

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

KATEDRA DENDROLOGIE A ŠLECHTĚNÍ LESNÍCH DŘEVIN



DISERTAČNÍ PRÁCE

Mezidruhová hybridizace v rámci rodu *Abies*

Autor: Ing. Jan Stejskal

Obor: Dendrologie a šlechtění lesních dřevin



Školitel: Prof. Ing. Jaroslav Koblíha, CSc.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně pod odborným vedením školitele a s využitím citovaných literárních pramenů.

V praze dne 15. května 2011

Jan Stejskal

Poděkování:

Chtěl bych na tomto místě poděkovat všem, kdo mi pomáhali a podporovali mě při zpracovávání disertační práce. Prof. Ing. Jaroslavu Koblihovi, CSc. za vedení v průběhu celého studia. Všem kolegům z katedry dendrologie a šlechtění lesních dřevin za pomoc, podporu a cenné rady. Mé rodině a přátelům za zázemí, pomoc a toleranci.

Obsah:

1. ÚVOD.....	1
2. CÍL PRÁCE.....	4
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	5
3.1 Taxonomický přehled a charakteristika rodu Abies.....	5
3.2 Biologie a ekologie vybraných druhů jedlí využitých jako druhů rodičovských v rámci mezidruhových hybridizací	10
3.3 Problematika ústupu jedle bělokoré ve střední Evropě a možnosti řešení tohoto problému.....	20
3.4 Činitele ohrožující jedli Fraserovu na přirozených stanovištích a na plantážích vánočních stromků	25
3.5 Mezidruhová hybridizace a její uplatnění v rámci rodu Abies.....	28
3.6 Spontánní hybridy jedle	34
3.6.1 <i>Spontánní hybridy mediteránních oblastí Evropy.....</i>	34
3.6.2 <i>Spontánní hybridy severní Ameriky</i>	36
3.6.3 <i>Spontánní hybridy Asie.....</i>	39
3.7 Umělé hybridy jedle.....	40
3.8 Heterózní efekt - průvodní jev mezidruhové hybridizace lesních dřevin	42
3.9 Přežívání a vitalita mezidruhových hybridů jedlí	48
4. MATERIÁL A METODY.....	52
4.2.1 <i>Srovnávací výsadba potomstev spontánních hybridů na ŠLP v Kostelci n. Č. l.....</i>	55
4.3.1 <i>Popis aktivit a metodických postupů 2006 - 2011</i>	60
5. VÝSLEDKY	65
6. DISKUZE.....	82
7. ZÁVĚR	91

8. SOUHRN	93
9. SUMMARY	95
10. LITERATURA	97
11. PŘÍLOHY	114

1. Úvod

Jedle bělokora (*Abies alba* Mill.) byla do nedávné doby jednou z našich nejvýznamnějších lesních dřevin. V důsledku jejího dlouhodobého ústupu pod vlivem měnících se ekologických podmínek její zastoupení významně pokleslo, stejně jako vitalita stromů přežívajících lokálních populací. Přitom jedle jako jediná lesní dřevina může svými produkčními schopnostmi předstihnout smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karsten) a navíc se vyznačuje mimořádným ekologickým a estetickým významem.

Dnes je známo více názorů a hypotéz vysvětlujících odumírání jedle bělokora v našich lesích počínaje od ekologických faktorů až po genetický fenomén, který je vysvětlován jako důsledek stupňující se inbrední deprese autochtonních populací jedle bělokora (Vincent et Kantor 1971; Arbez et al. 1990; Fady 1995). Řešení v tomto směru přináší introdukce cizokrajných druhů jedlí (Benčať 1982) a využití domácí jedle bělokora v hybridizačním procesu s exotickými druhy jedlí (Korpeľ et al 1982). Rod *Abies* s 49 druhy a přibližně 126 doposud známými mezidruhovými hybridy názorně ukazuje význam a potencionální možnosti mezidruhové hybridizace ve šlechtění lesních dřevin, a to i v případě jedle bělokora (Greguss 1995). Všeobecně se konstatuje, že rozsáhlá vzájemná křížitelnost mezi zástupci rodu *Abies* je výsledkem jejich vysoké genetické příbuznosti odvislé od specifického způsobu speciace (Klaehn et Winienski 1963). Díky tomu se mezidruhová hybridizace jako šlechtitelská metoda stává neobyčejně účinným nástrojem při získávání hybridů s biologicky anebo komerčně výhodnými vlastnostmi. Na počátku to byl heterózní charakter potomstev projevující se ve zrychleném růstu hybridů oproti rodičovským druhům, který působil jako významný stimulační faktor pro rozvoj mezidruhové hybridizace jedlí. Z početných hybridů tohoto typu lze uvést především mezidruhového hybridu severoamerických druhů *A. concolor* x *A. grandis*, jehož heterózní charakter zmiňuje již Larsen (1934). Také lze uvést hybridy *A. veitchii* x *A. alba* a *A. concolor* x *A. cephalonica* (Rohmeder 1961; Rohmeder et Eisenhut 1961), kteří taktéž vykazují výrazné projevy heterózního růstu. Kromě fenoménu heteroze se mnohé hybridy ukázaly velmi slibnými také z hlediska jejich rezistence vůči chorobám a nepříznivým klimatickým faktorům, včetně odolnosti proti znečištěnému prostředí (Klaehn et Winienski 1963; Mergen et al. 1964). Hybridní formy *A. borisii-regis* (*A. alba* x *A. cephalonica*), *A. bornmülleriana* (*A. cephalonica* x *A. nordmanniana*) se například doporučují jako možná náhrada za odumírající jedli bělokora, jejíž ústup z lesů střední Evropy se připisuje také její citlivosti na znečištěné ovzduší. Od jedlových hybridů lze v této souvislosti

očekávat vyšší toleranci nejen k různým známým stresujícím faktorům, včetně imisní zátěže, ale i k případným důsledkům změn ekologických podmínek způsobených oteplováním klimatu. Vzhledem k velké rychlosti procesu změn ekologických podmínek se nelze z populačně genetického hlediska spoléhat pouze na postupnou adaptaci domácí jedle bělokoré. Při náhlých změnách trvá genetické přizpůsobení domácích populací na bázi selekčních a mutačních procesů minimálně 10 generací, ale i mnohem déle. V tomto případě mohou sehrát svou roli introdukce cizokrajných druhů jedlí adaptovaných na srovnatelné podmínky a jejich intenzivní šlechtění využívající mezidruhovou hybridizaci s následnou selekcí a reprodukcí. Speciálně pak např. mediteránní druhy jedlí, jejichž hybridy s jedlí bělokorou mohou být významným přínosem při řešení aktuálního problému hrozícího globálního oteplování. V současnosti jsou to zejména mediteránní druhy *A. pinsapo* a *A. numidica*, které se vyznačují nejvyšším indexem aridity (suchovzdornosti) (Aussenac, 2002) a které se poměrně dobře kříží s jedlí bělokorou (Kantor et Chira 1972; Kormuťák 1986; Kormuťák 2004; Paule et al. 1988; Greguss 1995). Otázka vhodnosti dalších mezidruhových hybridů pro imisně zatížené lokality, resp. pro nové klimatické podmínky zůstává otevřená. Její řešení závisí na bližším poznání jejich odolnostního potenciálu, rezistence a na experimentálním ověření jejich vlastností pro konkrétní podmínky prostředí. Kromě významných praktických přínosů mezidruhové hybridizace je vhodné připomenout i teoretickou rovinu poznání. V tomto směru byly na základě hybridologických pokusů získány podrobnější znalosti o jednotlivých druzích a jejich vzájemných vztazích, které přispěly k lepšímu pochopení principů vnitrodruhové a mezidruhové hybridizace dřevin.

V USA je současný zájem o exotické druhy a mezidruhovou hybridizaci spojený především se zájmy pěstitelů vánočních stromků. V Severní Karolíně se pěstitelský průmysl opírá o produkci jedle Fraserovy (*Abies fraseri*), jejíž plantáže se nacházejí v hornaté západní části státu. Na tento druh je přímo vázáno 98% z ročního příjmu pěstitelů, který v tomto státě činí 100 mil. \$. Podle Moodyho (2007) představuje *A. fraseri* v Avery County 67% celé zemědělské produkce regionu, kde se ročně vyprodukuje až milion vánočních stromků. Mnozí farmáři tedy považují *A. fraseri* za naprosto prioritní druh. Výzkumná práce North Carolina State University je logicky zaměřena stejným směrem. Na této univerzitě probíhá intenzivní populačně-genetický výzkum nezbytný pro záchranu mizejících přirozených populací *A. fraseri* a konzervaci současných genových zdrojů. Hlavním limitujícím faktorem pro samotnou existenci plantáží vánočních stromků jedle Fraserovy je její náchylnost ke kořenové hnilobě rodu *Phytophthora*.

V podmínkách Severní Karolíny jde především o druh *Phytophthora cinnamomi*, který se šíří většinou v souvislosti s lokálním zamokřením či v terénních prohlubeninách. Po infikaci lokality nelze nadále na daném místě tento druh jedle vůbec pěstovat. Ve státě Severní Karolína tak farmáři přicházejí ročně o více než 1,5 milionu dolarů. Zatímco při pěstování kontejnerovaných sazenic je možná chemická ochrana, na plantážích jsou tato opatření vždy pouze dočasná a navíc velmi nákladná. Silně zasažené výsadby tak většinou musí být zcela opuštěny, což zasahuje samotnou podstatu a trvalou udržitelnost pěstitelského cyklu vánočních stromků Fraserovy jedle v daném regionu (Frampton 2005). Problém je řešen maloplošně pomocí roubování na rezistentní podnože (*Abies firma*) či introdukcí dalších druhů jedle, na které však konzervativní farmáři reagují problematicky. Tým NCSU testoval rezistenci 32 druhů jedlí z celého světa se zajímavými výsledky. Druhem s nejvyšší mírou rezistence byla v tomto testu *A. firma*, která však nemá estetické vlastnosti nutné pro komerční vánoční stromek. Mediteránní druhy jedlí vykazovaly poměrně vysokou míru rezistence (viz. kapitola 3.4), což inspirovalo myšlenku na jejich hybridizaci s *Abies fraseri*.

Tato práce byla od počátku provázána s řešením projektu založeného na dvoustranné mezinárodní spolupráci mezi ČR a USA, která je z české strany dotačně podpořena MŠMT ČR v rámci programu KONTAKT. V tomto případě jde o konkrétní spolupráci mezi ČZU v Praze (odpovědný řešitel prof. Jaroslav Kobliha) a NCSU Raleigh (odpovědný řešitel prof. John Frampton).

Na české straně řešení projektu navazuje na 25letou vědeckou práci prof. Koblihy v oblasti šlechtění jedle na bázi hybridizace a konkrétně na různé projekty řešené prof. Koblihou a podporující tuto problematiku. Především se jednalo o projekty NAZV: Novošlechtění jedle (*Abies* spp.) v letech 1997 – 2000 a Aplikace šlechtitelských metod pro zachování a reprodukci genových zdrojů jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) a jiných druhů rodu *Abies* adaptovaných na podmínky ČR č. QF4024 ve spolupráci s VÚLHM Jíloviště - Strnady v letech 2004 – 2007.

Cílem práce je šlechtění jedle především evropského a amerického původu pro potřeby lesního hospodářství (růst, odolnost, adaptační schopnost) a produkce vánočních stromků (estetika, odolnost). S následným rozpracováním metod hybridizace a klonování cestou konvenčního vegetativního množení i kulturami in vitro.

2. Cíl práce

Cílem výzkumu je šlechtění jedle na bázi mezidruhové hybridizace pro lesnické účely a zvláště produkci vánočních stromků. Využity budou metody kontrolovaného opylování pro mezidruhovou hybridizaci a testy hybridních semen a jejich vzcházivosti. Výsledkem výzkumu bude hybridní materiál pro jeho testování na odolnost a další parametry a následné klonování vegetativním množením pro účely další fáze výzkumu a šlechtění pro praktické potřeby. Současně budou rovněž získány nové poznatky o křížitelnosti druhů rodu *Abies*, růstu a vývoji hybridů.

3. Literární rešerše

3.1 Taxonomický přehled a charakteristika rodu *Abies*

Linnae původně (1753) zahrnoval všechny druhy jedlí, smrku a borovice do velkého rodu *Pinus*. Počínaje Millerem (1754) jsou jedle popsány v rámci rodu *Abies* (typický druh: *A. alba*). Názory na taxonomickou klasifikaci rodu se různí. Přestože tento rod patří mezi nejlépe prozkoumané, existují různé klasifikace, které většinou vycházejí z morfologických znaků a geografického rozšíření druhů (Spach 1842; Gordon 1858; Engelmann 1878; Mayr 1890; Kent 1900; Franco 1950; Harlow et Harrar 1958; Matzenko 1968; Liu 1971; Farjon et Rushforth 1989; Vidaković 1991). Dohromady je popsáno 40 až 50 druhů (Hieke 2008). Schütt (1994) popsal 48 druhů (Musil et Hamerník 2007). Zpočátku se předpokládalo, že rod reprezentuje 32 druhů Sargent (1926), přičemž někteří autoři uváděli až 52 druhů a 12 variet (Vigué et Gausen 1928; Vigué et Gausen 1929). V současnosti, kdy jsou názory na taxonomickou klasifikaci rodu ustálené, jsou standardně akceptované dvě koncepce rozdělení rodu *Abies*. Krüsmann (1983) rozdělil rod na 2 podrody, 6 sekcí a 43 druhů. Jeho klasifikace se částečně liší od klasifikace Liu (1971). Uvedený autor rozlišuje v rámci rodu 49 druhů, patřících do 15 sekcí. V rámci 49 druhů Liu (1971) popsal až 27 variet (Greguss et Paule 1988). Značná variabilita v počtu druhů se připisuje mezidruhové hybridizaci v hybridních zónách, v důsledku čehož vznikají intermediární formy. Tak lze vysvětlit vznik drobných druhů často pouze regionálního významu (Liu 1971; Musil et Hamerník 2007). V Evropě jsou uváděny 4 základní druhy jedlí *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. pinsapo* a *A. numidica* a dva minoritní druhy *A. borisii regis* a *A. nebrodensis* někdy označované také jako spontánní hybridy (Musil et Hamerník 2007).

Rod *Abies* byl popsán a shrnut několikrát v posledních desetiletích - Liu (1971) a Rushforth (1987), zatím poslední revizi předchozích klasifikací provedli Farjon et Rushforth (1989). Klasifikace zde uvedená vychází téměř doslova z Farjona (1990), s drobnou modifikací na základě nové klasifikace čínských druhů jedlí podle *Flora of China* (Fu et al. 1999). Nová klasifikace tedy vylišuje přesně 49 druhů jedlí.

Tab. č. 1: Taxonomické rozdělení rodu *Abies* do sekcí a podsekcí (Farjon 1990; Fu et al. 1999).

Section	Subsection	Species
<i>Abies</i> Miller		<i>A. alba</i> (type), <i>A. cephalonica</i> , <i>A. nordmanniana</i> , <i>A. nebrodensis</i> , <i>A. cilicica</i>
<i>Piceaster</i> Spach emend. Farjon et Rushforth		<i>A. pinsapo</i> (type), <i>A. numidica</i>
<i>Bracteata</i> Engelm. emend. Sargent		<i>A. bracteata</i> (type)
<i>Momi</i> Franco (type: <i>A. firma</i>)	<i>Homolepoides</i> (Franco) Farjon et Rushforth	<i>A. homolepis</i> (type), <i>A. recurvata</i>
	<i>Firmae</i> (Franco) Farjon et Rushforth	<i>A. firma</i> (type), <i>A. beshanzuensis</i>
	<i>Holophyllae</i> Farjon et Rushforth	<i>A. holophylla</i> (type), <i>A. chensiensis</i> , <i>A. pindrow</i> , <i>A. ziyuanensis</i>
<i>Amabilis</i> (Matzenko) Farjon et Rushforth		<i>A. amabilis</i> (type), <i>A. mariesii</i>
<i>Pseudopicea</i> Hickel emend. Farjon et Rushforth (type: <i>A. spectabilis</i>)	<i>Delavayanae</i> Farjon et Rushforth	<i>A. delavayi</i> (type), <i>A. fabri</i> , <i>A. forrestii</i> , <i>A. chengii</i> , <i>A. densa</i> , <i>A. spectabilis</i> , <i>A. fargesii</i> , <i>A. fanjingshanensis</i> , <i>A. yuanbaoshanensis</i>
	<i>Squamatae</i> E. Murray	<i>A. squamata</i> (type)
<i>Balsamea</i> Engelm. emend. Farjon et Rushforth (type: <i>A. balsamea</i>)	<i>Laterales</i> Patschke emend. Farjon et Rushforth	<i>A. kawakamii</i> (type), <i>A. balsamea</i> , <i>A. bifolia</i> , <i>A. lasiocarpa</i> , <i>A. sibirica</i>
	<i>Medianae</i> Patschke emend. Farjon et Rushforth	<i>A. sachalinensis</i> (type), <i>A. fraseri</i> , <i>A. koreana</i> , <i>A. nephrolepis</i> , <i>A. veitchii</i>
<i>Grandis</i> Engelm. emend. Farjon et Rushforth		<i>A. grandis</i> (type), <i>A. concolor</i> , <i>A. durangensis</i> , <i>A. guatemalensis</i> , <i>A. lowiana</i>
<i>Oiamel</i> Franco (type: <i>A. religiosa</i>)	<i>Religiosae</i> (Matzenko) Farjon et Rushforth	<i>A. religiosa</i> (type), <i>A. vejarii</i>
	<i>Hickelianae</i> Farjon et Rushforth	<i>A. hickelii</i> (type)
<i>Nobilis</i> Engelm.		<i>A. procera</i> (type), <i>A. magnifica</i>

"V rámci rodu *Abies* funguje několik tradičně popsanych a vymezených druhů, jenž se na běžné bázi v přírodě kříží, e.g., *A. balsamea*-*A. fraseri*, *A. bifolia*-*A. lasiocarpa*, a *A. magnifica*-*A. procera*. Další druhy se sice výrazně morfologicky odlišují, ale mnoho z nich se velmi pravděpodobně vyvinulo v rámci geografické izolace, aniž by vznikly silné reprodukčně izolační mechanismy. Poté, co se překříží areály výskytu těchto druhů, je následkem obvykle introgrese, což komplikuje jasnou determinaci některých jedinců v potomstvu" (Hunt 1993). Ačkoliv tento závěr byl formulován především ve vztahu k Severoamerickým jedlím, je také platný zejména pro jedle Jihozápadní Číny, zvláště druhy podsekcce *Delavayanae*. Přesné vymezení taxonomických vztahů mezi těmito druhy bude pravděpodobně vyžadovat další genetické analýzy.

Rod *Abies* (jedle) je druhým největším rodem čeledi *Pinaceae*. Patří do oddělení Spermatophyta, pododdělení Gymnospermatophyta, třídy Pinopsida. Druhy tohoto rodu jsou známé už z miocénu, přičemž za centrum jejich výskytu se považuje východní Asie a Severní Amerika, kde je až dodnes největší koncentrace druhů rodu *Abies*. Rod *Abies* reprezentují středně vysoké až vysoké stálezelené stromy 10 až 90 m vysoké s pravidelným přeslenitým větvením. Jedinec s největším objeveným průměrem i objemem kmene patřil ke druhu jedle vznešená (*Abies procera*), i když stromy nejvyšší byly zaznamenány příznačně u jedle obrovské (*A. grandis*). Všechny tyto rekordní záznamy pocházejí ze státu Washington, na severozápadě Spojených států.

Jedle převážně preferují horské oblasti, vyhovuje jim vlhký vzduch a středně vlhká a provzdušněná půda, ale toto tvrzení nelze paušálně vztahovat na všechny zástupce rodu. Ekologické nároky konkrétních druhů rodu *Abies* využitých v hybridizaci jsou podrobně popsány v kapitole 3.1.1.

Stejně jako mnoho dalších rodů čeledi *Pinaceae* jsou jedle jednodomé, stálezelené stromy s jehlanovitou až kónickou korunou, která je často ve starším věku na vrcholku zploštělá či zaoblená. Jedle patří mezi dlouhověké stromy, které dosahují věku 700 až 800 let. Nejstarší objevené exempláře pravděpodobně patřily druhu jedle líbezná (*A. amabilis*) ve státě Washington, kde jehličnany dosahují díky příznivému klimatu svého růstového optima. Nelze však vyloučit, že na území Kanady (především v provincii British Columbia) se vyskytovali a vyskytují ještě starší jedinci (Van Pelt 1996).

Na hranici lesa jedle často vytváří zakrslé, pokroucené formy; zde dosahují svých limitních možností. Habitus a morfologická forma jedlí se významně liší od dalších rodů čeledi *Pinaceae* především značnou mírou uniformity; jedle obvykle mají jediný přímý kmen

s přesleny větví v pravidelných rozestupech. Tato pravidelnost růstu umožňuje často snadné určení věku jedince pouhým součtem přeslenů. Větvení je také mimořádně pravidelné – každý rok se vytváří jeden terminál a dva boční výhony na špičkách růstově neaktivnějších větví. Rod *Abies* tedy demonstruje geometrickou pravidelnost růstové formy, která se objevuje, i když ne s takovou uniformitou, u rodů *Picea* a *Larix*, ale je spíše výjimečná v rodě *Pinus*, a u rodu *Tsuga* zcela chybějící.

Kmen má hladkou borku, v mládí často hladkou pryskyřičnatou v dospělosti rozpraskanou či v plátech se odlupující. U většiny druhů jedlí kůra nechrání strom významně proti ohni, ale několik druhů má určitou toleranci k lesním požárům.

Pupeny jsou většinou okrouhlé, vejčitě kuželovité, pravidelně rozmístěné. Terminální pupeny bývají obklopeny ještě 4-5 náhradními pupeny. Počet děloh je 4-10. Větvičky bývají hladké rostoucí v přeslenech, horizontálně se rozkládající. Vyskytuje se i občasná tvorba vlku mezi přesleny. Krátké ostruhovité výhony se nevyskytují. Letorosty mohou být hladké i zbrázděné; listové jizvy bývají patrné.

Pro tuto skupinu stromů jsou typické ploché jehlice na spodní straně se dvěma bílými proužky průduchů a dvěma pryskyřičnými kanálky. Jehlice rostou z letorostů spirálně, ale různým způsobem se stáčejí (determinační znak) a tvoří tak dvouřadé či jednořadé uspořádání. Na bočních větvích se jehlice zpravidla stáčejí do dvou řad. Jehlice horních a osvětlených větví bývají silnější než z větví dolních. V místě přisednutí na letorost se nachází rozšířená báze bez polštářku. Jehlice se vyvíjejí jednotlivě, setrvávají na stromě 5 a více let (zaznamenané maximum 53 let u *A. amabilis*). Jelikož řada druhů se v mládí vyvíjí spíše v zástinu, vzniká často nápadný rozdíl mezi stinnými a slunnými jehlicemi. Stinné formy byly popsány výše, avšak slunné jehlice situované ve vrcholcích korun jsou víceméně vzpřímené, nepokroucené. Je zvykem determinovat druhy podle stinných jehlic, pokud není vymezeno jinak.

Samčí strobily jedlí jsou na bázi obalené kožovitými šupinami. Schází umbo neboli pupek a apofýza (odžilek); šupiny jsou zaoblené s často vyčnívajícím lalokovitým listenem (zvláště výrazný u *A. bracteata*). Samičí strobily jsou vzpřímené s končistými listeny, které se obvykle po odkvětu zvětšují. Jejich délka kolísá od 3 cm (*A. gracilis*, *A. veitchii*) po 39 cm (*A. cilicica*). Zralé samičí strobily jsou vzpřímené, rozpadavé a jejich semenné šupiny jsou zpravidla kratší než listeny. Vyvíjejí se na jednoletých výhonech a dozrávají během jedné vegetační sezony. Jsou vzpřímené, vejčité až cylindrické, obvykle značně pryskyřičnaté. Postupně se rozevírají a po dozrání se rozpadnou. Dřevnatá osa setrvává na stromě.

Semena jsou okřídlená s pryskyřicí na bázi křídla. Mobilitu semen ilustruje pozorování po výbuchu sopky Svatá Helena, kdy několik let po erupci byly nacházeny malé semenáčky *A. procera* až ve vzdálenosti 8 kilometrů od nejbližšího živého stromu. Tento druh má relativně veliká semena (až do velikosti burského ořechu). Mobilita semen byla zajištěna po povrchu umrzlé sněhové vrstvy.

Důležitou charakteristikou jedlového dřeva je také absence pryskyřičných kanálků (Harlow et Harrar 1958; Pilát 1964; Jasičová 1966; Liu 1971; Silba 1986, Rushforth 1987; Farjon et Rushforth 1989; Greguss et Paule 1988; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007; Hieke 2008).

Druhy rodu *Abies* jsou rozšířené v mírném pásmu, v zóně temperátní i boreální, na severní polokouli ve východní Asii, západní a severní Americe a ve střední a západní Evropě. Výskyt je omezen převážně na horské oblasti. Některé druhy zasahují do severní Afriky, Himalájí a do střední Ameriky – Guatemaly. Když pomineme dva čistě boreální druhy *Abies balsamea* (Severní Amerika) a *Abies sibirica* (Euroasie), je rod *Abies* omezen pouze na horské oblasti biotů temperátních a subtropických. Jedle jsou na horské oblasti s množstvím sněhových srážek dobře adaptované především tvarem vrcholků a krátkými tuhými vrcholovými větvemi, které se nelámou pod tíhou napadaného sněhu (Jensen et Ross 2005). V rámci těchto oblastí je pak výskyt jedlí určován jejich ekologickými nároky a paleobotanickou historií jednotlivých druhů. Druhy rodu *Abies* tíhnou ke stanovištím s dostatkem vláhy a hlubokými půdami, kde rostou poměrně rychle a nedosahují vysokého věku. Takové podmínky charakterizují hustě obsazená lesní stanoviště, kde kompetice mezi jedinci stírá vlivy klimatu na růst stromů. Největší počet druhů roste v Číně potom v Japonsku a v západní části Severní Ameriky (Harlow et Harrar 1958; Pilát 1964; Liu 1971; Farjon et Rushforth 1989; Greguss et Paule 1988; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007; Hunt 1993).

Etnobotanika zkoumá současné i historické využití rodu. "Severoamerické jedle jsou těženy na vlákninu i kulatinu a ve velké míře z plantáží vánočních stromků. Jsou také pěstovány jako okrasné dřeviny. Druhy rodu *Abies* mají často velice příjemnou vůni; klest býval využíván například na nácipávání polštářů. Řada komerčně úspěšných produktů s „borovou vůní“ získává svůj odér ve skutečnosti z destilátů jedlí (Rusko)" (Hunt 1993). Jedle bývají považovány za nejkrásnější jehličnany. Skotský botanik David Douglas popsal a pojmenoval několik druhů jedlí vznešenými přídomky – *nobilis*, *grandis*, *amabilis* a *magnifica* (Jensen et Ross 2005).

3.2 Biologie a ekologie vybraných druhů jedlí využitých jako druhů rodičovských v rámci mezidruhových hybridizací

Jedle řecká

***Abies cephalonica* Loud.**

Jedle řecká dorůstá v dospělosti do výšky 30 metrů a průměru až 1 m. Při horní hranici lesa však dosahuje podstatně menších dimenzí. Zpočátku roste pomalu, ve věku 20 až 40 roků dochází ke zrychlenému růstu (Panetsos 1975; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007). Větvení je typicky monopodiální. Kmen je přímý, sloupovitý, koruna je ve starším věku plochá a krátká. Borka je šedá, s nádechem růžové nebo bledě-hnědé barvy, u starších stromů bývá výrazněji rozbrázděná. Větve jsou štíhlé, vroubkované, světlehnědé, vzácně nažloutlé, lysé s výraznými listovými jizvami. Vegetativní pupeny jsou štíhlé až vejčité, 5 mm dlouhé a nažloutlé od pryskyřice. Šupiny na pupenech jsou vejčité špičaté, červenohnědé. Jehlice jsou na větvičkách spirálovitě uspořádané, radiálně rozmístěné a na apexu velmi špičaté. Jsou 1,5 až 3,5 cm dlouhé a 2 až 2,5 mm široké. Průduchy jsou uspořádány ve dvou řadách, nejméně se jich nachází pod hrotem jehlice. Barva jehlic je tmavozelená s bělavými řadami průduchů. Dva středně velké pryskyřičné kanálky jsou umístěné marginálně nebo mediálně. Samčí strobily jsou lokalizované bočně, pod větvemi a jsou 1,2 až 1,8 mm dlouhé. Jejich barva je žlutá, mikrosporofily jsou červené. Samičí strobily jsou též lokalizované bočně, jsou štíhlé, cylindrického tvaru, tupé a bradavičnaté. Mají průměr 3,5 až 5 cm a délku 10 až 16 cm. Jsou zelenohnědé barvy, po dozrání světlehnědé. Dozrávají během srpna a září, přičemž semena se uvolňují v říjnu. Semena jsou klínovitého tvaru, šedavá až hnědá, rozměrů 8x5 mm (Liu 1971; Panetsos 1975; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007). Za jistých podmínek se mohou vyvíjet i partenokarpicky (Mergen et al. 1964). Strom začíná plodit soliterně ve věku 20 až 25 roků, v zapojeném porostu ve věku 30-35 roků. Nejvyšší produkce semen je v 60. až 100. roku života (Panetsos 1975; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007; Hieke 2008). Jedle řecká preferuje vápenaté a dolomitové půdy (Liu 1971; Panetsos 1975; Vidakovič 1991; Musil et Hamerník 2007). Dobře roste na vlhkých půdách, nikoliv však na podmáčených (Alexanderis 1969; Musil et Hamerník 2007). Snáší suchá léta a sychravé větry. Optimální srážkový úhrn pro tento druh je v rozmezí 700 - 1500 mm za rok (Mariolopoulos 1938; Kossenakis 1947; Makris 1962; Liu 1971; Musil et Hamerník 2007). Zastínění snáší velmi dobře (Pangiotidis 1965).

Na dolní hranici výskytu ji doprovází duby (*Quercus* spp.), buk východní (*Fagus orientalis*), kaštanovník setý (*Castanea sativa*) a borovice černá (*Pinus nigra*) i borovice halepská (*Pinus halepensis*). Ve vyšších polohách vytváří i výlučně čisté porosty s *Juniperus oxycedrus* v podrostu (Harlow et Harrar 1958; Musil et Hamerník 2007).

Přirozený areál druhu je v Řecku, Makedonii a na ostrovech Cephalonia a Euboea. Vertikální výskyt druhu v jeho domovině je od 600 do 2100 m n. m. ve vysokých horách Řecka (Panetsos 1975).

