990. 175 s.
- RADOSTA, P., VOLNÁ, M.: Příspěvek k problematice řízkování jedlí. *Zprávy lesnického výzkumu* 33, 1988, č. 2, s. 8 - 12.
- RITCHIE, G. A.: Assessing seedling quality. In: *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings*. Eds. M. L. Duryea, T. D. Landis. Hague, M. Nijhoff 1984, s. 243 - 259.
- RITCHIE, G. A.: Operational use of vegetative propagation in forestry: World overview of cloning and bulking. In: *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations 1996*. General Technical Report PNW-GTR-389. Ed. T.D. Landis, D.B. South. Portland (Oregon), Pacific Northwest Research Station 1997. s. 192 - 197.
- ROBERDS, J. H. - BISHIR, J. W.: Risk analyses in clonal forestry. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 1997, č. 3, s. 425 - 432.
- ROULUND H.: A comparison of seedlings and clonal cuttings of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.). *Forest Tree Improvement*, Arboretet Hoersholm 10 1977: 1 - 26.

- RUSSELL, J. - FERGUSON, C.: Production of genetically improved stecklings of interior spruce. A grower's manual. Victoria (Canada), British Columbia Ministry of Forests 1990. 15 s.
- SCHACHLER, G. - MATSCHKE, J. - KOHLSTOCK, N. - WEISS, M. - BRAUN, H.: Zum Stand der autovegetativen Vermehrung in der DDR. Sozialistische Forstwirtschaft, 36, 1986, č. 7, s. 215 - 218.
- SCHMIDT, J.: Anzucht von Fichtenstecklingen. TASPO Magazin, Dezember 1988, s.16 - 19.
- SCHULTZE, U.: Untersuchung der Angepasstheit von Fichtensämlingen an die Seehöhe. Klimakamertestung der Fichtebeerntungen der Reifejahre 1991 und 1992. Wien, Forstliche Bundesversuchsanstalt 1998. 38 s.
- SCHWARZ, O.: Záchrana genofondu krkonošského smrku. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Sborník příspěvků z mezinárodní konference ... Opočno, 15. – 17. 4. 1996. Ed. S. Vacek. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 1996, s. 125 - 132.
- SCHWARZ, O.: Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Správa KRNAP 1997, 174 s.
- SCHWARZ, O. – VAŠINA, V.: Záchrana genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších. Pracovní materiál Správy KRNAP 1997, 12 s.
- SIMPSON, D. G.: Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds, foliage, and stems. Canadian Journal of Forest Research, 24, 1994, s. 1066 - 1070.
- SKROPPA, T.: Growth rhythm and hardiness of Picea abies progenies of high altitude parents from seed produced at low elevations. Silvae Genetica, 43, č. 2/3, 1994, s. 95 - 100.
- SLAVÍK, B. et al.: Metody studia vodního provozu rostlin. Praha, Československá akademie věd 1965. 302 s.
- SONESSON J. - ALMQVIST C.: From clonal forestry to bulk propagation of cuttings. Resultat - SkogForsk, 2002, č. 6, s. 4.
- SPETHMANN, W.: Stecklingsvermehrung bei Waldbäumen. Deutsche Baumschule, 38, 1986, č. 4, s. 148 - 152.
- SVOLBA, J.: Zkušenosti s pěstováním sadebního materiálu lesních dřevin vegetativními způsoby v lesním hospodářství Dolního Saska. In: Perspektivy použití vegetativně množného sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství. Sborník referátů z odborného semináře s mezinárodní účastí. Brno, 11. prosince 1996. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 1996, s. 19 - 28.

- ŠIMIÁK, M.: Porovnanie rastu semenáčikov smreka obyčajného roznych proveniencií pri pestovaní rozdielnymi technológiami. Vedecké Práce Výskumného Ústavu Lesného Hospodárstva vo Zvolene, 1991, č. 40, s. 41 – 60.
- ŠINDELÁŘ, J.: Opatření k záchraně a reprodukci genofondu lesních dřevin. ODIS VÚLHM Jíloviště Strnady, 1984, 94 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Genetická a šlechtitelská aspekty záchrany genofondu ohrožených populací lesních dřevin vegetativním množením. Lesnictví, 33, 1987, č. 6, s. 485 - 490.
- ŠINDELÁŘ, J.: Šlechtění lesních dřevin, vývoj a prognóza. In: Úkoly semenářství a šlechtění při obhospodařování lesů v imisních oblastech./Sborník z celostátní konference/ Špindlerův Mlýn 26. – 28. září 1990. Špindlerův Mlýn, ČSAZ 1990, s. 25 - 35.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J.: Geneticky podmíněná proměnlivost populací lesních dřevin. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. [Kostelec nad Černými lesy], Lesnická práce, 2004, s. 77 - 88.
- TANAKA, Y. - BROTHERTON, P. - HOSTETTER, S. - CHAPMAN, D. - DYCE, S. - BELANDER, J. - JOHNSON, B. - DUKE, S.: The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. New Forests, 13, 1997, č. 1-3, s. 423 - 437.
- TOUSIGNANT, D., PERINET, P., RIOUX, M.: Black spruce cutting propagation at the Pepiniere de Saint-Modeste. Ministère des Ressources Naturelles; Quebec; Canada 1996, 33 s.
- VACEK, S – PODRÁZSKÝ, V. – MATĚJKA, K.: Stav a vývoj lesních půd na TVP v Krkonoších v letech 1980 – 1998. In: Opera Concorctica. 37. Vol. 2, Vrchlabí, Správa KRNAP 2000, s. 150 – 155.
- UHLÍŘOVÁ H.: Hodnocení prosperity řízkovanců smrku v Jizerských horách. Zprávy lesnického výzkumu. 44 (1) 1999, 9–11.
- WESTIN J., SUNBLAD L. G., STRAND M., HÄLLGREN J. E.: Apical mitotic activity and growth in clones of Norway spruce in relation to cold hardiness. Canadian Journal of Forest Research 29 1999: 40–46.
- WESTIN J., SUNBLAD L.G., STRAND M., HÄLLGREN J. E.: Phenotypic differences between natural and selected populations of *Picea abies*. I. Frost hardiness. Scandinavian Journal of Forest Research 15 2000a: 489–499.

- WESTIN J., SUNBLAD L.G., STRAND M., HÄLLGREN J. E.: Phenotypic differences between natural and selected populations of *Picea abies*. II. Apical mitotic activity and growth related parameters. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15 2000b: 500–509.
- WONISCH A. - TAUSZ M. - HAUPOLTER M. - KIKUTA S. - GRILL D.: Stress-physiological response patterns in spruce needles relate to site factors in a mountain forest. *Phyton (Horn)*, 39, 1999, č. 4, s. 269 - 274.
- Monitoring stavu lesa v České republice. 1984-2003. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2004.
- ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 1998. 17 s.
- ČSN 48 2115 Změna 1 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 2002. 15 s.
- Turistická a lyžařská mapa 1: 25 000 - Krkonoše, Vojenský kartografický ústav, Barmánek 1993
- Vyhláška č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin.
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin).