

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin



Diplomová práce

**Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku
ztepilého u VLS ČR s.p. – divize Horní Planá**

Autor: Bc. Jitka Veselá

Vedoucí práce: Ing. Jan Stejskal, Ph.D.

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jitka Veselá

Lesní inženýrství

Název práce

Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u VLS ČR s.p. – divize Horní Planá

Název anglicky

Evaluation of Norway spruce progeny tests in the ownership of Military Forests and estates of the Czech Republic – division Horní Planá

Cíle práce

Cílem práce je získat předběžní informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizi Horní Planá. Součástí práce bude i literární rešerše k danému tématu, včetně problematiky testování potomstev a následné vyhodnocení získaných dat.

Metodika

Výběr rodičů na základě údajů z testů potomstev se obvykle označuje jako zpětná selekce. Odhady těchto odchylek jsou dalším cílem testování potomstev podmíněné genetickou evaluací naměřených dat. Tyto odhady jsou použity pro budoucí šlechtění a predikci možných zisků ze šlechtění.

U výsadeb smrku ztepilého budou provedena základní měření a posouzení jednotlivých potomstev. Z kvantitativních znaků bude hodnocena výška, celkový roční přírůst a tloušťka kořenového krčku. Z kvalitativních znaků bude hodnocena mortalita a okulární metodou zdravotní stav testovaných potomstev. Z provedeného šetření vyplynou nezbytně nutná opatření v rámci daných ploch. Součástí práce bude i návrh dalšího postupu testování.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

smrk ztepilý, semenné sady, testy potomstev

Doporučené zdroje informací

- ČEŠKA, P. – LSTIBŮREK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. Zakládání a rozvoj semenných sadů lesních dřevin u VLS ČR,S.P. : disertační práce. Disertační práce. Praha: 2014.
- ERIKSSON, Gösta; EKBERG, Inger; CLAPHAM, David. An introduction to forest genetics. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU, 2001.
- KOBLIHA, J. Modern forest tree breeding in the light of foreign experiences : (select chapters) : study texts. Prague: Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry, 2002. ISBN 80-213-0961-.
- KOBLIHA, J. – POSPÍŠIL, J. Šlechtění lesních dřevin : Určeno pro posl. les. fak. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1988.
- LSTIBŮREK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. Development of efficient forest tree breeding programs [rukopis]. Disertační práce. Praha: 2007.
- WHITE, Timothy L.; ADAMS, W. Thomas; NEALE, David B. (ed.). Forest genetics. Cabi, 2007.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Stejskal, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2016

prof. Ing. Milan Lstibůrek, MSc, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u VLS ČR s.p. – divize Horní Planá“ vypracovala samostatně a použila jen prameny, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování:

Ráda bych především poděkovala panu Ing. Janu Stejskalovi, Ph.D. za jeho čas a odborné rady, které velmi přispěly k vypracování této diplomové práce. Velký dík patří také Bc. Jakobovi Hejtmánkovi za pomoc při terénních pracích. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u VLS ČR s.p. – divize Horní Planá

Abstrakt:

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit testy potomstev rodičovských stromů dle jejich fenotypu. Osivo pro výsadby potomstev bylo sesbíráno celkem z 16 rodičovských stromů. Sledovaná dřevina byla smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.). Tento výzkum je součástí rozsáhlého projektu Technologické agentury České republiky. Data byla sbírána v roce 2016 ze třech testovacích ploch, které spadají pod Vojenské lesy a statky ČR s.p. - divize Horní Planá. Analýza dat proběhla pomocí programu ASReml. Pro přesnější výsledky byly použity dva modely. Výsledky z těchto modelů byly následně vzájemně porovnány. Program odhadnul heritabilitu a šlechtitelské hodnoty pro výšku a tloušťku kořenového krčku. Heritabilita pro tloušťku vyšla v aktuálním věku poměrně nízká s příliš velkou standardní chybou, a proto byla vyhodnocena jako nevýznamná. Pro výšku vyšla heritabilita 0,20 se standardní chybou odhadu 0,08. Kvůli poměrně nízkému věku sazenic je nutné provést v budoucnosti sérii dalších měření, s tím že první z nich bylo navrženo pro rok 2023.

Klíčová slova:

smrk ztepilý, semenné sady, testy potomstev

Evaluation of Norway spruce progeny tests in the ownership of Military Forests and estates of the Czech Republic – division Horní Planá

Abstract:

The object of this diploma thesis was evaluate progeny tests of parental trees choosen based on their phenotype. Seeds for planting was collected from 16 parental trees. The examined tree species is Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). This research falls under large project of the Technology Agency of the Czech Republic. Data was acquired in 2016 at three different test sites, which falls under Military Forests and estates of the Czech Republic – division Horní Planá. The analysis was done by program ASReml. For more exact results there were used two different models. The results of both models then were compared. The program estimated heritability and breeding values for the height and root crown thickness. Heritability for root crown thickness in actual age was estimated with too much high standard error, so it was declared insignificant. Heritability for the height was estimated 0,20 with standard error 0,08. More measurements need to be done in the future, because of low age of the trees. The first following measurement was proposed to year 2023.

Key words:

Norway spruce, seed orchards, progeny testing

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Cíl práce	13
3. Literární řešerše	14
3.1. Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.).....	14
3.1.1. Ekologické nároky smrku.....	14
3.1.2. Ekotypy smrku	16
3.1.3. Rozšíření smrku.....	16
3.1.4. Využití smrku	18
3.2. Šlechtění lesních dřevin	19
3.2.1. Šlechtitelský program.....	20
3.2.2.1. Moderní šlechtitelské metody.....	21
3.2.3. Specifika šlechtění lesních dřevin	22
3.2.4. Šlechtitelské programy smrku ztepilého v ČR	23
3.3. Semenné sady.....	23
3.3.1. Historie zakládání semenných sadů.....	25
3.3.2. Způsoby zakládání semenných sadů	26
3.3.3. Způsoby využití semenných sadů.....	26
3.3.4. Odběr a výsadba roubovanců	27
3.3.5. Údržba semenných sadů.....	27
3.3.6. Generace semenných sadů.....	28
3.4. Testování potomstev	28
3.4.1. Testování semenných sadů	29
3.4.2. Konvenční testy potomstev	30
3.4.3. Časné testy potomstev	31
4. Metodika a materiál.....	32
4.1. Charakteristika PLO č. 13-Šumava	32
4.1.1. Hydrologické a klimatické poměry	32
4.1.2. Geologické poměry	32
4.1.3. Pedologické poměry	32
4.1.4. Lesní vegetační stupně	33
4.2. Terénní práce.....	33
4.3. Zpracování dat	37

5. Výsledky	40
5.1. Popisná statistika.....	40
5.2. ASReml	45
5.2.1. Vyhodnocení modelem I	45
5.2.2. Vyhodnocení modelem II	48
5.2.3. Porovnání modelů.....	51
6. Diskuze	54
7. Závěr.....	58
8. Literatura.....	59
9. Seznam příloh	64

Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Rozšíření smrku ztepilého (dostupné z: http://www.euforgen.org)	17
Obr. č. 2 - Umístění plochy Špičák.....	33
Obr. č. 3 - Umístění plochy U Malého	34
Obr. č. 4 - Umístění plochy Brzotice	35

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše Špičák	34
Tabulka 2 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše U Malého	35
Tabulka 3 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše Brzotice	36
Tabulka 4 - Celkové průměry a směrodatné odchylky na jednotlivých plochách.....	40
Tabulka 5 - Mortalita na jednotlivých plochách.....	40
Tabulka 6 - Srovnání výsledných všeobecných kombinačních schopností a chyb odhadu pro výšku z modelů I a II.....	51

Seznam grafů

Graf č. 1 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše Špičák se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	41
Graf č. 2 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše U Malého se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	41
Graf č. 3 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše Brzotice se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	42
Graf č. 4 - Průměry tloušťek jednotlivých rodin na ploše Špičák se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	43
Graf č. 5 - Průměry tloušťek jednotlivých rodin na ploše U Malého se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	43
Graf č. 6 - Průměry tloušťek jednotlivých rodin na ploše Brzotice se zobrazenými směrodatnými odchylkami.....	44
Graf č. 7 - Srovnání všeobecných kombinačních schopností modelem I a II	52
Graf č. 8 - Srovnání všeobecných kombinačních schopností z modelu I a II.....	52
Graf č. 9 - Srovnání chyby odhadu při vyhodnocení všeobecných kombinačních schopností	53

Seznam výstupů z programu ASReml

Výstup 1 - Model I (path 1) pro tloušťku, vstupní data	45
Výstup 2 - Výsledky pro tloušťku z modelu I, výsledky heritability a chyba odhadu pro tloušťku	46
Výstup 3 - Rozdělení reziduí pro tloušťku	46
Výstup 4 - Model I (path 1) pro výšku, vstupní data	47
Výstup 5 - Výsledky pro výšku z modelu I, výsledky heritability a chyba odhadu pro výšku	47
Výstup 6 - Rozložení reziduí pro výšku	48
Výstup 7 - Model II (path 2) pro výšku, vstupní data	48
Výstup 8 - Výsledky z modelu II pro výšku	49
Výstup 9 - Rozložení reziduí výšek (model II) pro jednotlivá stanoviště	50

1. Úvod

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) je jedna z našich nejvýznamnějších hospodářských dřevin. V minulosti byly porosty smrku ztepilého poškozovány v některých oblastech především díky zvýšenému imisnímu zatížení, proto již v 70. letech minulého století vznikaly šlechtitelské programy zaměřené právě na zvyšování odolnosti smrků vůči imisím. V oblastech s nižším imisním zatížením bylo šlechtění smrku zaměřeno spíše na zvyšování jeho produkce, dále na zvyšování odolnosti proti biotickým a abiotickým činitelům (HYNEK 1992).

Šlechtění lesních dřevin je tedy nedílnou součástí lesnictví již desítky let, je to systematická činnost, která vede právě ke zvyšování kvality, produktivity či odolnosti dřevin. S vývojem vědy se vyvíjely i šlechtitelské metody. Se šlechtěním dřevin souvisí zakládání semenných sadů, kde se soustřeďuje potomstvo vhodných výběrných stromů. Jejich účelem je zajistit dostatek kvalitního reprodukčního materiálu, který bude snadno dostupný pro sběr osiva.

Tato diplomová práce vznikla v rámci projektu Technologické agentury České republiky s názvem: Využití genových zdrojů lesních dřevin pro zachování biologické rozmanitosti a obnovu lesa pro Vojenské lesy a statky ČR, s. p. Cílem projektu bylo vypracovat vhodný model hospodaření s genovými zdroji lesních dřevin tak, aby byla zvyšována biodiverzita lesních ekosystémů. Model musí reflektovat reálné výrobní možnosti podniku v současném ekonomickém prostředí. Širším výstupem tohoto projektu je nárůst objemu kvalitní dřevní hmoty a také péče o genofond. Specifickým cílem je snižování dopadů antropogenních vlivů na životní prostředí a předcházení či alespoň omezování negativních následků živelných pohrom. Projekt byl zahájen v lednu 2011 a ukončen v prosinci 2016.

2. Cíl práce

Cílem práce je získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizi Horní Planá. Součástí práce bude i literární rešerše k danému tématu, včetně problematiky testování potomstev a následné vyhodnocení získaných dat.

3. Literární rešerše

3.1. Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.)

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) náleží do oddělení nahosemenných (*Pinophyta*), třídy jehličnany (*Pinopsida*), řádu borovicotvaré (*Pinales*), čeledě borovicovité (*Pinaceae*) a rodu smrk (*Picea*). Rod smrk zahrnuje asi 40 druhů, které jsou rozšířeny v oblastech severní polokoule. Nejvíce druhů se vyskytuje v čínsko-japonské oblasti, poté v Severní Americe, střední a severní Asii a v Evropě (MUSIL & HAMERNÍK 2007).

Smrk ztepilý má v mládí hladkou světlehnědou kůru, v pozdějším věku se mění na rozpukanou šupinatou šedohnědou až červenohnědou. Větve smrku rostou v pravidelných přeslenech. U stromů v zápoji postupně odumírají a poté odpadávají., samostatně rostoucí jedinci je mají většinou až k zemi. Korunu má štíhlou jehlancovitého tvaru. V průměru dorůstá do 25 metrů a dožívá se 200 - 300 let. Jehlice má tmavě zelené, zašpičatělé, lesklé, dlouhé jsou 1 - 2,5 cm a vyrůstají ve šroubovici. Šišky jsou světle hnědé, až 16 cm dlouhé nerozpadavé podlouhlého tvaru. Smrk má šištice květenství. Samičí šištice jsou načervenalé nebo zelené a rostou na konci letorostů. Nacházejí se v horních částech koruny. Samčí kulovité šištice vyrůstají na loňských větvičkách v paždích jehlic a mají purpurové zbarvení (ŠIMEK 1991). Semena smrku jsou 4 - 5 mm velká, tmavě hnědá. Mají 12 mm dlouhé křídlo žlutohnědé barvy (FÉR & POKORNÝ 1993).

3.1.1. Ekologické nároky smrku

Smrk ztepilý je dřevina s velmi širokou ekologickou valencí. Díky tomu je možné jeho rozšíření daleko za hranice přirozeného výskytu. Je to dřevina schopná dobře snášet nízké teploty v zimním období, ale může být poškozována ve vegetační sezoně pozdními mrazy. Mnohem citlivější je však k teplotám vyšším, i když s přibývajícím teplotou se zvyšuje jeho přírůst, ovšem jen za předpokladu, že bude mít dostatečnou zásobu vody. Průměrná roční teplota v oblastech přirozeného výskytu smrku je 2 - 7 °C. Jako hlavní dřevina se vyskytuje v místech, kde je průměrná roční teplota pod 5 °C (MÍCHAL 1983).

Má povrchovou kořenovou soustavu, tudíž nemá většinou pevné zakotvení, a proto často trpí vývraty. Značné nároky má na rovnoměrnou půdní vlhkost a také na vlhkost vzduchu. Snese dokonce až nadbytečnou vlhkost podmáčených oblastí, jako jsou například rašeliniště (ÚRADNÍČEK et al. 2009). Ovšem právě díky mělkému kořenovému systému je na podmáčených půdách nejlabilnější. Déle trvajícím nedostatkem vody smrk také trpí a způsobuje mu stres (ŠIMEK 1993).

K minerálnímu složení půdy je celkem lhostejný, proto je schopen růst i na poměrně chudších stanovištích. Samozřejmě na těchto stanovištích nevykazuje tak dobrý stav a přírůst jako jinde. Z vlastností půd je pro smrk důležité především dostatečné provzdušnění, a jak již bylo zmíněno, vyšší obsah půdní vody (MUSIL & HAMERNÍK 2007).

Co se týká nároků na světlo, není smrk ztepilý posuzován zcela jednoznačně. Například podle MUSILA (2003) je to polo stinná dřevina, jež dokáže v mládí snášet dlouhé zastínění, aniž by ztrácela potencionální růstovou energii, která se projevuje po uvolnění. Jiní autoři, jako KINDLMANN et al. (2012) ho vzhledem ke skutečnosti, že v mládí přímo vyhledává nadprůměrně osvětlená místa, řadí mezi dřevinu světlomilnou, jež je schopna zástin spíše jen tolerovat. Právě díky schopnosti dlouho přežívat v zástinu a intenzivně začít růst až po uvolnění stromového zápoje, se může v určitých částech vývoje chovat jako dřevina pionýrská.

Je také schopný relativně rychle osidlovat nově uvolněný prostor a na rozdíl od jiných dřevin je v extrémních podmínkách jako jsou horské polohy schopný produkovat dostatečný výškový přírůst a tudíž je zastínit (PODRÁZSKÝ 1999).

V porostech kvete asi od 60. roku, ve volném prostranství již ve 30. až 50. roce. Semenné roky bývají průměrně ve 3 - 4 letých cyklech. Ve vyšších polohách se prodlužují na 5 - 10 leté cykly, v nižších se naopak zkracují jen na dvouleté cykly. Kvete přibližně od konce dubna až do poloviny května. Plodí velké množství semen, v nejplodnějším období až 100 kg na ha (ŠIMEK 1993). Semena smrku mívají klíčivost 70-80%, kterou si udržují 3 - 5 let (FÉR & POKORNÝ 1993).

3.1.2. Ekotypy smrku

Na našem území jsou přirozené původní populace smrku ztepilého vylišeny v tři ekotypy. Jsou to ekotypy chlumní (pahorkatinný), horský a vysokohorský (PAULE 1992).

Chlumní (pahorkatinný) ekotyp se vyskytuje ve 4. - 5. lesním vegetačním stupni. Jeho přirozený výskyt je tedy v polohách pod 700 m n. m. Vyznačuje se rychlým růstem. Má širokou korunu vejčitého tvaru se štíhlými větvemi, které odstávají kolmo od kmene (POSPÍŠIL & KOBLIHA 1982).

Horský ekotyp se vyskytuje v 6. - 7. lesním vegetačním stupni, tedy v polohách od 750 m n. m. do 1050 m n. m. Má kratší a poměrně řídkou korunu. Větve jsou svazčité, místy hřebenité (POSPÍŠIL & KOBLIHA 1982).

Vysokohorský ekotyp, jak už z názvu vyplývá, se vyskytuje v nejvyšších polohách. Jedná se o polohy nad 1050 m n. m, tedy 8. lesní vegetační stupeň. Jeho růst je oproti chlumnímu ekotypu pomalejší. Je však odolnější vůči nepříznivým vnějším vlivům, což je v podmínkách, kde se vyskytuje především silnější vítr, mráz a sníh. Těmto podmínkám je také přizpůsoben vzrůstem, tvoří štíhlou, hustou korunu se silnými hustě ogehličenými větvemi, které jsou nasazené v ostrém úhlu (POSPÍŠIL & KOBLIHA 1988).

3.1.3. Rozšíření smrku

Smrk ztepilý je v lesích evropského kontinentu hospodářsky velmi významná dřevina, především díky jeho kvalitativním vlastnostem dřeva. Původní zastoupení je ve vyšších polohách Evropy s přesahem do Asie a v severních boreálních oblastech, kde se vyskytuje v nižších polohách (DIVÍŠEK et al. 2010).

Podle MUSILA et al. (2001) je areál smrku ztepilého rozdělený na Středoevropsko-balkánskou oblast a Severoevropskou oblast, které jsou oddělené tzv. středopolskou disjunkcí (ta je dnes bez smrku).

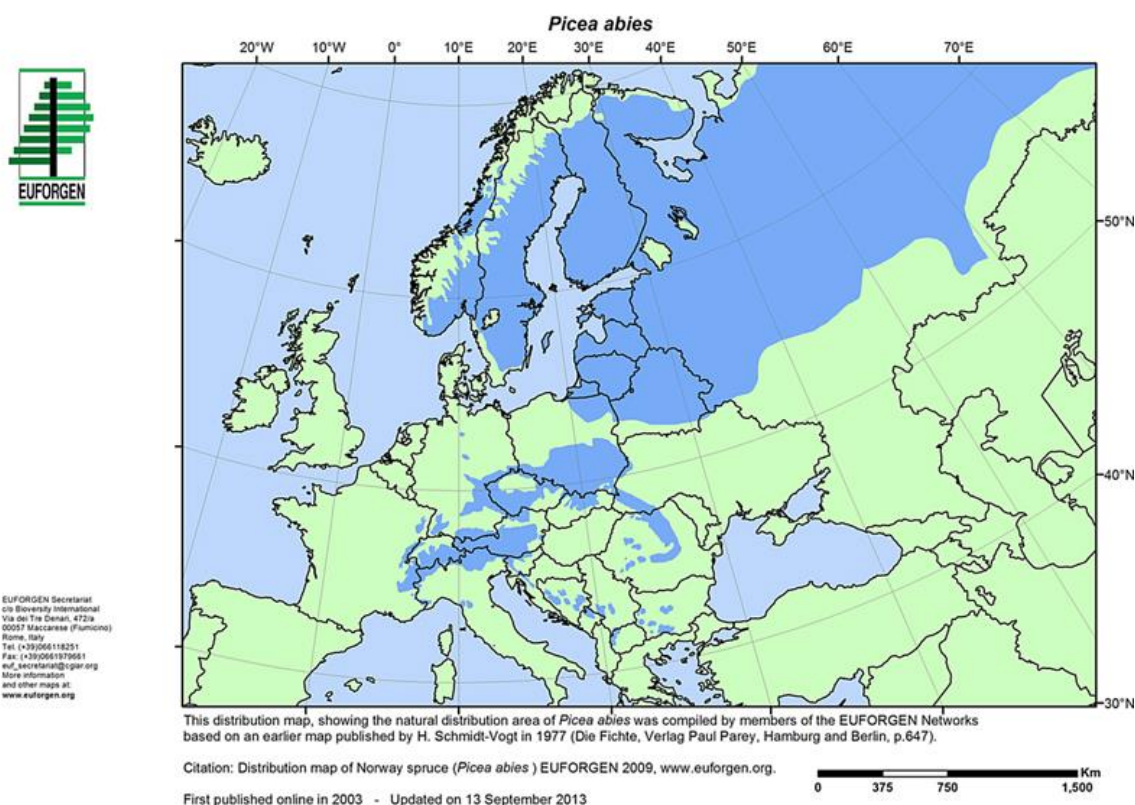
Středoevropsko-balkánská oblast

Tato oblast je především horská a v dnešní době spíše ostrůvkovitá. V době poledové probíhalo osídlení smrkem z jihovýchodní Evropy. Vylíší se čtyři podoblasti, které se vzájemně během vývoje propojovaly. Tyto podoblasti jsou:

- Hercynsko-karpatská podoblast (vede od Harzu, Durynského a Hornofaltského lesa, přes naše území, až po Východní a Jižní Karpaty)
- Alpská podoblast (území Alp včetně severních předhoří)
- Dinárská podoblast (vrcholové části Dinárských Alp po severní Albánii)
- Rodopská podoblast (Stará planina, Vitoška, hlavně však Rila, Pirin, Rodopy včetně Řeck)

Severoevropská oblast

Severoevropská oblast je oproti Středoevropsko-balkánské plošně větší. Výskyt smrku je v této oblasti souvislejší a také se vyskytuje v nižších nadmořských výškách, především v pahorkatinách či v rozsáhlých nížinných rovinách. Omezeně zasahuje smrk do skandinávských pohoří a na Jižní Ural. Naopak hlavními oblastmi rozšíření smrku jsou území ruské části severovýchodní Evropy.



Obr. č. 1 - Rozšíření smrku ztepilého (dostupné z: <http://www.euforgen.org>)

Na našem území je přirozeně zastoupen horský smrk hercynsko-karpatské podoblasti, který se vyskytuje téměř ve všech pohořích jak nižších tak vyšších. Hlavními oblastmi rozšíření jsou okrajová příhraniční horstva, tedy Šumava, Krkonoše, Jeseníky, Český les, Krušné hory, Jizerské hory, Orlické hory. Naopak ve vnitrozemských horských skupinách je přirozené zastoupení smrku řidší. Ve středních polohách našich pohoří je typická Hercynská směs, kterou tvoří smrk ztepilý spolu s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) a jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.). Smrk ztepilý se přirozeně za normálních podmínek nevyskytuje v teplých úvalech velkých řek (DIVÍŠEK et al. 2010).

Díky jeho produkčním vlastnostem, snadnému pěstování, přímému růstu a souměrné koruně je smrk ztepilý naší nejrozšířenější hospodářskou dřevinou. Byl hojně vysazován na celém našem území a to i v oblastech, kde se přirozeně nevyskytoval. Dříve bylo jeho přirozené zastoupení cca 11%, nyní je to přes 50%. Cílové zastoupení smrku ztepilého v ČR je 37,1%. Vznik smrkových monokultur sebou přinesl také mnoho problémů a to především díky jejich nestabilitě a menší odolnosti vůči biotickým a abiotickým činitelům, jako je např. vítr, sucho, houbové infekce, hmyz (KŘÍSTEK & ŽARNÍK 2007).

Pro stabilitu porostů je důležité respektovat nejen přirozené rozšíření jednotlivých dřevin, ale také jejich původ. Původní dřeviny jsou adaptovány nejlépe na konkrétní ekologické podmínky. Proto je vhodné využívat právě jejich osivo k rekonstrukci porostu. Smrk ztepilý je v České republice velmi poškozován genetickou kontaminací, což je také pravděpodobně jedna z příčin jeho odumírání v některých oblastech (KŘÍSTEK & ŽARNÍK 2007).

3.1.4. Využití smrku

Již bylo zmíněno, že smrk ztepilý je prozatím naše nejvýznamnější hospodářská dřevina, především díky jeho relativně rychlému a přímému vzrůstu. Další předností smrku ztepilého jsou dobré technické vlastnosti jeho dřeva, které je bezjaderné a stejnorodé. Je hojně využíváno ve stavebnictví, nástrojářství, truhlářství. Nejlepší jakosti jsou využívány pro své dobré rezonanční vlastnosti na výrobu hudebních nástrojů (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

Další využití smrkového dřeva je v papírenském a energetickém průmyslu. Hojně je smrk ztepilý využíván i na pěstování vánočních stromků či v okrasném zahradnictví, kde můžeme nalézt desítky jeho kultivarů. Zde se také mohou využívat jeho podnože pro roubování smrku stříbrného (ÚRADNÍČEK et al. 2009).

V dřívějších dobách se těžila i smrková pryskyřice na výrobu kalafuny a terpentýnu či jeho kůra, která se používala jako zdroj tříslovin. Pupeny a mladé letorosty byly využívány pro lékařské účely (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

3.2. Šlechtění lesních dřevin

Šlechtění lesních dřevin má za cíl zlepšovat produkci a kvalitu dřevní hmoty nebo dalších produktů. Je to systematická činnost, která má dále také zvyšovat odolnost dřevin vůči škodlivým biotickým (houby, hmyz, bakterie) a abiotickým (mráz, sníh, sucho) činitelům. Toho lze dosáhnout produkováním geneticky vylepšeného reprodukčního materiálu. K těmto účelům se využívají především semenné sady, klonování na bázi vegetativního množení a také metoda kultur *in vitro* (KOBLIHA et al. 2007).

I když v poslední době stoupá podíl přirozené obnovy, je pravděpodobné, že obnova umělá bude mít stále velký význam, a tudíž bude i nadále potřeba kvalitního reprodukčního materiálu. Pro udržení vhodného reprodukčního materiálu je nutné včas vybrat kvalitní jedince a zajistit jejich potomstvo. Pro tento účel se využívají jak lesní porosty, které jsou ověřené a uznané ke sklizni reprodukčního materiálu, tak semenné sady (FRÝDL & ŠINDELÁŘ 2004).

Výběr kvalitních jedinců může probíhat dvěma způsoby, buď přirozenou selekcí, která probíhá ve všech porostech, bez ohledu na to, zda byl porost založený člověkem či ne. Jde vlastně o neustále trvající proces, který probíhá již řadu generací a nebude nikdy ukončen (KANTOR & POSPÍŠIL 1983).

Druhým typem je selekce umělá, to je záměrná lidská činnost, která je řízena cílem šlechtění. Přičemž nejdůležitějším cílem šlechtění je nejčastěji zvýšení kvalitní produkce dřeva. Umělý výběr se dále dělí do dalších základních skupin a to na šlechtění výběrem individuálním a hromadným. Druhou skupinou je novošlechtění, kam patří hybridizace, mutační šlechtění a genová manipulace (PAULE 1992).

3.2.1. Šlechtitelský program

Šlechtitelským programem se myslí ucelený systém aktivit, který by měl směřovat ke splnění stanovených šlechtitelských cílů. Všechny šlechtitelské programy by tedy měly především zvažovat cíl šlechtění, dále metody pro realizaci šlechtitelského programu a jeho časový průběh, zvolený způsob množení vyšlechtěného materiálu, a také podmínky prostředí, ve kterých bude vyšlechtěný materiál pěstován (ŠINDELÁŘ 1992).

Šlechtitelské činnosti v rámci šlechtitelského programu je možné koncentrovat do tří oddělených populací. První je populace zdrojová, ta se skládá z jedinců vybraných v porostech primární selekcí na základě fenotypu (vnější projev genetické informace neboli genotypu, na jehož vytváření se ve větší či menší míře podílí vliv prostředí). Rozsah této populace je dán účelem šlechtitelského programu nebo velikostí, a také rozmanitostí přírodních podmínek vybrané cílové oblasti, ve které bude vyšlechtěný materiál použit. Dále je vymezena šlechtitelská populace. V té se koncentrují činnosti spjaté jak s křížením jedinců kandidátské populace, tak s jejich testováním. Tyto činnosti mohou probíhat buď polními šlechtitelskými výsadbami, nebo testováním genotypu pomocí analýz genetických markerů (NAMKOONG 1988). Poslední v logické řadě jsou produkční populace, které jsou konečnými výstupy šlechtitelských programů. Mohou sloužit k přenosu genetického zisku vygenerovaného šlechtitelským programem do hospodářských výsadeb. Hlavní produkční populace jsou právě semenné sady (PAULE 1992).

Pro úspěch šlechtitelského programu je důležité pečlivě vybrat jedince kandidátské populace. Výběr těchto jedinců vychází jak z jejich fenotypu, tak díky konkurenčním vazbám všech jedinců i z jejich postavení v porostech (HYNEK et al. 1997).

Pro efektivitu šlechtitelského programu je zase důležitá četnost provedených šlechtitelských cyklů. Podle LI et al. (2000) je možné již po prvním cyklu šlechtění generovat genetický zisk u řady hospodářských znaků kolem 12 % a po dalším cyklu dokonce až 25 %.

3.2.2.1. Moderní šlechtitelské metody

S rozvojem vědy se postupně vyvinuly tzv. moderní šlechtitelské metody. Předpokladem pro využití těchto metod je znalost genotypu lesních dřevin. Bohužel ani přes tento značný vývoj a pokrok není stále možné zjistit přesný genotyp, ale reprezentují ho jen genetické markery, což jsou vybrané části či znaky genotypu (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

Genetické markery

Mezi první používané markery patří znaky morfologické. Využití morfologických markerů vychází z toho, že se změnou genotypu se mohou měnit i některé vnější charakteristiky dřeviny. V dnešní době se již příliš často nepoužívají, zejména proto, že kvantitativní vlastnosti dřevin jsou převážně ovlivňovány vzájemným působením několika různých genů (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

Dalším druhem jsou biochemické markery. Nejvýznamnější z nich jsou izoenzymy. Ty jsou založeny na analýze metabolických enzymů. V případě těchto markerů je nevýhodou jejich rozlišovací schopnost, která je oproti jiným markerům nižší. Produkovaný enzym se totiž nemění s každou změnou struktury primární DNA (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

Poslední skupinou jsou molekulární markery. U této metody je přímo zjišťované pořadí nukleotidů v řetězci DNA. K tomuto účelu se využívá několika metod. První z nich je metoda analýzy mikrosatelitů, při které se pomocí polymerázové řetězové reakce namnoží specifický úsek DNA. Tato metoda byla v posledním desetiletí hojně využívána. Druhou metodou je RFLP, ve které se využívají štěpící enzymy k vytvoření fragmentů DNA. K analýze se poté využívají jen některé specifické fragmenty. Také je možné obě metody kombinovat (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

Jednou z těchto tzv. moderních šlechtitelských metod, která je v posledních letech na prudkém vzestupu je tzv. genomická selekce. Je to metoda, která jen na základě genetické informace umožňuje časnou selekci v potomstvech. Tudíž nemusí být zakládána žádná výsadba pro testování potomstev, protože již není potřeba posuzovat fenotyp dřevin v testu potomstev. Princip této metody je založen na vývoji predikčního modelu, ve kterém je efekt všech genetických markerů odhadnutý dle dostupných

fenotypových informací stávajících výsadeb a na okamžitém využití selektovaného materiálu. Genomická selekce je využitelná zejména u dřevin s rychlým růstem. Také má spíše perspektivu v klonových programech než v semenných sadech, kde je nutné vzít v potaz časovou prodlevu pro získání vyšlechtěného reprodukčního materiálu, zatímco v klonových programech je možné genetický zisk generovaný v rámci šlechtitelských aktivit získat hned po založení produkčních populací (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

Další stále více se uplatňující metodou je vegetativní reprodukce využívající biotechnologických postupů *in vitro*. Touto metodou lze rychle a z ekonomického hlediska poměrně výhodně vypěstovat relativně značné množství kvalitního sadebního materiálu a zároveň zakládat explantátové banky, ve kterých bude materiál uchováván pro další účely. Dalším využitím explantátů může být například zakládání klonových archivů, studium genetické variability či zakládání semenných sadů (MALÁ et al. 1999). Nejúspěšnější metodou prozatím stále zůstává organogeneze, tato metoda se využívá hlavně u listnatých dřevin, ale může být aplikována i na dřeviny jehličnaté. Je využívána například u smrku ztepilého, modřinu opadavého či u borovic. Při organogenezi se v primárním explantátu nastartují morfologické pochody, které podmiňují diferenciaci pletiv. V průběhu těchto pochodů se vytvářejí výhony, které se dále využívají buď na multiplikaci, nebo k zakořeňování (MALÁ et al. 2010). Slibná se do budoucna jeví i metoda somatické embryogeneze, kdy vznikají embrya z tělních buněk. Pro kultivaci se využívají hlavně pevná média ztužená agarem. Důležitou složkou media jsou především cukry (VONDRÁKOVÁ et al. 2015). V současnosti se mladé výsadby smrku ztepilého rozmnožené touto metodou nacházejí především ve Švédsku (KAŇÁK 2005).

3.2.3. Specifika šlechtění lesních dřevin

Na rozdíl od šlechtění hospodářských zvířat či zemědělských rostlin má šlechtění lesních dřevin svá specifika. Jedná se zejména o délku generačního cyklu, která je v případě dřevin nesrovnatelně delší. Dalším specifíkem je změna projevu některé genetické informace v závislosti na věku dřeviny nebo projevování zájmových znaků až po určitém věku dřeviny (KLÁPŠTĚ et al. 2012).

3.2.4. Šlechtitelské programy smrku ztepilého v ČR

Vzhledem k tomu, že smrk ztepilý je naše nejrozšířenější hospodářská dřevina, tak hlavním cílem jeho šlechtění je zvyšování produkce a kvality smrkového dřeva. Dalším cílem je udržení populací tolerantních k imisnímu zatížení a to i v případě nepůvodních populací (HYNEK 2004).

Již v 70. letech byly šlechtitelské programy smrku ztepilého zaměřeny právě na odolnost vůči imisím. Cíle šlechtění byly odvíjeny od stupně imisního zatížení. V případě oblastí s nižším imisním zatížením bylo prioritou zvyšování produkční výkonnosti. V oblastech se zatížením vyšším bylo šlechtění zaměřováno spíše na odolnost dřevin. To bylo praktikováno především selekcí tolerantních výběrových dřevin. Vyšlechtěný materiál se využíval při obnově porostů a následné rekultivaci v těchto postižených oblastech poté, co se imisní zatížení snížilo. Šlechtitelské programy byly vždy specificky tvořené pro konkrétní oblast (HYNEK 1992).

Jak již bylo řečeno, šlechtění smrku ztepilého bylo zaměřeno především na selekci genotypů tolerujících stres pro oblasti s vysokou imisní zátěží. Takový program byl založen například v Jizerských horách, kde byli otestováni jedinci z 8. LVS nebo v Krušných horách, tam byli selektováni jedinci z oblastí Horní blatná a Klínovec. Také v Krkonoších byli vybráni stres tolerantní jedinci, ze kterých byla založena matečnice, která slouží jako zdroj materiálu pro provozní zalesňování i pro klonové testy. Klonové semenné sady byly založeny i v Beskydech a oblasti Jeseníků. Jedinci použité pro tyto sady byli selektováni z 8. LVS. Na Šumavě také byli vybráni jedinci z 8. LVS, ze kterých byl založen klonový archiv u Boubína a klonový test na Srní. Z tohoto materiálu byl založen jeden semenný sad v nižších polohách a jeden ve vyšších a po dostatečné úrodě se založily testy potomstev (HYNEK ex- KLÁPŠTĚ 2008).

3.3. Semenné sady

Semenné sady jsou účelové výsadby lesních dřevin, založené pro sběr reprodukčního materiálu. Účelem je zajistit dostatek kvalitního a geneticky hodnotného materiálu, který bude snadno dostupný a jednoduše sklíditelný (FEILBERG & SOEGAARD 1975).

Zakládání semenných sadů spočívá v selekci vhodných výběrových stromů a soustředování jejich potomstev do jednotlivých sadů. Plochy semenných sadů je důležité zakládat s ohledem na druh dřeviny, který tam bude pěstován. Tudiž aby odpovídaly ekologickým, pedologickým a klimatickým nárokům daných dřevin. Obecně však platí, že jsou zakládány spíše na teplejších stanovištích, kde jen minimálně hrozí pozdní mrazy. Plochy by také měly být dobře osluněné s úrodnou půdou. Není vhodné zakládat sady v kopcovitém terénu, ale naopak na co nejrovnějších plochách, jen s mírnými svahy (KAŇÁK et al. 2008).

Dřeviny by měly být v sadech izolovány, aby nedocházelo k opylení z vnějších nežádoucích zdrojů. Tomuto problému nelze vždy zcela zabránit. Vhodné je například sady neumisťovat do blízkosti porostů s nekvalitními jedinci stejného druhu jako je v semenném sadu. Dalším vhodným řešením pro minimalizaci tohoto rizika je negativní selekce. Okraje sadů také nesmí být stíněné okolním porostem, aby nedocházelo k trpění roubovanců. Nezbytné je také plochy oplotit, aby bylo zabráněno poškozování stromů zvěří (KAŇÁK et al. 2008).

Neméně důležitá je i volba velikosti daných ploch. Závisí na očekávané produkci semen, počtu klonů a roubovanců popřípadě řízkovanců dřeviny. Dále na zvoleném sponu výsadby. Počet použitých klonů je poměrně diskutované téma. Pro zakládání sadu 1. generace je doporučováno minimálně 50 klonů, aby nedocházelo ke snižování variability vypěstovaného reprodukčního materiálu, a to by bylo velmi nežádoucí. Důležitá je také nepříbuznost jednotlivých klonů (KAŇÁK et al. 2008). Jiní autoři uvádějí počty klonů různé. Například LSTIBŮREK (2006) uvádí, že pouhý součet klonů nemůže být objektivním ukazatelem genové rozmanitosti a požadovaná diverzita je závislá také na krátkodobých a dlouhodobých cílech šlechtitelského programu. Tudiž doporučené počty klonů v populacích jsou zavádějícím ukazatelem.

Semenné sady jsou tedy důležité jednak jako zdroj geneticky co nejkvalitnějšího semenného materiálu, který je nezbytný pro obnovu lesa (MORIGUCHI et al. 2008), ale také pro zachování genofondu ohrožených populací dřevin (KAŇÁK et al. 2008).

V případě produkování značného množství dostatečně kvalitního osiva mají semenné sady potenciál přispívat ke zvyšování produkce dřevní hmoty (LINDGREN 2007). Zakládání semenných sadů je tedy z ekonomického hlediska nejvýhodnější cesta, jak dosahovat zvyšování produkce porostů (BILIR et al. 2008).

3.3.1. Historie zakládání semenných sadů

Významný pro rozvoj semenných sadů byl rok 1936, kdy bylo ve Švédsku bylo prokázáno, že osika s obřími listy je triploidní, to znamená, že nese tři sady chromozomů. Tento objev dokazoval, že růst dřevin je ovlivňován genetikou. Poté probíhaly v Evropě šlechtitelské pokusy, které byly víceméně neorganizované. Tyto šlechtitelské pokusy byly přerušeny 2. světovou válkou. Po jejím skončení byly programy na šlechtění dřevin opět obnoveny. Na mezinárodním fóru v první učebnici genetiky, kterou napsal Bertila Lindquist v roce 1946, byl prezentován záměr zakládání semenných sadů, jako zdroj dostatečného množství reprodukčního materiálu, který bude jednoduše dostupný a geneticky kvalitní (ZOBEL & TALBERT 1984).

První semenný sad byl založen ve Švédsku v roce 1947 a to konkrétně ve Varmlandu. U nás jsou začátky semenných sadů datovány od roku 1956, kdy založil Dr. Gustav Vincent pokusnou plochu s roubovanci modřínu ve Vizovicích (dnešní LS Štenberk LČR). Mezi lety 1958 až 1960 byly zakládány první dva skutečné semenné sady modřínu na území dnešní LS Náměšť nad Oslavou a Janovic. Přibližně do roku 1991 byly zakládány semenné sady převážně jehličnatých dřevin (RAMBOUSEK 2003). Do konce roku 2006 bylo u nás založeno již 146 semenných sadů s celkovou výměrou 354 ha. Největší výměra byla u borovice lesní a to 120 ha, dále semenné sady modřínu opadavého (85 ha) a smrku ztepilého, které měly výměru 68 ha (MUSIL et al. 2007). Dalšími jehličnany v semenných sadech jsou: douglaska tisolistá, jedle bělokora a obrovská, borovice limba, vejmutovka a blatka. Z listnáčů je nejvíce zastoupen v sadech buk lesní, poté jilm drsný, třešeň ptačí a javor klen. Tři sady jsou také založeny pro lípu malolistou a dva pro jilm vaz a jeřáb břek. Jeden sad byl založen i pro jasan ztepilý, olši lepkavou, jilm habrolistý, lípu velkolistou a topol osiku (RAMBOUSEK 2003).

Historie semenných sadů smrku ztepilého

Zakládání semenných sadů smrku ztepilého začalo rokem 1975. Výměry zakládaných semenných sadů byly oproti sadům s borovicí menší. Nejmenší založený sad měl výměru 1,6 ha a největší 6 ha. Ujímavost roubovanců byla také nižší než u borovice. Doba výsadby roubovanců schopných přežití je zase naopak delší, také doba nástupu plodnosti je u smrku delší, ta je přibližně kolem 20. roku po založení. Výjimečně však některé klony mohou plodit dříve. Nárůst plochy smrkových sadů byl patrný především v době vyššího imisního zatížení horských smrčín. V této době byly zakládány sady ohrožených populací smrku na Šumavě, v Krkonoších, Beskydech, Orlických horách a v Jeseníkách. Nověji založené sady jsou zaměřovány především na pěstování konkrétních výchozích populací, tím se více vymezují oblasti vhodné pro použití produkce semen (RAMBOUSEK 2003).

3.3.2. Způsoby zakládání semenných sadů

V České republice jsou zakládány klonové semenné sady pouze vegetativním způsobem z roubovanců vybraných klonů, dalším způsobem je řízkování, které se používá například u rodů *Populus* a *Salix* nebo tkáňové kultury získané z vybraných rodičovských stromů (RAMBOUSEK 2003). Dalším způsobem je využití sazenic vypěstovaných z osiva získaného z rodičovských stromů (EL-KASSABY & ASKEW 1998). Semenné sady založené ze sazenic vypěstovaných generativním způsobem jsou vhodné spíše pro dřeviny plodící v mladém věku. Naopak sady založené vegetativně jsou vhodnější pro dřeviny, které plodí spíše později (KYU-SUK KANG 2001).

3.3.3. Způsoby využití semenných sadů

Podle způsobu využití semenné sady rozlišujeme na udržovací, produkční a hybridizační. Udržovací sady slouží k zamezení ztrát jednotlivých druhů, ke zvyšování genetické rozmanitosti osiva. Dále pak mohou sloužit k záchraně a reprodukci genofondu lesních dřevin (HAJNALA 2007). U nás nejčastější produkční sady jsou zaměřeny na zajištění kvalitního reprodukčního materiálu dřevin, který se dále využívá na obnovu lesa. Speciálními semennými sady jsou sady hybridizační, které slouží k výzkumným výsadbám a produkci hybridů 2. filální generace (JANEČEK 2006).

3.3.4. Odběr a výsadba roubovanců

Roubování je přenesení části jedné rostliny na druhou. Je to vegetativní způsob rozmnožování. Vhodné je rouby odebírat podle druhu dřeviny od prosince do března (v době vegetačního klidu). Alespoň dva týdny před sběrem je nutné tento záměr nahlásit na obec s rozšířenou působností (dnes ÚHÚL) (KAŇÁK et al. 2008).

Rouby se obvykle se odebírají z horní třetiny stromu. Odebírány jsou větve dlouhé 30-50 cm. Zpravidla jsou řezány nad pupenem dlouhým, šikmým řezem. Sběr je nutné provádět tak, aby nedocházelo k poškozování stromů. Všechny odebrané rouby je nutné označit číslem úřední evidence a poté je dovézt na vhodné místo uskladnění. Vhodným místem pro uskladnění může být vlhký sklep nebo sněžná jáma (KAŇÁK et al. 2008).

Roubovance lze do semenných sadů vysazovat 2. až 3. rokem po jejich roubování. Důležité je dodržet všechny správné zásady výsadby, a to jsou dle KAŇÁKA et al. (2008):

- přesné vyměření, vykolíkování plochy a následné rozmístění ramet po ploše
- okraje plochy nesmí být zastíněné
- výsadba musí být vždy prováděna kvalifikovaným personálem
- výsadba musí být provedena přesně podle plánu - nutná kontrola i po provedené výsadbě

3.3.5. Údržba semenných sadů

Mezi důležité činnosti údržby semenných sadů patří především boj proti škůdcům, hnojení, sekání buřeně a kontrola oplocení. Také je třeba dosazovat nové jedince za uhynulé a poté pravidelně opakovat tvarování a ořez koruny. Je nutné tvarování provádět včas a pravidelně, nejlépe ve dvouletých intervalech. Vhodné je úpravu koruny provádět v letním období, kdy dochází ke snadnějšímu zavalení ran a také se při tom podporuje kvetení. V zimním období se rány zavalují sice pomaleji, ale zase je podpořen růst a také se tento ořez dá využít ke sběru. Je zde ovšem větší riziko napadení houbovými infekcemi, právě díky pomalejšímu hojení (HRDLIČKA 2006).

3.3.6. Generace semenných sadů

Semenné sady se rozlišují na testované a netestované. Netestované představují pouze 1. generací sadů, testované pak vyšší generací semenných sadů (KAŇÁK et al. 2008).

V sadech 1. generace se sleduje a hodnotí řada kritérií. V první řadě se jedná o sledování a evidenci uhynulých roubovanců, při kterém se stanovují i příčiny uhynutí. Dále je potřeba sledovat alespoň několik let fenologii kvetení a vlastnosti osiva. Jednorázově se posuzuje homogenita klonů. To se provádí např. pomocí genových markerů na reprezentativním vzorku klonů na základě jejich genetického screeningu. Vzhledem k částečné ovlivnitelnosti fenotypu prostředím nelze u semenných sadů založených právě jen z hlediska fenotypu očekávat přílišnou míru genetické odezvy. V takovém případě je pro zlepšení šlechtitelského efektu nutné získat o genetické kvalitě zastoupených klonů informace. Hlavním nástrojem k tomuto účelu je experimentální test potomstev klonů zastoupených v semenném sadu. Semenné sady 2. generace jsou potom šlechtitelské populace složené z nové výsadby právě těchto pozitivně ověřených klonů. V některých zemích, kde je šlechtění lesních dřevin na velmi vysoké úrovni, existují dokonce sady až 6. generace (IVANEK et al. 2010).

Ještě můžeme v praxi narazit na zvláštní semenné sady, které vznikly genetickou probírkou sadů 1. generace na základě jejich testovaných potomků, u kterých však známe jen matku. Tato potomstva nazýváme polosesterká. Takto vzniklé semenné sady jsou sady 1,5. generace (IVANEK et al. 2010).

3.4. Testování potomstev

Testování potomstev je ve šlechtění dřevin velmi důležité, především jako nástroj k identifikaci rodičů, kteří mají dobrou obecnou kombinační schopnost. Výběr rodičů na základě těchto testů je nazýván zpětnou selekcí (ERIKSSON et al. 2006).

Předmětem testování mohou být porosty uznané ke sklizni semenného materiálu, jednotlivé klony nebo celý semenný sad. Otestované klony se využívají při zakládání sadu vyšší generace, zatímco celé testované semenné sady nebo směsi klonů mohou sloužit k produkci testovaného reprodukčního materiálu (ŠINDELÁŘ 2004).

Hlavním cílem ověřování je získat více informací o vlastnostech ověřovaných populací a také o genetické proměnlivosti významných znaků, u smrku jde především o významné produkční znaky. Ověřování reprodukčního materiálu je základem následné selekce populací na genetické úrovni a také je důležité při formulaci návrhů pro zařazení nejhodnotnějších variant do kategorií testovaných zdrojů (FRÝDL et al. 2009). Jako zdroj reprodukčního materiálu se mohou brát semenné sady, porosty, klony, směsi klonů i rodičovské stromy, které vyhovují požadavkům pro uznání kvalifikovaného či selektovaného materiálu v případě, že byly jejich vlastnosti ověřeny srovnávacími či genetickými testy (PAŘÍZEK 2008).