Poprvé druh *A. cephalonica* popsal v roce 1838 J. C. Loudon (Panetsos 1975; Liu 1971). Dnes se obecně uvádí, že čistý druh *A. cephalonica* najdeme pouze na ostrovech Cephalonia, Euboea a na jihu poloostrova Peloponés (Liu 1971; Panetsos 1975; Musil et Hamerník 2007). Na severovýchodě Řecka (Makedonie a Thrácie) roste jedle bělokorá (*Abies alba*), v Thesálii a Makedonii (mimo Řecko také v Bulharsku a Srbsku) roste též jedle *Abies borisii-regis* Mattf., která je některými botaniky považována za ustálený hybrid předchozích dvou druhů (Bassiotis 1956; Panagiotidis 1965; Panetsos 1975; Musil et Hamerník 2007). Dalším přirozeným hybridem je *A. x nebrodensis* rostoucí na severovýchodě Sicílie (Liu 1971; Musil et Hamerník 2007). Další v přírodě se vyskytující hybrid je *A. x bornmülleriana* Mattf. vzniká spontánní hybridizací mezi *A. cephalonica* a *A. nordmanniana*. Na malém území západního Turecka roste hybrid *A. equi-trojani*, který vznikl v důsledku spontánní hybridizace mezi *A. cephalonica* a *A. x bornmülleriana* (Harlow et Harrar 1958; Liu 1971; Musil et Hamerník 2007).

Jedle cilicijská

***Abies cilicica* (Ant. ex Kotschy) Carr.**

Jedle cilicijská dorůstá v dospělosti výšky 25-35 m a průměru od 60 do 76 cm (Liu 1971; Silba 1986). Kmen je přímý, koruna je pyramidální. Borka je popelavě šedá, v mládí hladká, později hnědne, zhrubne a rozpraská až do výrazných šupin. Spodní větve nasazené vodorovně, avšak větve svrchní míří vzhůru, což koruně dodává typický pyramidální vzhled. Letorosty hladké, výrazně žlutavé, nebo hnědavě zelené s roztroušenými krátkými hnědými chlupy. Listové jizvy okrouhlé, tmavě fialové. Vegetativní pupeny jsou cylindricky konické; 3-4 mm dlouhé s průměrem 1-1,8 mm, zbrzděné a obvykle zcela bez pryskyřice. Šupiny na pupenech jsou lehce pýřité. Jehlice obvykle směřují nahoru a dopředu (uspořádání podobné *Abies amabilis*), nebo jsou

uspořádaný ve dvou řadách tvořících tvar písmene V. Jsou 20 až 40 mm dlouhé a 1,5 až 3 mm široké. Jehlice jsou svrchu tmavě zelené, naspodu jsou světle bělavě zelené. Špička jehlice bývá celistvá nebo lehce rozštěpená. Průduchy jsou uspořádaný na svrchu jehlice ve 2-3 krátkých řadách, naspodu v 6-7 řadách koncentrovaných do úzkých proužků. Pryskeřičné kanálky jsou 2, umístěné marginálně. Samčí strobily jsou vejčité s tupým koncem, 13 mm dlouhé, 8 široké. Samičí strobily jsou přisedlé, cylindrické až široce vejčité, na vrcholku spíše tupé. Mají průměr 4 až 6 cm a délku 15 až 30 cm (patří mezi jedle s nejdelšími šiškami). Jsou zpočátku barvy namodrale šedo zelené nebo fialové; po dozrání šedohnědé či fialově hnědé. Na šupinách jsou jemně ochmýřené. Listeny jsou skryté, jejich délka tvoří pouze 1/4 až 1/2 šupiny. Dozrávají během srpna a září, přičemž semena se uvolňují v říjnu. Semena jsou trojúhelníkovitého tvaru, červeno-hnědá, rozměrů 3-6 x 2-3 mm; křídlo je obvejčitého tvaru a délky cca 2 cm (Liu 1971; Silba 1986, Hunt 1993, White et More 2002; Musil et Hamerník 2007).

Jedle cilicijská roste převážně na půdách, jejichž matečnou horninou je vápenec. Půdní reakce je zásaditá (Liu 1971). Oblast růstu jedle cilicijské je charakteristická horkými, suchými léty a mírnou deštivou zimou, což jsou znaky typické pro středomořské klima. Průměrný roční srážkový úhrn v oblasti je 1000 až 1500 mm.

Dřevinami doprovázejícími jedli cilicijskou v pohoří Taurus (aglicky Toros - odtud v USA často používané synonymum Toros fir) na jižních svazích Bulghar Dagh v severní části Gulleck jsou především cedr libanonský (*Cedrus libani*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), jalovec ztepilý (*Juniperus excelsa*) a různé druhy tisů a dubů. Na dolní vertikální hranici rozšíření jedle cilicijské pak přibývají další dřeviny jako například lýkovec olejový (*Daphne oleoides*) či zimolez (*Lonicera* sp.) (Liu 1971).

Přirozený areál druhu je na území východního Turecka, severní Sýrie a Libanonu. Areálem navazuje na jedli kavkazskou, která je druhem úzce spřízněným (White et More 2002). Vertikální rozpětí zahrnuje 1000-2100 m (Liu 1971; Silba 1986). Přirozený areál druhu je poměrně malý a ohraničený; původní porosty jsou předmětem ochrany. Poddruh *isaurica* je endemitem tureckého pohoří Taurus.

Jedli cilicijskou poprvé objevil v srpnu 1853 rakouský botanik Theoder Kotschy v údolí Agatsch Kisse v Cilicijském Tauru. Současný taxonomický průzkum provedený J. Cullenem a M.J.E. Coodem (1965) vedl k popsání nového poddruhu *Abies cilicica* (Ant. et Kotschy) Carr. subsp. *isaurica* Coode et Cullen, jenž se liší od typické formy lysými

mladými letorosty a pryskyřičnatými pupeny. Může se jednat i o ekotyp jedle cilicijské (Liu 1971).

Jedle Fraserova

***Abies fraseri* [Pursh] Poir.**

Jedle Fraserova, ve své domovině také nazývána jižní balsámovou jedlí, je menší až středně vysoký strom dorůstající 12–20 m výšky a asi 40–70 cm v průměru kmene. Nejmhutnější zaznamenaný strom měl v průměru 86 cm a dorostl výšky 26,5 m s rozpětím koruny přes 15 m. Svě vědecké jméno získala po svém objeviteli skotského původu Johnu Fraserovi (1750-1811). Tento cestovatel a botanik popsal celou řadu druhů Apalačských hor (Liu 1971; Hunt 1993). Tato jedle byla objevena až v roce 1811 a pojmenována roku 1817 (White et More 2002).

Koruna této jedle je obvykle hustá, kuželovitá. Kůra v mládí hladká, šedá, s četnými pryskyřičnými puchýřky, později načervenalá, šupinkovitě odlupčivá. Letorosty žlutavě šedé, hustě porostlé krátkými načervenalými chlupy. Pupeny malé, kulovitě vejčité až kulovité, oranžově hnědé, kryté silnou vrstvou nažloutlé pryskyřice. Jehlice s výraznou terpentýnovou vůní, na svrchní straně větviček namířené nahoru a dopředu, vespod hřebenité; 10–25 mm dlouhé, asi 2 mm široké, na konci okrouhlé či slabě vykrojené, někdy zašpičatělé. Na líci tmavě zelené, lesklé, s výraznou rýhou, blíže špičky s bělavými řady průduchů, které často sbíhají až k bázi jehlice. Vespod se širokými bílými pruhy složenými z 8–12 stomatárních (průduchových) linií. Samčí šištice rostou na spodní straně výhonů, 8–10 mm dlouhé, protáhle válcovité se žlutě červenými prašníky. Samičí na konci větvi v horní části koruny, oválně válcovité, světle žlutavě zelené. Šišky protáhle vejčité 3,5–6 cm dlouhé, 2,5–4 cm široké, nezralé fialově nachové s výrazně přečnávajícími a zpět zahnutými žlutě nazelenalými podpůrnými šupinami. Semenné šupiny vějířovité nebo ledvinovité, stopkaté, 7–10 mm dlouhé, 10–13 mm široké, s výraznými zuby či oušky po stranách. Podpůrné šupiny protáhle obvejčité, 8–12 mm dlouhé, 6–7 mm široké s protáhlou špičkou. Semena 4–5 mm dlouhá s 4–5 mm nafialovělým křídlem. Kvetení probíhá zpravidla během května, šišky dozrávají od září do října. Strom začíná plodit zhruba od 15 let věku (Speers 1962). Na přirozených stanovištích se objevuje i zakořeňování spodních polehlých větví, zvláště na vlhké půdě. Tato forma vegetativního rozmnožování však není pro tento druh stěžejní. Jedli Fraserovu je možné masově množit řízký za předpokladu kontrolované teploty a vlhkosti. Vysoké procento těchto řízků zakořeňuje.

V rámci studie bylo prokázáno zakořenění materiálu v 92 % při stáří matečnice 5 let, v 54 % při 12 letech a 29 % u 22 letých stromů. U výrazně staršího materiálu se pak průměr zakořeněných řízků pohyboval od 4 do 6 procent také v závislosti na části koruny, ze které byl řízek odebrán (Hinsley et Blazich 1980). Druh se v průměru dožívá asi 150 let (Liu 1971; White et More 2002; Hunt 1993).

Příbuzným druhem je *Abies balsamea*, jejich v minulosti popsáným křížencem je *Abies* × *phanerolepis*. Taxonomické otázky a aktuální poznatky o této problematice jsou popsány v kapitole spontánní hybridy Severní Ameriky.

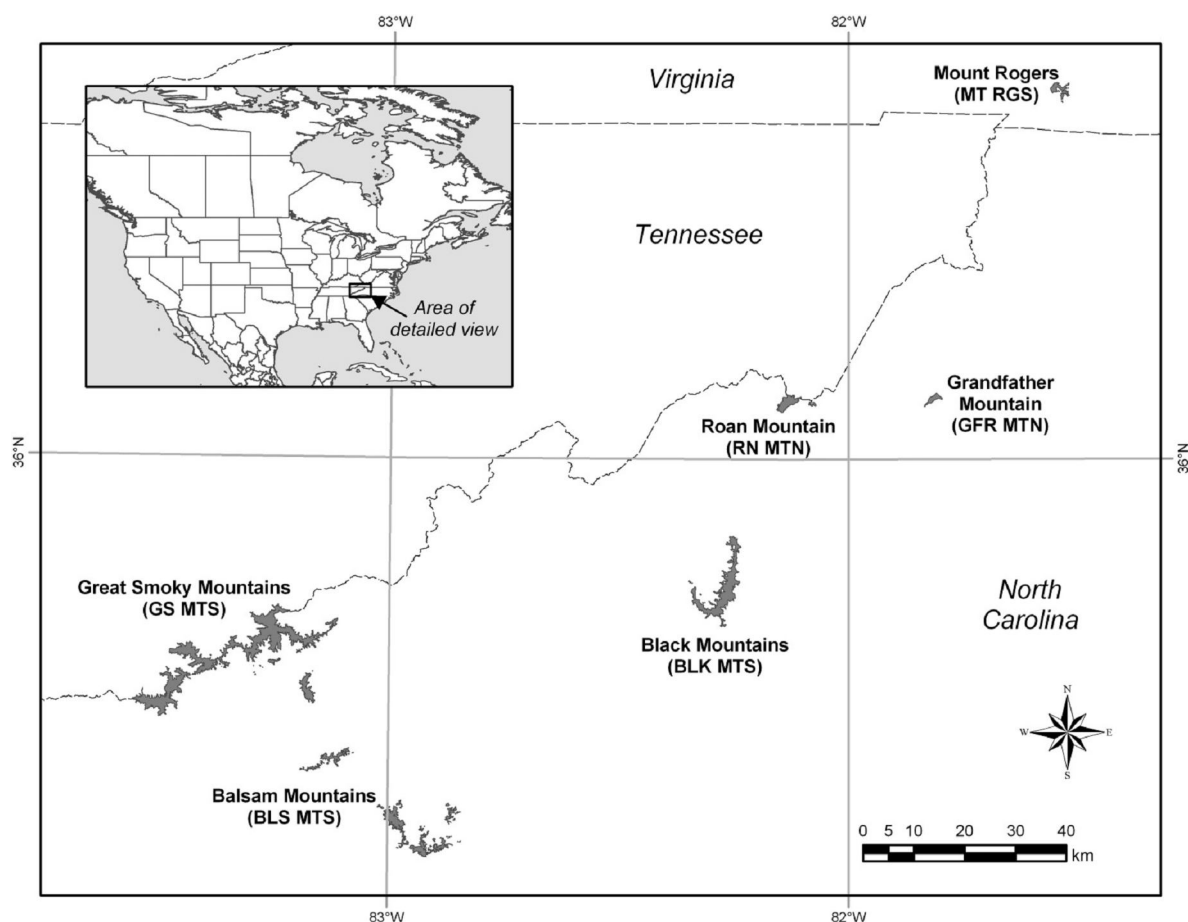
Původní areál *Abies fraseri* se rozkládá v oblasti temperátních lesů s chladnějším a vlhčím klimatem. Průměrná roční teplota v areálu se pohybuje od 6° C na vrcholku Mount Mitchell (NC) k 9° C na úrovni 1524 m v národním parku Great Smoky Mountains. Období bez mrazů trvá 130 až 140 dní. Mlha je velmi důležitým faktorem prostředí redukujícím transpiraci a přispívajícím do úhrnu srážek. Během vegetační sezony se mlha vyskytuje v 65 a více procentech dní. Roční srážky se pohybují v rozmezí 1 900–2 540 mm.

Je velmi tolerantní k zastínění. Roste na mělkých, kamenitých, kyselých půdách, z dřevin ji doprovází druhy *Picea rubens*, *Tsuga caroliniana*, *Acer saccharum*, *Betula alleghaniensis*, *Betula papyrifera*, *Fraxinus caroliniana*, *Prunus pensylvanica*, *Sorbus americana*, *Rhododendron catawbiense*, *R. maximum*, *Kalmia latifolia*, *Leucothoe fontanesiana* atd.

Původní areál tohoto endemitního druhu najdeme na východě USA – malé území v jižní části Appalačského pohoří (jihozápad státu Virginia, západ Severní Karolíny, Tennessee.) Vertikální rozmezí od 1 372 do 2 037 m n. m (na vrcholu Mount Mitchell; nejvyšší bod východní části USA). Areál je podrobně vykreslen na obrázku č. 1.

Přetrvávající většinou rozvrácené porosty jedle Fraserovy mají zcela zanedbatelnou komerční hodnotu, avšak jejich existence je nedocenitelná z hlediska ochrany vodních zdrojů a biodiverzity. Také tvoří jedinečný krajinný ráz národních parků.

Hlavní komerční význam této dřeviny v oblasti původního výskytu spočívá v plantážové výrobě vánočních stromků. Ročně přináší regionální ekonomice miliony dolarů. Vánoční stromky jedle Fraserovy jsou oceňovány pro svůj velmi hustý a pravidelný habitus a nádherné lesklé intenzivně vonící jehličí. Jedle Fraserova je rovněž široce využívána jako okrasná dřevina v zahradách a parcích. Kultivar *A. fraseri* cv. *prostata* je trpasličího vzrůstu a má vodorovně rozprostřené větve (Klaehn et Winieski 1963). V Evropě je tento druh jedle pěstován od roku 1811.



Obr. č. 1: Přirozený areál výskytu *Abies fraseri* (Potter et al. 2010)

Jedle balzámová

Abies balsamea (Linnaeus) Mill.

Jedle balzámová dorůstá v dospělosti výšky 12-23 m a průměru až 10-60 cm. Při optimálních růstových podmínkách, jako například v povodí Green River v provincii New Brunswick, mohou někteří jedinci dosáhnout až 27 m výšky a 75 cm v průměru. Zaznamenaný rekordní průměr je pak celých 86 cm. Tyto stromy se maximálně dožívají 200 let (Bakuzis et Hansen 1965; Musil et Hamerník 2007), avšak již kolem 90. roku života je její kořenový systém často napadán dřevokaznými houbami (Musil et Hamerník 2007). Při horní hranici lesa a v lesotundře dosahuje nejmenších dimenzí (Liu 1971; Musil et Hamerník 2007). Kmen je přímý, ostře jehlanovitý, koruna je velmi úzká, konická.

Borka je šedá, tenká, v dospělosti často rozpraskaná do hnědavých šupin. Větve nasazené v pravých úhlech ke kmeni; dolní větve jsou často výrazně rozprostřené a k zemi skloněné. Letorosty jemně ochlupené, nažloutle šedohnědé nebo zelenavě hnědé. Vegetativní pupeny skryté v jehlicích či odkryté, jsou konické až vejčité, načervenalé fialové barvy; 9-11 mm dlouhé, zbrázděné a pryskyřičnaté i na bázi. Šupiny na pupenech jsou jemně pýřité. Jehlice jsou uspořádány v jedné řadě (zvláště na spodních zastíněných větvích) nebo spirálovitě. Na plně osluněných větvích bývají ohnuté nahoru ke slunci. Na svrchní straně jsou vroubkované, na straně spodní žebrovaté. Jsou 12 až 25 mm dlouhé a 1,5 až 2 mm široké. Jehlice se vyznačují tmavě zelenou barvou s výrazným leskem, přičemž naspodu jsou spíše světle šedavě zelené. Průduchy jsou uspořádány až ve čtyřech řadách koncentrovaných při ose jehlice, nejvíce se jich nachází pod hrotem jehlice. Pryskyřičné kanálky jsou výrazné, umístěné mediálně. Samčí strobily 15 mm dlouhé, v období zralosti může být v jejich barvě značná variabilita; od fialové, přes červenou, až po zelenavou barvu. Samičí strobily jsou přisedlé, cylindrické až široce vejčité, na vrcholku zaoblené až tupé. Mají průměr 1,5 až 3,75 cm a délku 4 až 10 cm. Jsou zpočátku barvy namodralé šedozelené nebo fialové; po dozrání šedohnědé či fialově hnědé. Na šupinách jsou jemně ochmýřené. Listeny jsou v různé míře patrné, případně vysunuté ven (Lester 1968). Dozrávají během srpna a září, přičemž semena se uvolňují v říjnu. Semena jsou trojúhelníkovitého tvaru, hnědá, rozměrů 3-6 x 2-3 mm; dělohy jsou 4 (Liu 1971; Silba 1986, Hunt 1993, Musil et Hamerník 2007). Strom začíná plodit ve věku 20 až 30 roků. Vyvinuté šišťice byly zaznamenány i do 15 let věku u stromů dvoumetrové výšky (!). Intervaly mezi dobrými sklizněmi šišek se pohybují mezi 2 až 4 roky s výskytem šišek i v mezidobí (Bakuzis et Hansen 1965).

Jedle balzámová roste na celé řadě půd s různým obsahem organické hmoty; vlivem dlouhého zalednění jsou půdní profily velké části boreálního areálu mělké a půdní reakce kyselá (Liu 1971; Page 1976). Tato jedle však byla nalezena na půdách s širokým rozpětím acidity. Na severu oblasti Velkých jezer se nejběžněji vyskytuje na chladných, vlhkých lokalitách, kde se hodnoty pH pohybují od 5,1 do 6,0. Růstového optima pak dosahuje na půdách, kde ve svrchní organické vrstvě dosahuje pH hodnot 6,5 -7 (Bakuzis et Hansen 1965).

Oblast růstového optima jedle balzámové je charakteristická teplotním průměrem 2° až 4° C s lednovým průměrem od -18° do -12° C a červencovým průměrem 16° až 18° C s ročním srážkovým úhrnem 760 až 1100 mm. Průměrná roční teplota se v rámci areálu jedle balzámové pohybuje od -4° do 7° C. Průměrné roční srážky se pohybují v obrovském rozmezí 1400 mm až 390 mm (Bakuzis et Hansen 1965).

Jedle balzámová je velice tolerantní k zastínění a ve své domovině se vyskytuje většinou ve smíšených porostech. Nesmíšené porosty tvoří v podmáčených až bažinatých oblastech. Na okraji svého rozšíření, v močálech a vysokém bylinném patru se množí hřížením (Musil et Hamerník 2007).

Dřeviny doprovázející jedli balzámovou v boreálních oblastech Kanady jsou především smrk černý (*Picea mariana*), smrk sivý (*Picea glauca*), bříza papírová (*Betula papyrifera*) a osika (*Populus tremuloides*). Směrem na jih přibývají další druhy jako topol hrubozubý (*Populus grandidentata*), bříza žlutá (*Betula alleghaniensis*), buk velkolistý (*Fagus grandifolia*), javor červený (*Acer rubrum*), javor cukrový (*Acer saccharum*), jedlovec kanadský (*Tsuga canadensis*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), modřín americký (*Larix laricina*), jasan černý (*Fraxinus nigra*) a zerav západní (*Thuja occidentalis*). Smrk červený (*Picea rubens*) je významnou doprovodnou dřevinou na území New Brunswick a Maine (Liu 1971; Eyre 1980, Musil et Hamerník 2007).

Přirozený areál druhu je na území Kanady v provinciích Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec, Prince Edward Island, New Brunswick, Nova Scotia, Newfoundland a USA: Minnesota, Michigan, Wisconsin, Iowa, West Virginia, Virginia, Pennsylvania, New York, Connecticut, Massachusetts, Vermont, New Hampshire a Maine. Lze bezpečně tvrdit, že geografický areál je v rámci severoamerických jedlí největší. Vertikální rozpětí zahrnuje 0 -700 m (maximum 1707 v Apalačských horách) nad mořem se zastoupením jak boreálních, tak severních temperátních lesů (Liu 1971; Hunt 1993; Thompson et al. 1999; White et More 2002). Bakuzis et Hansen 1965 uvádějí vertikální maximum 1917 m pod vrcholkem Mount Washington v New Hampshire.

Jedle balzámová je již dlouhá léta široce oblíbeným vánočním stromkem na Východě severoamerického kontinentu a je pro tyto účely pěstována na obrovských rozlohách. Byla též zvolena mnoha výrobci jako ideální předloha pro umělý vánoční stromek. Jelikož malé dimenze a měkké dřevo limitují případné využití na řezivo, hlavním komerčním využitím této jedle je produkce vlákniny a těžba pryskyřice pro výrobu známého kanadského balzámu, který se využívá v optice díky jeho speciálním vlastnostem. Jedle balzámová byla do Evropy introdukována roku 1690 a na území dnešní ČR roku 1835. (Liu 1971; Burns et Honkala 1990; Musil et Hamerník 2007).

V dnešní době již byly pomocí moderních metod populační genetiky, především molekulárních markerů, zodpovězeny otázky ohledně taxonomie jedle balzámové. Tato problematika je podrobně popsána v kapitole týkající se severoamerických spontánních hybridů jedle.

Jedle korejská

Abies koreana Wils.

Menší strom, ve své domovině dorůstající do výšky 10–18 m (u nás nižší), v průměru kmene 20–30 cm. Koruna široce kuželovitá či pyramidální, hustě větvená, ve stáří na vrcholu tupá. Borka v mládí hladká, světle šedá s purpurovým nádechem a výraznými pryskyřičnými puchýřky, později hluboce rozbrázděná, uvnitř červenohnědá. Letorosty mělce rýhované, našedlé až žlutavé, později načervenalé, zprvu jemně chlupaté, později olysalé. Pupeny kulaté, kryté hnědými šupinami, silně pryskyřičnaté. Jehličí husté, svrchu kryjící větvičku, vespod rozestálé. Jehlice 10–20 mm dlouhé, 2–2,5 mm široké, směrem k vrcholu se rozšiřující, na konci většinou vykrojené, vzácněji zaoblené či špičaté. Na svrchní straně lesklé, tmavě zelené s výraznou rýhou, vespod s velmi nápadnými křídově bílými pruhy, které občas splývají v celistvou bílou plochu. Samičí šištice na konci větviček, tmavě nachové. Šišky krátce stopkaté, válcovité, 4–7 cm dlouhé, 2,5–2,8 cm široké, před dozráním fialově purpurové. Šišky se objevují už na pětiletých stromcích, což dodává jedli korejské zcela unikátní vzhled v sadovnických výsadbách (White et More 2002). Semenné šupiny 15–20 mm široké, ledvinovité, naspodu ouškaté, podpůrné šupiny delší, ze šišky vyčnívající, zpět ohnuté. Semena včetně křídla 10–12 mm dlouhá, tmavě fialově purpurová. Kvete během května, šišky dozrávají koncem října až v listopadu (Liu 1971, Silba 1986).

Ve své domovině roste v horských oblastech s chladným vlhkým klimatem. V období letních monzunů srážky dosahují kolem 1 600 mm, pro zimní období je charakteristický velmi silný severozápadní vítr a nízké teploty. Roste na mělkých kamenitých půdách chudých na humus, na rulovém a žulovém podloží. Na ostrově Cheju-dao se vyskytuje buď v čistých porostech nebo s příměsí listnáčů, hlavně s břízou *Betula ermanii*, v jihokorejském pohoří Chiri-san s jehličnany *Picea jezoensis*, *Pinus koraiensis*, *Taxus cuspidata*, *Juniperus sargentii*, také se spoustou dřevin listnatých např. *Quercus mongolica*, *Malus baccata*, *Cornus controversa*, *Styrax shiraiana*, dále s javory *Acer tchonskii*, *A. ukurunduense*, *A. tegmentosum*, *A. barbinerve* i s řadou keřů *Corylus sieboldiana*, *Berberis amurensis*, *Deutzia coreana*, *Rosa acicularis*,

Rhododendron faurei, *R. tschonoskii*, *Vaccinium koreanum*, *Viburnum sargentii* atd (Liu 1971).

Původní areál druhu se nachází v pohoří Chiri-san v provincii Keisho, v jižní části Korejského poloostrova a na hoře Hallai-san na malém vulkanickém ostrově Cheju-dao (Čedžudo). Roste ve vertikálním rozmezí 1000–1850 m n. m. Tento druh byl objeven okolo roku 1905 a pojmenován až roku 1920 (White et More 2002). Do Evropy byla jedle korejská introdukována poprvé v roce 1908, v ČR doložena až v roce 1934 z Průhonic.

Abies koreana je hojně používaná v okrasném zahradnictví. Oceňována hlavně pro svůj malý vzrůst, velmi pravidelné větvení, nápadné křídově bílou spodní stranu jehlic i pro téměř každoroční hojnou úrodu šišek, které vytváří už i na 1 m vysokých jedincích.

3.3 Problematika ústupu jedle bělokoré ve střední Evropě a možnosti řešení tohoto problému

Jedle bělokorá je obecně považovaná za velmi citlivý bioindikační druh střeoevropských lesů, patří k lesním dřevinám nejcitlivějším ke znečištění ovzduší. V posledních desetiletích v období masového rozvoje industrializace v 50. letech 20. století je průkazné rapidní snížení výměry tohoto druhu na jeho původních stanovištích. Problematikou odumírání a ústupu jedle bělokoré z jejích původních stanovišť se zabývá široká skupina badatelů napříč vědními obory zejména v Německu, Polsku, Francii, Itálii, Řecku a v neposlední řadě i v Čechách a na Slovensku.

Asi první záznamy o odumírání jedlí pocházejí z Německa z 16. a 17. století (Bialobok 1983). Už od roku 1650 byla ve Franském lese pozorována klesající výměra jedle bělokoré. Tehdy tvořila 80 % porostů na tomto území zmíněná dřevina a pouze 10 % smrk ztepilý. Již v roce 1973 byla však situace opačná, když 88 % výměry tvořil naopak smrk a jen 3 % jedle bělokorá.

Zejména v posledním století dochází k rapidnímu snižování výměry jedle z původních 15 % výměry pěstované jedle bělokoré v roce 1959 (Randuška 1959) na současnou hodnotu pouze 4,2 %, což je důkazem rychlého ústupu této dřeviny z našich lesů, jako i lesů střední Evropy (Dobrowolska 1989). K nejrapidnější redukci výměry jedle bělokoré došlo na Slovensku během období od roku 1950 až do roku 1980 - z 8,7 % na 5,8 %, zejména v důsledku prudké industrializace v rozvíjejícím se socialismu (Holubčík 1968). Ještě dramatičtější pokles výměry jedle bělokoré nastal v sousedním Česku, kde z původních 16 % se snížila výměra jedle bělokoré na kritickou hodnotu 1 %, indikující nebezpečí vymizení *A. alba* z lesů v České republice (Šindelař 1993; Indira 2002; Musil et Hamerník 2007). Z toho důvodu mnozí lesníci přestali s touto nejproduktivnější dřevinou počítat (Greguss 1995). Pokles výměry *A. alba* se připisuje snížené genetické variabilitě, která se udává jako primární příčina hynutí v našich geografických podmínkách (Larsen 1986a; Larsen 1986b).

První zprávy o hynutí starých jedlových porostů na území Čech pocházejí ze Slezska z roku 1842. O hynutí 50 a 25letých jedlových porostů se zmiňuje lesník českého hraběte Štenberga v r. 1922. Všimnul si úhynu jedlí v relativně příznivých klimatických podmínkách, kde porosty netrpěly mrazy. Upozorňuje na nutnost pěstování jedle bělokoré jako příměsí v borovicových a dubových lesech pro ochranu před mrazem a jako zdroj živin a vláhy pro růst jedlí. Správná pěstební technika je dalším významným předpokladem

zdravých jedlových porostů. Je velmi citlivá na pasečný způsob hospodaření, který nesnáší. Netoleruje náhlé prudké oslunění a pěstování na volné ploše (Úředníček et Chmelař 1995). Už v období předválečném se upozorňuje na vliv imisní zátěže z továren a na zvláště vysokou citlivost jedle vůči tomuto fenoménu (Musil et Hamerník 2007). Ke skutečně masovému úhynu jedle došlo při zvýšení imisní zátěže v 70. letech 19. století (Kantor et Chira 1965). Důsledek nedostatku mikroelementů Mg a Zn a nárůstu Mn v jehlicích se projevuje žloutnutím a zkroucením vrcholků jehlic. Dalšími příčinami ústupu jsou globální klimatické změny - oteplování přízemních vrstev atmosféry a nárůst CO₂ v atmosféře, tzv. skleníkový efekt. Znečišťování ovzduší zplodinami SO₂, NO₂, O₃ a těžkými kovy Al, Mn a sloučeniny fluoru, které jednak přispívají ke skleníkovému efektu a kyselým dešťům, tak ve formě tuhých částic jako popílek ucpávají průduchy. Tyto jevy známe zejména z imisně zatížených oblastí Čech, Slovenska i dalších zemí, kde se v minulosti nacházely rozsáhlé porosty jedle bělokoré (Dobrowolska 1989; Míchal et al. 1992, ex. Skořepa 2006; Málek 1983; Šindelář 1994a; Musil et Hamerník 2007). Vlivem imisí na genotypovou strukturu se zabývali na Slovensku Longauer et al. (2001,2004), i když na 18 izoenzymových lokusech nenašli prakticky žádné významné rozdíly mezi stromy senzitivními a strestolerantními. Problematikou ústupu jedle v lesích Československa se dále zabývali ve svých pracích autoři Kantor et Vincent (1970), Vincent et Kantor (1971), Poleno (1977), Mayer (1979), Plíva (1982), Hynek (1987), Šindelář (1987a), Šindelář (1987b), Šindelář (1990).

Jako možné příčiny rapidního ústupu *A. alba* z původních i sekundárních stanovišť celé střední Evropy od začátku 20. století se uvádějí i klimatické změny a tedy logicky významné změny ekologických podmínek. Jedle bělokorá obecně preferuje oceánické klima s nižšími výkyvy teplot – v teplejších oblastech je vázána na hory. Nesnáší kontinentální klima, zejména pak suchá léta a silné zimní mrazy (Úředníček et Chmelař 1995).

Snížená vitalita a různé choroby jsou vázány na celou řadu biotických a abiotických příčin (Dobrowolska 1989; Indira 2002). Projevy chorobného odumírání jedlí se vizuálně projevují schnutím a opadem jehlic začínajícím v dolní a vnitřní části koruny spojené s přebarvováním a zkroucením jehlic, tvorbou tzv. čapího hnízda. Zároveň dochází ke ztrátě kořenového vlášení. Při detailnějším pozorování byly zjištěny změny v anatomické a morfologické struktuře listů v důsledku poškození asimilačního aparátu (Skořepa 2006; Schütt 1994). Příčiny hynutí jedlí jsou různé. Bakteriální, houbové a virové choroby znehodnocují dřevní hmotu hnilobou a zejména činností bakterií vzniká tzv.

mokrě jádro. Viry kromě toho často ucpávají pryskyřičné kanálky a dřevní elementy, v důsledku čehož dochází k morfologickým změnám vnějšího habitu stromu.

Z hmyzích škůdců je to zejména korovnice kavkazská *Dreyfusia nordmanniana* sající rostlinné šťávy. Černý (1989) popisuje vysoký stupeň napadení korovnicí v odumírajících porostech jedle v letech 1920-1980. Považuje ji dokonce za primární příčinu odumírání jedle bělokoré. Jankovský et Cetkovský (2005) dokumentují zásadní vliv korovnice na zdravotní stav prvních třech věkových stupňů zejména na sušších stanovištích.

Další škůdci, jako cizopasně rostliny a houby, jsou obvykle považováni za druhotný problém. V posledních letech byla přehodnocena role jmelí bílého (*Viscum album*) v destrukci jedlových porostů.

Mezi houbové škůdce jedle patří především václavky (*Armillaria* spp.), ohnivec Hartigův (*Phellinus hartigii*), popraška smrková (*Coniphora piceae*) a šupinovky (*Pholiota* spp.) (Jankovský et Cetkovský 2005).

Významným faktorem, ovlivňujícím jedli bělokorou jako druh, jsou vysoké stavy zvěře. To platí téměř v celém původním areálu druhu. Problémem poškozování zvěří se zabývali např. Heuze et al. (2005), kteří uvádějí zvěř jako limitující faktor ve Vogézách. Loupání zvěře výrazně ovlivňuje věkovou skladbu jedlových porostů. Jak podstatné snížení stavů zvěře, tak ochrana individuální či hromadná oplocením jsou nesmírně problematické ekonomicky i politicky. Tyto otázky jsou směřovány především na lesnickou praxi.

Všeobecně se usuzuje, že genetická uniformita populací jedle bělokoré v podmínkách střední Evropy (Longauer 1996) je zodpovědná za snížení genetické diverzity a adaptability na měnící se podmínky prostředí. V důsledku toho dochází vlivem samoopylení k inbrední depresi. Průvodními jevy tohoto procesu jsou redukce počtu semen, snížený počet životaschopných semen, vysoká mortalita semenáčků, snížená vitalita, pomalejší růst, poškozené klíční listy a bledě zbarvené jehlice semenáčků (Wright 1962, Wright 1976; Kusser 1983; Dobrowolska 1989). Problematické snížené genetické variability jedlí se věnují práce týkající se samoopylení druhů *A. procera* (Sorensen et al. 1976) a *A. alba* (Moulalis 1986a). Oba autoři shodně uvádějí výše uvedené projevy chřadnutí inbredních populací. Jako jeden z důvodů zvýšené inbrední deprese jsou velká pylová zrna, s čímž souvisí i značný nárůst samoopylení a následný pokles vitality inbredního potomstva. Kantor et Vincent (1970) uvádějí jako hlavní příčiny odumírání jedlí fylogenetický věk, sucho, nedostatek srážek, silné mrazy, zhoršení stanovištních podmínek a zejména otravu v důsledku vysoké koncentrace solí hliníku, znečištění ovzduší imisemi, dále poškození hmyzem a houbovými škůdci a nesprávné lesohospodářské

postupy. Obecně lze shrnout, že příčin odumírání je mnoho a ve výsledném efektu odumírání tyto příčiny vzájemně spolupůsobí.

Možností řešení problému odumírání jedle bělokoré je více (Šindelář 1994b). Na udržení jedle bělokoré se objevují mezi lesníky základní dva názory. Jeden směřuje k jejímu postupnému ústupu a počítá s jejím perspektivním nahrazováním douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii*), kterou však mohou limitovat mrazy, a teoreticky i dalšími druhy. V našich podmínkách se již v minulosti osvědčily severoamerické druhy jedlí – např. jedle obrovská (*Abies grandis* Lindl.), jedle ojíňená (*Abies concolor* Lindl. Et Cord.) a další. Především jedle obrovská je doporučována pro naše podmínky nejen z hlediska produkce. Z pohledu ekologie (Pokorný 1959; Hofman 1963; Vančura 1990) Šindelář et Beran (2004) srovnávají růst různých cizokrajných druhů rodu *Abies* v Lesích města Písku. Vedle výše zmíněných druhů je na ploše ještě dalších 5 druhů – *Abies cilicica*, *Abies cephalonica*, *Abies pinsapo*, *Abies Borisi-regis*, *Abies balsamea*. Jako použitelná pro lesní hospodářství v Čechách se jeví podle autorů pouze jedle řecká, i když těžiště jejího využití vidí spíše ve šlechtění a hybridizaci.

Většina hlasů ze strany odborné veřejnosti však počítá se záchranou druhu domácího, protože jedlí lze nepochybně považovat za důležitou součást lesních porostů jako naši nejproduktivnější lesní dřevinu. Mnoho ekologicky pozitivních faktů hovoří ve prospěch zachování *A. alba* v celém areálu jejího přirozeného výskytu, a proto se dostává v popředí (Rohmeder et Eisenhut 1961b; Müller 1989). Podle Kantora (1965) k záchraně a udržení jedlí směřuje výběr a šlechtění (udržovací šlechtění, novošlechtění a semenářství), vhodná a ekonomicky zdůvodněná pěstební technika. Nejúčinnější v tomto směru je vnitrodruhová hybridizace jedle bělokoré a její mezidruhová hybridizace na bázi introdukce cizokrajných druhů jedlí do podmínek střední Evropy (Janeček et Kobliha 2007). Jejich cílem je získat nové křížence ekotypů či odrůd jedle bělokoré, anebo mezidruhové křížence s odolností vůči nepříznivým činitelům prostředí a současně vykazující heterózní efekt. Jako důkaz úspěšnosti využití umělého hybridního materiálu je možné uvést spontánní hybridizaci vznikající mezidruhový hybrid *A. borisii-regis* (*A. alba* x *A. cephalonica*), který významnou mírou přispívá k vitalitě jedlových lesů na Balkáně, zejména v Řecku a v Makedonii, kde vykazuje vysokou odolnost vůči intenzivnímu slunečnímu záření, suché půdě, nízkému úhrnu srážek (méně než 650 mm !), nadmořské výšce a bioklimatickému rozmístění (Bulharsko, Chorvatsko, Řecko) (Bassiotis 1956; Panagiotidis 1965; Ceballos 1968; Panetsos 1975; Catalan et Pardos 1983; Fady 1995).

Právě cesta mezidruhov \acute{e} hybridizace by umožnila zvýšit heterozygotní stav a tím i adaptabilitu jedlových populací u nás. Přirozené přizpůsobování rostlin zm \acute{e} něným podmínkám prostředí trvá v přírodě více než 10 generací. V důsledku toho přirozené populace jedlí nejsou schopné adaptace na rychle se m \acute{e} nící podmínky prostředí, což komplikuje i samotná inbrední deprese (Moulalis, 1986a), zvyšující se teploty a vliv imisí jako důsledek průmyslové činnosti (Kobliha et Janeček 2005). Pozitivní ohlasy na mezidruhov \acute{e} hybridizaci v souvislosti s globálním oteplováním pocházejí od francouzských autorů Arbeze et al. (1990) a Fadyho (1995). První z nich doporučuje využívat potomstvo ze samoopylení pro vysokou toleranci k inbreedingu, stejně jako i mediteránní druhy jedlí a jejich hybridy s *A. alba*, zejména mezidruhov \acute{y} hybrid *A. borisii-regis*. V tomto ohledu se jako nejperspektivnější jeví kromě *A. cephalonica* především druhy mediteránních jedlí *A. numidica* a *A. pinsapo* pro jednoznačně nejvyšší index aridity (Ausenac 2002). Hybridizací s těmito druhy se omezí nejen inzucht, ale také se zajistí adaptabilita vůči zm \acute{e} něným klimatickým podmínkám v důsledku globálního oteplování (Greguss 1982; Greguss 1984b; Greguss 1988; Greguss 1988c; Kormuťák 1981; Kormuťák 1982; Kormuťák 1984b; Kormuťák 1985; Kormuťák 1992; Kormuťák 1994; Šindelář 1994b; Kormuťák 2004).

3.4 Činitele ohrožující jedli Fraserovu na přirozených stanovištích a na plantážích vánočních stromků

Abies fraseri je citlivý endemický druh se složitou evoluční historií, která byla prozkoumána teprve nedávno (Potter et al. 2010). Tento druh postihuje silná mortalita napříč celým přirozeným areálem výskytu následkem sání zavlečené korovnice smrkové původem z Euroasie (balsam woolly adelgid [BWA] - *Adelges piceae* [Ratz.]), (Dull et al., 1988) a dalších souvisejících faktorů. Tento škůdce byl poprvé objeven ve státě North Carolina v roce 1957 pod vrcholkem Mount Mitchell a do dnešní doby se rozšířil do všech částí ostrůvkovitého areálu *A. fraseri*. Mortalita rapidně vzrostla z 11,000 stromů v roce 1958 až na zhruba 1,75 miliónů jedinců v roce 1970. Mortalita byla značná ve všech oblastech s výjimkou Mount Rogers ve Virginii, kde napadení probíhalo pravděpodobně od 60. let, ale následky byly objeveny až v roce 1979. Korovnice napadá větve, letorosty i báze pupenů, ale převládající napadení se soustředí na kmen. Smrt obvykle přichází po 2 až 5 po napadení kmene a je zapříčiněna narušením dopravy živin cévními svazky (Amman et Speers 1965; Amman 1966; Aldrich et Drooz 1967).

Poškození dalšími organismy obvykle navazuje na působení korovnic. Oslabené stromy jsou často napadeny kůrovci, pilořitkami a dalšími druhy hmyzu, což mnohdy vede k houbovým chorobám. Hniloby způsobené václavkou *Armillaria mellea* se nejčastěji vyskytují u jedinců silně napadených korovnicí. Poškozené a oslabené stromy jsou navíc více náchylné k vývratům a vrcholkovým zlomům (Fedde 1973).

Porosty příbuzné jedle prostřední (intermediate fir - *Abies balsamea* var. *phanerolepis*) ve státě West Virginia byly napadeny později, až v nedávné době (Bross-Fregonara 2002). Jedle Fraserova je v seznamu ohrožených druhů (G2) globálně a ve státech Virginia a Tennessee je vedena jako kriticky ohrožená (S1). V Severní Karolíně je vedena jako ohrožený druh (S2) (NatureServe, 2009). Jedle prostřední je kriticky ohroženým druhem státu Virginia (S1) a zranitelným druhem státu West Virginia (S3) (West Virginia Natural Heritage Program, 2003).

Vědci z North Carolina State University zahájili intenzivní populačně-genetický výzkum nezbytný pro záchranu mizejících populací *A. fraseri*. Důraz je kladen na objasnění evolučních vztahů *A. fraseri* a jí příbuzných druhů (*Abies balsamea*). V USA je současný zájem o exotické druhy a mezidruhovou hybridizaci spojený především se zájmy pěstitelů vánočních stromků. V Severní Karolíně se pěstitelský průmysl opírá o produkci jedle Fraserovy (*Abies fraseri*), jejíž plantáže se nacházejí v hornaté západní části státu. Na tento

druh je přímo vázáno 98% z ročního příjmu pěstitelů, který v tomto státě činí 100 mil.\$\$. Mnozí farmáři tedy považují *A. fraseri* za naprosto prioritní druh. Podle Moodyho (2007) představuje *A. fraseri* v Avery County 67% celé zemědělské produkce regionu, kde se ročně vyprodukuje až milion vánočních stromků.

Při hodnocení potenciálu dalších druhů z rodu *Abies* či hybridů v rámci tohoto rodu jsou sledovány tyto cíle: 1) míra resistance ke kořenové hnilobě (*Phytophthora cinnamomi*), 2) resistance k napadení korovnicí (syndrom BWA – balsam woolly adelgid), 3) identifikace druhů vhodných pro pěstování v nižších nadmořských výškách – východní část státu Severní Karolína a přímořské nížiny. Série pokusů simulujících napadení sazenic *Phytophthorou* v kontrolovaných podmínkách nenalezla mezi 6 hlavními proveniencemi *A. fraseri* ani náznak resistance. Proto byl v roce 2003 zahájen rozsáhlý pokus testující 32 druhů jedlí z celého světa na rezistenci (Frampton 2005). Více než 6 600 semenáčů bylo po 2 až 3 roky pěstováno ve skleníku a pak přesunuto do venkovního přístřešku, kde proběhlo „naočkování“ materiálu rýží infikovanou *Phytophthorou cinnamomi*. Došlo k velmi rychlému postupu patogena, což vedlo k celkové mortalitě 86 % po 16 týdnech. Konečná mortalita v rámci druhů se pohybovala mezi 11 % (*Abies firma*) až 100 % (několik druhů včetně *A. fraseri*). Statistické analýzy rozdělily materiál do 3 skupin – rezistentní, středně citlivý a citlivý. Rezistentní a středně citlivé druhy z velké většiny pocházely z Japonska a střední Asie. Mezi druhy středně citlivé se zařadily mediteránní jedle jako *A. bornmuelleriana*, *A. cilicica*, *A. borisi-regis*, *A. nordmanniana*, *A. cephalonica* a *A. equi-trojani*. Interpretace těchto výsledků je poněkud složitější, jelikož vývoj *Phytophthory* souvisí úzce se stavem kořenového systému, a proto výsledky mladého materiálu nemusí být naprosto spolehlivé (Frampton 2005). Přesto americká strana vytypovala potenciální zdroje pro budoucí šlechtění na rezistenci.

Výzkumný kolektiv North Carolina State University v Raleigh se zabývá v širším kontextu propagací *Abies fraseri*. Práce z roku 2004 (Rosier et al.) studovala vliv různých koncentrací fytohormonů v různých růstových stádiích na zakořeňování řízků. Tento kolektiv podrobně studoval řízkování i z hlediska polohy řízku v koruně a věku mateřské rostliny. Informace tohoto typu jsou velmi významné pro farmáře a pěstitelé vánočních stromků.

Roubování jedle Fraserovy na podnože vybraných druhů jedlí nabízí potenciální řešení problému. Metodu popsali Hinsley (2002) a Frey et al. (2010). Rozdíly v mortalitě roubovanců vypovídají o mezidruhové varianci resistance vůči kořenové hnilobě. Roubování nabízí možnost pěstovat jedli Fraserovu na lokalitách již silně napadených

Phytophthora cinnamomi (Hinsley 2002). Roubování je výhodné z biologického hlediska, avšak ekonomické aspekty této metody nejsou zdaleka vyřešeny.

Mimo Severní Karolínu, kde *Abies fraseri* suverénně dominuje mezi vánočními stromky, je tento druh intenzivně využíván i v dalších státech USA významně produkujících vánoční stromky jako je Washington, Michigan a v neposlední řadě Oregon. Specifické geografické a především klimatické a půdní podmínky těchto dalších států přináší nové související problémy. Limitujícím faktorem jsou v závislosti na zeměpisné šířce transferu především mrazy a sucho.

Řada pokusů na ověření náchylnosti různých druhů jedlí ke kořenové hnilobě (*Phytophthora* spp.) probíhá ve výzkumné stanici města Puyallup ve státě Washington. Různé druhy tohoto patogenu se stávají jedním z hlavních limitujících faktorů i pro další hospodářsky významné druhy jedlí (vánoční stromky) jako je konkrétně na západním pobřeží USA nejoblíbenější jedle vznešená (*Abies procera*). Problém kořenové hniloby úzce souvisí s lokálním zamokřením plantáží vánočních stromků. Celkem u osmi druhů rodu *Phytophthora* byla prokázána příčinná souvislost s vývojem kořenové hniloby na plantážích vánočních stromků s jedlí vznešenou v Oregonu a Washingtonu. Mezi nejagresivnější druhy patří *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. cinnamomi* and *P. cryptogea* (Chastagner 2009). Celkem 12 druhů jedlí bylo testováno v rámci pokusu s inokulací různými druhy rodu *Phytophthora*. Pokus zahrnoval jedli Fraserovu a jí blízkou příbuznou varietu jedle balzámové (*Abies balsamea* var. *phanerolepis* Fern.). Jedle Fraserova (mortalita 23 %) a jedle ojíňená (*Abies concolor* [Gord.] Hopes.) patřily mezi nejpostiženější druhy následující v pořadí po jedli nádherné varietě Shasta (*Abies magnifica* var. *shastensis*) (70 %) a jedli vznešené (*Abies procera* Rehd.) (60 %). Pro příklad, pouhých 5 % jedinců jedle Bornmullerovy (*A. bornmuelleriana*) a jedle kavkazské (*Abies nordmanniana* [Steven] Spach.) bylo napadeno kořenovou hnilobou (Chastagner 2009). Přestože byl tento pokus navržen z perspektivy pěstitelů vánočních stromků ze států Oregon a Washington, přinesl zajímavé předběžné výsledky a nový vhled do problému resistance jedlí vůči tomuto patogenu.

3.5 Mezidruhov hybridizace a její uplatnění v rámci rodu *Abies*

Zdaleka nejvt (více než 95%) ze zhruba 150 milionů hektarů lesnch porostů celého světa byla založena jednotlivými –istmi druhy. Avšak mezidruhov hybridy jsou dlouho znmm prodnm fenoménem a jejich význam jako komern vysazovaných druh stále roste (Zobel et Albert 1984; Namkoong et Kang 1990; Nikles 1992, 2000; de Assis 2000; Retief et Clarke 2000; Potts and Dungey 2001). Zatímco geneze mezidruhových hybridů je spojena s nronm kontrolovanm opylením strom rodičovských druhů, jejich množení je efektivn vyřešeno řízkováním nadrmrnch hybridních klonů, což pispv k jejich významu v plantzch rychle rostoucích dřevin mnoha druhů. Neznámějšími prklady jsou rody *Populus* a *Eucalyptus*. I kdy hybridy první filaln generace F₁ vznikající křzenm dvouistch druh jsou nejobvykleji komern vysazovanými hybridy, roste zájem o další typy hybridů jako naprklad F₂ hybridy (vznikají křzenm F₁ hybridů), zptn křzen F₁ hybridů s jedním nebo obmaistmi rodičovskými druhy, tri a tetra hybridy zahrnující 3 nebo 4ist druhy a o další typy komplikovaných hybridů (Nikles 1992; de Assis 2000; Verryn 2000).

Mezidruhov hybridizace je považovan za jednu z nejuinnjch a nedostupnjch metodlechtn lesnch dřevin. Představuje prakticky zvldnuteln postup a téměř vzdy směřuje k získání kvalitních hybridních potomstev s rozřenou genetickou variabilitou, které jsou adaptabilnější ke zmnnm ekologickm podmínkám než rodiovsk druhy (Kormuk 1994; Greguss 1995). Hybridizací se dají docílit vlastnosti, které se nedaj získat pouhým vybrem, jelikož selekcí se objevují jen znaky a vlastnosti j existující (Paule et al. 1988). Mezidruhov hybridizaci řadme mezi vzdlen hybridizace, představující křzen mezi dvěma botanicky různými druhy s různými genomy, v důsledku generativního spojen dvou geneticky různých gamet a tm geneticky různých genomů i chromozomi jejichusek při oplodnění - mezidruhov hybridizace, nebo mezi dvěma různými rody - mezirodov hybridizace (Dubovsk et Maralek 1968; Hraka 1990; Paule 1992).

Vyhoda mezidruhov hybridizace spov v tom, želechtitel me vuit obrovsk genofond rozmantch druh jako vychoz materiál pro vznik jedinečných forem pro další vybr a manipulaci s nimi. Pomocí mezidruhov hybridizace u jedlí dochází ke kombinaci vlastností, jak se uistch druh nevyskytují. Jde zejména o toleranci a odolnost vci abiotickému a biotickému ohroen v kombinaci s minimln prmrnm růstem (Greguss 1995). Mezidruhov hybridizací, a už spontnn nebo umělou, dochází ke zlepšení

kvalitativních a kvantitativních znaků, k získání heterózního efektu v růstu, ke zvýšené odolnosti, rezistenci vůči měnícím se podmínkám prostředí (např. globální oteplování a fyziologické stresy s ním spojené) a k produkci lepších potomstev v porovnání s úrovní znaků a vlastností rodičů (Hraška 1990; Paule 1992; Greguss 1994c; Koblíha 1994a). Mezidruhov^á hybridizace jedlí umožňuje též zvýšení flexibility potomstev překonáním reprodukčních bariér bránících toku genů, které umožňuje vznik nových kombinací vlastností, jejichž nositelé jsou adaptabilnější k náhlým změnám prostředí. V porovnání s výchozími (rodičovskými) druhy, v průběhu evoluce adaptovanými na existující podmínky prostředí, se hybridy jeví jako perspektivní náhrada pro prostředí změněné člověkem (Greguss 1995). Opodstatněným názorem podle Gregusse (1995) je, že právě hybridy vyžadují hybridní prostředí. Proto mezidruhov^é hybridy, schopné tolerovat odlišné podmínky prostředí, mohou být úspěšné tam, kde jsou tyto podmínky intermediární.

Wright (1964) rozlišuje v procesu zavedení úspěšných hybridů F1 do praxe čtyři stádia:

1. stanovení křížitelnosti;
2. produkce a testování několika vzorků z každé kombinace;
3. vývoj metod masové propagace sadebního materiálu;
4. určení nejvhodnějších rodičovských stromů.

Mergen et Gregoire (1988) uvedli, že potomstvo získané hybridizací jedlí ze sousedních, resp. blízkých geografických území, je všeobecně životaschopnější oproti potomstvu získanému úspěšnou hybridizací jedlí z geograficky vzdálenějších území.

Francouzští autoři Arbez et al. (1990) zabývající se šlechtěním mediteránních jedlí doporučují k vyřešení problému spojeného s jejich genetickou uniformitou využít potomstva jedlí z autogamie, hlavně s ohledem na značnou toleranci jedlí vůči inbreedingu. Situaci v případě mezidruhov^é hybridizace jedlí stěžuje fakt, že přes mnohaletý výzkum věnující se ústupu a odumírání jedle, uspokojivé a všeobecně přijatelné vysvětlení tohoto fenoménu nebylo podané. Tato nevyjasněnost hlavní a rozhodující příčiny odumírání jedle samozřejmě stěžuje práci šlechtitelů. Z toho vyplývá, že zatím nemůžeme šlechtit jedli na specifickou odolnost, jako je tomu např. u jilmů, ale musíme se zaměřit na celkové zvýšení její vitality (Paule et al. 1988; Koblíha et Janeček 2005).

Introdukce cizokrajných jedlí adaptovaných na podobné klimatické podmínky a jejich využití v mezidruhov^é hybridizaci jako zdroje genetické diverzity, jejich selekce a rozmnožení může sehrát důležitou roli v čase komplexních klimatických změn (Koblíha 1994b). Právě mezidruhov^é hybridy jedlí by díky zvýšené vitalitě a odolnosti, jako

důsledku heterozygotnosti mohly najít uplatnění v lesnické praxi v osazování nových stanovišť a zejména tam, kde lokální populace vyhynuly nebo jsou minimálně na ústupu, vzhledem k rychle se měnícím podmínkám prostředí (Paule et al. 1988; Müller 1989; Greguss et Longauer 1996; Janeček et Koblíha 2007).

Za nejvýznamnější důvod realizace mezidruhové hybridizace je možné považovat destrukci lesních ekosystémů probíhající rychlostí, na kterou rostliny nejsou schopné v rámci svých přirozených evolučních mechanismů adekvátně reagovat (Gregus 1995). Právě v oblastech Evropy, kde je diverzita stanovišť v porovnání s jinými vegetačními oblastmi mírného pásma nejchudší, je nebezpečí kolapsu lesních ekosystémů akutní.

Právě díky mezidruhové hybridizaci spojené se zařazením jedle bělokoré do šlechtitelského programu se nabízí možnost vyřešení dramatického poklesu druhové diverzity a výměry jedlí v podmínkách střední a západní Evropy. V úvahu přichází mezidruhová hybridizace autochtonní *A. alba* s jedlemi cizokrajnými. Od jedlových hybridů můžeme očekávat, díky následnému rozšíření genetické variability, vyšší toleranci nejen k různým běžným stresujícím faktorům včetně imisní zátěže, ale i k případným důsledkům změn ekologických podmínek, způsobených oteplováním klimatu ve střední Evropě a znečištěnému ovzduší. Zastavení či přinejmenším zpomalení destrukčních procesů je možné jen za předpokladu aktivního zásahu do evolučních procesů prostřednictvím mezidruhové hybridizace (Paule et al. 1988; Arbez et al. 1990; Koblíha 1994a; Koblíha 1994b; Greguss 1995).

V porovnání s druhy *Pinus*, *Larix* a *Picea* se hybridizačnímu procesu v rodě *Abies* v minulosti věnovalo méně pozornosti. Důvodem byl relativně malý ekonomický význam řady druhů jedlí a problémy spojené s vysazováním do přírody, kvetením a vzházením semen (Rohmender 1961a; Mergen et al. 1964; Greguss et Paule 1988). U mezidruhových hybridů byla Rohmenderem et Eisenhutem (1961) pozorovaná zvýšená odolnost vůči mrazům v porovnání s čistými druhy. Podle Aussenaca (2002) druhy dříve rašící jako *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. nordmanniana* a *A. bornmülleriana*, jsou vystaveny většímu riziku poškození pozdními mrazy a vodním stresem. Zde je možno uvažovat o hybridizaci s druhy jedlí odolnějšími k nižším teplotám.

V období nastupujících klimatických změn spojených s globálním oteplováním je třeba brát v úvahu zvýšené procento přežívání, které sledovali např. Catalan et Paradoso (1983). Zvýšená vitalita je typ heterózy, která se také označuje jako adaptivní heteróza. Díky ní hybrid *A. pinsapo* x *A. alba* v porovnání s čistým druhem *A. alba*, dobře roste na stanovištích se sušší půdou v Katalánsku v sympatrických areálech výskytu

rodičovských druhů, v drsných klimatických podmínkách ve výšce 1100 m nad mořem. Proto využití aridní adaptace hybridu *A. pinsapo* x *A. alba* může najít uplatnění při vysazování uměle získaných hybridů stejného anebo podobného aridního charakteru na sušších stanovištích, jejichž počet se bude i vzhledem ke globálnímu oteplování zvyšovat. Dnes jsou známé poznatky z pěstování hybridu *A. pinsapo* x *A. alba* jako náhradní dřeviny při znovuzalesňování ve Španělsku.

Uvedené vlastnosti popisovaného hybridu korelují s nejnovějšími studii Gilberta Aussenaca (2002), jenž řešil fyziologické aspekty suchovzdornosti jedlí. Autor v nich uvádí, že pouze 3 druhy (*A. numidica*, *A. nebrodensis* a *A. pinsapo*) mají nejvyšší index aridity (suchovzdornosti) nad 60, což souvisí s jejich pozicí na přirozených stanovištích, které jsou charakteristické vysokými nadmořskými výškami, suchou půdou s mělkým profilem a relativně nízkými teplotami. Naopak nejnižší hodnotu indexu aridity mají druhy *A. cilicica* a *A. cephalonica*, kde index dosahuje hodnoty 30, což je kritická hodnota (hodnota pod 45). Z toho vyplývá, že tyto druhy jsou náchylné k teplotnímu a vodnímu stresu a jsou méně adaptované na aridní podmínky. Na základě zjištěných konkrétních hodnot indexu aridity je možné vysvětlit ústup druhů, jako jsou např. *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. nordmanniana* a *A. boris-regis* z jejich přirozených stanovišť, které jsou dnes vlivem globálních klimatických změn vysoce aridní. Autor logicky doporučuje využívat v hybridizačním procesu mezidruhové hybridy s druhy *A. numidica* a *A. pinsapo*, díky jejich vlastnostem vzniknou nové hybridní kombinace odolnější na stanovištích se sušší půdou (Aussenac 2002).

Fady et Conkle (1992, 1993) doporučují využít vybrané mezidruhové hybridy k zalesňování požárem zničených původních lesů ve Francii, k čemuž by měly být tyto hybridní kombinace podle Aussenaca (2002) přizpůsobené. Pro tento účel vhodné se jeví přirozené hybridy *A. pinsapo* x *A. alba* a *A. borisii-regis*. Hybrid *A. borisii-regis* roste ve své domovině v přirozených hybridních zónách jako pionýrská dřevina. Proto je využíván při opětovném zalesňování některých biotopů zničených požárem.

Novátorem byl v tomto směru Mayer (1981), když doporučoval pěstovat zejména spontánní hybridy a soustředil pozornost na hybridy *A. borisii-regis*, *A. bornulleriana* a *A. equi-trojani*. Doporučuje jejich získání v umělém hybridizačním procesu a využití jako náhradních druhů za odumírající jedli bělokorou. Vyzdvihuje jejich zvýšenou heterozygotnost spojenou se zvýšenou rezistencí a adaptabilitou.

Vybrané mezidruhové hybridy jsou též velmi dobře prakticky využitelné pro potřebu vánočních stromků, jelikož v důsledku transgrese v hybridizačním procesu můžeme získat

jedince s výrazně okrasným vzhledem. Tito mohou být následně využiti kromě výše zmíněného účelu i v sadovnictví, krajinářství a okrasném zahradnictví s účelem obohacení sortimentu botanických zahrad a arboret (Müller 1989; Paule et al. 1988; Greguss et Longauer 1996; Janeček et Kobliha 2007). Vhodným pro tento účel je např. mezidruhový hybrid *A. pinsapo* x *A. alba*, který může být využit jako okrasná dřevina i vánoční stromek. Catalano et Pardosa (1983) zmiňují jeho poměrně rychlý růst získaný od *A. alba* a nádherný vzhled *A. pinsapo*.

Na stanovištích zamořených smogem a prachem doporučuje Bailey (1923) ex Kormuťák (2004) využít hybridní jedle schopné znečištěné prostředí snášet lépe v porovnání s druhy čistými, což se projevuje jejich dobrou životaschopností jako výsledku heterozy. Již Sargent (1898) ex Kormuťák (2004) a Charles (1972) ex Kormuťák (2004) doporučují na znečištěných stanovištích pěstovat hybrid *A. x vilmorinii* (*A. pinsapo* x *A. cephalonica*) rezistentní vůči znečištění a vykazující výrazný heterózní růst. Taktéž Ranft et Liebschner (1987) ex Kormuťák (2004) a Antipov (1987) ex Kormuťák (2004) se zmiňují o zvýšené odolnosti některých druhů jedlí ke znečištění průmyslovými plyny. V případě jejich využití v hybridizačním procesu by mohlo být potomstvo v tomto směru rezistentní.