K ověření zdrojů reprodukčního materiálu jsou využívány výzkumné plochy, které jsou dlouhodobě využívány. Plochy jsou zakládány tak, aby každá měla různé stanovištní podmínky (FRÝDL et al. 2009). Tyto plochy mohou být zakládány jak na lesních pozemcích, tak na území lesní školky či na nevyužívaných zemědělských pozemcích (KOBLIHA et al. 2012). Po vybrání vhodných ploch jsou na ně vysazována potomstva uznaných semenných porostů či sadů dle příslušných metodických principů (FRÝDL & ŠINDELÁŘ 2004).

Předmětem testování jsou tedy porosty, které jsou uznané ke sklizni semenného materiálu. Dále rodičovské stromy, ty se ověřují buď jako jednotlivé klony nebo samostatné zdroje reprodukčního materiálu a v neposlední řadě semenné sady, které se v lesním hospodářství považují za uznané jednotky specifického typu (ŠINDELÁŘ 2004).

V České republice byla v druhé polovině osmdesátých let založena série ověřovacích ploch pro smrk ztepilý s potomstvy porostů, které byly uznány jako zdroje semenného materiálu. Na základě hodnocení je možné posoudit jak hospodářskou hodnotu, tak doporučit rajonizaci vybraných dílčích populací. Stejným způsobem byly zakládány i další série ověřovacích ploch pro jiné dřeviny například pro modřín nebo borovici (FRÝDL et al. 2009).

3.4.1. Testování semenných sadů

U semenných sadů jsou testována generativní potomstva pěstována ze směsí osiva (jedno potomstvo reprezentuje příslušný sad) nebo potomstva jednotlivých klonů zastoupených v sadech. Potomstva semenných sadů se testují, aby se ověřilo, zda

zdědilo potomstvo mateřských stromů jejich geneticky podmíněné vlastnosti. Výsledkem tohoto testování je například uznání sadu jako zdroj reprodukčního materiálu, který může být použit na založení semenného sadu vyšší generace. Vybírají se tedy stromy pro novou generaci, to probíhá tak, že jsou vybrány nejlepší stromy z nejlepších rodin (KAŇÁK et al. 2008).

Testování jednotlivých klonů prostřednictvím hodnocení potomstev za účelem zakládání sadu vyšší generace můžeme provést dvěma způsoby. Buď se jedná o plnosesterská potomstva, která se získávají kontrolovaným křížením klonů. V tomto případě známe oba rodiče. Tato metoda je sice nejpřesnější, ale zase vyžaduje značnou pracnost a také je nepochybně nákladnější. V případě, že známe jen matku, tak se jedná o tzv. polosesterská potomstva. Tato potomstva se získávají z osiva vybraných ramet a slouží hlavně k odhadům obecných kombinačních schopností rodičovských stromů. Tato potomstva se nevyužívají k přímé selekci v rámci potomstva (KAŇÁK et al. 2008).

3.4.2. Konvenční testy potomstev

Šlechtění dřevin je charakteristické systematickými cykly pěstování, testování a výběru. To vše vyžaduje rozsáhlý monitoring a údržbu, protože šlechtění se zabývá na mnoha lokalitách mnohačetnými populacemi, kde je velké množství rodičů a jejich potomstev (EL-KASSABY et al. 2011).

Semenné sady 1. generace vytváří jedinci vybraní jen dle jejich fenotypu, proto je tyto jedince potřeba ještě ověřit testy potomstev, které se realizují v rámci dlouhodobého šlechtitelského programu (KOBLIHA et al. 2007). Cílem testů je zjistit, zda jsou vlastnosti, podle kterých byli tito jedinci vybráni geneticky podmíněné (KAŇÁK 2011). Po vyhodnocení těchto testů lze odhadovat šlechtitelské hodnoty rodičovských stromů pro zpětnou selekci a také šlechtitelské hodnoty potomků, kteří jsou určeni k výběru jedinců posléze použitých na zakládání semenných sadů 2. generace. Někdy jsou kombinovány oba postupy (KOBLIHA et al. 2007).

Sady vyšší generace lze zakládat v případě pozitivně testovaných plnosesterských potomstev. U polosesterských potomstev, která vznikla volným sprášením, je nutné nejdříve zrealizovat rekonstrukci rodokmenu a následně je pak možné z takto strukturované populace založit analogicky sad vyšší generace.

Na základě odhadu všeobecně kombinačních schopností z testů potomstev, lze v semenných sadech přistupovat k odstranění geneticky nevhodných jedinců (tzv. genetická probírka). U sadů 1. generace vzniká po této genetické probírce sad 1,5. generace, ovšem při více intenzivní genetické probírce dochází v některých případech i k podstatné redukci produkce semen (ERIKSSON et al. 2006).

V případě dřevin, které mají delší dobu obmýti nelze vyhodnocení testů potomstev provést v době dosažení jejich obmýti. Proto je považována za dostatečnou dobu pro dokončení těchto testů přibližně jedna třetina doby obmýti. To je stále poměrně dlouhá doba pro dosažení kvalitních výsledků. Vyhodnocování rodičů z pohledu jejich růstových vlastností je možno po cca 15 - 20 letech testování a pravděpodobnost významných chyb je malá. Dlouhodobý potenciál růstu se vyhodnocuje nejlépe z přírůstu, který je dosažen v posledních 5 - 10 letech (ERIKSSON et al. 2006).

3.4.3. Časné testy potomstev

Časnými testy jsou označovány zpravidla veškeré metody, které jsou orientované na zkoumání potomstev za účelem získání spíše orientačních nejčasnějších informací o budoucím pravděpodobném chování jedinců v pozdějších stádiích vývoje. Často jsou součástí obecného biosystematického zkoumání druhů a dílčích populací dřevin. Dalším využitím časných testů je i kontrola pravosti proveniencí osiva získaného ze semenářských závodů nebo jiných zdrojů (ŠINDELÁŘ 2004).

Pomocí časných testů lze zjistit růstové vlastnosti dřevin mnohem dříve a to již ve stadiu semen, kdy může být zjišťován podíl hluchých a klíčivých semen, velikost embrya, energie klíčení a klíčivost. Další pozorování může probíhat po výsevu ve stadiu semenáčků (ŠINDELÁŘ 2004).

Výhodou časných testů oproti těm konvenčním je, že je možno dosáhnout výsledků v mnohem kratší době. Naopak problémem časných testů je identifikace jednotlivých znaků nebo jejich kombinací na testovaném juvenilním materiálu, u kterého ke korelaci s hospodářsky důležitými znaky dochází až v dospělosti. Z těchto testů nebylo možné až do konce 20. století získat konzistentní výsledek. Silnější korelace znaků testovaného mladého a dospělého materiálu byla zjištěna jen v malém množství případů (ERIKSSON et al. 2006).

4. Metodika a materiál

Všechny tři zkoumané plochy jsou majetkem Vojenských lesů a statků ČR, s. p., divize Horní Planá. Tato oblast spadá do přírodní lesní oblasti (dále jen PLO) č. 13-Šumava. Plochy Špičák a U Malého jsou v lesním hospodářském celku (dále jen LHC) Horní Planá a plocha Brzotice je v LHC Chvalšiny.

Celková výměra LHC Horní planá je 5 293 ha a výměra LHC Chvalšiny je 6087 ha (VLS 2016).

4.1. Charakteristika PLO č. 13-Šumava

4.1.1. Hydrologické a klimatické poměry

Šumava je vodohospodářsky významná přírodní oblast pro četný počet pramenišť a rašelinišť. Prochází tudy hlavní evropské rozvodí mezi Severním a Černým mořem (ÚHÚL 2001).

Průměrný roční úhrn srážek se zde pohybuje od 645 mm do 1151 mm. Průměrná roční teplota je 3,7°C - 7,2°C. Nadmořská výška klimatických stanic je 483-1118 m (ÚHÚL 2001).

4.1.2. Geologické poměry

Severozápadní část je budována především svory, ve střední části oblasti převládají ruly a pararuly, ale významně je zde zastoupena i žula či granodiorit. U Lipenské přehrady, tedy ve východní části, jsou v malých pruzích krystalické vápence a amfibolity. Podél Vltavy se také vyskytují Fluviální písky a štěrky. Rozsáhlé jsou v této oblasti také rašeliny, buď údolní v luzích, nebo náhorní ve vrchovištích (ÚHÚL 2001).

4.1.3. Pedologické poměry

V PLO Šumava převažují vodou neovlivněné půdy (71,2%). Nejvýznamnější z těchto půd je kryptopodzol, humusový podzol a kambizem. Omezeně je zde zastoupen i ranker. Vodou ovlivněné půdy jsou v této oblasti především gleje, pseudogleje. Charakteristické jsou také organozemě (rašeliny). V minimální míře je zastoupena fluvizem (ÚHÚL 2001).

4.1.4. Lesní vegetační stupně

Dle ÚHÚL (2001) jsou zde zastoupeny lesní vegetační stupně od 5. do 9.

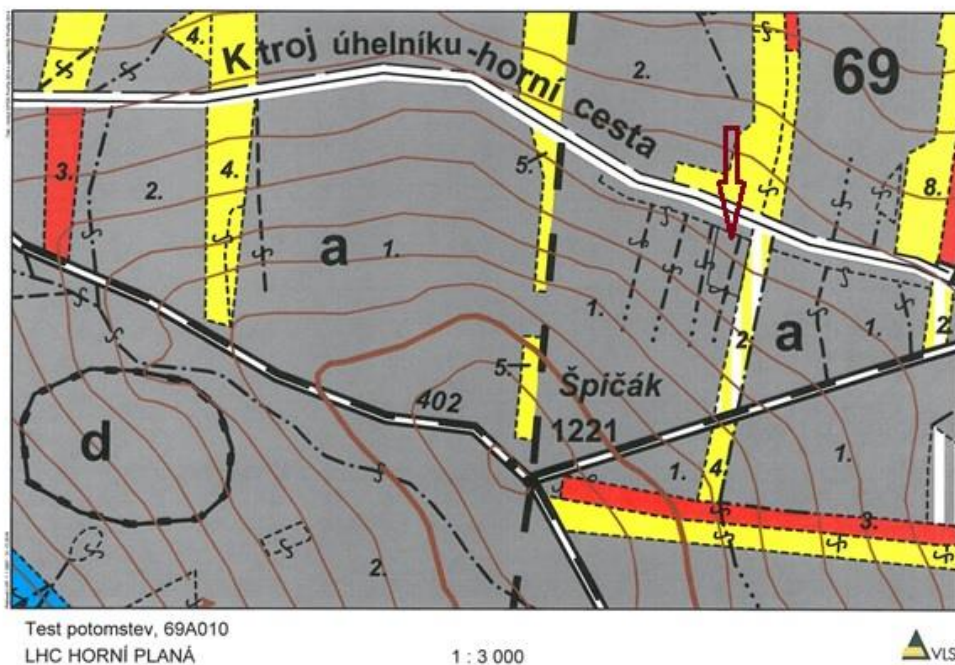
- 5. LVS jedlobukový (4,4 %)
- 6. LVS smrkobukový (56,5 %)
- 7. LVS bukosmrkový (29,2 %)
- 8. LVS smrkový (8,6 %)
- 9. LVS kleč (1,3 %)

4.2. Terénní práce

Jak již bylo zmíněno, terénní práce probíhaly na třech plochách. Na každé ploše bylo vysazeno 368 kusů sazenic smrku ztepilého z 23 potomstev. Od každého potomstva bylo tedy vysazeno 16 sazenic. Spon byl vždy 2 x 2 m.

Plocha Špičák

Plocha Špičák byla založena 19. 11. 2015. Zde vidíme umístění plochy v porostní mapě VLS (označeno červenou šipkou).



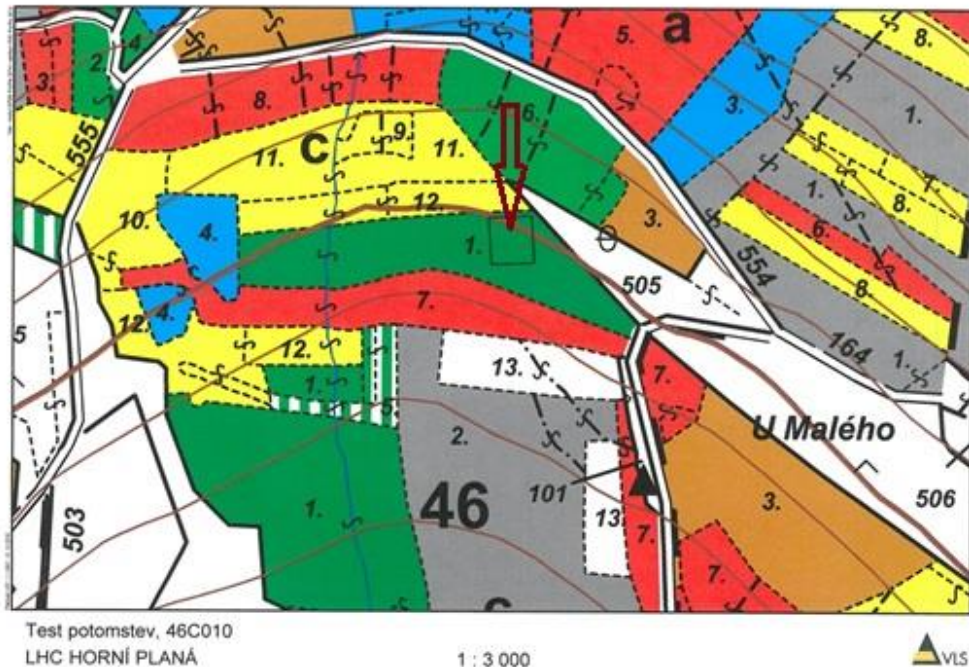
Obr. č. 2 - Umístění plochy Špičák

Tabulka 1 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše Špičák

LHC Horní		15 řad x 25															Špičák				JV				
SV	Planá	69 A 010							sloupců																
Ř/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38
2	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40
3	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44
4	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48
5	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70
6	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74
7	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76
8	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80
9	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86
10	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88
11	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90
12	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37
13	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39
14	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41
15	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91							

Plocha U Malého

Tato plocha byla založena 21. 11. 2015. Zde vidíme umístění plochy v porostní mapě VLS (označeno červenou šipkou).



Obr. č. 3 - Umístění plochy U Malého

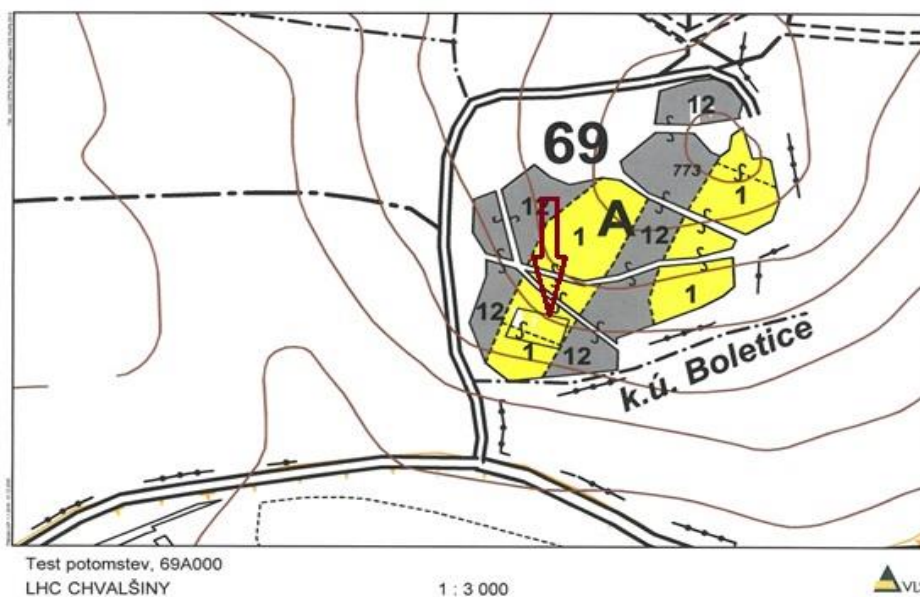
Tabulka 2 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše U Malého

LHC Horní		19 řad x 20														U Malého				SV		
SZ	Planá	46 C 010								sloupců												
Ř/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88		
2	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85		
3	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76		
4	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71		
5	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48		
6	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41		
7	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38		
8	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90		
9	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87		
10	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80		
11	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75		
12	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70		
13	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46		
14	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40		
15	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37		
16	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89		
17	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86		
18	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77		
19	80	85	86	87	88	89	90	91														

JZ JV

Plocha Brzotice

Plocha Brzotice byla založena 23. 11. 2015. Zde vidíme umístění plochy v porostní mapě VLS (označeno červenou šipkou).