Význam hybridizace, zvláště pak mezidruhové, je značný i na teoretické rovině. Jde o vhodný a účinný nástroj k objasnění evolučních vztahů a taxonomické příbuznosti druhů (Hraška 1990; Paule 1992; Greguss 1994c; Arnold 2006). Podobné studie jsou známy v rámci rodu *Picea* (Wright 1955, Wright 1976; Fowler 1980, Fowler 1983), *Pinus* (Critchfield 1966; Critchfield 1967; Critchfield 1977a; Critchfield 1977b; Saylor et Koenig 1966) a *Abies* (Kormuťák 1994, 2004). Pomocí mezidruhové hybridizace je možné v teoretické rovině manifestovat biologickou koncepci druhu, fylogenetickou příbuznost a postavení jednotlivých druhů jedlí v průběhu evoluce a na druhé straně charakterizovat taxonomické vztahy v rámci rodu *Abies* (Greguss 1995; Greguss et Paule 1988; Kormuťák 1982, Kormuťák 1992; Kormuťák 2004).

Právě spontánní hybridizace jako cesta vzniku přirozených hybridů je důležitým evolučním mechanismem. Je dokázané, že spontánní hybridizace výraznou mírou ovlivňuje vývin a ekologický status rostlinných populací. Proces spontánní hybridizace může evoluční procesy ovlivnit tak výrazně, že často vyústí v další speciace taxonů (Arnold 1997; Grant 1981). Neúplná reprodukční izolace spontánních mezidruhových hybridů přispívá k infiltraci jednoho druhu do genomu dalšího druhu zúčastněného v reprodukčním procesu. Uvedený jev se nazývá introgrese (Anderson 1949; Paule 1992) a je základním předpokladem spontánní hybridizace druhů. Druhy se v průběhu evoluce musely nejprve

sblížit a následně separovat, což vytvořilo základní podmínku hybridizace a introgrese (Critchfield 1988). Studium mnoha skupin vyšších rostlin z hlediska cytogenetického a systematického se zjistilo, že výskyt hybridů je mnohem častější než se původně předpokládalo. Proto pravděpodobně i mnozí představitelé rodu *Abies* byli hybridizačním procesem v průběhu evoluce ovlivněni ve větším rozsahu (Stebbins 1950; Dubovský et Maršálek 1968; Grant 1981).

Pomocí umělé hybridizace a také na základě morfologických znaků zjistil Matzenko (1957) z taxonomického hlediska větší příbuzenský vztah mezi druhy *A. alba* a *A. cephalonica* než mezi druhy *A. alba* a *A. nordmanniana*. Podle autora je možné sekci *Abies* rozdělit na dvě skupiny *Albae* a *Nordmannianae*. Naopak Stebbins (1950) uvádí opačný příbuzenský vztah mezi výše uvedenými druhy, který má souvislost s postglaciálním šířením vegetace v Pleistocénu. Podle jeho názoru je významnější příbuzenský vztah mezi *A. nordmanniana* a *A. alba* jako prvky Kolchické flóry, která se šířila centrální Evropou. Existuje řada dalších úzce příbuzných druhů v rodu *Abies*, například mezi druhy sekce *Balsamae*. I když jsou si velmi podobné podle morfologických znaků, jejich spolehlivé odlišení je možné pouze pomocí hybridologických vztahů (Liu 1971).

Mezi nevýhody mezidruhové a mezirodové hybridizace patří častá absence křížitelnosti, nízká fertilita či úplná sterilita a o mnoho složitější projev dědičnosti v potomstvech (Dubovský et Maršálek 1968; Hraška 1990). Příčiny neplodnosti mohou být různé. Při vzdálených hybridech často dochází k abnormálnímu vývinu pohlavních orgánů a gamet, zejména v důsledku poruch v meiotickém cyklu (Greguss 1995). Mezi průvodní jevy mezidruhové hybridizace patří i narušení vysoce vyvinutých avšak rozdílně adaptivních systémů, které se vyvinuly v průběhu evoluce. Výsledkem toho jsou často hybridy méně životaschopné než oba rodičovské druhy. Tato snížená schopnost křížení se navenek projevuje ve snížené tvorbě semen, ve zvýšené frekvenci abnormálních či podřadných semenáčků a ve snížené vitalitě (Greguss 1995).

3.6 Spontánní hybridy jedle

Přirozené klimaticko geografické rozšíření jedlí je charakteristické pro centrální a severní Ameriku, mediteránní části Evropy, Asii, Dálný Východ a severní Afriku. Podmínkou vzniku přirozených hybridů jedlí je, že druhy vytvářející tyto hybridy se musí vyskytovat na geograficky shodném území. Druhou podmínkou je, aby zúčastněné rodičovské druhy měly překrývající se hranice výskytu, jinak řečeno tzv. sympatrický areál výskytu, ve kterém vznikají tzv. hybridní zóny. Právě ony jsou vhodnou oblastí pro studium evolučních procesů speciace (Mergen et al. 1964; Critchfield 1988; Hewitt 1988). Právě tato území představují vysoký hybridologický potenciál a oboustrannou schopnost hybridizace zúčastněných rodičovských druhů. Mnoho druhů jedlí je však alopatrických (areály výskytu se nepřekrývají), nedochází u nich ke spontánní hybridizaci.

Nejvíce přirozených hybridů jedlí vzniká spontánně mezi druhy mediteránních oblastí Evropy. Menší počet spontánních hybridů je na severoamerickém kontinentě a asijské druhy jsou dodnes z pohledu počtu spontánně se vyskytujících přirozených hybridů nedostatečně probádané. Nejnáročnější při zaujetí stanoviska přirozené (spontánní) hybridizace jedlí jsou problémy spojené s vymezením oblastí přirozeného výskytu druhů (Klaehn et Winieski 1963; Mergen et al. 1964; Greguss et Paule 1988). Různí autoři uvádějí různý počet spontánních hybridů. Klaehn et Winieski (1963) uvádějí 8 spontánně vzniklých hybridů v různých částech světa, zatím co Liu (1971) uvádí 7 spontánních hybridů.

3.6.1 Spontánní hybridy mediteránních oblastí Evropy

Oblast středomoří je všeobecně považovaná za území vzniku nových druhů v důsledku klimatických změn, posunu areálů výskytu, hybridizace, introgrese a následné selekce heterozygotů, které bývají lépe křížitelné než ustálené druhy (Musil et Hamerník 2007). Jedním z druhů jedlí, který je známý velkým počtem mezidruhových hybridů, je jedle řecká (*A. cephalonica*).

Prvním popsáním přirozeným mezidruhovým hybridem rostoucím v mediteránních oblastech Evropy byl hybrid *A. borisii-regis* popsán Mattfeldem v roce 1926. Druh byl pojmenovaný na počest bulharského krále Borise III. (Mattfeld 1926 ex Panetsos 1975; Mattfeld 1930 ex Panetsos 1975; Pavari 1941) a vznikl jako produkt spontánní hybridizace mezi druhy *A. alba* x *A. cephalonica*. Vyskytuje se spontánně v tranzitní zóně na severu Balkánského poloostrova, kde severně roste druh *A. alba*, přičemž na jihu se vyskytují

izolované populace *A. cephalonica* (Mattfeld 1926 ex Panetsos 1975; Mattfeld 1930 ex Panetsos 1975). Hybridy se vyskytují v místě, kde se přirozené populace mateřských druhů stýkají na hranicích výskytu severního Řecka a bývalé Jugoslávie. Na severu jsou hybridy více podobné druhu *A. alba* a na jihu *A. cephalonica*, se kterými tu rostou v hybridních zónách. Současné studie potvrdily, že hybridní populace popsané Mattfeldem ve 30. letech 20. století se vyskytují ještě i v jižnějších populacích Peloponéských jedlí, než se předpokládalo (Mattfeld 1930 ex Panetsos, 1975; Bassiotis 1956; Panagiotidis 1965 ex Panetsos 1975).

Recipročním křížením *A. cephalonica* x *A. alba* vznikl hybrid *A. nebrodensis* Mattei, který se vyskytuje velmi vzácně v severovýchodní Sicílii a dnes je už pouze vegetativně udržovaný (Dalimore et Jackson 1923; Mattfeld 1926). Je považován za samostatný nezávislý druh zejména s ohledem na chloroplastovou DNA (Vicario et al. 1995).

Produktem spontánní hybridizace je též hybrid *A. bornmülleriana*, nazvaný na počest německého profesora botaniky J. Bornmüllera. Poprvé ho popsal Flous (1936) jako hybrid mezi druhy *A. cephalonica* x *A. nordmanniana*. Vznikl už v geologicky dávné minulosti a dnes roste na území severozápadního Turecka (Mattfeld 1926).

Velmi blízkým předcházejícímu je hybrid *A. equi-trojani*. Druh byl poprvé popsán Mattfeldem (1926) jako hybrid mezi *A. cephalonica* a *A. bornmülleriana*; roste na malém území západního Turecka (Mattfeld 1926). Jeho hybridní status byl potvrzen na základě morfologických a pylových studií a dnes je všeobecně pokládán za hybrid mezi *A. cephalonica* a *A. bornmülleriana* (Panetsos 1975). Někteří autoři ho pokládají též za varietu *A. nordmanniana* (Dallimore et Jackson 1948; Critchfield 1977a; Critchfield 1977b). Oba hybridy *A. bornmülleriana* i *A. equi-trojani* byly potvrzeny také na základě izoenzymových biochemických markerů (Scaltsoyiannes et al. 1991; Scaltsoyiannes et al. 1999).

Jiným příkladem je druh jedle cilicijská (*A. cilicica*), rostoucí přirozeně na vhodných stanovištích Malé Asie, která tu nevytváří žádné přirozené hybridy (Liu 1971).

Vysoká genetická afinita mezi druhy *A. pinsapo* a *A. numidica* poukazuje na jejich společný vývoj v průběhu evoluce. Podle Ceballose et Bolañose (1928) a Gausena (1933) měly jedle španělská rostoucí v pohoří Sierra de Rondo na jihu Evropy a jedle alžírská rostoucí na sousedním území severní Afriky společného předka, který rostl v období miocénu na spojitém území Gibraltarského průlivu (Fukarek 1964). Areál výskytu druhů *A. numidica*, *A. pinsapo* a *A. marocana* patřil do západního refugia, kde se tyto druhy společně vyvíjely. Podle Gausena (1964) a Aussenaca (2001) druhy *A. pinsapo*

a *A. numidica* patří do sekce Mediteránních jedlí společně s *A. marocana*, *A. tazaotana* a *A. cilicica*. Stejně tak Liu (1971) výše jmenované druhy řadí do sekce *Piceaster*. Později, podle názoru Farjona et Rushforth (1989) byl druh *A. cilicica* vyřazen ze sekce *Piceaster* a začleněn do sekce *Abies*. Zjistilo se, že druhy *A. pinsapo* a *A. numidica* mají též porovnatelnou míru genetické příbuznosti s druhy *A. alba* a *A. cephalonica* (Kormuťák 2004).

V roce 1951 J. Masferrer v pohoří Gerona ve Španělsku objevil spontánně rostoucí hybrid *A. masjoanii*. Byl nalezen a pojmenován podle farmy Masjoan, kde se přirozeně vyskytovala *A. alba*, v roce 1951. Zjistilo se, že mateřský druh hybridu byla *A. pinsapo* opylená druhem *A. alba*. V následujícím roce bylo získáno až 100 tisíc hybridních semen *A. masjoanii* (Canigueral 1957; Klaehn et Winieski 1963; Catalan et Pardos 1983). Hybrid měl přechodný charakter obou rodičů. Habitus však nebyl zcela vyvážený podle rodičovských druhů - například tvar jehlic byl podobnější druhu *A. pinsapo*, přičemž délka byla více méně přechodná. Hybrid se naopak vyznačoval pomalejším růstem, podobně jako *A. pinsapo*. Hybrid je schopný růst do nadmořské výšky 1100 m n. m., což je typické spíše pro jedli španělskou (Catalan et Pardos 1983). Analýzami se zjistila vysoká míra heterogenity, kterou hybrid vykazoval, přičemž z něho získané semenáčky byly v 10 % případů podobné druhu *A. pinsapo*, zatímco 90% semenáčků mělo intermediární charakter obou rodičů (Catalan et Pardos 1983).

Eklundh (1943 ex Catalan et Pardos 1983) popsal další přirozeně se vyskytující hybrid mezi druhy *A. pinsapo* x *A. numidica* na území Španělska (Turill 1955) a dal mu jméno *A. pinsapo* var. *vel hybrida*. Cebalosa et Bolaños (1928) a Catalana et Pardosa (1983) lokalizovali hybrid v parku Javuet ve Valencii; měl podobné znaky jako druh *A. numidica*. Jiným hybridem s účastí druhu *A. pinsapo* je hybrid *A. x vasconcellosiana* Franco popsán Gaussem (1964) jako spontánně se vyskytující kombinace mezi druhy *A. pindrow* a *A. pinsapo*. Též se zjistilo, že hybrid má intermediární charakter obou rodičů.

3.6.2 Spontánní hybridy severní Ameriky

Přirozené hybridy známe též z území Severní Ameriky. Intermediární charakter mezi *A. balsamea* a *A. fraseri* byl popsán u údajného hybridu *Abies x intermedia* Lamb (Klaehn et Winieski 1963), který se přirozeně vyskytuje v Appalačském pohoří na severovýchodě USA (Klaehn et Winieski 1963).

Na severozápadě Spojených států a v Kanadě byly popsány přirozené hybridy druhů *A. balsamea* a *A. fraseri* jako hybrid *A. balsamea* x *A. fraseri* (Fulling 1936 ex Kormuťák 2004; Lamb 1937 ex Kormuťák 2004; Laing 1956).

Sekce *Balsamaeae* je tradičně dělena do 4 taxonů, z nichž všechny se vyskytují v chladných a vlhkých podmínkách boreálních lesů severní Ameriky. Výskyt je omezen na vysoké nadmořské výšky či podmíněn vysokou zeměpisnou šířkou. Jedle plstnatoplodá (*Abies lasiocarpa* [Hook.] Nutt.) je výskytem striktně omezena na horské lesy amerického západu od Aljašky po Arizonu (Alexander et al. 1990). Jedle balzámová (*Abies balsamea* [L.] Mill.) rozšířená napříč východní a centrální Kanadou zasahuje do oblasti Velkých jezer a severovýchodu USA, přičemž nejstarší a nejmohutnější jedinci se vyskytují v boreální Kanadě (Bakuzis et Hansen 1965). Konečně, dva druhy rodu *Abies* domácí na jihovýchodě USA, kde jsou oba omezeny na malé populace vyskytující se ve vysokých polohách Apalačských hor. Varieta jedle balzámové známá také jako jedle prostřední nebo Kanánská (intermediate/Canaan fir (*Abies balsamea* var. *Phanerolepis* Fern.), se převážně vyskytuje v roztroušených ostrůvcích na území West Virginia (Stephenson et Adams 1986) a ve vrcholových partiích národního parku Shenandoah ve státě Virginia (Mazzeo 1966). Jedle Fraserova (*Abies fraseri* [Pursh] Poir.) je endemitem vyskytujícím se přirozeně pouze v několika ostrůvkovitých populacích na hřebenech Apalačských hor výlučně v nadmořských výškách nad 1300 m (Whittaker 1956; Busing et al. 1993). Morfologické a genetické podobnosti mezi jedlí Fraserovou, jedlí prostřední a široce rozšířenou jedlí balzámovou vyvolávají otázky o původů těchto jedlí jihovýchodu a provokují spekulace o jejich taxonomickém zařazení. Studie morfologie šišek a jehlic (Roller 1966; Robson et al. 1993) a chemie pryskyřice (Zavarin et al. 1970; Zavarin and Snajberk 1972) vedly k závěrům o blízké příbuznosti těchto taxonů. V souvislosti s tím hybridizační pokusy naznačily, že taxonomická separace druhů je způsobena bariérou geografickou, nikoli reprodukční (Hawley et Dehayes 1985a). Tento taxon, jak se zdá, vykazuje klinální proměnlivost ve dvou směrech: ze západu na východ mezi jedlí plstnatoplodou a jedlí balzámovou (Hunt et von Rudloff 1974; Parker et al. 1981; Parker et al. 1984) a ze severu k jihu mezi jedlí balzámovou a Fraserovou (Robinson et Thor 1969; Zavarin et Snajberk 1972; Thor et Barnett 1974). Několik studií našlo významné shody mezi balzámovou a Fraserovou jedlí v morfologii šišek a jehlic (Myers et Bormann 1963; Robinson et Thor 1969), chemii pryskyřice (Zavarin et Snajberk 1972; Thor et Barnett 1974) a v proteinech obsažených v semenech (Clarkson et Fairbrothers 1970; Jacobs et al. 1984). Tyto podobnosti vedly Thora and Barnetta (1974) k popsání a zařazení jedle Fraserovy jako

variety jedle balzámové. Mezi těmito dvěma druhy probíhala ještě před 10000 lety relativně neomezená výměna genů a vykazují míru variability očekávanou v rámci jednoho jediného druhu (Jacobs et al. 1984). Řada vědců na druhou stranu dospěla k závěru o dostatečné genetické diferenciaci jedle Fraserovy (na základě markerů chloroplastové DNA), jenž jí přiznává statut druhu a nutnou konzervaci jejích genových zdrojů spojenou s potřebným managementem (Clark et al. 2000). Morfologie šišek jedle prostřední na přechodu mezi výrazně vyčnívajícími listeny jedle Fraserovy a ukrytými listeny jedle balzámové (Bakuzis et Hansen 1965; Liu 1971) podtrhuje klinální morfologickou proměnlivost v rámci tohoto komplexu druhů. Včetně typických izolovaných stanovišť jedle prostřední v horách Virginie (Mazzeo 1966; Stephenson et Adams 1986) se jedinci s částečně vyčnívajícími listeny šišek vyskytují sporadicky dále na severu v areálu jedle balzámové jak ve vysokých polohách severních Apalačských hor, tak v Kanadských provinciích podél Atlantického pobřeží a v údolí řeky Sv. Vavřince (Myers et Bormann 1963; Lester 1968). Tato přechodná forma byla v minulosti popsána jako samostatný druh *Abies intermedia* Full., ale tato klasifikace byla širokou vědeckou komunitou zavrhnuta (Robinson et Thor 1969; Clarkson et Fairbrothers 1970; Jacobs et al. 1984). Jiní autoři (Core 1934; Fulling 1936; Liu 1971; Farjon et Rushforth 1989) podporují hypotézu o hybridním původu jedle prostřední (*A. x phanerolepis* [Fernald] Liu), kdy došlo k volnému křížení jedle balzámové a Fraserovy během pleistocénu v rámci dočasně sympatrických areálů obou druhů. I když oba druhy jsou křížitelné (Klaehn et Winieski 1963; Hawley et Dehayes 1985b; Hawley et Dehayes 1985a), výzkumy zamítly hybridní původ jedle prostřední na základě proteinové elektroforézy (Clarkson et Fairbrothers 1970), morfologických studií (Robinson et Thor 1969; Thor et Barnett 1974) a populačně genetické studie s pomocí izoenzymů (Jacobs et al. 1984).

Martinez (1948) uvádí, že na území jihozápadního Oregonu a severozápadní Kalifornie dochází v místech překryvu areálů obou druhů ke spontánní hybridizaci *A. concolor* a *A. grandis*. Přirozené populace těchto severoamerických druhů jedlí vytváří v pohořích severozápadní Kalifornie a severozápadního Idaha spontánní hybridy *A. concolor* x *A. grandis* (Harlow et Harrar 1958; Harmick et Libby 1972, Musil et Hamerník 2007).

Spontánní hybridizace mezi druhy *A. magnifica* a *A. procera* s původními areály v severní Kalifornii a sousedním Oregonu byla také popsána. Jejím výsledkem je spontánně vznikající hybrid *A. magnifica* x *A. procera*. Hybrid *A. x schastensis*, jenž je výsledkem hybridizace mezi druhy *A. magnifica* x *A. procera*, roste v nadmořských výškách od 1500

až do 3500 m nad mořem. Má intermediární charakter rodičovských druhů, přičemž zajímavostí je, že *Abies magnifica* se vyskytuje v hybridní zóně jako varieta „*xanthocarya*“. Hybrid *A. x schastensis* přirozeně roste ve vysokých horách Sierry Nevady v blízkosti Mont Schasta ve státě Kalifornie. Poprvé byl popsán Jeffreiem v roce 1852 (Liu 1971).

3.6.3 Spontánní hybridy Asie

Ve východoasijských lesnatých oblastech Tailingu, na severovýchodě Číny v rámci provincií Shaanxi, Hebei, Jilin, Liaoning, Heilongjiang a v Mandžusku, kde se přirozené populace druhů *A. sibirica* a *A. nephrolepis* sympatricky překrývají, roste hybrid *A. x sibirico-nephrolepis* (Takenouchi et Chien 1957 ex Klaehn et Winieski 1963; Liu 1971; Bobrov 1978).

Jiným popsáným hybridem je *A. x umbellata* vznikající spontánní hybridizací druhů *A. firma* x *A. homolepis* na japonských ostrovech (Liu 1971; Kormuťák 2004). Na japonských ostrovech, kde se překrývají areály výskytu druhů, se také vyskytují spontánní hybridy mezi druhy *A. mariesii*, *A. veitchii* a *A. homolepis* (Liu 1971).

Isoda et al. (2000) uvedli důkazy o spontánní hybridizaci *Abies veitchii* a *Abies homolepis*. Areály těchto druhů se sympatricky překrývají na hoře Fuji, kde odebrali vzorky z 324 jedinců. Pro zjištění genotypu rodičovských druhů použili genetické markery. U dvou vzorků byla zjištěna chloroplastová DNA *A. homolepis* a mitochondriální DNA *A. veitchii*. Finální důkaz o hybridizaci těchto druhů poskytla RAPD analýza jaderné DNA. Původně byly tyto jedle hodnoceny jako taxonomicky vzdálené a zařazeny do dvou sekcí, což tato zjištění mohou v budoucnu přehodnotit.

3.7 Umělé hybridy jedle

Umělá hybridizace je významný nástroj šlechtění lesních dřevin, protože její pomocí dochází ke kombinaci vlastností, které se v přírodě u čistých druhů nevyskytují (Greguss et Paule 1988). Umělou hybridizací jedlí se v Evropě jako první zabývalo Vilmorinovo arboretum v Les Barres v roce 1867 (Wright 1962). Významnými centry hybridologických pokusů s rodem *Abies* byly též pracoviště v dánské Kodani a v Ekebo, a to již v roce 1920. Ve Švédsku tyto pokusy probíhaly již ve čtyřicátých letech 19. století. Na americkém kontinentu probíhalo více hybridizačních projektů zaměřených na získání hybridního potomstva jedlí. Můžeme jmenovat Arnold Arboretum a Hoyhden Arboretum v Bostonu. I přes svůj nesmírný praktický a teoretický přínos byly hybridologické projekty obvykle po krátké době zastavené s odůvodněním, že práce v korunách stromů je extrémně nebezpečná a fyzicky náročná. Zastavení hybridologických experimentů bylo v mnohých případech odůvodňované také nízkými ekonomickými výnosy (Catalan et Pardos 1983). I přes tyto překážky se k hybridizačním pokusům vrátili němečtí vědci Rohmeder a Eisenhut (1961), kteří získali 35 vnitrodruhových a mezidruhových hybridů jedlí, a to v období mezi lety 1950 a 1961. Poté Mergen et al. (1964) zjistili křížitelnost devíti druhů jedlí, které byly pěstovány v *Pinete* univerzity Yale ve státě Connecticut v USA. Již roku 1988 Mergen et Gregoire ověřili křížitelnost mezi reprezentativními severoamerickými, asijskými a evropskými druhy jedlí z mediteránních oblastí. Také Hawley et De Hayes (1985a) popsali křížitelnost 5 druhů severoamerických jedlí. Hawley et De Hayes (1985b) na základě rozdílnosti v křížitelnosti *A. balsamea* a *A. balsamea* var. *phanerolepis* postulovali možnost parciálních izolačních mechanismů, které umožnily koexistenci sympatrických populací těchto dvou taxonů v pohořích Nové Anglie. V tomto případě bariéry křížitelnosti mohou být důsledkem recentní genetické odlišnosti druhů, anebo důsledkem selekčních mechanismů vůči hybridu *A. balsamea* a *A. balsamea* var. *phanerolepis* rostoucímu v nižších polohách těchto hor. Z toho vyplývá rozličný genetický status morfologicky podobných druhů. V práci poukazují na nižší počet životných semen mezidruhových hybridů severoamerických jedlí v porovnání s rodičovskými druhy a v hybridizačním experimentu poukazují na neschopnost druhu *A. concolor* produkovat životaschopná semena s druhy ze sekce *Balsamae* v důsledku bariér křížitelnosti. Relativně nízký počet životných semen na úrovni 25 % byl zjištěný v rámci křížení *A. concolor* s *A. fraseri*.

Americký šlechtitel Critchfield (1988) zjistil vztahy křížitelnosti mezi 6 druhy kalifornských jedlí a jinými, převážně introdukovanými, druhy arboret USA. Všechny uvedené práce výraznou mírou přispěly nejen k získání nových hybridních kombinací mezi jedlemi, ale také k objasnění systematického zařazení a evolučních vztahů v rámci rodu *Abies*. Od roku 1868, kdy byl popsán první umělý hybrid jedle, do roku 1988 vzniklo více než 130 nových hybridních kombinací jedlí (Greguss et Paule 1988).

První umělý hybrid jedle vzniknul v roce 1868 ve Vilmorinově arboretu ve francouzském Les Barres a to kontrolovaným opylením mezi druhy *A. pinsapo* x *A. cephalonica*. Byl pojmenován *A. x vilmorinii*, podle šlechtitele Huga de Vilmorina. Vyznačoval se vysokou vitalitou a dosáhnul věku 29 roků. Ve věku 20 let produkoval značné množství samčích i samičích šištic, s viabilními semeny, ze kterých se vyvinuly semenáčky. Semena tohoto hybridu měla charakter *A. cephalonica* (Dallimore et Jackson 1948, Klaehn et Winienski 1963; Liu 1971). Jehlice hybridu byly svojí strukturou podobné mateřskému druhu *A. pinsapo* s výjimkou délky, která měla intermediární charakter rodičů. Jehlice měly také sníženou rigiditu s průduchy lokalizovanými pouze na spodní straně, což je typické pro druh *A. cephalonica*.

V rámci severoamerických druhů se poprvé podařilo získat uměle vytvořený hybrid mezi druhy *A. concolor* a *A. grandis* v roce 1924 (Critchfield 1988). V roce 1963 kanadští vědci Klaehn et Winienski prezentují výsledky jednoho z prvních větších souhrnných hybridizačních pokusů s jedlemi. V této studii se podařilo získat 43 mezidruhových hybridů jedlí. O rok později Mergen et al. (1964) popsal 18 nových hybridních kombinací mezi druhy Eurasie a Severní Ameriky. O velkém množství úspěšně získaných hybridů mezi druhy *A. grandis* a *A. concolor* svědčí i početné práce, kde je zmiňován (Larsen 1934; Schlepitz 1956; Gathy 1957; Duffield et Snyder 1958; Rohmeder et Schönbach 1959, Kantor et Chira 1971, Frederick 1977; Hawley et De Hayes 1985).

Ve střední Evropě se jako jedni z prvních umělou hybridizací jedlí zabírali genetici na Slovensku. Jedná se především o práce Kantora et Chiry (1971,1972) a Kormuťáka (1984a, 1984b, 1985, 1986, 1988, 1992) v Arboretu Mlyňany. Také Greguss (1984a, 1986, 1988b, 1992) se zabýval umělým hybridizačním procesem zejména na materiálu v arboretu Kysihýbeľ v rámci výzkumu VÚLH ve Zvolenu.

Kormuťák na základě svých poznatků (1986) pro pěstování v našich podmínkách doporučuje následující hybridní kombinace: *A. alba* x *A. cephalonica*, *A. cephalonica* x *A. numidica*, *A. nordmanniana* x *A. alba*, *A. pinsapo* x *A. cephalonica*,

A. pinsapo x *A. alba*, *A. numidica* x *A. cephalonica*, *A. numidica* x *A. nordmanniana* a *A. concolor* x *A. grandis*. V rámci vlastního hybridizačního programu získal 37 hybridních kombinací včetně samoopylení a volného opylení, ale také celou řadu mimořádně cenných poznatků týkajících se inkompatibility v rodu *Abies* a cytogenetických základů hybridizace (Paule et al. 1988).

Uvedení autoři se shodují v doporučení využít pro hybridizaci autochtonní druh *A. alba* a mediteránní druhy jedlí (Kantor et Chira 1972; Kormuťák 1986; Paule et al. 1988; Greguss 1995). Šlechtitelé také zaznamenali, že z dosavadních hybridizačních pokusů u jedlí se právě jedle kavkazská (*A. nordmanniana*) jeví jako vysoce kompatibilní druh pro mezidruhovou hybridizaci zejména s dalšími druhy pocházejícími z mediteránní oblasti Evropy (Greguss 1995; Kormuťák 1982, 1991, 2004).

3.8 Heterózní efekt - průvodní jev mezidruhové hybridizace lesních dřevin

Heteroze je všeobecně definovaná jako převaha mezidruhového hybridu ve znacích a vlastnostech nad jedním nebo oběma rodičovskými druhy s jejím projevem všeobecně označovaným jako heterózní efekt (Greguss 1995). Problém heteroze je však podložen mnohem složitějšími jevy, které dodnes nejsou zcela objasněny (Falconer et Mackay 1996; Li et al. 1998; Cooper et Merrill 2000; Kinghorn 2000). Termínem heterózní efekt můžeme označovat růst a vlastnosti hybridu ve vztahu k průměru obou rodičů či ve vztahu k lepšímu z obou rodičů (White et al. 2007). Navíc, existence a míra heteroze závisí také na edafoklimatických podmínkách výsadby (Potts et Dunglely 2001). V tomto případě je interakce druh x prostředí důležitá u jednoho či obou rodičů, vykazují-li nejlepší vlastnosti v určitých prostředích a jejich hybridní potomek je převyšuje v podmínkách rozdílných (White et al. 2007).

V rámci mechanismů kontrolujících růstovou převahu hybridů je stále mnoho otázek a nejasností a v tomto ohledu mohou nyní i do budoucna hrát významnou pomocnou úlohu nástroje a techniky molekulární genetiky.