Obr. č. 4 - Umístění plochy Brzotice

Tabulka 3 - Schéma výsadby testu potomstev smrku ztepilého na ploše Brzotice

SZ	15 řad x 25 sloupců															SV									
	LHC Chvalšiny 69 A 000							Brzotice																	
Ř/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38
2	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40
3	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44
4	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48
5	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70
6	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74
7	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76
8	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80
9	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86
10	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88
11	89	90	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90
12	91	37	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37
13	38	39	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39
14	40	41	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91	37	38	39	40	41
15	44	46	48	67	70	71	74	75	76	77	80	85	86	87	88	89	90	91							

Na všech plochách byly měřeny výšky sazenic, jejich tloušťky v krčku a také byla sledována mortalita sazenic.

Výška

K měření výšek byla použita výškoměrná lať s přesností na centimetry.

Tloušťka kořenového krčku

Při měření tloušťky kořenového krčku byl krček vždy důkladně odhalen, aby se předešlo zkreslení údajů. Pro měření kořenového krčku bylo použito elektronické posuvné měřítko s přesností na milimetry.

Mortalita

Dále byl okulárně hodnocen stav sazenic, především jestli nejsou sazenice uschlé nebo jiným způsobem poškozené. Také byla hodnocena jejich mortalita, všechny uhynulé sazenice byly zaznamenány.

Měření probíhalo ve dnech 29. 8. - 30. 8. 2016.

4.3. Zpracování dat

Následné zpracování dat probíhalo nejprve v programu Microsoft Excel, kam byla data přepsána. V tomto programu byly použity vzorce na zpracování popisné statistiky (aritmetické průměry a směrodatné odchylky). Pro lepší přehlednost byly z výsledků vytvořeny souhrnné tabulky a grafy. Pro další vyhodnocení dat byl použit program ASReml, který umožnil odhad heritability ve šlechtěné populaci s chybou odhadu a následně odhad všeobecných kombinačních schopností rodičovských stromů.

Vzorce použitých funkcí v programu Microsoft Excel

Aritmetický průměr:

Součet všech hodnot vydělený jejich celkovým počtem.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Směrodatná odchylka:

Je rovna odmocnině z rozptylu a udává, jak moc jsou hodnoty odchýleny od průměru hodnot.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

ASReml

ASReml je statistický program vyvinutý v devadesátých letech minulého století. REML (*Residual Maximum Likelihood*) je metoda residuální maximální věrohodnosti. Pracuje s využitím smíšených lineárních modelů a je schopen odhadovat komponenty rozptylu. Program pro své výpočty používá rozsáhlé kovariantní matice, které jsou schopny zahrnout jak pevné fixní efekty, tak i náhodné efekty, které mají obvykle normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a konstantním rozptylem. Také je pomocí definování auto-korelací schopen pro konkrétní plochy vylišit s velkou přesností jejich prostorovou proměnlivost. Na rozdíl od jiných metod smíšený lineární

model umožňuje analyzovat data, kde se vyskytuje korelace mezi jednotlivými pozorováními a dokáže do modelu zahrnout i chybějící pozorování, což je jedna z jeho největších výhod. Díky všem těmto funkcím je velmi využíván v mnoha oborech (BURGUEÑO et al. 2000).

Rovnice pro lineární smíšený model

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{g} + \mathbf{e} \quad E \begin{bmatrix} \mathbf{g} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad Var \begin{bmatrix} \mathbf{g} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix}$$

\mathbf{X} - prostorová matice pro fixní efekty

$\boldsymbol{\beta}$ - vektor neznámých parametrů fixních efektů

\mathbf{Z} - prostorová matice pro náhodné efekty

\mathbf{g} - vektor neznámých parametrů náhodných efektů

\mathbf{e} - vektor neznámých nezávislých reziduí

\mathbf{G} - matice rozptyl/kovariance pro vektor náhodných efektů \mathbf{g}

\mathbf{R} - matice rozptyl/kovariance pro vektor reziduí \mathbf{e}

Rovnice pro smíšený lineární model

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{b} + \mathbf{Z}_2\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

\mathbf{y} - výsledný vektor

$\boldsymbol{\beta}$ - vektor fixních efektů

\mathbf{b} - vektor náhodných prostorových efektů

\mathbf{s} - vektor náhodných efektů z křížení (v této práci s ním nebylo pracováno)

\mathbf{e} - vektor neznámých nezávislých reziduí

\mathbf{X}, \mathbf{Z} - matice pro výpočty

Pro vyhodnocení dat byl použit tzv. parental (rodičovský) model, který je schopný pracovat s daty i v případě, že je znám pouze jeden rodič (v případě této práce jeden rodičovský strom) (SALVADOR & PATRICIO 2014).

Vzorec pro heritabilitu

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

h^2 - heritabilita v užším smyslu

V_A - aditivní genetický rozptyl

V_P - fenotypový rozptyl znaku

Heritabilita (dědivost) udává do jaké míry je závislá hodnota znaků na genotypu jedince a do jaké míry je konečný fenotyp výsledkem působení vnějších vlivů. Může nabývat hodnot 0-1, kdy 0 znamená, že je fenotyp zcela závislý na působení vnějších vlivů a 1 znamená, že je naopak zcela závislý na genetické informaci (ERIKSSON et al. 2001).

Rovnice pro odhad všeobecných kombinačních schopností

$$\hat{\mathbf{g}} = \hat{\mathbf{GZ}}' \hat{\mathbf{V}}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})$$

$\hat{\mathbf{g}}$ - vektor pro předpovědi náhodných efektů

$\hat{\mathbf{GZ}}$ - kovarianční matice mezi pozorovanými a náhodnými efekty

$\hat{\mathbf{V}}$ - kovarianční matice pro pozorování

$(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})$ - oprava individuálního pozorování pevných vlivů

Všeobecné kombinační schopnosti byly odhadnuty z vektoru náhodných efektů pomocí metody BLUP (*best linear unbiased predictors*) neboli nejlepší lineární nezkreslená předpověď. Výsledné hodnoty v této práci jsou vyjádřeny jako odchylky od průměru daného znaku. Přepočet na jednotky měřeného znaku není pro účely porovnání rodičovských stromů nutný.

5. Výsledky

5.1. Popisná statistika

Tabulka 4 - Celkové průměry a směrodatné odchylky na jednotlivých plochách

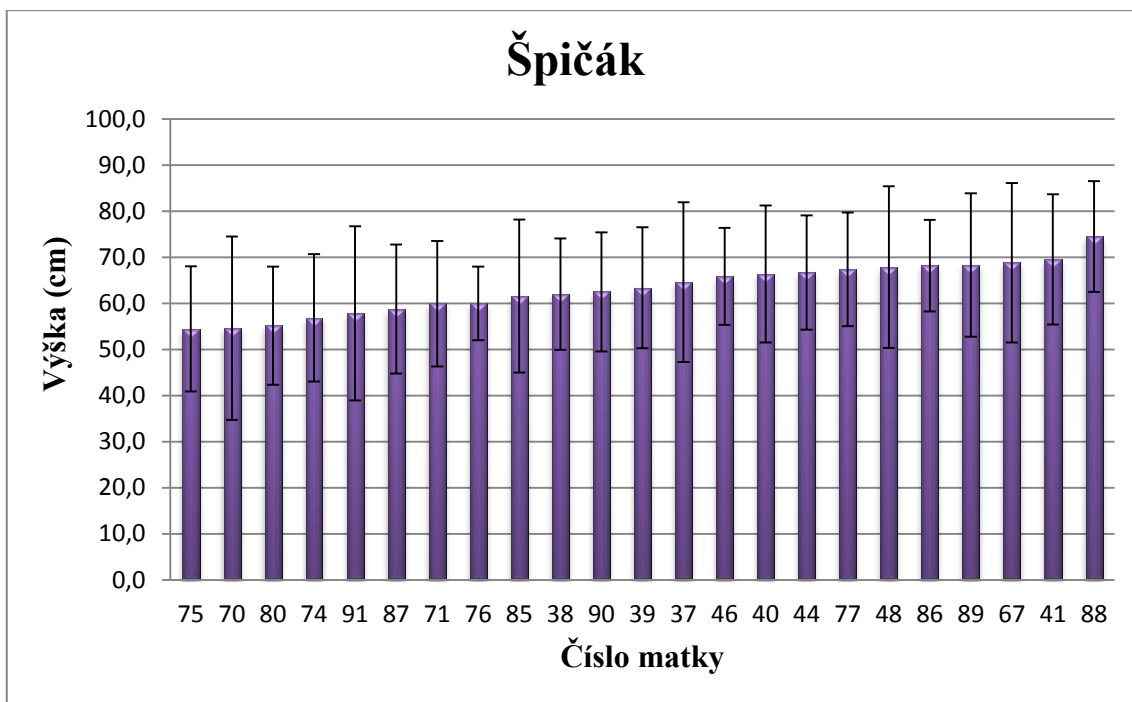
Špičák	výška (cm)	tloušťka kořenového krčku (mm)
celk. průměr	63,38	10,48
celk. směr. odchylka	14,89	2,82
U Malého	-	-
celk. průměr	62,53	10,45
celk. směr. odchylka	13,22	1,89
Brzotice	-	-
celk. průměr	60,06	10,15
celk. směr. odchylka	12,19	1,48

V tabulce výše vidíme výsledky celkových průměrů a směrodatných odchylek výšek a tloušťek na jednotlivých plochách. Nejvyšší průměrná výška i tloušťka sazenic byla naměřena na ploše Špičák, naopak nejnižší výsledky byly zjištěny na ploše Brzotice. Také směrodatné odchylky byly zjištěny největší na ploše Špičák a nejmenší na ploše Brzotice.

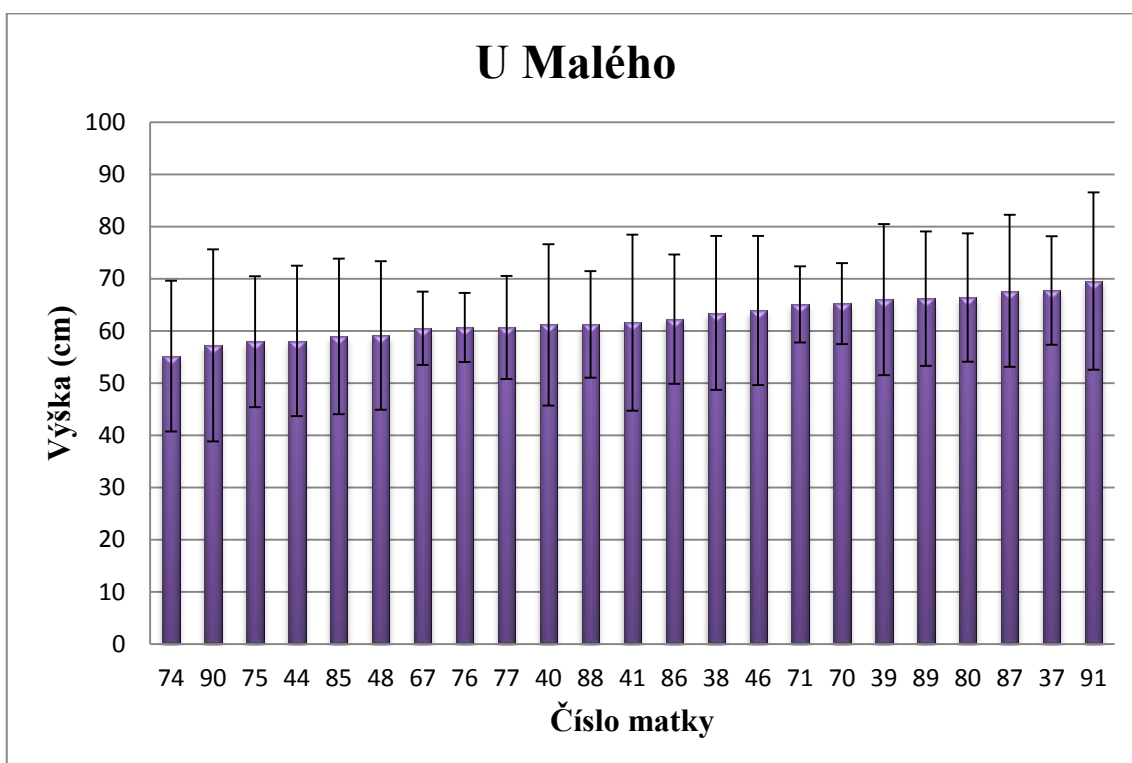
Tabulka 5 - Mortalita na jednotlivých plochách

MORTALITA	Mrtvých kusů	-	%
Špičák	19	0,1	5,2
U Malého	21	0,1	5,7
Brzotice	4	0,0	1,1

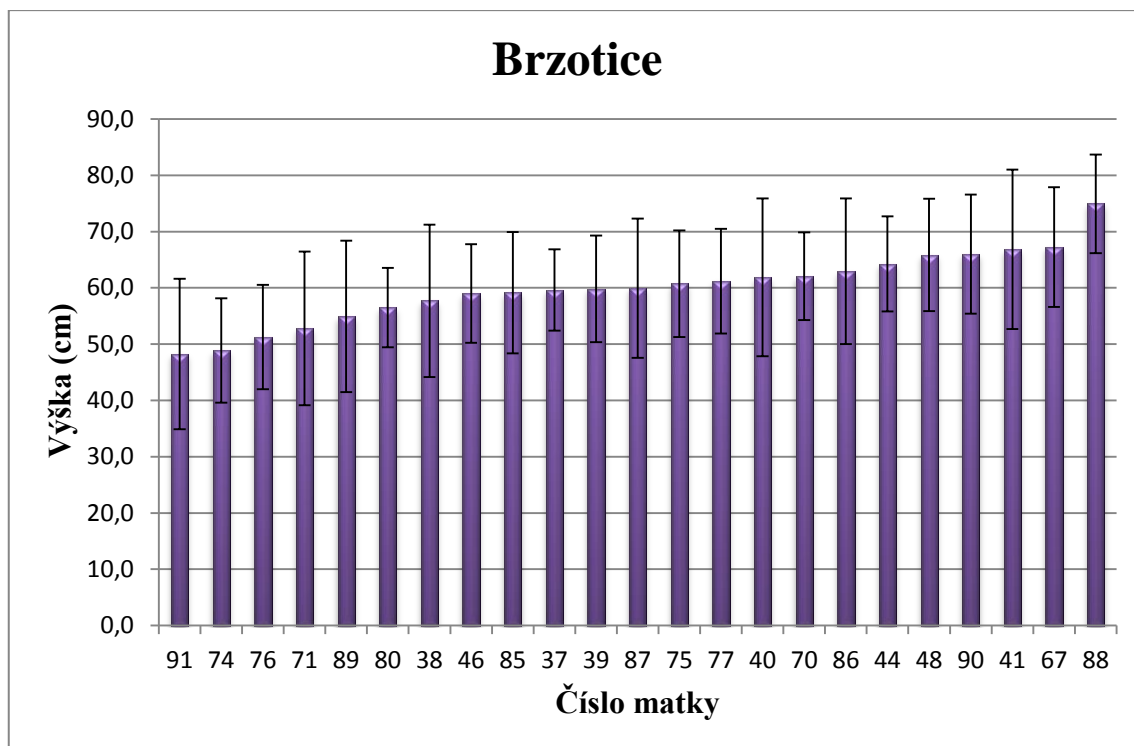
V tabulce vidíme počty uhynulých sazenic. Nejnižší úmrtnost byla na ploše Brzotice, kde byla mortalita jen 1,1 %, uhynuly pouze 4 kusy. Nejvíce uhynulých sazenic (21) bylo zaznamenáno na ploše U Malého, mortalita zde byla 5,7 %. Na ploše Špičák byla zjištěna mortalita 5,2 %, bylo zde nalezeno 19 uhynulých sazenic.