Faktem je, že i bez dokonalé znalosti těchto mechanismů hybridy prokazují svůj význam pro růst produkce, výnosů či kvality řady zemědělských plodin (Cooper et Merrill 2000), hospodářských zvířat (Kinghorn 2000) a stromů. V lesnictví mohou být mezidruhové hybridy upřednostněny před čistými druhy za předpokladu, že v porovnání s čistým druhem: (1) rostou rychleji; (2) mají širší ekologickou amplitudu (rostou tedy i v takových edafoklimatických podmínkách, kde čistý druh není adaptován; (3) vykazují rezistenci k chorobě či škůdci; (4) nabízejí zajímavější vlastnosti či produkční schopnost; (5) jsou

snadno množitelné (např. vysoké procento zakořenění řízků) a tudíž uplatnitelné v rámci plantáží a intenzivních šlechtitelských programů.

Vnitrodruhové a především mezidruhové, ať už přirozené nebo umělé hybridy, se vyznačují heterózním efektem, který se projevuje různými způsoby. V případě výškové převahy, která je nejčastější a nejsnáze pozorovatelná, hovoříme o somatické heterozii. Zvýšená odolnost k chorobám a škůdcům, zvýšená vitalita a adaptabilita hybridů k měnícím se podmínkám prostředí se označuje jako adaptivní heteroze (Paule et al. 1988; Greguss 1995). Ta se může projevit též převahou procentuálního podílu přežívajících jedinců perspektivních kombinací (Greguss et Longauer 1996). Jiným příkladem může být reprodukční či semenná heteroze, která představuje schopnost potomstva produkovat zvýšený počet životaschopných semen v porovnání s rodičovskými druhy; proto se může uplatnit v semenných sadech (Uljukina et Derjužkin 1981; Paule et al. 1988; Greguss 1995).

Dnes je známá celá řada hybridů jedlí rostoucích v arboretech a botanických zahradách, vyznačujících se neobvyklou vitalitou a heterózním růstem (Paule et al., 1988). Díky projevům heteroze se dnes ukazují nové možnosti pěstování jedlí z hlediska využití těchto poznatků v procesu mezidruhové hybridizace jedlí (Greguss 1995). Již Rohmender et Eisenhut (1961) uváděli, že v případě šlechtitelských programů jedlí je třeba se ubírat cestou mezidruhové hybridizace s využitím heterózního efektu. Právě mezidruhová hybridizace může pro lesnickou praxi vytvořit hybridy jedlí s cennými vlastnostmi druhu *A. alba*, který však převyšují růstem, schopností přizpůsobit se hraničním podmínkám a odolností.

Pro heterozii platí, že se nejvýrazněji projevuje v generaci F_1 a její projev v dalších potomstvech závisí na genetické konstituci rodičů. S heterozii je často spojená také neuniformita F_1 generace, ve které na jedné straně nalezneme hybridy výrazného vzrůstu, avšak na straně druhé hybridy s trpasličím vzrůstem využitelné např. v sadovnictví (Paule et al. 1988; Greguss 1995). Zvýšenou produkci semen v porovnání s rodičovskými druhy jako projev semenné heteroze zaznamenal Kormuťák (1994, 2004) mezi osmi hybridními kombinacemi *A. alba* x *A. nordmanniana*, *A. alba* x *A. cephalonica*, *A. nordmanniana* x *A. cephalonica*, *A. cephalonica* x *A. alba*, *A. cephalonica* x *A. nordmanniana*, *A. pinsapo* x *A. numidica*, *A. concolor* x *A. grandis* a *A. grandis* x *A. concolor*.

Rohmender et Eisenhut (1961) zaznamenali heterózní růst vždy v případě hybridizace s druhem *A. concolor* a uvedli, že je největší při použití tohoto druhu jako rodiče.

Heterózní růst však není stejně intenzivní u všech kombinací s *A. concolor*, především v důsledku rozdílné míry heterozygotnosti rodičů. Právě díky tomuto fenoménu jsou i mnohé morfologické znaky hybridů proměnlivé a velmi rozdílné.

Podle Mergena et al. (1964) má vliv na rychlost výškového růstu semenáčků v prvních stádiích vývinu velikost semen, ze kterých vyklíčily. Výrazný projev somatické heteroze výškového růstu sledovali i v pozdějších vývojových stádiích. Projev somatické heteroze mezidruhových hybridů jedlí je výrazný též ve stádiu 1- až 2- letých semenáčků s výjimkou některých mezidruhových kombinací (Kormuťák 2004).

Rohmeder et Schönbach (1959) poukázali na využití druhů jako *A. nordmanniana*, *A. veitchii*, *A. concolor* a *A. procera* v mezidruhové hybridizaci pro jejich heterózní růst v porovnání s vnitrodruhovými hybridy u sedmiletých jedinců. Müller (1989) a Rohmeder et Schönbach (1959) vyzdvihli také hustotu jehličí a celkovou vitalitu výše uvedených hybridů, dobrý zdravotní stav - projevy adaptivní heteroze. Sledováním těchto hybridů se potvrdilo přetrvávání efektu i po 17 letech, kdy někteří jedinci měli výšku 14 m s ročním přírůstkem až 1 m, přičemž stále byli značně rezistentní vůči imisím a houbovým chorobám. Müller (1989) vyzdvihl umělý hybrid mezi druhy *A. lasiocarpa* var. *arizonica* a *A. koreana*, jenž se v generaci F1 vyznačuje rychlým růstem a zdravým jehličím ve stádiu semenáčků. Má mimořádně vitální kořenový systém v porovnání s otcovským druhem *A. koreana*. Uvedený hybrid se mimo jiné vyznačoval dobrou rezistencí a také semennou heterozí, t.j. zvýšenou produkcí semen v důsledku větších šišek.

Moulalis (1986a) zjistil, že kombinace druhů *A. cephalonica* x *A. alba* ve věku 18 let se ukázala jako rychle rostoucí s převahou 33% v porovnání s mateřskou a 21% s otcovskou populací. Přesná měření dokázala, že růst hybridu ve věku 7 let nepředstavuje důkaz o budoucích přírůstcích, ale ve věku 16 let již může signalizovat začátek nastávajícího období přírůstu jako projevu heteroze. Greguss (1988a, 1988c) sledoval růst hybridů jedlí ve věku 1, 4 a 10 roků. Nejvýraznější projev heteroze pozoroval ve 4 letech.

Greguss (1988b) pozoroval v rámci mezidruhových křížení druhů *A. nordmanniana*, *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. pinsapo* a *A. numidica* nárůst heteroze v rozpětí 24 až 33 %. Výjimkou byla 15 let stará potomstva hybridů *A. cephalonica* x *A. cilicica* a *A. pinsapo* x *A. cilicica*, která vykazovala zvýšení růstu v porovnání s kontrolou z volného opylení pouze o 10%. Mezidruhové hybridy *A. concolor* x *A. grandis*, vykazovaly až 87 % míru zvýšení růstu od časných stádií vývinu v porovnání s kontrolou ze samoopylení ve věku 15 let.

Projev somatické heteroze mezi 4 hybridními kombinacemi *A. alba* x *A. nordmanniana*, *A. alba* x *A. cephalonica*, *A. alba* x *A. numidica* a *A. alba* x *A. pinsapo* sledoval ve věku 1, 4 a 10 let Greguss (1992). Zjistil, že ve výškovém růstu překonala kontrolu *A. alba* z volného opylení i potomstva z vnitrodruhové hybridizace. Nejvýraznější heterózní růst pozoroval u čtyřletého materiálu.

Výškový růst 26 hybridních kombinací *A. cilicica* x *A. pinsapo*, *A. cilicica* x *A. nordmanniana*, *A. cilicica* x *A. alba*, *A. cilicica* x *A. cilicica*, *A. cilicica* x *A. numidica*, *A. cilicica* x *A. cephalonica*, *A. alba* x *A. pinsapo*, *A. alba* x *A. cilicica*, *A. alba* x *A. alba*, *A. alba* x *A. cephalonica*, *A. nordmanniana* x *A. numidica*, *A. nordmanniana* x *A. nordmanniana*, *A. nordmanniana* x *A. cephalonica*, *A. nordmanniana* x *A. cilicica*, *A. nordmanniana* x *A. pinsapo*, *A. cephalonica* x *A. alba*, *A. cephalonica* x *A. pinsapo*, *A. cephalonica* x *A. cephalonica*, *A. cephalonica* x *A. numidica*, *A. cephalonica* x *A. nordmanniana*, *A. cephalonica* x *A. cilicica*, *A. numidica* x *A. pinsapo*, *A. numidica* x *A. cilicica*, *A. numidica* x *A. alba*, *A. numidica* x *A. cephalonica*, *A. numidica* x *A. numidica* a *A. numidica* x *A. nordmanniana* v porovnání s kontrolou 4 rodičovských druhů *A. cilicica*, *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. nordmanniana* z volného opylení sledoval Greguss (1994a). Z průběhu růstu sledovaných hybridů vyplynulo, že heteroze hybridních potomstev se nejvýznamněji projevila ve věku 4 let. Ve věku 10 let bylo zaznamenáno snížení průměrných hodnot heteroze v porovnání s výjimečným zlepšením růstu potomstva *A. alba* z volného opylení a ve věku 15 let byl pozorovaný pokles ve srovnání s lepším růstem potomstev *A. cephalonica* z volného opylení (Greguss 1994a).

13 hybridních kombinací *A. alba* x *A. numidica*, *A. alba* x *A. cilicica*, *A. alba* x *A. cephalonica*, *A. cilicica* x *A. grandis*, *A. cilicica* x *A. nordmanniana*, *A. cilicica* x *A. cephalonica*, *A. cilicica* x *A. alba*, *A. cilicica* x *A. numidica*, *A. nordmanniana* x *A. cilicica*, *A. nordmanniana* x *A. alba* a *A. nordmanniana* x *A. numidica*, *A. concolor* x *A. concolor* v porovnání s 5 čistými druhy ze samoopylení *A. veitchii*, *A. lasiocarpa*, *A. amabilis*, *A. grandis* a *A. balsamea* a 2 druhy z volného opylení *A. alba* a *A. cilicica* hodnotil Greguss (1994b, 1994c). Pozoroval vzestup ve výškovém růstu hybridních potomstev oproti potomstvu *A. alba* z volného opylení a to i se stoupajícím věkem, přičemž ve věku 15 let hybridní kombinace v průměrných výškách a míře přežívání jednoznačně překonávaly kontrolu. Zajímavým poznatkem bylo,

že ve výškovém růstu spontánní hybrid *A. concolor* x *A. grandis* překonává potomstvo stejné hybridní kombinace z kontrolovaného opylení.

Kormuťák (1994) sledoval 16 hybridních kombinací, které všechny kromě kombinace *A. cephalonica* x *A. numidica* ve věku 9 let vykazovaly výrazné projevy heteroze v porovnání s kontrolou z volného opylení a cizosprášení.

Kormuťák (2004) sice nezjistil u hybridní kombinace *A. alba* x *A. nordmanniana* symptomy heterózního růstu v prvních třech letech růstu semenáčku, později však ve stádiu mladého stromku převyšovala svým růstem kontrolu. Autor také uvádí, že není dostačující produkovat pouze hybridy se druhy *A. nordmanniana*, *A. cephalonica* a *A. cilicica* disponující výrazným heterózním růstem jak uvádí např. Tokár (1994), ale také hybridy se druhy *A. alba*, *A. pinsapo* a *A. numidica*, jenž disponují značnou genetickou diverzitou projevující se v hybridním potomstvu.

Porovnáním růstových měření z poloh s různou intenzitou imisní zátěže zjistil Greguss, (1992) vyšší odolnost hybridních potomstev vůči stresovým faktorům oproti domácí jedli bělokoré.

Při porovnání produkce spontánních hybridů vyskytujících se v Lesnickém arboretu Kysihýbeľ s produkcí jedle bělokoré a příslušných mateřských druhů zjistil Greguss, (1988a, 1988b) jednoznačnou převahu hybridů vůči *A. alba*, jako i dalším použitým mateřským druhům.

Kobliha (1988) testoval hybridy získané Kantorem et Chirou (1971) mezidruhovou hybridizací druhů *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. nordmanniana*, *A. concolor* a *A. grandis*. Zjistil, že potomstva vnitrodruhové hybridizace, ale především mezidruhové, vykazovala při porovnání s druhem *A. alba* z volného opylení rychlý růst a dobrou vitalitu. Podobně Musil et Hamerník (2007) pozorovali zvýšený somatický růst hybridu *A. veitchii* x *A. alba*, který byl cca. o 100% vyšší než u vnitrodruhových hybridních kombinací rodičovských druhů

Výškový růst u 19 mezidruhových hybridů jedlí ve věku 25, 32, a 33 let u 26 mezidruhových hybridů sledoval Gaudlitz (1983). Z výsledků výzkumu vyplynula jednoznačná s věkem přetrvávající převaha hybridního potomstva ve výškovém růstu v porovnání s kontrolou, a to od juvenilních stádií až k dospělosti. Maximální heteroze ve výškovém růstu byla zaznamenána ve věku 15 až 16 let (Gaudlitz 1983).

Výrazný heterózní růst je podle Koblihy et Janečka (2003, 2005) a Janečka et Koblihy (2007) typický pro spontánní i umělé hybridy jedlí. Ti předstihují oba svoje rodiče v růstu, ale často i v životaschopnosti, rezistenci vůči ekologickým podmínkám prostředí,

stresovým faktorům a v neposlední řadě též v odolnosti vůči globálnímu oteplování v porovnání s kontrolou *A. alba* z volného opylení.

Kobliha et Janeček (2003, 2005) hodnotili výškové přírůsty a tloušťku vybraných 16 intraspecifických a interspecifických hybridů jedlí společně se druhu *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. cilicica* a *A. nordmanniana*, jejichž část byla produktem mutačního šlechtění v porovnání s kontrolou *A. alba* z volného opylení. Autoři zjistili jednoznačnou převahu hybridního potomstva ve věku 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 9 let v porovnání s kontrolou a to ve výšce i průměru kmene.

Janeček et Kobliha (2007) hodnotili výškový a tloušťkový růst spontánních mezidruhových hybridů *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. numidica* a *A. cephalonica* v porovnání s čistými druhy *A. grandis*, *A. procera*, *A. concolor*, *A. nordmanniana*, *A. balsamea* a hybridní kombinací *A. koreana* x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) ve věku 3 a 5 let. Zjistili převahu hybridního potomstva ve výškovém růstu v porovnání s kontrolou čistých druhů.

Podle Larsena (1934) je heterózní růst hybridů provázaný s jejich růstem od juvenilních stádií až do dospělosti. Z tohoto pohledu je somatická heteroze dobrým nástrojem zvýšení produkčního potenciálu lesů (Martinez 1948; Gathy 1957; Kielander 1962; Frederick 1977; Hawley et De Hayes 1985b; Musil et Hamerník 2007).

Mezidruhová hybridizace a s ní spojená somatická heteroze byla pozorovaná také u dalších druhů dřevin. Mezidruhovou hybridizací borovic vznikl hybrid *P. x rigitaeda*, jenž je dobrým příkladem heterózního efektu nahosemenných rostlin. Právě intermediarita rychlosti růstu *P. x rigitaeda*, tvaru kmene a mrazuvzdornosti představuje velký přínos pro kvalitu porostu (Hyun 1972; Eriksson et al. 2006).

Mezidruhová hybridizace však nemusí vždy být spjata s pozitivními projevy heteroze. V některých případech potomstvo mezidruhové hybridizace dokonce nepřesahuje ve znacích a vlastnostech svoje rodiče. Příkladem je křížení mezi *A. nordmanniana* x *A. veitchii*. Naměřené hodnoty tohoto hybridu se pouze blížily k průměru *A. veitchii*. Opačná situace je v případě mezidruhového hybridu *A. veitchii* x *A. alba*, kde se heterózní růst bezpochyby projevil. Z uvedeného vyplývá, že výměna jednoho z rodičů nemusí nutně vyústit do projevu heteroze (Rohmender et Eisenhut 1961).

3.9 Přežívání a vitalita mezidruhových hybridů jedlí

Úspěšnost pěstování lesních dřevin ve velké míře závisí na přežívání hybridních potomstev v jednotlivých stádiích ontogenetického vývinu, kde rozhodující roli hraje vitalita a životaschopnost potomstva. Toto v konečné míře může ovlivnit celý ontogenetický vývin a tak i jejich hospodářský a ekologický význam.

V počátečních stádiích vývinu kultury mezidruhových hybridů jedlí jsou hlavními příčinami oslabení až úhynu především pozdní mrazy, tlak buřeně, drobní hlodavci a lesní zvěř. Zejména v období Vánoc o přežívání rozhoduje v důsledku krádeží i člověk. Bylo zjištěno, že v atraktivitě pro zvěř se projevují výrazné specifické rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi, způsobené zřejmě různým složením monoterpenů. Kromě chemoaktivity byla pozorovaná též mechanická odolnost vůči ohryzu zvěře v hybridních kombinacích s účastí *A. pinsapo* způsobená ostrým zakončením jehlic, které se v uvedených kombinacích dědí dominantně (Greguss 1994a, Greguss 1994b; Greguss et Longauer 1996).

Novotný et al. (1994) a Greguss et Longauer (1996) sledovali odolnost jedlových hybridů rostoucích na TVP Drieňová vůči hmyzím škůdcům a to konkrétně ke korovnici kavkazské (*Dreyfusia nordmanniana*) a mšicovce jedlové (*Mindarus abietinus*). Zjistili, že nejnáchylnějším hybridem k poškození korovnicí kavkazskou byl hybrid *A. alba* x *A. cilicica*. K mšicovce jedlové byla nejcitlivější *A. cilicica* z volného opylení.

Leontovič (1994) a Greguss et Longauer (1996) uvádějí slabší poškození mrazem u těch hybridů, jejichž rodiče jsou mrazuvzdornější. Proto doporučují na lokality postihované mrazy využívat ověřené mrazuvzdornější hybridy.

Velkou míru přežívání hybridního potomstva *A. concolor* x *A. bracteata* do věku 5 až 7 roků uvádí též Critchfield (1988).

Janeček et Koblíha (2007) sledovali mortalitu 21 hybridů v porovnání s kontrolou. Upozorňují na fakt, že právě v prvních letech po přesazení je mortalita velkým problémem, a proto mnoho autorů zaznamenává malou rychlost růstu v tomto období. Jako hlavní příčinu mortality na vybraných lokalitách v České republice udávají nepříznivé klimatické poměry, především nedostatek srážek a vysokou nadmořskou výšku v oblasti pěstování. Zjistili, že mortalita mezidruhových hybridů je srovnatelná s mortalitou autochtónní *A. alba* v přirozených podmínkách.

Hynek (1989) uvádí vysokou mortalitu druhu *A. alba* na Šumavě do věku 6 let. Průkazně vyšší mortalita byla zaznamenána autory jak u starších, tak u mladších semenáčků.

Porovnáním mortality hybridů v lesních školkách a po vysazení se ukázalo, že vyšší mortalita byla při pěstování ve školkách.

Greguss (1994) a Greguss et Longauer (1996) zjistili větší míru přežívání v hybridním potomstvu jedlí než u čistých druhů. Při porovnání přežívání potomstev z kontrolovaného opylování jedlí byla ve věku 6, 10 a 15 let pozorovaná vzrůstající diference v přežívání mezi hybridními potomstvy a potomstvy z volného opylení a samoopylení. Nápadný pokles přežívání hybridů až o 20,8 % ve věku 15 let na TVP Drieňová ve Štiavnických vrších pozoroval Greguss (1994a). Podle jeho zjištění sa na úbytku přežívajících jedinců nejvíce podílí samoopylení - až (43 %) a hybridy (20,4 %). U potomstev z volného opylení je rozdíl pouze 18,4 %. Konečné průměrné hodnoty přežívání ve věku 15 let byly 62,5 % pro hybridy; 58,4 % pro volné opylení a 42,5 % pro samoopylení. Ve věku 10 a 15 let byla autorem pozorovaná částečná statisticky průkazná závislost mezi mortalitou/mírou přežívání a růstem. Jako hlavní příčiny vysokého úhynu autor udává výskyt houbových chorob a hmyzích škůdců. V porovnání s trvalou výzkumnou plochou Mestská lúka (Štiavnické vrchy) Greguss (1994b) zjistil nápadně vysoké procento přežívání za posledních 5 roků (u hybridních kombinací 0,5 % a u volného opylení 4 %). Poškození voškami se vyskytlo pouze sporadicky. Ve věku 10 let byla pozorovaná v porovnání s předcházející TVP pouze slabá statisticky nevýznamná korelace mezi přežíváním a růstem. Na základě vyše uvedeného je možné konstatovat, že různá míra přežívání a vitalita mezidruhových hybridů jedlí nezávisí pouze na použitých kombinacích, ale také na konkrétních podmínkách stanoviště.

3.10 Vegetativní množení

Jedle se ve většině případů množí generativně. Například v arboretech se však doporučuje množit jedli vegetativně roubováním ze zaručeně čistého taxonu, jelikož řada druhů jedlí se mezi sebou poměrně snadno kříží. Roubování se využívá také při množení vzácných druhů, kultivarů a forem (Musil et Hamerník 2007). Heterovegetativní množení (roubování) je u jedle v současnosti dobře zvládnuto. Je používáno především během zakládání semenných sadů. Problémem bývá plodnost roubovanců, které často kvetou pouze samčími květenstvími. To se týká především jedle bělokoré (Kobliha et al. 1991a).

Pro šlechtitelské programy a ověřování potomstev je stěžejní autovegetativní reprodukce – řízkování. Touto množící metodou je možné získat velké množství materiálu pro další pěstování. Zvládnutá technologie autovegetativního množení je v podstatě limitujícím faktorem i pro zavedení jedlových hybridů do lesního hospodářství (Greguss 1988a).

Nejrůznějšími metodami reprodukce hybridů jedle se zabývali Kobliha (1989b), Kobliha et Pokorný (1990), Snášelová et Kobliha (1990), Kobliha et al. (1991b), Kobliha et Králík (1992), Kobliha (1992a,b; 1993a,b).

Řízkování je u jedle značně problematické vzhledem k dlouhému (až dvouletému) zakořeňování řízků, značným nárokům na optimální fyzikální podmínky rhizogeneze a také fenoménu topophysis, který se i v porovnání s ostatními dřevinami u jedle projevuje značně silně (Kobliha 1989b, Kobliha et Pokorný 1990, Kobliha et al. 1991b, Kobliha 1992a,b; 1993b).

Při využití juvenilního materiálu u jedle bělokoré úspěšně zakořeňuje 50-60 % (Školek 1987). Šlechtitelsky však nelze tento juvenilní materiál využít, jelikož v programu zpravidla upřednostňujeme materiál alespoň předběžně selektovaný, tedy starší.

Výsledky řízkovacích pokusů se starším materiálem uvedla například Kočiová (1982). Uvádí pouze 2 % zakořeněných jedlových řízků starších deseti let (oproti až 52 % zakořenění při odběrech řízků z dvouletých semenáčků). Radosta et Volná (1988) řízkovali 15leté stromy *Abies alba*, *Abies nordmanniana*, *Abies cephalonica*, *Abies grandis* a *Abies concolor*. U všech řízkovanců proběhlo zakořenění až ve druhém roce s úspěšností od 0 až 52 %. Kobliha (1993a) uvedl výsledky řízkování hybridů jedle starších 15 let v závislosti na termínu řízkování, technologii, příslušnosti ke klonu a vlivu růstových látek. Jedlové řízky až na nepatrné výjimky zakořeňují ve vytápěné množárně s mlžením. Jako ideální termín pro odběr řízků je uveden počátek července.

Výzkumný kolektiv North Carolina State University v Raleigh se zabývá v širším kontextu propagací *Abies fraseri*. Práce z roku 2004 (Rosier et al.) studovala vliv různých koncentrací fytohormonů v různých růstových stádiích na zakořeňování řízků. Tento kolektiv podrobně studoval řízkování i z hlediska polohy řízku v koruně a věku mateřské rostliny. Informace tohoto typu jsou velmi významné pro farmáře a pěstitele vánočních stromků.

Roubování jedle Fraserovy na podnože vybraných druhů jedlí studovali Hinsley (2002) a Frey et al. (2010). Rozdíly v mortalitě roubovanců vypovídají o mezidruhové varianci resistance vůči kořenové hnilobě. Roubování nabízí možnost pěstovat jedli Fraserovu na lokalitách již silně napadených *Phytophthorou cinnamomi* (Hinsley 2002). Roubování je výhodné z biologického hlediska, avšak ekonomické aspekty této metody nejsou zdaleka vyřešeny.

4. Materiál a metody

4.1 Hybridizační semenné sady

Pro účely této práce byly využity 4 výzkumné hybridizační semenné sady založené ještě před zahájením projektu, a to v letech 1994, 1996, 1997 a 1999. Ve všech těchto případech byly semenné sady založeny jako biklonální, tj. výsadbou roubovanců 2 klonů původem ze 2 mezidruhových hybridů 1. filiální generace *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*. Jedná se o 2 stromy v Arboretu Kysihýbeľ u Banské Štiavnice. Rouby z těchto 2 hybridů získal v 60. letech Prof. Kantor od Ing. Gregusse. 6 roubovanců tohoto původu bylo vysazeno následně do malé klonové výsadby různých druhů rodu *Abies* založené Prof. Kantorem za účelem mezidruhové hybridizace v pokusné školce Hády na ŠLP Křtiny tehdejší lesnické fakulty VŠZ v Brně. Tyto roubovance již mnohokrát kvetly a plodily. Prof. Kobliha této skutečnosti využil v 80. letech ke kontrolovanému opylování. Získal tak hybridy 2. filiální generace a hybridy s jinými druhy jedlí. Část tohoto materiálu je dnes pěstována na pozemku Šlechtitelské stanice Truba spadající pod Fakultu lesnickou a dřevařskou České zemědělské univerzity v Praze. Vzhledem k pozitivním zkušenostem s kvetením a plodností uvedených roubovanců, s jejich využitím k hybridizaci a růstem a vitalitou jejich potomstev bylo přistoupeno k dalšímu využití tohoto materiálu. Byly použity sekundární rouby pro naroubování a vypěstování sadebního materiálu pro založení uvedených hybridizačních semenných sadů k produkci hybridů 2. filiální generace.

Rouby byly použity na kontejnerované podnože jedle bělokoré. Roubování se provádělo do boku ve vytápěném skleníku na Šlechtitelské stanici Truba. Roubovány byly rouby krátce po nařezání větví obvykle na přelomu ledna a února podle fyziologické připravenosti podnoží. V červnu daného roku byly roubovance vyneseny ze skleníku a bylo provedeno částečné zakrácení podnoží, poté v září celkové sestřížení podnoží. Roubovance byly postupně vysazovány dle své vyspělosti a připravenosti ploch.

Hybridizační semenný sad č. 1 (příloha č. 1) byl založen v květnu 1994 na pozemku šlechtitelské stanice z materiálu naroubovaného v letech 1991 a 1992. Bylo vysazeno 91 roubovanců naroubovaných v roce 1991 a 126 roubovanců naroubovaných v roce 1992, celkem tedy 217 ks, ve sponu 4 x 2 m. V roce 1996 zde došlo po mimořádně deštivém roce k druhotnému zamokření spodního okraje plochy a k následnému chřadnutí a hynutí části roubovanců. Přes vylepšování výsadby zde do současnosti zůstalo 162 roubovanců, z toho 33 ks klonu č. 2. Ovšem vzhledem k tomu, že zde byl použit užší spon a stávající roubovance jsou velmi vitální a dobře odrůstají, lze konstatovat, že výsadba je ve velmi dobrém stavu. V letech 2001 – 2004 kvetl výrazně méně klon č. 2, což bylo podle všeho způsobeno rozložením roubovanců obou klonů v semenném sadu. Klon č. 2 je zastoupen zejména ve spodní části plochy, která je výrazně ovlivněna zamokřením. Samičí šištice byly pozorovány v roce 2004 a pak kontinuálně od roku 2006 až do jara 2011. Po mimořádné úrodě šišek v roce 2009 přišel silně podprůměrný rok 2010. Na nízký počet samičích šištic měl vliv také první ořez nejvyšších roubovanců na konci vegetační sezony 2009. Ořez proběhl z čistě provozních důvodů. Schéma výsadby tohoto sadu ukazuje schéma v příloze č. 1.

Hybridizační semenný sad č. 2 byl založen v květnu 1996 na ŠLP Kostelec n. Č. 1. na lokalitě „U trubské hájenky“ v porostu 20 A 2 výsadbou 70 roubovanců (po 35 ks od obou klonů) naroubovaných v roce 1993. Tato výsadba se nachází v úzkém pruhu mezi klonovým archivem posázavského smrku a klonovým archivem forem smrku ztepilého. Byla založena formou 2 řad po 35 ks 70 m dlouhých (spon 2 x 2 m). V této výsadbě od založení do současnosti nedošlo k úhynu. Jedná se o poměrně vysychavé stanoviště. Řada roubovanců podél klonového archivu forem smrku představuje klon č. 1, řada kolem klonového archivu posázavského smrku klon č. 2. V semenném sadu č. 2 kvetly oba klony výrazně méně než v ostatních sadech. To bylo pravděpodobně způsobeno dřívějším použitím vadné šarže repelentu na ochranu proti okusu, po jehož aplikaci odumřely starší ročníky jehlic. Roubovanci již v letošním roce nejeví následky poškození. V roce 2008 bylo zaznamenáno kvetení v podobě jediné samičí šištice. Tato výsadba je sice každoročně sledována, avšak sporadický výskyt samičích šištic bránil jejímu trvalému využití. V roce 2011 kvetly roubovanci obou klonů a byly opylovány samičí šištice na několika rametách.

Hybridizační semenný sad č. 3 byl založen v květnu 1997 v Lesích města Prostějova v lesní školce u Seče výsadbou 200 roubovanců (po 100 ks od obou klonů) naroubovaných také v roce 1993 formou řadové výsadby kolem plotu ve vzdálenosti 3 m. V této výsadbě

došlo k nepatrnému úhynu a roubovance jsou velmi vitální. V této řadové výsadbě se směrem od Seče střídají roubovance klonu č. 1 a 2. Samičí šištice se zde vyskytují pravidelně od roku 2003. Rekordní úroda roku 2009 přinesla až 700 kg šišek z volného opylení (F₂), což rezultovalo v 70 kg semene.

Hybridizační semenný sad č. 4 (příloha č. 2) byl založen v květnu 1999 na ŠLP Kostelec n. Č. 1. v porostu 20 A 9 výsadbou 295 roubovanců (z toho 111 ks od klonu č. 2) ve sponu 3 x 3 m na ploše cca 0,31 ha. Roubovance jsou vysázeny ve 20 řadách přibližně po 15 ks v řadě. Zatím je zde pouze nepatrný úhyn. V roce 2008 byly zaznamenány první samičí šištice. Rok 2009 pak přinesl vydatnou úrodu a kontrolované opylení zde proběhlo ve velkém rozsahu. Schéma výsadby tohoto sadu se nachází v příloze č. 2.

O všechny tyto výsadby je řádně pečováno. Všechny jsou oploceny. Roubovance jsou vyvázány ke kůlům, úvazky jsou každoročně vyspravovány. Stromky jsou každým rokem ožínány.