Graf č. 1 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše Špičák se zobrazenými směrodatnými odchylkami



Graf č. 2 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše U Malého se zobrazenými směrodatnými odchylkami



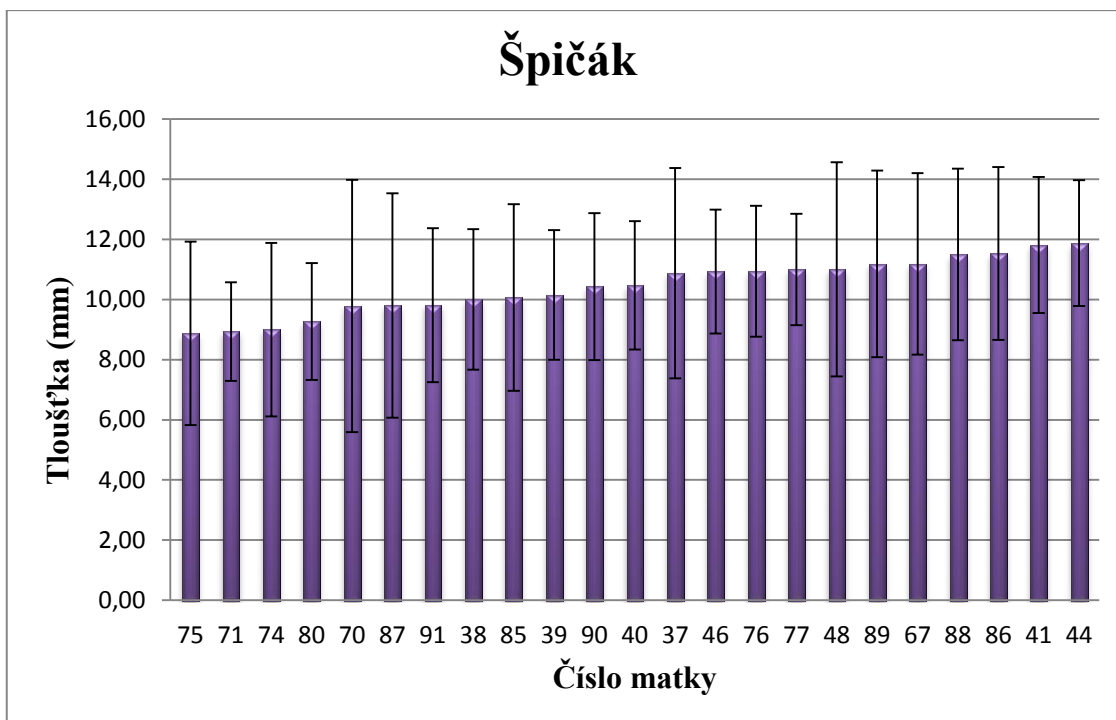
Graf č. 3 - Průměry výšek jednotlivých rodin na ploše Brzotice se zobrazenými směrodatnými odchylkami

Na grafech uvedených výše vidíme naměřené průměrné hodnoty výšek sazenic. Výšky byly měřeny v centimetrech. Pro přehlednost jsou seřazeny vzestupně od nejnižších po nejvyšší. Pro každou rodinu je zobrazena směrodatná odchylka.

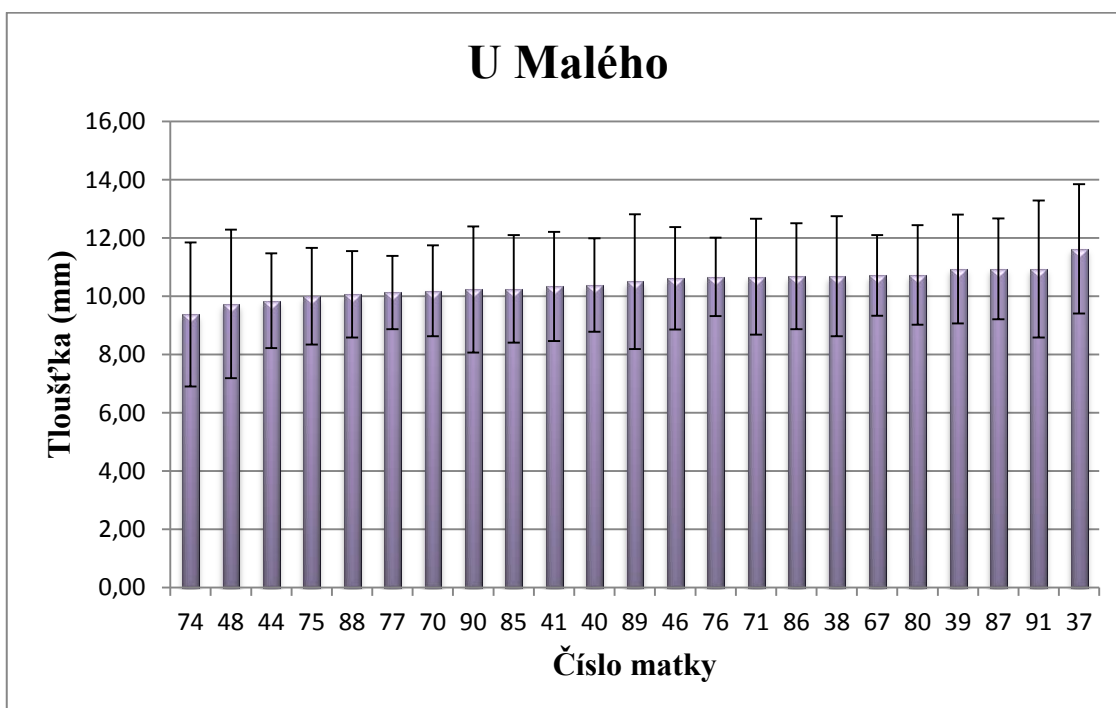
Na ploše Špičák nejvyšších hodnot dosahuje rodina č. 88 (přes 70 cm), o něco nižších hodnot pak dosahují rodiny č. 41 a č. 67 (69,6 cm a 68,8 cm). Naopak nejnižších výšek dosahuje rodina č. 75 a č. 70 (54,5 cm a 54,6 cm), dále rodina č. 80 (55,2 cm).

Na ploše U Malého nejvyšších hodnot dosahuje rodina č. 91 (69,5 cm) a o něco menších hodnot dosahují rodiny č. 37 a č. 87 (67,7 cm a 67,8 cm). Nejnižší výška byla naměřena u rodiny č. 74 (55,2 cm) a dále č. 90 a č. 75 (57,2 cm a 58 cm).

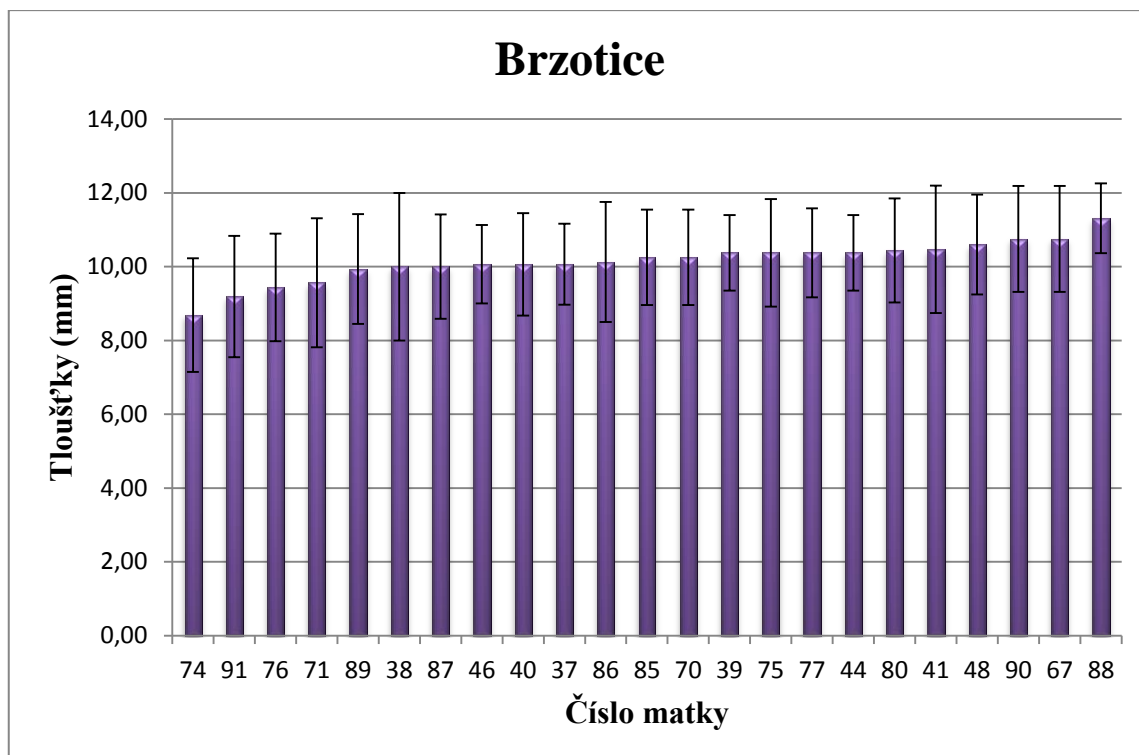
Na ploše Brzotice dosáhla opět nejvyšších hodnot rodina č. 88 (74,9 cm), poté rodiny č. 67 a č. 41 (67,3 cm a 66,9 cm). Nejnižších výšek dosahuje rodina č. 91 (48,3 cm) a č. 74 (48,9 cm). Mírně přes 50 cm byly naměřeny výšky u rodiny č. 76.



Graf č. 4 - Průměry tlouštěk jednotlivých rodin na ploše Špičák se zobrazenými směrodatnými odchylkami



Graf č. 5 - Průměry tlouštěk jednotlivých rodin na ploše U Malého se zobrazenými směrodatnými odchylkami



Graf č. 6 - Průměry tlouštěk jednotlivých rodin na ploše Brzotice se zobrazenými směrodatnými odchylkami

Na grafech uvedených výše vidíme naměřené průměrné hodnoty tlouštěk kořenového krčku sazenic. Tloušťky byly měřeny v milimetrech. Pro přehlednost jsou seřazeny vzestupně od nejnižších po nejvyšší. Pro každou rodinu je zobrazena směrodatná odchylka.

Na ploše Špičák nejvyšších hodnot dosahuje rodina č. 44 (11,88 mm), o něco nižších hodnot pak dosahují rodiny č. 41 a č. 86 (11,81 mm a 11,53 mm). Naopak nejnižších tlouštěk dosahuje rodina č. 75 a č. 71 (8,88 mm a 8,93 mm) dále rodina č. 74 (9,00 mm).

Na ploše U Malého nejvyšších hodnot dosahuje rodina č. 37 (11,63 mm) a o něco menších hodnot dosahují rodiny č. 91 a č. 87 (69,56 mm a 67,69 mm). Nejnižší tloušťka byla naměřena u rodiny č. 74 (9,38 mm) a dále č. 48 a č. 44 (9,73 mm a 9,85 mm).

Na ploše Brzotice dosáhla nejvyšších hodnot rodina č. 88 (11,31 mm), poté rodiny č. 67 a č. 90 (10,75 mm a 10,75 mm). Nejnižších tlouštěk dosahuje rodina č. 74 (8,69 mm) a dále č. 91 (9,19 mm) a č. 76 (9,44 mm).

5.2. ASReml

5.2.1. Vyhodnocení modelem I

Model I byl použit pro vyhodnocení tloušťky a výšky. Tento model hodnotil data ze všech ploch dohromady.

Tloušťka

```
ID
site !I
mom !I
column
row
H
diam

!path 1
diam ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4
```

Výstup 1 - Model I (path 1) pro tloušťku, vstupní data

Na prvním výstupu z programu ASReml vidíme vstupní data použitá pro vyhodnocení tloušťky modelem I. Je to ID jedince, číslo rodiče, v tomto případě se jedná o polosesterská potomstva, tudíž číslo matky, souřadnice jedince na ploše, tloušťka.

```

- - - Results from analysis of diam - - -

Source          Model terms      Gamma      Component  Comp/SE
% C
mom             23      23  0.245750E-01  0.108917    1.76
0 P
Variance       1104    1056  1.000000      4.43203    22.74
0 P

          Wald F statistics
Source of Variation      NumDF      F-inc
8 mu                    1          12017.60
2 site                  2           2.62

2 site
Solution      Standard Error      T-value      T-prev
2 -0.170391E-01  0.159771          -0.11
3 -0.320257      0.157757          -2.03      -1.92
8 mu
1 10.4706        0.132069          79.28
3 mom                23 effects fitted
9 mv_estimates       45 effects fitted

```

```

- - - Results from analysis of diam - - -

1 mom             0.108917
2 Variance        4.43203
3 addvar 1        0.43567      0.24786
4 resvar1 2       4.4320      0.19492
5 phenvar 1       4.5409      0.20047
herit = addvar   3/resvar1  4=      0.0983  0.0564

```

Výstup 2 - Výsledky pro tloušťku z modelu I, výsledek heritability a chyba odhadu pro tloušťku

V horní části výstupu vidíme komponentu matky (0,108917) a residuálního rozptylu (4,43203), které byly použity pro výpočet heritability. Ta je znázorněna tučně ve spodní části a vyšla pro tloušťku 0,0983 se standardní chybou 0,0564.

```

=== === Residual statistics for diam model I ===

*
*
** *
** *
** *
** *
** * *
** ** *
* ** ** *
** *** ** ****
** *** ** ****
** *****
** *****
** ** *****
* ** *****
** *****

```

Výstup 3 - Rozdělení reziduí pro tloušťku

Rozdělení reziduí by mělo mít tvar normálního rozdělení, což je předpokladem pro další testování.

Výška

```
ID
site !I
mom !I
column
row
H
diam

!path 1
H ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4
```

Výstup 4 - Model I (path 1) pro výšku, vstupní data

Na tomto výstupu jsou vidět opět vstupní data, tentokrát pro výšku. Je to opět ID sazenic, číslo matky, souřadnice jedince a výška.

```
- - - Results from analysis of H - - -
```

Source	Model	terms	Gamma	Component	Comp/SE
% C					
mom	23	23	0.491196E-01	8.49586	2.30
0 P					
Variance	1104	1056	1.000000	172.963	22.74
0 P					

Source of Variation	Wald	F	statistics
	NumDF		F-inc
8 mu	1		7205.47
2 site	2		6.02

	Solution	Standard Error	T-value	T-prev
2 site				
	2 -0.796737	0.998207	-0.80	
	3 -3.27037	0.985589	-3.32	-2.50
8 mu				
	1 63.3467	0.930268	68.10	
3 mom				
			23 effects fitted	
9 mv_estimates				
			45 effects fitted	


```
- - - Results from analysis of H - - -
```

1 mom		8.49586		
2 Variance		172.963		
3 addvar 1		33.983	14.762	
4 resvar1 2		172.96	7.6065	
5 phenvar 1		181.46	8.3067	
herit	= addvar	3/resvar1	4=	<u>0.1965</u> <u>0.0862</u>

Výstup 5 - Výsledky pro výšku z modelu I, výsledky heritability a chyba odhadu pro výšku

Stejně jako v případě výstupu pro tloušťku jsou zde vidět v horní části komponenty matky (8,49586) a residuálního rozptylu (172,963). Ve spodní části výsledná heritabilita, která pro výšku činí 0,1965 a standardní chyba 0,0862.

```

=== === Residual statistics for H model I ===
*
*
**
** **
** **
** **
* *****
* *****
* ***** *
* ***** *
* * ***** *
* * ***** *
** *****
***** *
* *****
**** ** *****

```

Výstup 6 - Rozložení reziduí pro výšku

Z tohoto výstupu je patné, že rozložení reziduí pro výšku má tvar normálního rozdělení.

5.2.2. Vyhodnocení modelem II

Model II byl použit pouze pro vyhodnocení výšky a na rozdíl od modelu I hodnotil data pro každé stanoviště individuálně.

Výška

```

ID
site !I
mom !I
column
row
H
diam

!path 2
H ~ mu site mv !r mom
3 1 0
368 0 IDEN !S2=208
368 0 IDEN !S2=184
368 0 IDEN !S2=128

```

Výstup 7 - Model II (path 2) pro výšku, vstupní data

Na výstupu 7 vidíme vstupní data použitá pro model II. Je to ID jedince, stanoviště, číslo matky, souřadnice jedince na ploše a výška.

- - - Results from analysis of H - - -

Source	Model	terms	Gamma	Component	Comp/SE
% C					
Residual	1104	1056			
mom	23	23	10.3300	10.3300	2.45
0 P					
Variance	0	0	207.699	207.699	13.03
0 P					
Variance	0	0	183.988	183.988	12.85
0 P					
Variance	0	0	128.094	128.094	13.02
0 P					

Source of Variation	Wald F statistics	
	NumDF	F-inc
8 mu	1	6281.29
2 site	2	6.70

	Solution	Standard Error	T-value	T-prev
2 site				
	2 -0.783660	1.06199	-0.74	
	3 -3.26761	0.973489	-3.36	-2.64
8 mu				
	1 63.3439	1.02207	61.98	
3 mom				
			23 effects fitted	
9 mv_estimates				
			45 effects fitted	

Výstup 8 - Výsledky z modelu II pro výšku

Na výstupu výše je vidět komponenta matky (10,3300) a komponenty reziduálních rozptylů jednotlivých ploch. Plocha Špičák (207,699), U Malého (183,988), Brzotice (128,094).