4.2 Testy potomstev spontánních hybridů a různých druhů rodu *Abies*

Pro účely kontrolovaného opylování byla využita i srovnávací výsadba založená v roce 1996 na ŠLP v Kostelci n. Č. 1. Na této výsadbě se nachází materiál z Arboreta Kysihýbeř u Banské Štiavnice společně s dalšími druhy a kříženci jedlí. Další obdobné plochy byly založeny i v Lesích města Prostějova. Tabulka č. 2 uvádí přehled mateřských stromů spontánních hybridů, jejich označení na ploše i charakteristiku ostatního materiálu. Semena byla vyseta na jaře 1991. Výsadby byly založeny z pětiletých (2/3), respektive šestiletých (2/4) sazenic.

4.2.1 Srovnávací výsadba potomstev spontánních hybridů na ŠLP v Kostelci n. Č. 1.

Test potomstev spontánních hybridů rodu *Abies* byl na jaře 1996 založen na ŠLP v Kostelci n. Č. 1., na polesí Kostelec n. Č. 1., na lokalitě „U trubské hájenky“, v porostu 20 A 9. Plocha má rozměry 91,2 x 40,8 m, tj. 3721 m². Je zde vysázeno 21 potomstev spontánních hybridů z Arboreta Kysihýbeř a další druhy a kříženci rodu *Abies* (tabulka č. 2; příloha č. 3).

Každé potomstvo a druh jsou zde zastoupeny parcelami po 25 sazenicích (5 x 5 ks) ve sponu 1,20 x 1,20 m. Mezi parcelami je vždy 1 řada vynechána, což usnadňuje orientaci ve výsadbě. V době výsadby byla potomstva 21 spontánních hybridů a *Abies grandis* zastoupena 3 parcelami (75 sazenic), *Abies alba* 5 parcelami (125 sazenic), *Abies balsamea* 4 parcelami (100 sazenic), *Abies nordmanniana*, *Abies procera* a *Abies concolor* jedinou parcelou (25 sazenic). Celkem tak bylo vysázeno 1950 sazenic. Rozmístění parcel na ploše bylo provedeno dle schématu dvojité mříže. Na jaře 1997 byl na této ploše zjištěn úhyn 349 sazenic, tj. 18 %. Úhyn byl v rozhodující míře lokalizován do části plochy, kde došlo až po výsadbě k dočasnému zamokření po extrémně deštivém roce 1996. Neměl tedy nic společného s původem sazenic, takže v tomto smyslu nebyl ani testován. Ve stejné době (jaro 1997) byla tato výsadba kompletně vylepšena z rezervy sazenic. Kromě toho byla v té době rozšířena o 8 parcel (200 sazenic), tj. 3 parcely *Abies alba* (č. 22 – 75 sazenic) a 2 parcely hybridního potomstva *Abies koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) (30 – 50 sazenic). V případě *Abies alba* se jednalo o šestileté sazenice a v případě hybridního potomstva (č. 30) se jednalo o pětileté sazenice. Hybridní potomstvo (č. 30) pochází z křížení uskutečněného řešitelem na jaře 1991 v Arboretu v Kostelci n. Č. 1.

Po opakovaných vylepšováním (úhyn způsobený nadměrným zamokřením části plochy) až do roku 1998 došlo ke změně počtu parcel.

Tabulka č. 2: Charakteristika mateřských stromů spontánních hybridů a dalších druhů rodu *Abies* a jejich označení ve výsadbách.

číslo plochy (Kysihýbel')	č. stromu	d 1.3 (cm)	výška (m)	číslo na ploše (Kostelec, Prostějov)
<i>Abies cephalonica</i> (Loud.) x ? Vysazen: 1910				
1. - 12	1	57	26,5	1
	2	49	26	2
	6	50	26,5	3
<i>Abies cilicica</i> (Carr.) x ? Vysazen: 1910/14				
1. - 14	3	43	26	4
<i>Abies numidica</i> x ? Vysazen: 1949				
1. - 64	13	35	21	5
<i>Abies cephalonica</i> (Loud.) x ? Vysazen: 1938				
4. - 6	6	28	22	6
	8	27	20	7
	17	32	22,5	8
	18	27	21	9
	40	30	24	10
	46	30	23	11
	54	34	23	12
	57	33	23	13
	102	26	21	14
	117	22	21	15
	121	25	21,5	16
	122			17
	127	25	21	18
128	24	22,5	19	
129	32	22,5	20	
<i>Abies cephalonica</i> (Loud.) x ? Vysazen: 1938				
4. - 24	13	44	20	21
<i>Abies alba</i>				22
<i>Abies nordmanniana</i>				23
<i>Abies balsamea</i>				24
<i>Abies grandis</i>				25
<i>Abies procera</i>				26
<i>Abies concolor</i>				27
<i>Abies koreana</i> x (<i>Abies cilicica</i> x <i>Abies cephalonica</i>)				30

V současné době jsou potomstva spontánních hybridů rodu *Abies* (č. 1 – 21) zastoupena 3 parcelami, *Abies alba* (č. 22) 9 parcelami, *Abies balsamea* (č. 24) 4 parcelami, *Abies grandis* a *Abies koreana* x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) 2 parcelami, *Abies nordmanniana*, *Abies procera*, *Abies concolor* 1 parcelou.

Pro hybridizační pokusy byla doposud využívána jediná parcela hybridního potomstva *Abies koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*). Tento materiál vykazuje velmi výrazné prvky hybridní introgrese. Jedinci na parcele se výrazně liší v růstových i morfologických charakteristikách. Podle studia morfologie jsme doposud vylíšili 3 formy: forma A podobná *Abies koreana* vykazuje vlastnosti příslušící tomuto druhu jako např. tupě zakončené jehlice, časně kvetení a nižší vzrůst; forma B podobná *Abies cilicica/cephalonica* s rychlým růstem a ostrými jehlicemi; forma AB vykazující vlastnosti intermediární. Protože je každý jedinec na parcele unikátní, označujeme každý strom souřadnicemi podle dohodnuté orientace parcely (orientace podle schématu v příloze č. 3).

4.3 Metodika

V letech 2007 až 2011 proběhla kontrolovaná křížení ve výše zmíněných výsadbách. Stěžejní pro tuto práci je získání hybridního materiálu křížením především druhů mediteránních s jim vzdálenými druhy americkými či asijskými. Během tohoto období, které se v podstatě kryje s průběhem grantového projektu programu MŠMT KONTAKT ME 914: „Šlechtění jedle pro lesní hospodářství a produkci vánočních stromků“, probíhala výměna materiálu mezi českou a americkou stranou. Jednalo se jak o pyl, tak o hybridní semena. Především americká strana dodávala v jednotlivých letech různé klony *Abies fraseri*, i když docházelo k překryvu určitých klonů. Česká strana dodávala každoročně do USA kurýrní službou pyl dvou klonů - CZ1 a CZ2 F₁ hybridu *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*. Na americké straně s použitím tohoto pylu probíhala kontrolovaná reciproční křížení (*A. fraseri* jako mateřský strom) především v klonovém archivu Rattlesnake Knob v Apalačských horách. Soupis klonů *A. fraseri* aplikovaných v českých hybridizačních semenných sadech bude dále proveden v podrobném metodickém popisu jednotlivých let projektu.

Vlastní kontrolované opylování probíhalo každoročně podle konstantní metodiky na základě zkušeností prof. Koblíhy, ale také podle konzultací s odborníky v této problematice na Slovensku (Dr. Kormuťák) a v USA (prof. Frampton). Izolace samičích šištic byla vždy provedena před fyziologickým dozráním prašníků. Agrotechnické lhůty jsou v tomto ohledu pohyblivé s rozptylem od poloviny dubna až do začátku května. Pyl byl pravidelně aplikován sadou štětců z důvodů maximálně efektivního využití často limitovaných zásob. K aplikaci docházelo vždy při maximální receptivitě samičích šištic. Pyl byl na lokalitách a při převozu skladován v izolovaném polystyrénovém boxu se zamraženými gelovými agregáty, aby se vyloučila ztráta fertility dlouho zmraženého pylu. Vždy byl upřednostňován nejčerstvější dostupný materiál z USA a bylo naší snahou vypotřebovat již jednou rozmražené zásoby, u kterých by nadále hrozila ztráta či omezení fertility. Semenný sad č. 3 v Seči u Prostějova byl pravidelně z hlediska fenologie opožděn o jeden týden. Důvodem je pravděpodobně jeho vyšší nadmořská výška oproti Kostelci n.Č.l.

Dále probíhaly každoročně také kontroly vývoje šištic na všech výsadbách. Mortalita šištic je obvykle značná. Faktorem ovlivňujícím procento normálně vyvinutých šišek je obvykle výskyt srážek a extrémních klimatických jevů především během období izolace šištic

a krátce po něm. Důsledkem těchto jevů bývá především mechanické poškození šištěk. Hodnocení však bylo po většinu sezón čistě okulární, bez následné statistické evaluace.

Během měsíce září probíhaly na všech lokalitách sběry šištěk z hybridizačních pokusů i z volného opylení mezi klony CZ1 a CZ2. Načasování sběru je odvislé od počasí v daném období. Hlavním cílem je zabránit rozpadu šištěk na stromech, aby nedošlo ke ztrátám cenných hybridních semen. Z tohoto důvodu byla většinou upřednostněna první půlka měsíce.

K sušení a rozpadu šištěk docházelo ve skleníku šlechtitelské stanice Truba. Všechny hybridní kombinace byly od sebe již od sběrů striktně odděleny i s ohledem na semenný sad, ze kterého vzešly. Luštění semen probíhalo také pravidelně v naší vlastní režii za pomoci malé jednobubnové luštičky na Trubech. I při této činnosti byla pozorně kontrolována čistota hybridního materiálu.

V podzimním období probíhalo též vážení a měření jak u šištěk, tak u semen všech kombinací. Základní semenářské charakteristiky jsou popsány v tabulkách za jednotlivé roky v příloze.

Kvalita semen vyjádřená odděleně pro všechny hybridní kombinace jako procento plných semen, byla odhadnuta pomocí rentgenové analýzy. Rentgenování probíhalo každoročně v období od konce října zhruba do poloviny listopadu v prostorech VÚLHM v Kunovicích. Speciální modrocitlivý rentgenový filmový materiál FOMA Medix XBU byl zpracováván tamtéž klasickým fotografickým procesem, tudíž prošel vývojkou, přerušovací lázní a ustalovačem. V roce 2007 byly pořízeny v mé domácí fotolaboratoři pod zvětšovací přístrojem též inverzní rentgenogramy perspektivních hybridních kombinací pro usnadnění prezentace výsledků křížení.

Veškerý materiál byl po rentgenování uchováván v chladničce KDŠLD při teplotě 5°C. Semena hybridních kombinací s určitým procentem životnosti byla od roku 2008 posílána do USA, kde byl tento materiál stratifikován, vyset a nadále pěstován ve sklenících NC State University v Raleigh. Tento materiál byl během let 2009-2010 opakovaně inokulován *Phytophthorou cinnamomi*. V kapitole shrnující výsledky je popsán i materiál pěstovaný na české straně.

Spolu se semeny byl do USA exportován pravidelně i zamražený pyl klonů CZ1 a CZ2. Pyl byl po sběrech a čištění uchováván v mrazicím boxu na KDŠLD při konstantní teplotě -18°C ve zkumavkách nad chloridem vápenatým. Přeprava probíhala za přísných fytokaranténních opatření v polystyrénovém boxu se suchým ledem. Tímto způsobem se účinně zamezilo ztrátě fertility zamraženého pylu.

4.3.1 Popis aktivit a metodických postupů 2006 - 2011

2006

V tomto roce proběhla pilotní hybridizace s aplikací pylu *Abies fraseri* získaného v arboretu ČZU v Kostelci n.Č.l. z jediného stromu.

Samičí šištice se objevily v semenných sadech č. 1 a 3 s tím, že jejich nejpočetnější výskyt byl zaznamenán v sadu 3, kde také došlo k pokusné aplikaci pylu *Abies fraseri* a také k aplikaci pylu hybridu *Abies cilicica x Abies cephalonica* (CZ1 a CZ2). Cílem bylo zjistit, zda toto křížení poskytne alespoň minimální počet plných semen. Tento poznatek měl stěžejní význam pro případné odstartování společného projektu s NC State University.

2007

Přes opožděný podpis smlouvy se podařilo realizovat kontrolovaná opylení na jaře 2007 včetně nutných aktivit před podpisem smlouvy. V roce 2007 byly realizovány především hybridizační práce. Podařilo se zabezpečit import pylu *Abies fraseri* z USA ze semenného sadu této dřeviny v Severní Karolíně v Apalačských horách, konkrétně se jednalo o zmrazený pyl klonů NC73, NC52 a NC84 a směs pylu tohoto původu (PC – polycross) ze sběru 2006. Na české straně byl nasbíráán pyl hybridu *Abies cilicica x Abies cephalonica* klony CZ1 a CZ2. Pyl nasbíráán v semenném sadu č. 1 v Kostelci nad Černými lesy byl zmrazen a připraven k exportu do USA v roce 2008. Pyl téhož původu nasbíráán v semenném sadu č. 3 v Lesích města Prostějova byl použit jako čerstvý pro kontrolované opylování v témže semenném sadu.

Kontrolované opylování bylo uskutečněno na přelomu dubna a května 2007 v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. s použitím pylu *Abies fraseri* (NC73 a NC84), v semenném sadu č.3 v Lesích města Prostějova proběhlo opylování také s použitím pylu *Abies fraseri* (NC52 a PC) a také s použitím pylu hybridu *Abies cilicica x Abies cephalonica* (CZ1 a CZ2). V semenném sadu č. 1 byly izolovány šištice 13 ramet klonu CZ1 a pouze jedné ramety klonu CZ2. V semenném sadu č. 3 byly izolovány šištice 9 ramet od klonu CZ1 i CZ2. Schéma opylených ramet v semenném sadu č. 1 se nachází v příloze č. 5.

Kromě toho bylo kontrolované opylování realizováno na hybridech *A. koreana* (*Abies cilicica x Abies cephalonica*) v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l. s použitím pylu *Abies fraseri* (NC73 a PC). Jeden z hybridů (strom se souřadnicemi 1/5) byl ponechán bez opylení jako kontrola. (viz schéma v příloze č. 4).

2008

V roce 2008 byly opět realizovány hybridizační práce. Podařilo se zabezpečit import pylu

Abies fraseri z USA ze semenného sadu této dřeviny v Severní Karolíně v Apalačských horách, konkrétně se jednalo o zmrazený pyl klonů NC52, NC73, NC84, NC136 a směs pylu tohoto původu (PC – polycross) ze sběru 2007. Na české straně byl nasbíráán pyl hybridu *Abies cilicica x Abies cephalonica* klony CZ1 a CZ2. Pyl nasbíráán v semenném sadu č.1 v Kostelci nad Černými lesy byl zmrazen a připraven k exportu do USA. Navíc oproti předchozím letům byl zabezpečen také jedlový pyl z dalších zdrojů (Arboretum Kostelec, Průhonice) jak pro naše aktuální opylovací práce, tak pro potřeby amerického partnera v dalších letech. Konkrétně se jednalo o druhy *A. koreana*, *A. balsamea*, *A. veitchii*, *A. nordmanniana*, *A. bornmulleriana*, *A. numidica* a *Abies x umbellata*.

Kontrolované opylování bylo započato na jaře 2008 (přesně 25. dubna) v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. s použitím pylu *Abies fraseri* (NC52), v semenném sadu č. 4 tamtéž (NC52, NC73).

V semenném sadu č. 1 jsme pyl aplikovali na 11 ramet klonu CZ1. V sadu č. 4 bylo kontrolovaně opylováno 7 ramet klonu CZ1 a 1 rameta klonu CZ2.

V semenném sadu č. 3 v Lesích města Prostějova proběhlo opylování také s použitím pylu *Abies fraseri* (NC73, NC84, NC136 a PC). Po vypotřebování dodaného materiálu byl v semenném sadu č. 3 aplikován čerstvý pyl *A. fraseri*, *A. balsamea* a *A. koreana*. V této výsadbě byl pyl aplikován na rekordních 41 ramet klonu CZ1 a 29 ramet klonu CZ2.

Ve všech námi sledovaných plodících semenných sadech zůstaly také „neopylené“ samičí šištice. Tento materiál rezultoval v F₂ (*A. cilicica x A. cephalonica*) x (*A. cilicica x A. cephalonica*). Schémata opylených ramet v semenných sadech č. 1 a 4 se nacházejí v příloze č. 6 a v příloze č. 7.

Kontrolované opylení nebylo v tomto roce provedeno na hybridech *A. koreana x (Abies cilicica x Abies cephalonica)* v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l., jelikož ostatní výsadby nabízely dostatek samičích šištic a byly tedy na základě předchozích výsledků upřednostněny.

V září 2008 byly všechny šišky dle jednotlivých kombinací zavčas posbíráány. Byly uskutečněny rozborý šišek, jejich vyluštění a odkřídlení semen a provedeny rozborý semen. Vzorky semen byly rentgenovány (od každé kombinace 3 vzorky po 100 semenech; ve výsledcích se nachází průměr těchto hodnot) a stanoven podíl plných semen dle kombinací křížení. Největší pravděpodobný počet plných semen byl získán pochopitelně v rámci křížení hybridů *Abies cilicica x Abies cephalonica* ve všech semenných sadech.

2009

V roce 2009 byl opět zabezpečen import pylu *Abies fraseri* z USA ze semenného sadu této dřeviny v Severní Karolíně v Apalačských horách, konkrétně se jednalo o zmrazený pyl klonů NC24, NC52, NC55, NC72, NC81, NC84, NC136, NC143, NC154 a směs pylu tohoto původu (PC – polycross) ze sběru 2006 a 2008. Na české straně byl nasbíráán pyl hybridů *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* klonů CZ1 a CZ2. Pyl nasbírááný v semenném sadu č.1 v Kostelci nad Černými lesy byl zmrazen a připraven k exportu do USA. Navíc oproti předchozím letům byl zabezpečen také jedlový pyl z dalších zdrojů (arboretum Kostelec) jak pro naše aktuální opylovací práce, tak pro potřeby amerického partnera v dalších letech. Konkrétně se jednalo o druhy *A. koreana*, a *Abies x umbellata*. Pyl obou exotických druhů byl aplikován v hybridizačním semenném sadu č. 1.

Kontrolované opylování bylo realizováno od 1. května 2009 v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. s použitím pylu *Abies fraseri* (NC52, NC72, NC136, NC154, NC143, FF24, FF81) a v semenném sadu č. 4 tamtéž (NC55, NC84, FF81, PC). Navíc byl využit i čerstvě získaný pyl *Abies koreana* a *Abies x umbellata* z arboreta FLD ČZU v Kostelci. V semenném sadu č. 1 byly kontrolovaně opyleny šišťice 29 ramet klonu CZ1 a 2 ramet klonu CZ2; v semenném sadu č. 4 se opylovaly šišťice 16 ramet klonu CZ1 a 14 ramet klonu CZ2. Schémata opylených ramet v semenných sadech č. 1 a 4 se nacházejí v příloze č. 8 a v příloze č. 9.

V semenném sadu č. 3 v Lesích města Prostějova se v daném roce kontrolované opylování neuskutečnilo. Příčinou byl rekordní výskyt samičích šištic na plochách v Kostelci. Na všech námi sledovaných výsadbách zůstaly také „neopylené“ samičí šišťice. Tento materiál rezultoval v F_2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*). Ze semenného sadu č. 3 v Lesích města Prostějova jsme získali 600 kg šišek a po vylúštění téměř 70 kg semen, což byla rekordní úroda.

Kontrolované opylení nebylo v tomto roce provedeno na hybridech *A. koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l. opět z důvodu přebytku šištic na dalších plochách.

V září 2009 byly všechny šišky dle jednotlivých kombinací posbíráány. Byly uskutečněny rozbory šišek, jejich vylúštění a odkřídlení semen a provedeny rozbory semen. Vzoroky semen byly rentgenovány (od každé kombinace 3 vzorky po 100 semenech; ve výsledcích se nachází průměr těchto hodnot) a stanoven podíl plných semen dle kombinací křížení. Největší pravděpodobný počet plných semen byl získán pochopitelně v rámci křížení

hybridů *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* ve všech semenných sadech (maximum až 60 %).

2010

V roce 2010 byly též realizovány hybridizační práce a zabezpečen březnový import pylu *Abies fraseri* z USA ze semenného sadu této dřeviny v Severní Karolíně v Apalačských horách, konkrétně se jednalo o zmrazený pyl klonů NC23, NC24, NC41, NC42, NC46, NC53, NC81, NC85, NC95, NC96, NC125, NC184 ze sběrů v roce 2008 a pyl klonů NC25, NC43, NC51, NC52, NC54, NC55, NC72, NC136 ze sběrů v roce 2006. Na české straně byl nasbíráán pyl hybridů *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* klonů CZ1 a CZ2. Pyl nasbírááný v semenném sadu č. 1 v Kostelci nad Černými lesy byl zmrazen a exportován do USA.

Kontrolované opylování bylo realizováno od 25. dubna 2010 v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. a v semenném sadu č. 4 tamtéž s použitím pylu *Abies fraseri* (NC81). V semenném sadu č. 1 byl tento pyl aplikován na jedinou rametu klonu CZ1. V semenném sadu č. 4 byl pyl klonu *Abies fraseri* NC81 aplikován na jedinou rametu klonu CZ2. Takto malý rozsah pokusu nebyl v roce 2010 rozhodně záměrný. Důvodem byla dílem rekordní plodná sezóna 2009 a dílem také nutný provozní ořez roubovanců v semenném sadu č. 1.

O týden později proběhlo kontrolované opylování v semenném sadu č. 3, kde byla podobná situace v množství samičích šištice. Pyl *Abies fraseri* zde byl aplikován (NC125, NC23, NC184) s menším množstvím neopylených šištice (F₂ Prostějov). V semenném sadu č. 3 se pyl *A. fraseri* aplikoval na šištice 9 ramet klonu CZ1 a 7 ramet klonu CZ2. Schémata opylených ramet v semenných sadech č. 1 a 4 se nacházejí v příloze č. 10 a příloze č. 11.

Kontrolované opylení s aplikací pylu *Abies fraseri* (NC81) bylo z důvodu přebytku disponibilního pylu v tomto roce provedeno také na hybridech *A. koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l.; konkrétně na jedincích se souřadnicemi 1/2, 2/3, 3/1 a 4/5 v rámci parcely s počtem 25 jedinců (viz schéma v příloze č. 4).

Během září proběhl sběr šišek v Kostelci a Prostějově. Během podzimu byly šišky vylušteny a zjištěny základní charakteristiky šišek a semen stejně jako v letech 2007, 2008 a 2009. Šišky byly sušeny ve skleníku na Trubech při průměrné teplotě 18°C. Luštění proběhlo tamtéž. Všechny hybridní kombinace byly na závěr připraveny na rentgen, jehož cílem je zjištění počtu plných semen ve vzorku. Byla určena velikost vzorku 4 x 100 semen pro každou kombinaci (s výjimkou kombinací s malým počtem šišek a semen).

Problematický byl rozbor semen hybridů *A. fraseri* [*A. koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*)], jelikož sběr proběhl až ke konci září a šišky se právě začínaly rozpadat. Proto některé charakteristiky v tabulce č. 4 chybí. Rentgenogramy tohoto materiálu byly navíc extrémně špatně čitelné i po opakovaném osvitě. Proto tento materiál nebyl poslán do USA, ale vyset u nás a se zhodnocením úspěšnosti daného specifického křížení je třeba čekat až do vzcházení v létě 2011.

2011

V roce 2011 byl opět úspěšně zabezpečen import pylu *Abies fraseri* z USA ze semenného sadu této dřeviny v Severní Karolíně v Apalačských horách, konkrétně se jednalo o zmrazený pyl klonů NC11, NC26, NC42, NC44, NC46, NC51, NC53, NC54, NC97, NC113, NC142, NC153 ze sběru v roce 2010. Na české straně byl nasbírán pyl hybridů *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* klonů CZ1 a CZ2.

Kontrolované opylování bylo realizováno od 26. - 27. dubna 2011 v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. s použitím pylu *Abies fraseri* (NC51, NC113) a v semenném sadu č. 4 tamtéž (NC54, NC53, NC97, NC42, NC26, NC44). V semenném sadu č. 1 byl tento pyl aplikován na šištice 11 ramet klonu CZ1. V semenném sadu č. 4 byl pyl klonů *Abies fraseri* aplikován na šištice 24 ramet klonu CZ1 a 3 ramet klonu CZ2. Schémata opylených ramet v semenných sadech č. 1 a 4 se nacházejí v příloze č. 12 a příloze č. 13.

Zatím poprvé byl v tomto roce použit pro hybridizační pokusy semenný sad č. 2., kde kvetly některé ramety obou klonů (CZ1/CZ2) samičími i samčími květenstvími. Pyl *Abies fraseri* klonu NC51 byl aplikován na 2 ramety klonu CZ1 a 3 ramety klonu CZ2.

V semenném sadu č. 3 byla kontrolovaná křížení uskutečněna 28. dubna (s izolací samičích šištic o necelý týden dříve). Byl zde aplikován pyl *Abies fraseri* klonů NC53, NC42, NC11, NC26 a NC153. K opylení došlo na celkem 3 rametách klonu CZ1 a 3 rametách klonu CZ2.

Kontrolované opylení s aplikací pylu *Abies fraseri* (NC11, NC51) bylo z důvodu přebytku disponibilního pylu v tomto roce provedeno také na hybridech *A. koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l.; konkrétně na jedincích se souřadnicemi 1/2, 1/4, 3/3, 3/4 a 5/1 v rámci parcely s počtem 25 jedinců (viz schéma v příloze č. 4).

5. Výsledky

2006

V daném roce proběhla pilotní hybridizace s aplikací pylu *Abies fraseri*, kdy byl použit čerstvý pyl z jednoho ze stromů v Arboretu FLD v Kostelci n.Č.l. Nejpočetnější výskyt samičích šištice byl zaznamenán v sadu 3, kde také došlo k pokusné aplikaci pylu *A. fraseri*. Cílem bylo zjistit, zda toto křížení poskytne alespoň minimální počet plných semen. Tento poznatek měl stěžejní význam pro případné odstartování společného projektu s NC State University.

Kromě toho se volně sprášily ramety v semenných sadech č. 1 a 3., avšak k vyhodnocení tohoto křížení došlo až dalšího roku.

V rámci řešení projektu KONTAKT je využíván i sadební materiál (semenáčky a sazenice) získaný z hybridizací v letech 2003 (2/6), 2004 (2/5), 2005 (2/4) a 2006 (2/3). Jedná se obecně o materiál hybridního původu *A. cilicica* x *A. cephalonica* generace F₂. V případě jednotlivých semenáčků z hybridizace v roce 2006 se jedná také o kombinaci (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x *Abies fraseri*.

2007

V září 2007 byly sebrány zralé šišky všech hybridních kombinací. Poté co byly šišky změřeny a zváženy, došlo po jejich rozpadu k odkřídlení a vyluštění semen. Rentgen jednotlivých hybridních kombinací probíhal již na počátku. Příkladem inverzního rentgenogramu hybridní kombinace s *A. fraseri* je foto č. 4.

K výsevům všech hybridních kombinací v rámci šlechtitelské stanice Truba došlo na konci podzimu 2007. Nejvíce semen pocházelo podle očekávání z kombinace F₂ *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* (F₂ Prostějov), která vykazovala 24 % životných semen, a také množství sesbíraných šišek bylo v tomto případě největší. 0.6 kg bylo z tohoto materiálu odebráno a v daném roce odesláno do USA pro potřeby amerického partnera.

Nejúspěšnější hybridní kombinace s *Abies fraseri* se pro nás překvapivě rekrutovala z křížení v rámci testu hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l. Jednalo se konkrétně o komplikovaný hybrid 4/4 x PC (jedinec *A. koreana* x [*A. cilicica* x *A. cephalonica*] se souřadnicemi v rámci parcely 4/4 byl opylen směsí klonů *Abies fraseri*), jenž na rentgenogramu vykazoval 9 % plných semen.

Hybridní kombinace CZ1 x NC73, CZ2 x NC73, CZ1 x NC84 shodně pocházející ze semenného sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. měly na rentgenu také stejný výsledek 7 %. Naopak kombinace semenného sadu č. 3 u Prostějova (CZ2 x PC, CZ1 x NC52, CZ2 x NC52) neměly s jedinou výjimkou kombinace CZ1 x PC (2 % plných semen) žádná životná semena.

Na jaře 2007 byla zjištěna vzcházivost semen z výsevu materiálu na podzim 2006. Z 9416 vyšetých semen *A. cilicica* x *A. cephalonica* generace F₂ ze semenného sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. vzešlo 1360 semen, tj. 14,4 %.

Ze 111 946 vyšetých semen *A. cilicica* x *A. cephalonica* generace F₂ ze semenného sadu č. 3 v Lesích města Prostějova jich vzešlo 13500, tj. 12 %. Z 5730 vyšetých semen (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x *Abies fraseri* ze semenného sadu v Lesích města Prostějova vzešlo 270 semen, tj. 4,7 %.

Podrobné výsledky rozborů šišek a semen hybridních kombinací roku 2007 se nalézají v tabulkách č. 3, 4 a 5.

Tabulka č. 3: Křížení 2007 v semenném sadu č. 1, Kostelec nad Černými lesy - Truba

kombinace	CZ1 x NC73	CZ2 x NC73	CZ1 x NC84	F₂ (volné opylení)
počet šišek (ks)	14	5	28	2
prům. délka šišek (cm)	15	17	16	15
celková hmotnost šišek (g)	1120	600	2410	180
prům. hmotnost 1 šišky (g)	80	120	86	90
celková hmotnost semen (g)	180	70	390	30
prům. hmotnost semen v 1 šišce	13	14	14	15
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	61	60	64	68
celkový počet semen	2935	1166	6082	439
prům. počet semen na 1 šišku	210	233	217	220
podíl plných semen ve vzorku (%)	7	7	7	24
očekávaný počet plných semen	205	82	426	105

Vysvětlivky:

- F2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)
 - CZ1,CZ2.....klony *A. cilicica* x *A. cephalonica*
- NC73, NC84 - klony *Abies fraseri*

Tabulka č. 4: Křížení 2007 v semenném sadu č. 3, Prostějov – Seč

kombinace	CZ1 x PC	CZ2 x PC	CZ1 x NC52	CZ2 x NC52	F ₂ (kontrol. opylení)
počet šišek (ks)	14	21	22	10	395
prům. délka šišek (cm)	17	19	20	18	16
celková hmotnost šišek (g)	1950	3060	3450	1450	39000
prům. hmotnost 1 šišky (g)	139	146	157	145	99
celková hmotnost semen (g)	140	320	350	110	4550
prům. hmotnost semen v 1 šišce (g)	10	15	16	11	12
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	79	75	72	72	90
celkový počet semen	1783	4250	4838	1530	50572
prům. počet semen na 1 šišku	127	202	220	153	128
podíl plných semen ve vzorku (%)	2	0	0	0	24
očekávaný počet plných semen	36	0	0	0	12137

Vysvětlivky:

- F2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)
 - CZ1,CZ2.....klony *A. cilicica* x *A. cephalonica*
- NC52 - klon *Abies fraseri*
 PC - polycross *Abies fraseri*

Tabulka č. 5: Křížení 2007 v testu hybridních potomstev, Kostelec nad Černými lesy - Truba

kombinace	1/2 x NC73	3/2 x PC	4/3 x PC	4/4 x PC	4/5 x PC	1/5 (volné opylení)
počet šišek (ks)	9	1	6	29	21	2
prům. délka šišek (cm)	8	2	2	2	10	2
celková hmotnost šišek (g)	320	?	60	310	700	20
prům. hmotnost 1 šišky (g)	36	?	10	11	33	10
celková hmotnost semen (g)	30	4	59	100	90	2
prům. hmotnost semen v 1 šišce	3	4	10	3	4	1
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	30	23	22	22	39	23
celkový počet semen	986	169	2685	4582	2307	85
prům. počet semen na 1 šišku	110	169	448	158	110	43
podíl plných semen ve vzorku (%)	2	1	0	9	0	3
očekávaný počet plných semen	20	2	0	412	0	3

Vysvětlivky:

Souřadnice (např. 4/5).....trihybridy *A. koreana* (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

NC73 - klon *Abies fraseri*

PC - polycross *Abies fraseri*

2008

V roce 2008 byly provedeny rozsáhlé opylovací práce na třech pokusných plochách. Poprvé byly izolovány také šištice v semenném sadu č. 4 v Kostelci n.Č.l. Všechn dostupný pyl se aplikoval v Kostelci n.Č.l. a v Seči u Prostějova. Velké množství samičích šištic bylo navíc impulzem k pokusné aplikaci pylu *A. fraseri*, *A. balsamea* a *A. koreana* získaného z Arboreta v Kostelci (první 2 druhy) a Průhonicích (*A. koreana*).

V roce 2008 nejúspěšnější hybridní kombinace CZ1 x NC73 v semenném sadu č. 3 resultovala v 16 % plných semen. Hybridní kombinace CZ1 x PC byla druhá nejúspěšnější s 10 % plných semen. Další významný výsledek – 7 % plných semen v průměru 3 vzorků vykazala hybridní kombinace CZ2 x NC136 následovaná kombinací se směsí klonů *A. fraseri* CZ2 x PC se 4 %. Poslední plodnou kombinací s 1 % životných semen bylo křížení CZ1 x NC52 v semenném sadu č. 4 v Kostelci. Hybridní kombinace CZ1 x NC52 (semenný sad č. 1), CZ1 x NC73 (semenný sad č. 4), CZ1 x NC136, CZ1 x NC84, CZ1 x *A. balsamea*, CZ1 x *A. fraseri*, CZ2 x *A. fraseri*, CZ1 x *A. koreana*, CZ2 x *A. koreana* (semenný sad č. 3) nepřinesly v daném roce žádná plná semena.

Materiál z volného opylení - F₂ *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* prokazoval v daném roce standardní až nadprůměrnou životnost, kdy v semenném sadu č. 1 na rentgenogramech této kombinace vyšel průměr 49 % a 18 % v semenném sadu č. 3.

Kontrolované opylení nebylo v tomto roce provedeno na hybridech *A. koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) v testovací výsadbě hybridních potomstev v Kostelci n.Č.l. Důvodem bylo omezené množství pylu, který jsme se rozhodli aplikovat na dalších sledovaných výsadbách.

Hybridní kombinace F₂ *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* (F₂ Prostějov) byla vyseta v ČR v rámci stanice Truba. Podle hodnocení v létě 2009 tento materiál překvapivě vůbec nevzešel i přes slibné výsledky rentgenů.

Naprostá většina osiva získaného v roce 2008 byla oproti roku 2007 exportována do USA, kde bude materiál dále pěstován a po inokulacích zjišťována jeho resistance vůči kořenové hnilobě *Phytophthora cinnamomi*. Jednalo se i o materiál, který vykazoval pouze velmi malé nebo nulové procento plných semen.

Podrobné výsledky rozborů šišek a semen hybridních kombinací roku 2008 se nalézají v tabulkách č. 6, 7 a 8.

Tabulka č. 6: Křížení 2008 v semenném sadu číslo 1, Kostelec nad Černými lesy - Truba

kombinace	CZ1 x NC52	F ₂ (volné opylení)
počet šišek (ks)	37	5
prům. délka šišek (cm)	16	15
celková hmotnost šišek (g)	4200	600
prům. hmotnost 1 šišky (g)	114	120
celková hmotnost semen (g)	401	52
prům. hmotnost semen v 1 šišce	11	10
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	57	70
celkový počet semen	7030	745
prům. počet semen na 1 šišku	190	149
podíl plných semen ve vzorku (%)	0	49
očekávaný počet plných semen	0	365

Vysvětlivky:

- F₂ (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)
- CZ1 - klon *A. cilicica* x *A. cephalonica*
- NC52, NC73 - klony *Abies fraseri*

Tabulka č. 7: Křížení 2008 v semenném sadu č. 4, Kostelec nad Černými lesy - Truba

kombinace	CZ1 x NC52	CZ1 x NC73
počet šišek (ks)	6	4
prům. délka šišek (cm)	15	15
celková hmotnost šišek (g)	700	450
prům. hmotnost 1 šišky (g)	117	113
celková hmotnost semen (g)	69	50
prům. hmotnost semen v 1 šišce	12	13
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	49	53
celkový počet semen	1416	948
prům. počet semen na 1 šišku	236	237
podíl plných semen ve vzorku (%)	1	0
očekávaný počet plných semen	14	0

Tabulka č. 8: Křížení 2008 v semenném sadu č. 3, Prostějov – Seč

kombinace	CZ1 x NC73	CZ1 x NC136	CZ2 x NC136	CZ1 x NC84	CZ1 x PC	CZ2 x PC	CZ1 x A.bal.	CZ1 x A.fras.	CZ2 x A.fras.	F ₂ (volné opylení)	CZ1 x A.kor.	CZ2 x A.kor.
počet šišek (ks)	21	24	17	49	20	33	21	1	6	40	3	10
prům. délka šišek (cm)	16	17	16	16	17	16	16	17	17	16	16	16
celková hmotnost šišek (g)	2600	2800	1600	6600	2750	3950	2900	150	800	4820	330	1050
prům. hmotnost 1 šišky (g)	124	117	94	135	138	120	138	150	133	121	110	
celková hmotnost semen (g)	308	390	202	711	282	408	302	20	102	589	54	164
prům. hmotnost semen v 1 šišce	15	16	12	15	14	12	14	20	17	15	18	16
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	59	61	63	61	65	59	59	121	65	65	65	64
celkový počet semen	5229	6360	3230	11613	4340	6963	5145	165	1560	9040	834	2580
prům. počet semen na 1 šišku	249	265	190	237	217	211	245	165	260	226	278	258
podíl plných semen ve vzorku (%)	16	0	7	0	10	4	0	0	0	18	0	0
očekávaný počet plných semen	837	0	226	0	434	279	0	0	0	1627	0	0

Vysvětlivky:

F2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

CZ1/CZ2 - klony *A. cilicica* x *A. cephalonica*

NC136, NC73, NC84 - klony *Abies fraseri*

PC - polymix

A.fras. = *Abies fraseri* (Kostelec)

A.bal. = *Abies balsamea* (Kostelec)

A.kor. = *Abies koreana* (Průhonice)

Na konci května 2008 byly vyhodnoceny výsevy hybridního materiálu z roku 2007 z hlediska předběžné vzcházivosti. Pozorování bylo v srpnu doplněno o nové údaje pro hybridní kombinaci 4/4 x PC, která začala vzcházet s neobvyklým zpožděním. Tento komplikovaný hybridní materiál ((*A. koreana* x [*A. cilicica* x *A. cephalonica*]) x *A. fraseri*) se již od počátku morfologicky výrazně odlišuje od dalších hybridních kombinací a dosáhnul třetího nejlepšího výsledku v rámci množství přežívajících semenáčků. Obecně lze říci, že procento vzcházení vychází z výsledků rentgenogramů, avšak množství materiálu je díky značné mortalitě výrazně nižší než by se dalo očekávat podle procenta životných semen. Shrnuje tabulka č. 9.

Tabulka č. 9: Vzcházivost materiálu z roku 2007 (hodnocení květen/srpen 2008)

kombinace	původ	počet semen	počet semenáčků	předběžná vzcházivost (%)
CZ1 x PC	Prostějov	1783	21	1,18
CZ2 x PC	Prostějov	4250	40	0,94
CZ1 x NC52	Prostějov	4838	1	0,02
CZ2 x NC52	Prostějov	1530	123	8,04
F₂ (kontrol. opylení)	Prostějov	50572	2025	4,00
CZ1 x NC73	Kostelec	2935	33	1,12
CZ2 x NC73	Kostelec	1166	0	0,00
CZ1 x NC84	Kostelec	6082	159	2,61
F₂ (volné opylení)	Kostelec	439	35	7,97
1/2 x NC73	Kostelec	986	2	0,20
3/2 x PC	Kostelec	169	0	0,00
4/3 x PC	Kostelec	2685	0	0,00
4/4 x PC	Kostelec	4582	114	2,49
4/5 x PC	Kostelec	2307	0	0,00
1/5 (volné opylení)	Kostelec	85	0	0,00

2009

V roce 2009 byly provedeny zatím nejrozsáhlejší opylovací práce a také od výsledků experimentu jsme očekávali hodně. Všechn dostupný pyl se po zvážení situace aplikoval v Kostelci n.Č.l. včetně pokusné aplikace pylu *Abies koreana* a *Abies numidica*, který byl získán čerstvý z Arboreta v Kostelci.

V roce 2009 neúspěšnější hybridní kombinace CZ1 x NC81 v semenném sadu č. 4 rezultovala v 6 % plných semen, zatímco na rentgenogramech ostatních hybridních kombinací se v daném roce stěží objevilo jediné plné semeno.

2 % životných semen dosáhly hybridní kombinace CZ1 x NC154 a CZ1 x *A. umbellata*. Po jednom procentu plných semen pak vykazovaly v průměru vzorky hybridních kombinací CZ1 x NC81, CZ1 x NC136, CZ1 x NC143, CZ1 x NC24, CZ2 x NC24, CZ1 x NC52, CZ1 x NC72, CZ1 x *A. koreana* v rámci experimentu v semenném sadu č. 1. Tamtéž nepřinesla kombinace CZ2 x NC52 ani jedno plné semeno na všech třech vyhodnocených rentgenogramech.

V semenném sadu č. 4 nepřinesly kombinace CZ1 x PC, CZ2 x PC, CZ2 x NC55, CZ2 x NC84 žádná plná semena; hybridní kombinace CZ1 x NC84 dosáhla v průměru 3 vzorků pouze k 1 % plných semen. Materiál z volného opylení - F₂ *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* prokazoval v daném roce extrémní životnost, kdy v semenném sadu č. 4 na rentgenogramech této kombinace vyšel průměr 46 % a v semenném sadu č. 1 dokonce 56 %. Podrobné výsledky rozborů šišek a semen hybridních kombinací roku 2009 se nalézají v tabulkách č. 10, 11 a 12.

Extrémní úroda prostějovského semenného sadu č. 3 z volného opylení F₂ *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* (F₂ Prostějov) rezultovala z vysoce nadprůměrného semenného roku. Sběry šišek proběhly v září a téměř 700 kg (!) tohoto materiálu bylo převezeno do Kostelce n. Č.l. k vyluštění. 30 šišek z této kombinace bylo odebráno na měření a rozbor. Výsledný průměr rentgenovaných vzorků ukazoval na 23 % plných semen.

Tato úroda přinesla celkem 70 kg hybridního osiva, které bylo ještě na podzim 2009 po dohodě s VLS ČR s.p. vyseto v lesní školce Osina na divizi Plumlov.

Naprostá většina osiva získaného v roce 2009 byla exportována do USA, kde bude materiál dále pěstován a po inokulacích zjišťována jeho resistance vůči kořenové hnilobě *Phytophthora cinnamomi*. Jednalo se i o materiál, který vykazoval pouze velmi malé nebo nulové procento plných semen.

Tabulka č. 10: Křížení 2009 v semenném sadu č. 1, Kostelec nad Černými lesy – Truba

kombinace	CZ1 x NC81	CZ1 x NC136	CZ1 x NC143	CZ1 x NC154	CZ1 x NC24	CZ1 x NC52	CZ1 x NC72	CZ1 x <i>A.umbellata</i>	CZ1x <i>A.koreana</i>	F ₂ (volné opylení)	CZ2 x NC24	CZ2 x NC52
počet šišek (ks)	2	28	35	26	32	15	22	30	14	30	3	1
prům. délka šišek (cm)	14	15	14	15	15	15	14	15	16	16	15	12
celková hmotnost šišek (g)	250	3500	3900	3000	4500	1900	3000	3900	?	3600	500	150
prům. hmotnost 1 šišky (g)	125	125	111	115	141	127	136	130	?	120	167	150
celková hmotnost semen (g)	24	290	310	230	330	120	200	350	150	380	20	9
prům. hmotnost semen v 1 šišce	12	10	9	9	10	8	9	12	11	13	7	9
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	53	57	52	51	55	52	50	52	57	64	50	46
celkový počet semen	450	5123	5950	4490	6036	2313	3972	6683	2625	5951	402	200
prům. počet semen na 1 šišku	225	183	170	173	189	154	181	223	188	198	134	200
podíl plných semen ve vzorku (%)	1	1	1	2	1	1	1	2	1	56	1	0
očekávaný počet plných semen	5	51	60	90	60	23	40	134	26	3332	4	0

Vysvětlivky:

F2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

CZ1,CZ2.....klony CZ1/CZ2 *A. cilicica*
x *A. cephalonica*

NC136, NC72, NC52, NC143, NC154, NC24,
NC81 - klony *Abies fraseri*

Tabulka č. 11: Křížení 2009 v semenném sadu č. 4, Kostelec nad Černými lesy - Truba

kombinace	CZ1 x PC	CZ2 x PC	CZ2 x NC55	CZ1 x NC84	CZ2 x NC84	CZ1 x NC81	F ₂
počet šišek (ks)	15	9	18	13	10	14	5
prům. délka šišek (cm)	16	16	14	14	15	12	16
celková hmotnost šišek (g)	2300	1400	2100	1300	1250	1150	650
prům. hmotnost 1 šišky (g)	153	156	117	100	125	82	130
celková hmotnost semen (g)	190	90	130	130	100	80	50
prům. hmotnost semen v 1 šišce	13	10	7	10	10	6	10
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	56	61	46	47	51	42	54
celkový počet semen	3410	1469	2824	2781	1979	1894	921
prům. počet semen na 1 šišku	227	163	157	214	198	135	184
podíl plných semen ve vzorku (%)	0	0	0	1	0	6	46
očekávaný počet plných semen	0	0	0	28	0	114	424

Vysvětlivky:

F2 (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

CZ1, CZ2.....klony CZ1/CZ2 *A. cilicica* x *A. cephalonica*

NC84, NC55, NC81 - klony *Abies fraseri*

PC....polycross

Tabulka č. 12: Rozbor vzorku z volného opylení 2009; semenný sad č. 3, Prostějov - Seč

kombinace	F₂
počet šišek (ks)	30
prům. délka šišek (cm)	16
celková hmotnost šišek (g)	3750
prům. hmotnost 1 šišky (g)	125
celková hmotnost semen (g)	360
prům. hmotnost semen v 1 šišce	12
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	55
celkový počet semen	6511
prům. počet semen na 1 šišku	217
podíl plných semen ve vzorku (%)	23
očekávaný počet plných semen	1498

Vysvětlivky:

F₂ (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

2010

V roce 2010 byl velmi citelný pokles fruktifikace a plodnosti na všech našich jedlových pokusných výsadbách. V semenném sadu č. 1 „U Ruské chaty“ byl tento pokles ještě výrazně umocněn seřezáním některých již velmi vysokých orthotropně rostoucích roubovanců. V Kostelci n.Č.1 bylo v roce 2010 opylováno opravdu extrémně malé množství šištic. Paradoxně nejúspěšnější hybridní kombinace CZ2 x NC81 s průměrem 7 % plných semen ve vzorku vzešla právě v kosteleckém semenném sadu č. 4. a druhá nejperspektivnější kombinace CZ1 x NC81 s 5 % v semenném sadu č. 1 tamtéž. Při takto slibných výsledcích především oproti roku 2009 litujeme malého množství opylených šištic, které zaručují pouze velmi omezené množství vzházejícího hybridního materiálu.

V semenném sadu č. 3 došlo též v roce 2010 k výraznému poklesu, avšak i tato výsadba přinesla výsledky v podobě perspektivních hybridních kombinací. Kombinace CZ1 x NC125 vychází podle rentgenu nejlépe s 4 % plných semen následovaná hybridní kombinací CZ1 x NC23 se 3 %. Rok 2010 se dále vylisuje tím, že žádná z hybridních kombinací nepřinesla ve výsledku méně než 2 % plných semen, což se v žádném předchozím roce dosud nestalo. To se přímo týká i zbytku produkce semenného sadu č. 3 (hybridy s klony *A. fraseri* NC125, NC23, NC184). V tomto sadu byla v roce 2010 také sklizena část volně opyleného materiálu.

Problematický byl rozbor šišek a semen komplikovaných hybridů *A. fraseri* x [*A. koreana* x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)], jelikož sběr proběhl až ke konci září a šišky se právě začínaly rozpadat. Proto některé charakteristiky v tabulce č. 15 schází.

Rentgenogramy tohoto materiálu byly navíc extrémně špatně čitelné i po opakovaném osvitu. Po nařiznutí se vybraná semena jevila ve většině případů uvnitř deformovaná či vyschlá. Proto tento materiál nebyl poslán do USA, ale vyset u nás a se zhodnocením úspěšnosti daného specifického křížení je třeba čekat až do vzcházení v létě 2011.

Všechny zmíněné hybridní kombinace s výjimkou problematické *A. fraseri* [*A. koreana* (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)] a F₂ původem ze sadu č. 3 byly společně s pylem klonů CZ1 a CZ2 exportovány během prosince 2010 do USA. Zbývající materiál byl vyset v našich podmínkách, kde bude dále pěstován a jeho vzcházení bude průběžně hodnoceno.

Podrobné výsledky rozborů šišek a semen hybridních kombinací roku 2010 se nalézají v tabulkách č. 13, 14, 15 a 16.

Tabulka č. 13: Křížení v semenném sadu č. 1, Kostelec nad Černými lesy – Truba, 2010

kombinace	CZ1 x NC81
počet šišek (ks)	2
prům. délka šišek (cm)	16
celková hmotnost šišek (g)	250
prům. hmotnost 1 šišky (g)	125
celková hmotnost semen (g)	25
prům. hmotnost semen v 1 šišece	13
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	49
celkový počet semen	510
prům. počet semen na 1 šišku	255
podíl plných semen ve vzorku (%)	5
očekávaný počet plných semen	26

Tabulka č. 14: Křížení v semenném sadu č. 4, Kostelec nad Černými lesy – Truba, 2010

kombinace	CZ2 x NC81
počet šišek (ks)	3
prům. délka šišek (cm)	13
celková hmotnost šišek (g)	250
prům. hmotnost 1 šišky (g)	83
celková hmotnost semen (g)	32
prům. hmotnost semen v 1 šišce	11
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	45
celkový počet semen	708
prům. počet semen na 1 šišku	236
podíl plných semen ve vzorku (%)	7
očekávaný počet plných semen	50

Tabulka č. 15: Křížení v rámci testovací výsadby spontánních hybridů (Kostelec n.Č.l.) 2010

kombinace	2/3xNC81	4/5xNC81	3/1xNC81	1/2xNC81	3/2xNC81
počet šišek (ks)	10,0	12,0	x	30,0	8,0
prům. délka šišek (cm)	6,7	8,4	x	7,5	x
celková hmotnost šišek (g)	330,0	520,0	2500,0	1250,0	450,0
prům. hmotnost 1 šišky (g)	33,0	43,3	x	41,7	56,3
celková hmotnost semen (g)	37,0	63,4	189,2	122,4	66,3
prům. hmotnost semen v 1 šišce	3,7	5,3	x	4,1	8,3
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	19,3	21,0	17,5	24,5	25,0
celkový počet semen	1917,1	3020,5	10813,0	4987,4	2656,7
prům. počet semen na 1 šišku	191,7	251,7	x	166,2	332,1
podíl plných semen ve vzorku (%)	x	x	x	x	x
očekávaný počet plných semen	x	x	x	x	x

Vysvětlivky:

Souřadnice (např. 4/5).....trihybridy *A. koreana* [*A. cilicica* x *A. cephalonica*]

NC81 - klon *Abies fraseri*

Tabulka č. 16: Křížení v semenném sadu č. 3, Prostějov – Seč, 2010

kombinace	CZ2 x NC184	CZ2 x NC125	CZ1 x NC23	F ₂	CZ2 x NC23	CZ1 x NC125
počet šišek (ks)	4	5	10	21	10	5
prům. délka šišek (cm)	14	17	x	15	17	18
celková hmotnost šišek (g)	360	460	900	1750	950	510
prům. hmotnost 1 šišky (g)	90	92	90	83	95	102
celková hmotnost semen (g)	36	77	130	261	125	69
prům. hmotnost semen v 1 šiše	9	15	13	12	13	14
absolutní hmotnost 1000 semen (g)	42	56	50	50	54	58
celkový počet semen	856	1365	2610	5173	2338	1191
prům. počet semen na 1 šišku	214	273	261	246	234	238
podíl plných semen ve vzorku (%)	2	2	3	15	2	4
očekávaný počet plných semen	17	27	78	776	47	48

Vysvětlivky:

F₂ (*A. cilicica* x *A. cephalonica*) x (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)

CZ1, CZ2.....klony CZ1/CZ2 *A. cilicica* x *A. cephalonica*

NC184, NC23, NC125 - klony *Abies fraseri*

Tyto výsledky byly prezentovány také v recenzovaných publikacích:

Kobliha, J. – Stejskal, J. (2009): Recent Fir Hybridization Research in the Light of Czech-American Cooperation. *Journal of Forest Science*. 55, 2009 (4): 162–170.

Stejskal, J. – Kobliha, J. (2011): Results of Czech-American Cooperation in Interspecific Fir Hybridization 2008, 2009. *Journal of forest science*. 57, 2011 (3): 114-122.

a na vědeckých konferencích:

Kobliha, J. – Stejskal, J. (2009): Recent Fir Hybridization Research Results. In: *Forest, Wildlife and Wood Sciences for Society Development*. Prague, 16-18 April 2009.

Kobliha, J. – Stejskal, J. – Frampton, J. (2010): Czech-American fir hybridization research for purposes of Christmas tree production. In: Hart, J., Landgren, C., and Chastagner, G. (eds.). 2010. *Proceedings of the 9th International Christmas Tree Research and Extension Conference*. Corvallis, OR and Puyallup, WA. September 13–18, 2009.

6. Diskuze

Za nejvýznamnější podnět pro realizaci mezidruhové hybridizace je možné považovat destrukci lesních ekosystémů probíhající takovou rychlostí, na kterou rostliny nejsou schopné v rámci svých přirozených evolučních možností adekvátně reagovat.

Základní podmínkou mezidruhové hybridizace jako šlechtitelské metody je překonání reprodukčně izolačních bariér mezi druhy, což umožní přístup k obrovskému zdroji genových kombinací (Greguss, 1995). Sterilita jako průvodní fenomén hybridů v různých formách a stupních je pravidelně prezentovaná ve výsledcích prací jak pěstitelů, tak genetiků a je možné ji více či méně očekávat (Davis, 1923). Cílem naší práce však nebylo pouhé překonání těchto bariér a ověření křížitelnosti amerických a mediteránních jedlí, ale především získání materiálu s vlastnostmi žádoucími pro americké partnery, jenž řeší problematiku rezistence vůči kořenové hnilobě *Phytophthora cinnamomi*. Samotné biologické a fyziologické procesy provázející mezidruhová křížení jsou sice pro konečný výsledek určující, ale nejsou předmětem našeho výzkumu.

Nesporný je přínos spočívající v intermediárním charakteru znaků mezidruhových hybridů oproti rodičovským druhům. I v rámci našeho výzkumu jsou sledovány morfologické charakteristiky hybridních potomstev, které mohou být zvláště ceněné při jejich případném využití v produkci vánočních stromků. Z tohoto pohledu se jako extrémně zajímavé jeví konkrétní potomstvo 4/4 x PC (jedinec *A. koreana* x [*A. cilicica* x *A. cephalonica*] se souřadnicemi v rámci parcely 4/4, který byl opylen směsí klonů *Abies fraseri*), které přes pozdní vzcházení vykazuje velmi dobrou vitalitu. V budoucnu se tento cenný a unikátní materiál bude vegetativně rozmnožovat.

Určující charakteristikou sterility mezidruhových hybridů je podle Stebbinse (1950) a Davise (1923) to, že je vždy přítomná a nezávisí příliš na charakteru rodičovských jedinců zúčastňujících se křížení - vystupují jako mateřské, anebo otcovské druhy. Sterilita hybridů redukuje v menší či větší míře reprodukční schopnost a je překážkou dalšího šlechtění jejich potomků v generaci F₁.

Klaehn et Winieski (1963) uvádějí, že právě u jedlí existuje mnoho přechodů mezi úplnou kompatibilitou a inkompatibilitou. Všeobecně jsou za kompatibilní považováni šlechtiteli ti jedinci, z jejichž semen se dají vypěstovat semenáčky. Na základě rentgenových analýz lze pozorovat řadu přechodů mezi plným a prázdným semenem. Dokazuje to, že embryo se vyvinulo, ale později zastavilo svůj vývin. V důsledku toho se z množství semen získaných mezidruhovou hybridizací nevyvinuly semenáčky. Avšak po přenesení embryí na umělá

média se z některých semen semenáčky vyvinuly, proto je možné tato semena oprávněně považovat za produkty kompatibilního křížení. Neúspěch při vzcházení semenáčků tedy ne vždy poukazuje na nekřížitelnost, ale může být odrazem metod, které používá šlechtitel. Podle Kormuťáka (1974) je proto z praktického hlediska hodnota mezidruhového hybridu závislá nejen na jeho fenotypu, ale také na možnosti snadné křížitelnosti a z ní vyplývající semenné produkce hybridu. Přirozenou snahou je tedy získávat hybridy, které by kromě jiného vyhovovaly i požadavku dobré fertility.

Chira (1971), Ostrolucká (1976), Müller (1989) a Hraška (1990) uvádějí, že případy nekřížitelnosti resp. inkompatibility nejsou časté při normální vnitrodruhové hybridizaci. Ve většině případů platí pravidlo, podle kterého je křížitelnost druhů mezi sekcemi obtížná až nemožná. Müller (1989) připisuje případnou nekřížitelnost provenienci pylu a také neuskutečněnému oplodnění a nedovyvinutí embryí. Způsobuje to neschopnost pylové láčky prorůst nucelárním pletivem jiného druhu jedle. Je možné předpokládat, že druhy rodu *Abies* jsou více geneticky příbuzné a méně diferencované v porovnání s dalšími rody čeledi *Pinaceae* (Hawley et De Hayes, 1985). Klaehn et Winiensky (1962) postulovali, že vývoj rodu *Abies* je výsledkem spíše geografické než genetické a fyziologické separace jednotlivých druhů *Abies*, které se v důsledku toho poměrně snadno kříží. Avšak vývojem zapříčiněná diferenciace jednotlivých druhů v rámci taxonu *Abietinae* často brání hybridizaci mezi jednotlivými druhy (Mergen et al. 1964).

Na neúspěchu vzdálené a tedy též mezidruhové hybridizace se podle Gregusse (1995) podílí strukturní a genetická diferenciace genomů. Proto úspěch hybridizace závisí na volbě vhodných genotypů křížených druhů. V případě námi realizovaných hybridizačních experimentů byla sledována především afinita jednotlivých klonů jak *A. fraseri*, tak *A. cilicica* x *A. cephalonica*. Na křížitelnost druhů působí množství externích a interních, resp. vnějších a vnitřních faktorů. Vnější faktory jsou považované za lehce překonatelné a platí, že faktor prostředí je významný prvek, který také diktuje strategii hybridizace (Greguss, 1995). Vnitřní faktory způsobené fyziologickými a genetickými vlivy jsou však hůře překonatelné až nepřekonatelné (Chira 1971; Ostrolucká 1976; Hraška 1990).

Všeobecně se konstatuje, že tak rozsáhlá vzájemná křížitelnost druhů rodu *Abies* je odrazem jejich vysoké genetické příbuznosti, která se vyvinula v důsledku osobitého způsobu speciace, kdy v průběhu evoluce rozhodující roli sehrála spíše geografická izolace než vlastní genetická diferenciace (Wright, 1962 ex Klaehn et Winienski, 1962).

Mezi lety 1950 a 1961 bylo vytvořeno 35 hybridních kombinací mezi různými druhy rodu *Abies* – Rohmeder (1960, 1961) a Rohmeder et Eisenhut (1961). Hybridizace byla velmi úspěšná u druhů s překrývajícím se areálem, kde dosahovala až 60 % úspěšnosti oproti hybridizaci druhů s nepřekrývajícím se areálem, kde bylo vypěstováno maximálně 29 % semenáčků z hybridních semen (Mergen et al. 1964).

Critchfield (1988) ve svých pracích poukázal na výskyt genetických bariér křížitelnosti mezi sekce *Grandes* a *Nobiles* a na inkompatibilní vztah mezi druhy *A. amabilis* (sekce *Grandes*) a *A. magnifica* (sekce *Nobiles*). Zjistil též inkompatibilitu křížení mezi *A. concolor*, *A. grandis* a *A. bracteata* s euroasijskými druhy jedlí. Zmiňuje se o jednosměrně úspěšné hybridizaci ve směru otec s *A. concolor* a *A. grandis* s mateřskými stromy *A. balsamea*, *A. fraseri* a *A. magnifica*. V přírodě potvrdil u druhu *A. magnifica* skoro úplnou reprodukční izolaci v průběhu pohlavního rozmnožování vůči *A. concolor*. Autor zjistil částečně kompatibilní vztah mezi vybranými evropskými a severoamerickými druhy přirozeně rostoucími na jiném kontinentě. Zjištěné směry křížení vybraných evropských druhů jedlí s jedlemi severoamerickými měly spíše teoretický než praktický význam. Jsou však dobrým experimentálním důkazem rozdílné příbuznosti mezi evropskými a severoamerickými druhy jedlí. Dokazuje to také velký počet neúspěšných mezidruhových hybridů typicky evropských druhů jako *A. alba*, *A. cephalonica* apod. s druhy Severní Ameriky. Zjištěná reprodukční izolace jedlí tak odporuje dlouho respektovanému názoru o blízkých genetických vztazích mezi druhy *Abies* (Kormuťák, 2004; Hawley et De Hayes, 1985).

Silen et al. (1965) vyprodukovali ověřené hybridy šlechtěné *A. pinsapo* x *A. magnifica* a *A. nobilis* x *A. magnifica*, přičemž zjistili jen slabé bariéry křížitelnosti.