=== === Residual statistics for H model II ===

Plocha 1 Špičák

```

          *
         **
        *** *
       * *** *
      * ***** *
     * * ***** *
    ***** ***** **
   ***** ***** *
  * ***** *
 * *** * ** ***** *
* *** * ** ***** *
```

Plocha 2 U Malého

```

      * **
     * ** *
    ** ** **
   ***** ** *
  * ***** *
 * ***** *
* * *****
* * ***** *****
** ***** *
 * **** ***** *
* ** ***** ***** *
```

Plocha 3 Brzotice

```

          * * *
         * * * * *
        * ** ** *
       * ** ***** **
      * ** ***** *
     ** ***** **
    *** ***** ** *
   *** ** ***** *
  * * ***** *****
 * * * ***** ***** *
```

Výstup 9 - Rozložení reziduí výšek (model II) pro jednotlivá stanoviště

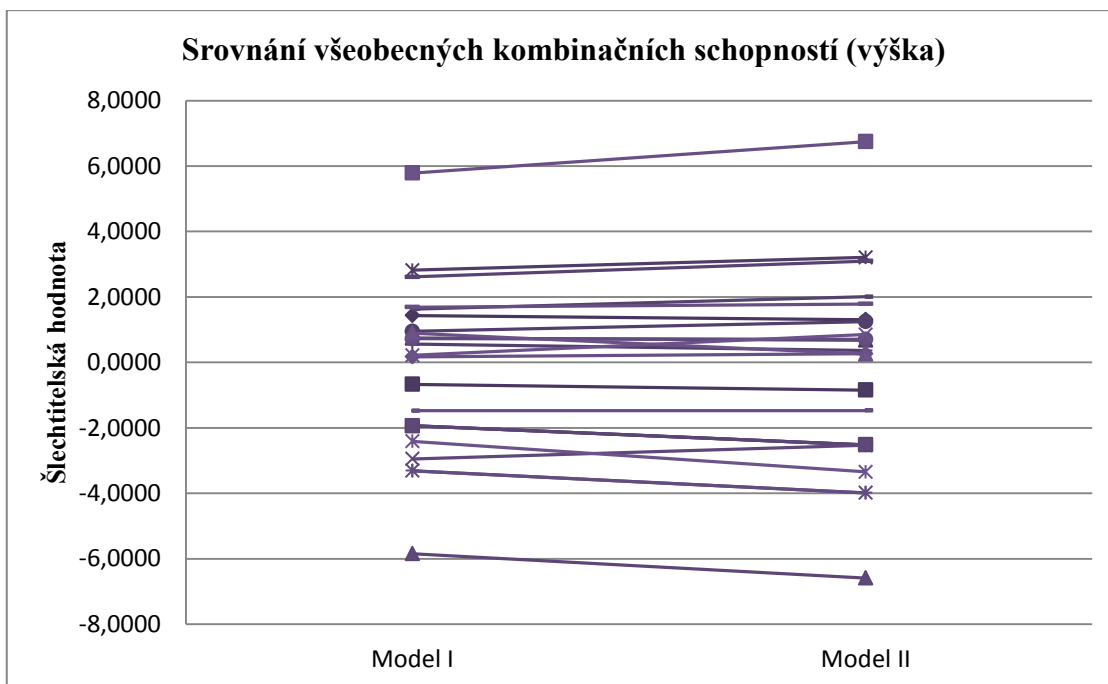
Na tomto výstupu jsou vidět rozložení reziduí na jednotlivých stanovištích, která mají opět normální rozdělení.

5.2.3. Porovnání modelů

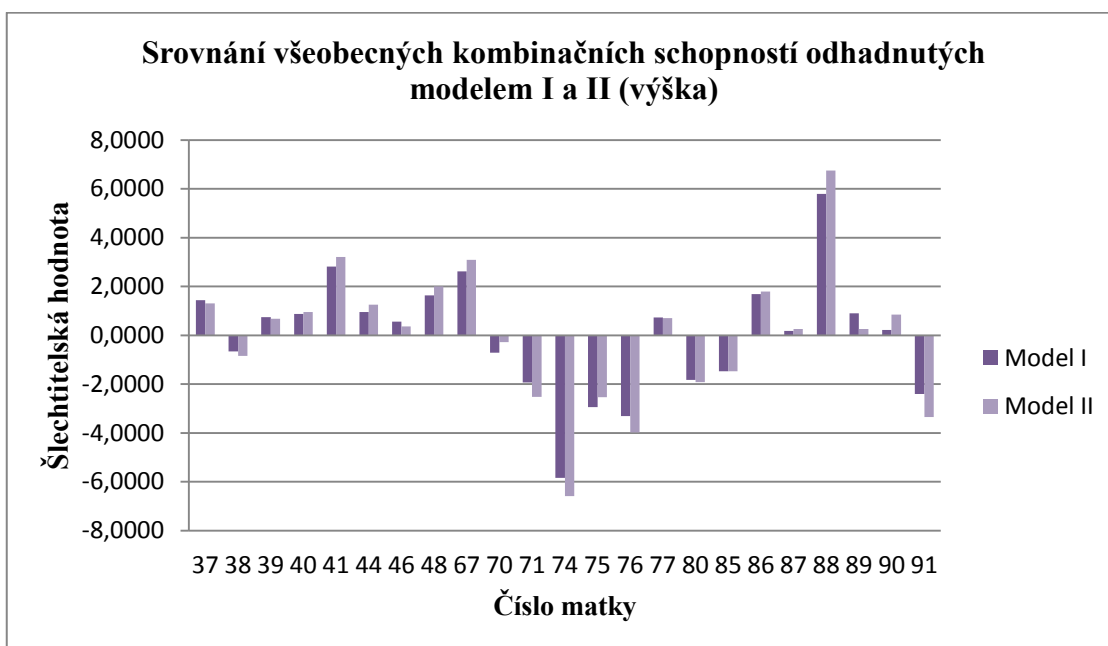
Tabulka 6 - Srovnání výsledných všeobecných kombinačních schopností a chyb odhadu pro výšku z modelů I a II

Model I - výška			Model II - výška		
ID	Všeobec. komb. sch.	chyba odhadu	ID	Všeobec. komb. sch.	chyba odhadu
88	5,785	1,671	88	6,745	1,712
41	2,819	1,692	41	3,211	1,737
67	2,615	1,692	67	3,096	1,732
86	1,689	1,681	48	2,007	1,737
48	1,628	1,692	86	1,788	1,721
37	1,433	1,681	37	1,308	1,727
44	0,9499	1,703	44	1,251	1,743
89	0,8983	1,681	40	0,949	1,752
40	0,8768	1,714	90	0,8517	1,762
39	0,7462	1,714	77	0,7058	1,721
77	0,7242	1,681	39	0,6834	1,75
46	0,5647	1,725	46	0,3648	1,762
90	0,2174	1,725	87	0,2635	1,721
87	0,1749	1,681	89	0,2539	1,727
38	-0,6666	1,671	70	-0,2779	1,73
70	-0,7064	1,692	38	-0,8442	1,712
85	-1,473	1,681	85	-1,47	1,721
80	-1,834	1,692	80	-1,922	1,731
71	-1,933	1,703	71	-2,518	1,74
91	-2,407	1,671	75	-2,533	1,732
75	-2,946	1,692	91	-3,343	1,712
76	-3,311	1,681	76	-3,982	1,722
74	-5,845	1,692	74	-6,587	1,73

V tabulce výše jsou vidět výsledné všeobecné kombinační schopnosti a k nim příslušné chyby odhadu pro výšku z modelů I a II. Hodnoty jsou seřazeny od nejlepší po nejhorší. Nejvyšší všeobecnou kombinační schopnost z obou modelů má rodina č. 88. Z modelu I 5,785 s chybou odhadu 1,671 a z modelu II 6,745 s chybou odhadu 1,712. Naopak nejhůře na tom je rodina č. 74, které z modelu I vyšla hodnota -5,845 s chybou odhadu 1,692 a z modelu II 6,587 s chybou odhadu 1,73.

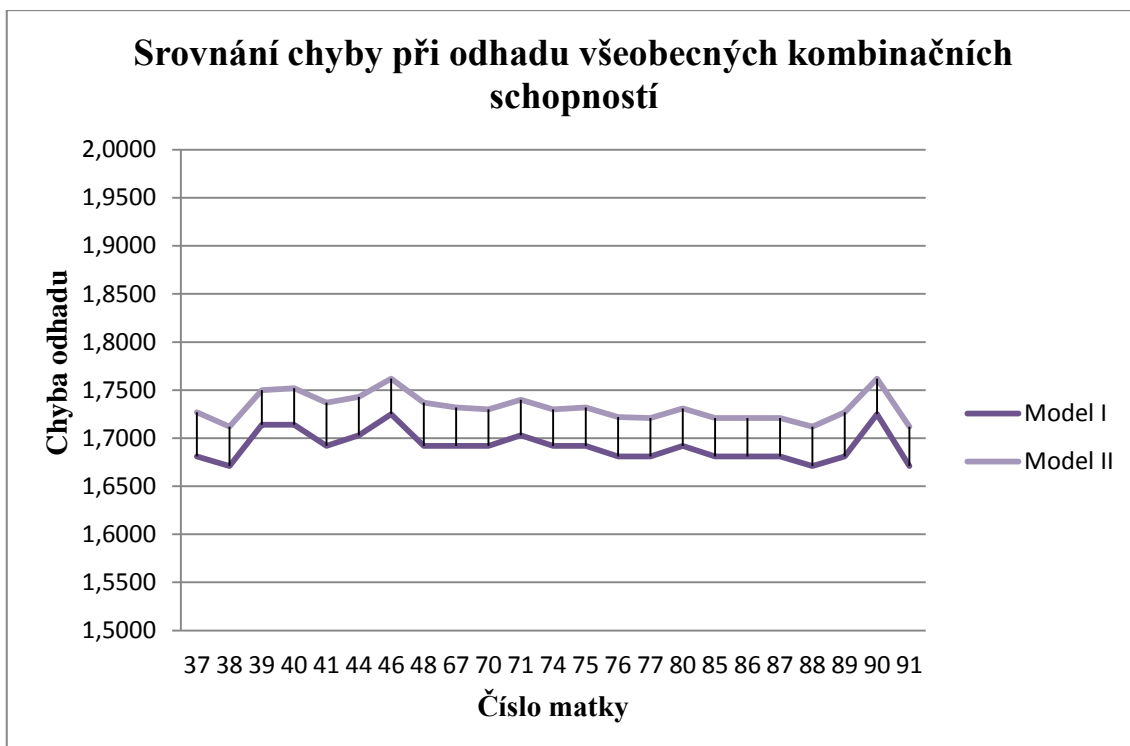


Graf č. 7 - Srovnání všeobecných kombinačních schopností modelem I a II



Graf č. 8 - Srovnání všeobecných kombinačních schopností z modelu I a II

V grafu č. 8 jsou znázorněny odhadnuté všeobecné kombinační schopnosti z obou modelů. Tmavě fialová barva znázorňuje model I a světle fialová model II. Z grafu je zřejmé, že výsledné hodnoty obou modelů se od sebe nijak zásadně neliší.



Graf č. 9 - Srovnání chyby odhadu při vyhodnocení všeobecných kombinačních schopností

Na grafu č. 9 je znázorněno srovnání chyby odhadu z modelu I a II. Tmavě fialová barva znázorňuje model I a světle fialová model II. Křivky modelů se shodují.

6. Diskuze

Popisná statistika

Z výsledků v tabulce č. 4 je patrné, že jednotlivé průměry výšek a tloušťek se od sebe příliš neliší. To by mohlo být způsobeno tím, že všechna stanoviště mají podobné podmínky k růstu. Přesto je na tom v tomto ohledu nejlépe plocha Špičák, kde je celková průměrná výška 63,38 cm, také tloušťka v kořenovém krčku zde byla největší a to 10,48 mm. Naopak nejmenší celková průměrná výška (60,06 cm) i tloušťka (10,15 mm) byla zjištěna na ploše Brzotice. Dál jsou v této tabulce vidět zjištěné směrodatné odchylky, nejvyšší pro výšku i tloušťku byla také na ploše Špičák, což značí, že je na této ploše nejvyšší výšková i tloušťková diference. Směrodatná odchylka pro výšku zde je (14,89) a pro tloušťku (2,82). To by mohlo být způsobeno tím, že tato plocha byla nejméně homogenní. Nejmenší směrodatná odchylka jak pro výšku, tak pro tloušťku byla na ploše Brzotice. Tato plocha se zdála být nejvíce homogenní, což bude pravděpodobně příčina těchto výsledků.

V grafech č. 1 - 3 jsou zobrazené průměrné výšky jednotlivých rodin, které jsou seřazené od nejnižších po nejvyšší. Na plochách Špičák a Brzotice dosahuje nevyšších hodnot rodina č. 88, na ploše U Malého dosahuje tato rodina průměrných hodnot. Na grafech č. 4 - 6 jsou zobrazeny průměrné tloušťky rodin. Tam dosahuje rodina č. 88 nejvyšších hodnot pouze na ploše Brzotice. Na ploše Špičák má stále poměrně vysokou hodnotu, ovšem na ploše U Malého dosahuje podprůměrných hodnot. Tyto výkyvy mohou být způsobeny například horším stavem sazenic při výsadbě na ploše U Malého, nebo místními podmínkami.

Mortalita

V tabulce č. 5 vidíme počty uhynulých sazenic. Nejvyšší mortalita byla zaznamenána na ploše U Malého. K usychání sazenic může docházet z mnoha důvodů. Jedním z nich by mohl být špatný stav sazenic či nevhodně zvolená výsadba. Ovšem pravděpodobnějším důvodem je, že tato plocha byla nejvíce prosvětlená, což vede k většímu nárůstu buřeně a tudíž k většímu zástinu sazenic a také k větší konkurenci o živiny. Růst některých jedinců byl tedy potlačen buřením a slabší z nich nebyly schopni

tento stres zvládnout. Nejnižší mortalita byla na ploše Brzotice, kde byly nalezeny pouze 4 uhynulé sazenice.

ASReml

Za pomoci modelu I byla odhadnuta heritabilita pro výšku i tloušťku kořenového krčku. Přesto, že se tvar rozložení reziduí pro tloušťku přibližuje tvaru typického Gaussova zvonu, je patrné, že tvar není zcela ideální (viz výstup č. 3). Komponenty matky (aditivní genetický rozptyl daný příslušností k rodičovskému stromu) a residuálního rozptylu pro tento model vyšly poměrně rozdílné. Heritabilitu tento model sice byl schopen odhadnout, nicméně vyšla nízká s velkou chybou odhadu, tudíž tato hodnota nemůže být brána jako zcela relevantní. Konkrétně vyšla heritabilita pro tloušťku 0,0983 se standardní chybou odhadu 0,0564. Heritabilita pro tloušťku byla takto vyhodnocena pravděpodobně kvůli nízkému věku sazenic. Pro výšku byla heritabilita vyhodnocena s výslednou hodnotou (0,1965) s chybou odhadu 0,0862, což odpovídá obecnému trendu pro daný znak. Z důvodu, že odhadnutá heritabilita pro tloušťku byla v tomto případě nevýznamná, byla modelem II dále testována pouze výška. Z výsledků vyhodnocených modelem II pro výšku je patrné, že komponenty residuálního rozptylu vyšly poměrně odlišné, což nám říká, že plochy se od sebe sice liší, ne však zcela zásadně. Toto tvrzení potvrzují i předešlé výsledky z popisné statistiky a tvar rozdělení reziduí (viz výstup č. 9), který je pro každou plochu poněkud jiný.

KARLSSON & HOGBERG (1998) testovali ve Švédsku také smrk ztepilý. Jejich výzkum byl proveden na 5 plochách s tím, že na každé ploše bylo 311 klonů. Klony byly 11 let staré. Autoři hodnotili heritabilitu pro výšku zvlášť na každé ploše, výsledná heritabilita se pohybovala v rozmezí od 0,08 do 0,34. Její průměrná hodnota byla tudíž 0,21. Dalším autorem, který se zabýval testováním smrku ztepilého je HYLEN (1997). Jeho výzkum probíhal tentokrát v Norsku. Testování potomstev bylo zaměřeno zejména na hustotu dřeva, ale i na výšku a tloušťku. Do jeho výzkumu bylo zahrnuto 47 rodin na 4 plochách. Věk smrků byl 28 let. Heritabilita pro výšku mu vyšla 0,29 se standardní chybou 0,14, kterou uvádí jako poměrně vysokou. Heritabilita pro tloušťku v této konkrétní studii vyšla 0,04 s chybou 0,08, což lze podobně jako v této práci považovat za statisticky nevýznamný výsledek.

V předchozím odstavci jsou popsány výsledky dalších autorů zabývajících se testováním potomstev smrku ztepilého. Při srovnání údajů autorů uvedených v předchozím odstavci s výsledky této práce bylo zjištěno, že odhadnuté heritability pro výšku se od sebe poměrně liší. To by mohlo být způsobeno především velkými věkovými rozdíly měřených stromů.

Z tabulky č. 5 je patrné, že nejvyšší hodnoty všeobecné kombinační schopnosti jak pro výšku, tak pro tloušťku dosahuje rodina č. 88. V této tabulce je vidět, že posloupnost rodin od nejvyšší po nejnižší se od sebe liší pouze minimálně. První tři a poslední dvě rodiny mají stejné pořadí v obou případech a ostatní jsou maximálně místně prohozeny o několik pozic. Tyto hodnoty jsou graficky znázorněny v grafu č. 7, nicméně zde jsou pro větší přehlednost seřazena data podle čísla matky. V grafu č. 8 jsou opět podle čísla matky vyneseny chyby odhadu z obou modelů. Je patrné, že křivky se velice přesně kopírují, i když chyby odhadu z modelu I jsou o něco nižší. Z předchozí věty lze vyvodit tvrzení, že výsledné hodnoty z modelu I jsou přesnější než z modelu II.

Ideální věk pro sběr dat

HANNERZ et al. (1999) publikoval článek, ve kterém se mimo jiné zabýval testováním potomstev smrku ztepilého na území Švédska. Do experimentu vstupovala data z 201 rodičovských stromů ze tří semenných sadů. Testovány byly stromy staré 9 - 14 let. Výsledná heritabilita se pohybovala od 0,05 do 0,47. ENTZER et al. (1989) se zabýval ve svém článku trendy vývoje genetických parametrů a jejich vzájemnou korelací na klonech ve věku 1 - 10 let. Testy probíhaly na 75 klonech smrku ztepilého. Bylo zkoumáno více parametrů včetně výšky a tloušťky. Výška byla měřena 7x ve věku od 1 do 10 let. Tloušťka byla měřena pouze v 10 letech. Heritabilita pro výšku byla v prvním roce poměrně vysoká, poté začala klesat a ustálila se již ve třech letech. Genetické korelace mezi znaky pro výšku byly poměrně velké, díky čemuž by byla efektivní selekce možná již ve věku 4 let.

Sběr dat pro tuto práci byl proveden na potomstvu starém 3 roky, což je poměrně nízký věk. Při srovnávání věku sběru dat uváděného autory zmíněnými v této práci se dá usuzovat, že optimální věk pro sběr dat a následné testy potomstev se pohybuje přibližně kolem 10 let. Pouze ENTZER et al. (1989) uvádí, že vhodný věk pro testování potomstev by mohl být již ve 4 letech.

Návrh dalšího postupu pro testy potomstev

Při zohlednění odhadu optimálního věku pro testy potomstev u smrku ztepilého, by mohl být navržen postup pro následné měření a testy potomstev v budoucnosti takto:

Příští měření by mělo proběhnout v roce 2023, což je 8 let od výsadby sazenic. Věk potomstva na ploše v této době bude tedy přibližně 10 let. Poté by pro zpřesnění výsledků mělo měření a následné testování potomstev probíhat přibližně každých pět let až do věku cca 30 let.

7. Závěr

Cílem této práce bylo získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizi Horní Planá. V literární rešerši byla detailně rozebrána problematika testování potomstev a v další části diplomové práce byla provedena analýza získaných dat s pomocí několika statistických metod a programu ASReml. Pro vyhodnocení dat programem ASReml byly použity dva modely.

Heritabilita byla odhadnuta zvlášť pro výšku a pro tloušťku pomocí modelu I. Pro tloušťku v současném věku byla vyhodnocena s příliš vysokou chybou odhadu, tudíž byla považována ve výzkumu za nevýznamnou a dále se s ní již nepracovalo.

Poté byly odhadnuty všeobecné kombinační schopnosti pro každou rodinu (rodičovský strom) u znaku výška. Tyto hodnoty by mohly v budoucnosti sloužit k výběru nej kvalitnějších klonů (případně k výběru jedinců při genetické probírce) v semenném sadu. Tento sad byl založen paralelně s testovacími výsadbami, jsou v něm tedy roubovanci ze stejných rodičovských stromů.

Kvůli poměrně nízkému věku sazenic se bohužel nedají považovat vyhodnocené všeobecné kombinační schopnosti ani odhad heritability za zcela relevantní a konečné. Z výsledků lze objektivně vyvodit momentálně pouze to, že některé rodičovské stromy mají dobrý potenciál, nicméně pro přesnější data pro testy potomstev je třeba provést více měření, zejména v pozdějším věku (10 - 20 let).

8. Literatura

- BILIR, N., PRESCHER, F., LINDGREN, D., KROON, J.,** 2008: Variation in cone and seed characters in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*. *New Forest*, roč. 36, č. 2: 187 – 199 s.
- BURGUENO, J., CADENA, A., CROSSA, J., BANZIGER, B., GILMOUR, A. R., CULLIS, B. R.,** 2000: User's Guide for Analysis of Field Variete Trials Using ASReml. Mexico, D.F., CIMMYT
- DIVÍŠEK, J., CULEK, M., JIROUŠEK, M.,** 2010: Smrk ztepilý (*Picea abies* L., Karst.). Dostupné z: <http://is.muni.cz>
- EL-KASSABY Y. A., ASKEW, G. R.,** 1998: Seed orchards and their genetics. In: *Forest genetics and tree breeding*, chap. 6 103-111. Mandalna A.K., Gibson G.L. (eds.). CBS Publisher and Distributors. New Delhi
- EL-KASSABY, Y. A., CAPP, E. P., LIEWLAKSANEEYANAWIN, CH., KLÁPŠTĚ, J., LSTIBŮREK, M., INGVARSSON, P. K.,** 2011: Breeding without breeding: Is a complete pedigree necessary for efficient breeding?. *PLOS ONE*, roč. 6, č. 10, 1 -11 s.
- ENTZER, B. G., FOSTER, G. S., HELLBERG, A. R., PODZORSKI, A. C.,** 1989: Trends in genetic and environmental parameters, genetic correlations, and response to indirect selection for 10-year volume in a Norway spruce clonal experiment. *Canadian Journal of Forest Research*, 19 (7): 897 - 903 s.
- ERIKSSON G., EKBERG I., CLAPHAM, D.,** 2001: An introduction to forest genetics. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU
- ERIKSSON, G., EKBERG, I., CLAPHAM, D.,** 2006: An introduction to Forest Genetics. 187 s.
- FEILBERG, J., SOEGAARD, B.,** 1975: Historical review of seed orchards. *Forestry Comm. Bull.*, roč. 54.
- FÉR, F., POKORNÝ, J.,** 1993: *Lesnická dendrologie – Jehličnany*. Lesnická fakulta, Praha: 131 s.
- FRÝDL, J., ŠINDELÁŘ, J.,** 2004: Šlechtění a introdukce v ekologicky orientovaném LH. *Nakladatelství a vydavatelství, Lesnická práce*, č. 2, Kostelec nad Černými lesy

- FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., ČÁP, J., BURIÁNEK, V.,** 2009: Metodické postupy ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin v České republice. Lesnický průvodce, č. 12, Strnady: 60 s.
- HAJNALA, M.,** 2007: Šlechtění a reprodukce třešně ptačí (*Prunus avium* L.). Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha.
- HANNERZ, M., SENESSON, J., EKBERG, I.,** 1999: Genetic correlations between growth and growth rhythm observed in a short-term test and performance in long-term field trials of Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 29 (6): 768 – 778 s.
- HRDLIČKA, O.,** 1996: Přírodní výběr a školky. *Lesu zdar* 8: 2 – 3 s.
- HYLEN, G.,** 1996: Genetic Variation of Wood Density and its Relationship with Growth Traits in Young Norway Spruce. Frankfurt.
- HYNEK, V.,** 1992: Šlechtění smrku ztepilého z imisně výrazně zatížených oblastí Čech. *Lesnictví* 38: 929 – 940 s.
- HYNEK, V.,** 2004: Breeding programmes of Norway spruce *Picea abies* (L.) in the Czech Republic. *Dendrobiology* 51: 17 – 21 s.
- HYNEK, V., HURIÁNEK, V., BENEDÍKOVÁ, M., FRÝDL, J., KAŇÁK, J.,** 1997: Výběrové stromy a porosty uznané pro sběr osiva: základní kritéria. VÚLHM, Jíloviště – Strnady: 51 s.
- IVANEK, O., NOVOTNÝ, P., FRÝDL, J.,** 2010: Metodika zakládání semenných sadů 1,5. generace. *Lesnický průvodce*, č. 7, Strnady: 9 - 10 s.
- JANEČEK, V.,** 2006: Novošlechtění jedle (*Abies spp.*). Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha.
- KANG, K.S.,** 2001: Genetic gain and gene diversity of seed orchard crops. Doctor's dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology.
- KANTOR, J., POSPÍŠIL, J.,** 1983: Šlechtění lesních dřevin, Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno: 133 s.
- KAŇÁK, J.,** 2005: Lesnická genetika-současný stav perspektivy u nás a ve světě, In: Převážně dubové hospodaření na permokarbonské pánvi západočeské pahorkatiny. Upraveno pro potřeby celostátního semináře ČLS zaměřeno na hospodaření v genových základnách a semenných sadech. (4.10.2005), Plasy: 44 – 48 s.

- KAŇÁK, J.**, 2011: Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha. Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin.
- KAŇÁK, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., ČÁP, J.**, 2008: Metodika zakládání semenných sadů. Lesnický průvodce, č. 9, Strnady: 9 - 14 s.
- KARLSSON, B., HOGBERG, K.A.**, 1997: Genotypic parameters and clone x site interaction in clone tests of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). The forestry research Institute of Sweden, Sweden: 5 (1): 21 -30 s.
- KINDLMANN, P., MATĚJKA, K., DOLEŽAL, P.**, 2012: Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. Karolinum, Praha: 322 s.
- KLÁPŠTĚ, J.**, 2008: Návrh šlechtitelského programu pro posázavský smrk. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha. Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin.
- KLÁPŠTĚ, J., KORECKÝ, J., LSTIBŮREK, M., KOBLIHA, J.**, 2012: Moderní šlechtitelské metody v lesnictví. Lesnická práce, roč. 91, č. 10/12
- KOBLIHA, J., KLÁPŠTĚ, J., LSTIBŮREK, M.**, 2007: Význam lesní genetiky a šlechtění ve vztahu ke kvalitě reprodukčního materiálu ve Švédsku a v ČR. Kvalita reprodukčního materiálu lesních dřevin: sborník příspěvků, Strážnice: 18 – 19 s.
- KOBLIHA, J., LSTIBŮREK, M., HYNEK, V., KLÁPŠTĚ, J., STEJSKAL, J.**, 2012: Metodika testů potomstev lesních dřevin pro zakládání semených sadů 2. generace, Certifikovaná metodika.
- KŘÍSTEK, Š., ŽARNÍK, M.**, 2007: Aktuální versus přirozené rozšíření smrku ztepilého. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/aktualni-versus-prirozene-rozsireni-smrku-ztepileho-v-cr>
- LI, B., McKEAND, S., WEIR, R.**, 2000: Impact of forest genetics on sustainable forestry – results from two cycles of loblolly pine breeding in the US. Journal of sustainable forestry, č. 10, 79 – 85 s.
- LINDGREN, D.**, 2007: Proseedings of seed orchard conference. Umea, 26. – 28. September.
- LSTIBŮREK, M.**, 2006: Objektivizace počtu klonů v semenných sadech. Semenné sady jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu – minulost, současnost a budoucnost: sborník příspěvků, Bzenec: 11 s.

- MALÁ, J., CVRČKOVÁ, H., MÁCHOVÁ, P., ŠÍMA, P., 1999:** Využití mikropropagace při záchraně cenných populací ušlechtilých listnatých dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, č. 04, Jíloviště-Strnady
- MALÁ, J., CVRČKOVÁ, H., MÁCHOVÁ, P., ŠÍMA, P., 2010:** Biotechnologie v lesním hospodářství a šlechtění. Lesnická práce, roč. 89, č 8/10
- MÍCHAL, I., 1983:** Dynamika přírodního lesa II. Živa: 2
- MORIGUCHI, Y., PRESCHER, F., LINDGREN, D., 2008:** Optimum lifetime for Swedish *Picea abies* seed orchards. New Forest, roč. 35, č. 2: 147 – 157 s.
- MUSIL, I., 2003:** Lesnická dendrologie I: Jehličnaté dřeviny. ČZU, LF, Praha: 177 s.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J., 2007:** Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin. Academia, Praha: 352 s.
- MUSIL, J., NOVÁK, P., ŠEFL, J., 2007:** Semenné sady v České republice – In: Sarvaš, M., Sušková, M.: Aktuální problémy lesního školkářstva, semenářstva a umelej obnovy lesa 2007. Zborník referátov z medzinárodného seminára, 27. – 28. Marcha 2007, Liptovský Ján.
- NAMKOONG, G., 1988:** Tree breeding: Principles and strategies. Springer – Verlag. New York.
- PAŘÍZEK, M., 2014:** Zakládání semenných sadů. Krytokořenný sadební materiál: sborník příspěvků, Otradovice: 55 – 61 s.
- PAULE, L., 1992:** Genetika a šľachtenie lesných drevín. Príroda, Bratislava: 304 s.
- PODRÁZSKÝ, V., 1999:** Ekologie lesa: Dynamika a management lesních ekosystémů I. Česká zemědělská univerzita, Praha: 86 s.
- POSPÍŠIL, J., KOBLIHA, J., 1988:** Šlechtění lesních dřevin. Vysoká škola zemědělská, Brno: 135 s.
- RAMBOUSEK, J., 2003:** Semenné sady lesních dřevin v České republice. Lesnická práce, roč. 82, č. 01/03
- SALVADOR, A. G., PATRICIO, R. M., 2014:** Analysis of Experiments using ASReml with emphasis on breeding trials.
- ŠIMEK, J., 1993:** Přirozená obnova smrku. Ministerstvo zemědělství, Tábor: 55 s.
- ŠINDELÁŘ, J., 1992:** Základní principy šlechtitelských programů pro hospodářsky významné lesní dřeviny jehličnaté. VÚLHM, Lesnický průvodce, č. 1, 1 - 9 s.
- ŠINDELÁŘ, J., 2004:** Výzkumné provenienční a jiné šlechtitelské plochy v lesním hospodářství České republiky. VÚLHM, Lesnický průvodce, č. 2, 80 s.

- ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., et al., 2001:** Dřeviny České republiky. Matice lesnická, Písek: 333 s.
- ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., TICHÁ, S., KOBLÍŽEK, J., 2009:** Dřeviny České republiky. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy: 365 – 367 s.
- ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ (ÚHÚL), 2001:** Textová část oblastního plánu rozvoje lesa, přírodní lesní oblast č. 13., Šumava. Brandýs nad Labem, Dostupné z: http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO13-Sumava.pdf
- VLS, 2016:** Předběžná zpráva pro obnovu LHP na LHC Horní Planá (2017 – 2026), dostupné z: <https://www.vls.cz/media/downloadables/predbezna-zprava-lhc-horni-plana.pdf>
- VONDRÁKOVÁ, Z., ELIÁŠOVÁ, K., FISCHEROVÁ, L., VÁGNER, M., 2015:** Somatická embryogeneze jehličnanů. Ústav experimentální botaniky, Akademie věd České republiky, Praha 2-3 s.
- ZOBEL, B., TALBERT, J., 1984:** Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, New York: 505 s.

9. Seznam příloh

Příloha 1 - Plocha Špičák, vlastní foto: 2016.....	1
Příloha 2 - Plocha U Malého, vlastní foto: 2016.....	1
Příloha 3 - Plocha Brzotice, vlastní foto: 2016.....	2
Příloha 4 - Semenný sad smrku ztepilého, založen ze stejných rodičovských stromů jako testovací plochy, autor: Ing. Jan Stejskal, Ph.D.: 2015.....	2



Příloha 1 - Plocha Špičák, vlastní foto: 2016



Příloha 2 - Plocha U Malého, vlastní foto: 2016



Příloha 3 - Plocha Brzotice, vlastní foto: 2016



Příloha 4 - Semenný sad smrku ztepilého, založen ze stejných rodičovských stromů jako testovací plochy, autor: Ing. Jan Stejskal, Ph.D.: 2015