Mergen et al. (1964) zjistili křížitelnost mezi *A. sachalinensis* ze sekce *Elateae* s některými druhy ze sekcí *Balsameae*, *Momi* a *Homolepis*. Výsledkem však byla malá životnost semen, které potom nebyly dále použity v hybridizačním procesu.

Silene et al. (1965); Hawley et De Hayes, (1985a) a Critchfield (1988) zjistili následující závěry o křížitelnosti v rámci sekcí severoamerických jedlí:

1. V rámci sekce *Balsamae* s výjimkou druhů *A. bracteata* a *A. bracteata* var. *phanerolepis* jsou druhy mezi sebou plně křížitelné, přičemž zjistili průměrnou křížitelnost 47 %. Také došli k závěru, že žádný druh z této sekce není křížitelný s druhem *A. lasiocarpa*;
2. V rámci sekce *Nobile* byla zjištěná vysoká křížitelnost u druhů *A. procera* a *A. bracteata* až 100 % s *A. bracteata*, ale pouze 29 % s *A. concolor*, oba druhy byly v postavení matky.

V případě *A. bracteata* a *A. procera* v postavení otce byla zjištěná průměrná křížitelnost také pouze 29 %;

3. V sekci *Grandes* byla pozorovaná vysoká křížitelnost mezi druhy *A. concolor*, *A. grandis* a to v rozmezí 47 až 86 %.

V Evropě se inkompatibilitou zabíral Moulalis (1986a), který nezjistil žádný rozdíl v počtu plných semen na šišku v důsledku samoopylení a hybridizace 5 mateřských stromů *A. alba* v Řecku. To v podstatě koresponduje s našimi pozorováními v semenném sadu č. 3, který byl z počátku opylován kontrolovaně, ale v dalších letech ponechán volnému sprášení.

Naopak Larsen (1986a) udává, že samoopylení u *A. alba* vede k inbrední depresi, v jejímž důsledku se dá očekávat snížený počet životných semen. Při opylení *A. grandis* jinými druhy se projevila inkompatibilita.

V bývalém Československu se jako první problematikou křížitelnosti druhů zabývali Kantor et Chira (1971), kteří použili stromy *A. alba*, *A. cephalonica*, *A. nordmanniana*, *A. pinsapo*, *A. cilicica*, *A. concolor*, *A. grandis* pro mezidruhovou i vnitrodruhovou hybridizaci. Největší množství semenáčků bylo vypěstováno právě z vnitrodruhové hybridizace *A. cephalonica*. V rámci mezidruhové hybridizace *A. cephalonica* s *A. cilicica*, *A. alba* a *A. nordmanniana* získali pouze 14 % semenáčků z celkového počtu získaných semen. Horších výsledků bylo dosaženo při křížení *A. cephalonica* s *A. concolor*, *A. grandis* s *A. pinsapo*, jako i ze semene z volného opylení, kdy se vypěstovalo jen 0,9 % až 3,3 % semenáčků. Při křížení mateřského stromu *A. grandis* s *A. concolor* se podařilo získat 1,9 % jednoletých semenáčků ze všech vysetých semen. Toto malé procento semenáčků bylo získáno pouze při opylení *Abies concolor*. Při použití pylu *A. cilicica*, *A. alba*, *A. pinsapo* a *A. nordmanniana* nevzešel žádný materiál. Z toho vyplývá, že druhy *A. alba*, *A. cephalonica* a *A. pinsapo* vykazují inkompatibilní vztah křížitelnosti se severoamerickými druhy *A. concolor* a *A. grandis*, zatímco druhy *A. numidica* (*A. numidica* x *A. grandis*) a *A. nordmanniana* (*A. concolor* x *A. nordmanniana*) dávají částečně kompatibilní vztah právě s touto skupinou druhů.

Testováním některých těchto hybridů se zabýval Kobliha (1988, 1989a). Vynikající výsledky vykázala potomstva *Abies cephalonica* z vnitrodruhového křížení mimo jiné s použitím pylu ozářeného γ zářením. Všechny hybridní kombinace se zastoupením *Abies alba*, vnitrodruhové i mezidruhové, pak předstihly kontrolu *Abies alba* z volného opylení. Uvádí také značnou diferenciaci v rámci jednotlivých potomstev. Proto je vedle hromadné selekce velice důležitá i selekce individuální, zaměřená na vynikající jedince.

Podle těchto principů bude v budoucnu probíhat i selekce v nově vznikajících hybridních potomstvech s *Abies fraseri*, ať už je cílem izolace resistantního materiálu, či jedinců s obzvlášť cenným habitem pro vánoční stromky.

Kormuťák (1988, 1994, 2004) uvádí, že pouze hybridní kombinace s *A. pinsapo*, *A. cephalonica*, *A. numidica* a *A. nordmanniana* v pozici otce s naší domácí *A. alba* lze hodnotit jako kompatibilní. Zjistil také, že hybridizace druhu *A. alba* se severoamerickými druhy *A. grandis* a *A. concolor* dává inkompatibilní vztah. Vypočítal největší hybridologickou afinitu pro hybridní kombinaci *A. alba* s *A. nordmanniana* (15,5 %), nejnižší pro hybrid *A. alba* x *A. pinsapo* (1,54 %). Autor ve výsledcích svých prací postuluje jednoznačně inkompatibilní vztah evropských a asijských druhů jedlí s americkými druhy *A. concolor* a *A. grandis*. Částečně kompatibilní vztah byl zjištěn při křížení *A. numidica* a *A. cilicica* s *A. concolor* a u prvního jmenovaného druhu také s *A. grandis*. Míra kompatibility posouzená na základě počtu vyvinutých plných semen byla 0,27 % až 0,38 %. Naproti tomu bylo zjištěno, že *A. numidica* je výrazně inkompatibilní v křížení s asijským druhem *A. koreana*.

V letech 1982 až 1992 prof. Kobliha uskutečnil hybridizační práce s využitím hybridu *A. cilicica* x *A. cephalonica* v postavení matky i otce. Hybrid byl křížený s druhy *A. alba*, *A. pinsapo*, *A. concolor* a *A. homolepis* v postavení matky a v postavení otce s *A. alba*, *A. koreana*, *A. pinsapo*, *A. grandis* a *A. concolor* var. *lowiana*. Nejúspěšnějšího křížení bylo dosaženo s použitím druhů *A. alba* a *A. pinsapo*. Druh *A. alba* se jevil v kontrolovaných kříženích s hybridem *A. cilicica* x *A. cephalonica* lepší v postavení matky než v postavení otce. V postavení matky i otce byl hybrid nejúspěšnější v křížení s druhem *A. koreana* (10 % plných semen). Při jeho křížení s druhy *A. grandis* a *A. concolor* var. *lowiana* se ukázalo, že realizace kontrolovaných křížení může být komplikovaná také nízkým počtem plných semen rodičovských stromů. V obou případech bylo dosaženo stejného výsledku a to 2 % plných semen.

Částečně úspěšné křížení druhů *A. concolor* s *A. koreana* uvádí Kobliha (1994). Autor pozoroval, že všichni jedinci *A. grandis* a *A. concolor* vykazují při vzájemném křížení i při rozboru semen z volného opylení i na jiné problémy kromě nízké křížitelnosti s hybridem *A. concolor* x *A. koreana*. Nízká křížitelnost hybridu se projevila také s druhem *A. numidica*. Stejně tak záporné výsledky při křížení hybridů evropských a asijských druhů byly dosaženy s americkými druhy *A. concolor* a *A. grandis*, což odpovídá i předcházejícím zkušenostem s křížením evropských a amerických druhů jedlí. Překvapivé

výsledky z pohledu křížitelnosti dalo křížení hybridu *A. concolor* x *A. koreana* s *A. pinsapo* v postavení matky i otce.

Z pohledu dnes již známých hybridologických afinit mezi evropskými představiteli rodu *Abies* je zajímavý názor Liu (1971), který postuloval určitý stupeň jejich vzájemné diference. V souladu s tím se předpokládá, že fylogenetický vývoj jedlí probíhal na americkém kontinentu v podmínkách aridního klimatu, zatímco evropské druhy se vyvíjely spíše v chladnějších a vlhčích podmínkách. Jako jedna z hlavních opor pro toto tvrzení se využívají morfologické zvláštnosti jehlic, které jsou u amerických druhů *A. concolor* a *A. grandis* charakteristické čtyřhranným průřezem a zašpičatěným koncem, zatímco u většiny evropských druhů mají jehlice zploštěný tvar a zaoblený konec. Vysoký stupeň vzájemné afinity druhů *A. concolor*, *A. grandis* na jedné straně a vyhraněný inkompatibilní vztah uvedené dvojice druhů k testovaným evropským zástupcům rodu na straně druhé by tento předpoklad potvrzoval i geneticky (Kormuťák, 1988, 2004). Avšak zjištěná křížitelnost mezi druhem *A. procera* a některými evropskými druhy naznačuje, že reprodukční izolace mezi evropskými a severoamerickými druhy nemusí být absolutní, o čemž svědčí také existence mezidruhového hybridu *A. nordmanniana* x *A. procera* (Galgóci 2010) a také našeho hybridního materiálu (Stejskal et al. 2011).

Hybridizace *Abies fraseri* s mediteránními druhy jedlí je ve své podstatě pionýrská práce a je tedy obtížné ji srovnávat s výsledky jiných autorů. Zkušenosti se „vzdálenou“ hybridizací byly shrnuty výše se závěrem, že severoamerické jedle vykazují reprodukční izolovanost a tedy podstatně sníženou křížitelnost nejenom s druhy mediteránními, ale také samy mezi sebou (Mergen et al. 1964; Halley et DeHayes, 1985; Critchfield, 1988).

Jelikož hybridizační pokusy z let 2006 a 2007 přinesly poměrně slibné výsledky, očekávalo se obdobné množství materiálu i v roce 2008. V tomto roce navíc poprvé výrazně plodil semenný sad č. 4 v Kostelci n.Č.l. a proběhla zde také kontrolovaná opylování. Obecně lze konstatovat, že 5 % životných semen je pro takto vzdálené hybridní kombinace vysoce úspěšný výsledek. V tomto ohledu byly výsledky hybridních kombinací CZ1 x NC73 a CZ1 x PC v rozmezí 10 – 16 % plných semen překvapující. 5 % plných semen ještě překročila hybridní kombinace CZ1xNC136 (7 %). Od počátku pokusů v roce 2007 bylo naším cílem sledovat křížení i na úrovni jednotlivých klonů (ať už *A. fraseri* nebo hybridu *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*), protože meziklonální afinita může být stěžejní pro úspěšnost křížení. V prvních dvou letech projektu se však ve výsledcích lišily výrazně jak klony, tak i semenné sady č. 1 a 3.

V roce 2008 bylo potomstvo komplikovaných hybridů *A. koreana* x (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) vyřazeno z pokusu se záměrem využít dostupný pyl především v semenných sadech s klony hybridu *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*. Za zmínku stojí zařazení dvou dalších druhů do experimentu - pyl *Abies balsamea* byl využit s jasným záměrem přiblížit se při nedostatku pylu *Abies fraseri* alespoň příbuzným druhem a ověřit křížitelnost s mediteránním hybridem; pyl *Abies koreana* byl využit především pro jeho snadnou dostupnost během jarní sezony. Navíc by vznikl zajímavý materiál z recipročního křížení oproti potomstvu *A. koreana* x (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*). Obě tyto hybridní kombinace však nepřinesly významné výsledky.

V roce 2009 nejúspěšnější hybridní kombinace CZ1xNC81 dosáhla 6 % životných semen v průměru vzorků. Po vysoce nadprůměrném roce 2008 byly tyto výsledky hodnoceny jako propad. Rok 2009 byl doposud rokem nejplodnějším na všech sledovaných výsadbách (s výjimkou semenného sadu č. 2). Semenné sady č. 1 a 4 poskytovaly takové množství samičích šištic, že bylo přistoupeno k aplikaci veškerého pylu *A. fraseri* pouze na těchto výsadbách. Poté co byl pyl tohoto druhu zcela vypotřebován, byl aplikován ještě čerstvý pyl *A. koreana* a *A. numidica* z místních zdrojů.

Řada hybridních kombinací však nevykazovala vůbec žádná životná semena. To nás vedlo ke spekulacím, zda byl použitý pyl fertillní. Tyto otázky podpořil i fakt, že pyl klonu NC81 pocházel ze sběru v jiném roce. Klíčivost pylu byla na naší straně ověřována v roce 2007, kdy bylo dosaženo pozitivních výsledků. Faktem zůstává, že je nutné pracovat s dostupným materiálem a jeho kvalitu ovlivňuje řada faktorů, včetně skladování a přepravy, jenž nemohou být z naší strany ovlivněny. Většina hybridního materiálu byla přesto odeslána do USA, kde v dalším roce v malých počtech vzházela.

Kontrolovaná opylování v roce 2010 nepřinesla žádné překvapivé výsledky v porovnání s předchozími lety (Kobliha et Stejskal, 2009). Hypotéza o výrazné afinitě některých klonů nebyla potvrzena. Pro rok 2010 byl hlavním limitujícím faktorem velký propad plodnosti po semenném roce 2009. To bylo v semenném sadu č. 1 v Kostelci n.Č.l. podpořeno také zimním ořezem roubovanců. V obou kosteleckých semenných sadech byly opylovány šištice pouze na dvou rametách. Po zhodnocení výsledků roku 2009 byl zde zcela záměrně aplikován pyl *Abies fraseri* klonu NC81. Propad v počtech šištic byl v menší míře znatelný i v semenném sadu č. 3 u Prostějova. Různými klony *A. fraseri* byly opylovány šištice na 16 rametách (CZ1/CZ2).

V roce 2010 byla nejúspěšnější hybridní kombinací CZ2xNC81 se 7 % plných semen na průměru 4 rentgenogramů. Výsledky dalších 3 hybridních kombinací se pohybovaly okolo 5 % a žádná z hybridních kombinací nepřinesla méně než 2 % životných semen. Tento výsledek byl odlišný v porovnání s předchozími sezonami především svou vyrovnaností.

Cenné informace o křížení a vzcházení materiálu nám byly poskytnuty také naším americkým partnerem (NCSU Raleigh). Reciproční křížení, kdy klony *Abies fraseri* slouží jako matka, jsou pro nás vlastně nejbližším srovnávacím standardem při absenci srovnatelných výsledků. To platí, i když bereme v úvahu silný vliv mateřského druhu na vývoj reprodukce.

V roce 2008 bylo v klonovém archivu Rattlesnake Knob pylem klonů CZ1 a CZ2 opyleno 10 různých klonů *Abies fraseri*. Dohromady vzniklo 27 hybridních kombinací, z nichž pouze 13 kombinací v dalším roce vzcházelo. Nutno dodat, že většina z těchto 13 hybridních kombinací poskytla pouze jediný klíčící semenáček. Nejlepší výsledek při vzcházení vykazala kombinace NC74 x CZ2 s 44 semenáčky, což však představovalo pouze 1,3 % vzcházení. Kombinace NC15 x CZ2 se 17 semenáčky (0,2 %); NC74 x CZ1 s 9 semenáčky (0,6 %); NC14 x CZ2 s 5 semenáčky (0,75 %) poskytly také cenný materiál k dalšímu pěstování. Tak malá množství hybridních semenáčků však prakticky neumožňují testování na rezistenci.

Zajímavé srovnání přináší také vzcházení námi dodaného materiálu z opylování v roce 2008. Hybridní kombinace CZ1 x NC73 z roku 2008 vzešla již v USA v počtu 322 semenáčků (6,24 %) s minimální další mortalitou. Hybridní materiál později využitý k inokulaci vzešel také z hybridních kombinací CZ1 x PC (43 semenáčků; 0,98 %); CZ2 x PC (27 semenáčků; 0,4 %); CZ2 x NC136 (20 semenáčků; 0,6 %). V zanedbatelných počtech vzešly ještě další naše hybridní kombinace – CZ1 x NC84, CZ1 x *Abies koreana* a CZ1 x *Abies balsamea*. Tento materiál se stal pilířem následných inokulací patogenem *Phytophthora cinnamomi*.

Na základě dříve zmíněného testu rezistence 32 druhů jedlí byla do kontrolovaných opylování 2008 na americké straně zapojena také *Abies firma*, která je vůči kořenové hnilobě *Phytophthora cinnamomi* téměř 100 % rezistentní. Byla provedena reciproční křížení s různými klony *Abies fraseri* v rámci klonového archivu Rattlesnake Knob a arboreta. Výsledkem však byl pouze jeden semenáček (NC35 x *Abies firma*).

Stejně jako v našich semenných sadech byly i na americké straně v roce 2008 ponechány samičí šištice k volnému opylení. Tento materiál vzházel v rozmezí od 1 do 18 %. Importovaný F₂ hybrid *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* vzházel v porovnání s volně opylenou *Abies fraseri* dokonce o něco lépe – 22,4 %. To svědčí o značné životnosti hybridních semen. V tomto případě však mohou hrát roli i konkrétní podmínky při opylování v semenných sadech na obou stranách v daném roce.

V neposlední řadě jsme ocenili také výsledky srovnávacího testu opylovacích metod, který americká strana provedla v roce 2008. Byly porovnávány 3 metody kontrolovaného opylení – stlačený vzduch v balónku, štětec a rozprašovač z hlediska míry vzházení hybridního materiálu opyleného klony CZ1 a CZ2. Nejlepších průměrných výsledků dosahovala aplikace pylu štětcem, kterou upřednostňujeme i při našich pokusech. Tato metoda má nespornou výhodu při omezeném množství dostupného pylu. Na druhou stranu je však nejvíce náročná na množství provedených úkonů a čas.

7. Závěr

Mezidruhová hybridizace se jeví jako účinný prostředek rozšíření genetické variability jedlových porostů u nás a s tím spojeného zvýšení jejich adaptability k rychle se měnícím podmínkám prostředí. Domácí jedle bělokorá je v současnosti plošně velice málo zastoupeným druhem a zejména na imisně zatížených lokalitách, kde není jedle schopná trvalé existence, se otázka její náhrady exoty či hybridními formami jedlí stává aktuální. Introdukce těchto forem do našich lesů naráží především na ochranu přírody a legislativní překážky. Diskutována je například možnost kontaminace genofondu jedle bělokoré.

Hybridní materiál by bylo možné využít pro zalesňování ve speciálních případech tam, kde došlo k úplnému zničení lokálních populací jedle a například na antropogenně změněných půdách (výsypky). Pro imisní oblasti to představuje cestu k zachování jedlových porostů a tím i jejich přírodního krajinného rázu. Důkladné poznání biologického potenciálu mezidruhových hybridů je jednou z podmínek a předpokladů jejich rozsáhlejší introdukce do našich lesů.

Výsledky získávané v posledních letech při kontrolních měřeních ploch s hybridním jedlovým materiálem naznačují, že jedlové hybridy vykazují značnou přizpůsobivost našim podmínkám a ve většině případů v růstových charakteristikách i v míře přežívání předstihují naši domácí jedli bělokorou.

Semenné sady kvetoucí samičími šišticemi jsou samy o sobě v rámci České republiky unikátním výsledkem, jelikož zde doposud žádné jedlové semenné sady nekvetly. V letech předcházejících projektu KONTAKT byly tyto výsadby ponechány volnému opylení, získané šišky byly vyluštny a semena vyseta. Juvenilní materiál byl průběžně hodnocen a v dnešní době je již vysazován na pokusné plochy. Pro zahraničního partnera bylo od počátku stěžejním zájmem kontrolované opylování s použitím pylu *Abies fraseri*, a to se také stalo těžištěm této práce.

Předpokládá se, že *Abies fraseri* bude i v budoucnu hrát dominantní úlohu v rámci významného odvětví vánočních stromků především v Severní Karolíně. Výzkum zaměřený na exotické a hybridní druhy umožní překonat současné problémy limitující produkci vánočních stromků jedle Fraserovy. Dále platí, že budoucnost a situace na trhu vánočních stromků je vždy nejistá. Historie již mnohokrát prokázala, že nároky a vkus zákazníků se často dramaticky mění. Dobrá znalost exotických druhů může pomoci celé odvětví diversifikovat a zvýšit jeho adaptabilitu na různé budoucí změny. V mezidobí je úkolem vědců z NC State University testovat exotické a hybridní druhy v podmínkách Severní

Karolíny a představovat tyto alternativy zainteresovaným farmářům, kteří je mohou prosazovat přímo na trhu (Frampton 2005).

V letošním roce nám byly poskytnuty výsledky testů na rezistenci námi dodaného hybridního materiálu. Jedná se sice o výsledky předběžné, avšak již o druhou sérii inokulací patogenem (*Phytophthora cinnamomi*). Mortalita kolem 50 % naznačuje částečnou rezistenci hybridního potomstva se segregací 1 : 1. Na základě těchto výsledků usuzujeme, že rezistence je pravděpodobně kontrolována jedním lokusem a plánuje se další výzkum zaměřený na přímé zjištění genů kontrolujících rezistenci vůči kořenové hnilobě.

8. Souhrn

Mezidruhov hybridizace je obecn považována za jednu z nejefektivnjsch metod lechtn lesnch drevin. ada doposud vytvorench mezidruhových hybridů jedle se doporučuje jako náhrada za mizející jedli belokorou (*Abies alba* Mill.) ve Stredn Evropě. stp jedle belokor je pripisovn redukci genetick variability místních populací za poslední stalet. Výsledky mnoha prací naznačují, že prav mezidruhov hybridy exotických druh jedlí by mohly nahradit chradnouc jedli belokorou v centrn Evropě.

Plante vánočních stromků jedle Fraserovy (*Abies fraseri* (Pursh) Poir.) jsou decimovány kořenovou hnilobou *Phytophthora cinnamomi*. Tento patogen způsobuje tmr 100 % mortalitu a hlavn ponechá pdu permanentn infikovanou bez možnosti další výsadby tohoto druhu jedle. Tato prce je postavena na kontrolovaných krzench hybridu mediteránních jedlí *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* s *Abies fraseri* s cílem vypěstovat materiál asten rezistentní vci koenov hnilobě, kter vsak bude splnovat parametry vánočních stromků. Během 6 let probihala výměna pylu a osiva mezi eskm a americkm pracovitem, kdy americk strana dodávala kadoron zmrazen pyl různých klonů *Abies fraseri*. Kadoron konrolovan opylování probihalo na přelomu dubna a května jak v našich semenných sadech, tak na americk straně. Samii šištice byly izolovány vždy v období jejich nejv receptivity. Pyl byl aplikován pomocí ttc. Kadoron sběr šišek probihal během zr následován suenm a luštěním materiálu v našich sklenících. Byly vyhodnocovány také bn parametry šišek a semen u každé hybridní kombinace. Kadm rokem probihalo rentgenování vsch hybridních kombinací, jehož výsledkem byly procentuln podíly ivotnch semen pro každou kombinaci. Obecn lze konstatovat, že 5 % plných semen na rentgenu potvrzuje úspěšnost krzen těchto geograficky vzdálených druh. Kombinace CZ1 x NC73 s nejvm počtem plných semen vznikla z krzen v roce 2008. Tento konkrtn materiál vzchzel j v USA a byl pozdji v letech 2009 – 2010 inokulován *Phytophthorou cinnamomi*. Výsledky roku 2010 byly spíše prmrn s nejvm počtem plných semen o kombinace CZ2 x NC81 (7 %). Výsledky našich kontrolovaných krzen vsak mohou poskytnout dostatek materiálu pro další testování rezistence a vegetativn množení.

Na esk straně prce a rešení projektu navazuje na 25letou vědeckou prci prof. Koblihy v oblasti lechtn jedle na bázi hybridizace a konkrtn na rzn projekty rešení prof. Koblihou a podporující tuto problematiku. Predevm se jednalo o projekt NAZV: Novošlechtění jedle (*Abies* spp.) v letech 1997 – 2000. Od roku 2007 probih oficiln

spolupráce s North Carolina State University Raleigh. Řešení projektu je založeno na dvoustranné mezinárodní spolupráci mezi ČR a USA, která je z české strany dotačně podpořena MŠMT ČR v rámci programu KONTAKT. V tomto případě jde o konkrétní spolupráci mezi ČZU v Praze (odpovědný řešitel prof. Jaroslav Koblíha) a NCSU Raleigh (odpovědný řešitel prof. John Frampton).

Klíčová slova:

Abies, hybridy, produkce vánočních stromků, *Phytophthora cinnamomi*, *Abies fraseri*

9. Summary

Interspecific hybridization is generally considered to be one of the most efficient method in forest tree breeding. Interspecific hybrids of firs produced so far are recommended as a substitute for declining silver fir (*Abies alba* Mill.) in central Europe. Its decline is ascribed primarily to the reduced genetic variability of the domestic populations during the last centuries. The results of many studies indicate that interspecific hybrids of exotic species of firs seem to be perspective candidates for replacement of withering silver fir in the region.

Fraser fir (*Abies fraseri* (Pursh) Poir) Christmas trees plantations in North Carolina are infested by root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. This disease kills almost 100 % of Fraser fir material and leaves the soil permanently infested, thus unsuitable for replanting. In our experiment control crossings of Mediterranean fir hybrids *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* with *Abies fraseri* were performed to ensure possibly resistant hybrid material of desired Christmas tree parameters in the course of 6 years. Pollen of various clones of *A. fraseri* was shipped to the Czech Republic by NCSU. Control pollinations were performed annually in April/May 2010 in our hybridization seed orchards. Female strobili were isolated by paper bags in period of their highest receptibility. For control pollinations brushes were used to apply pollen most effectively. Annual cone collections were managed during September. After cones completely disintegrated the dry seeds were processed within our small facility. Basic parameters of cones and seeds were assessed for each seed lot. Seed samples of the individual seed lots were X-rayed during October and November for the final share of full seeds assessment. Generally overcoming 5% of viable seeds in the sample can be rated as success. The best hybrid combination so far (CZ1 x NC73) yielded 16 % of viable seeds in 2008. This material germinated already in the USA. It was inoculated with *Phytophthora cinnamomi* in 2010. The most successful hybrid combination CZ2 x NC81 in 2010 brought 7 % of viable seeds. However, our results can provide a sufficient amount of material for *Phytophthora* screening and future vegetative propagation.

In this work guidelines of long-term research of our department are followed. Concretely there have been several projects recently dealing with this subject. For example the project Fir breeding (1997 – 2000) supported by National Agency of Agricultural research.

Current activities are connected to a traditional hybridization program within genus *Abies*, which has been recently extended by our cooperation with an American partner (North

Carolina State University Raleigh). This experiment is in the long run based on bilateral international cooperation between Czech Republic and USA. Czech side is supported by a grant of Czech Ministry of Education within a Program KONTAKT. In this particular case there exists a concrete collaboration between Czech University of Life Sciences in Prague (responsible researcher Prof. Jaroslav Koblíha) and NCSU Raleigh (responsible researcher Prof. John Frampton).

Additional key words:

Abies, hybrids, Christmas tree production, *Phytophthora cinnamomi*, *Abies fraseri*

10. Literatura

ALDRICH, R. C. – DROOZ, A. T. (1967): Estimated Fraser fir mortality and balsam woolly aphid infestation trend using aerial color photography. *Forest Science* 13:300-313.

ALEXANDER, R. B. – SHEARER, R. C. – SHEPPERD, W. D. (1990): Subalpine Fir. In: BURNS RM, HONKALA BH (eds) *Silvics of North America: 1 conifers*. U.S. Department of Agriculture, Washington DC.

ALEXANDRIS, S. G. (1969): Untersuchungen über die Beziehungen Zwischen Hummusform Stickstoffernährungszustand standorf und der Wuchsleistung von Tannenbastarden in Parnis (Griechland). In *Forest res. Inst. Bull.*, 1969, vol 29, p. 1-37.

AMMAN, G. D. (1966): Some new infestations of the balsam woolly aphid in North Carolina, with possible modes of dispersal. *Journal of Economic Entomology* 59:508-511.

AMMAN, G. D. – SPEERS, C. F. (1965): Balsam woolly aphid in the southern Appalachians. *Journal of Forestry* 63(1):18-20.

ANDERSON, E. (1949): *Introgressive hybridization*. John Wiley and Sons, New York, 1949, 109 p.

ARBEZ, M. – FADY, B. – FERRANDES, P. (1990): Variabilite et amelioration genetique des sapins méditerranéennes - Cas du sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loud.) In *International workshop: Mediterranean firs – adaptation, selection and silviculture*. Avignon, France, 1990, p. 43 – 57.

ARISTA, M. – TALAVERA, S. (1994): Pollendispersal capacity and pollen viability of *Abies pinsapo* Boiss. In *Silvae Genetica*. ISSN 0037-5349, 1994, vol. 43, no. 2/3, p. 155-158.

ARNOLD, M. I. (1997): *Natural hybridization and evolution*. Oxford University Press, Oxford, 1997, 215 p. ISBN 0-19-509975-3.

ARNOLD, M. I. (2006): *Evolution through genetic Exchange*. New York: Oxford University Press, 2006, 252 p. ISBN 0-19-857006-6.

AUSSENAC, G. (2002): Ecology and ecophysiology of circum- Mediterranean firs in the context of climate change. In *Ann. For. Sci, Inra: EDP Sciences*. ISSN 1297-966x, 2002, vol. 59, no.8, p. 823 – 832.

BAILEY, L. M. (1923): *The cultivated evergreens*. London: The MacMillan Company, 1923. 434 p.

BAKUZIS, E. V. - HANSEN H. L. (1965): *Balsam fir-a monographic review*. University of Minnesota Press, Minneapolis. 445 p.

- BASSIOTIS, K. (1956): Fir forest of Greece: Year book. Thessaloniki: Agric. For. Univ., 1956, p. 1 - 89.
- BENČAŤ, F. (1982): Atlas rozšírenia cudzokrajných drevín na Slovensku a rajonizácia ich pestovania. Bratislava: Veda, 1982. 368s. BIALOBOK, S. (1983): Jodla pospolita *Abies alba* Mill. In Nasze drzewa leśne. Warszawa- Poznań Institut Dendrologii, 1983. s. 1-568.
- BOBROV, E. G. (1978): Lesoobrazujuschije chvojnyje SSSR. Leningrad: Nauka, 1978. 189 p.
- BURNS, R. M. - HONKALA, B. H. (1990): Silvics of North America, Vol. 1, Conifers. Washington DC: U.S.D.A. Forest Service Agriculture Handbook 654. http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/table_of_contents.shtml, last accessed 2011.05.05.
- BUSING, R. T. – WHITE, P. S. – MACKENZIE, M. D. (1993): Gradient analysis of old spruce-fir forests of the Great Smoky Mountains circa 1935. Can J Bot 71:951–958.
- CANIGUERAL, J. (1957): Visita a la Finca Masjoan de espinelvs. Spain: Revista Ibérica 358, 1957. 2 p.
- CATALAN, G. – PARDOS, J. A. (1983): Genetics of the *Pinsapo*. In Annales Forestales. ISSN 0351-2045, 1983, vol.9, no. 6, p. 185-208.
- CEBALLOS, L. (1968): Mapa forestal de España. In Direccion General de Montes, 1986, vol. 14, p. 12-13.
- CEBALLOS, L. – BOLAÑOS, J. A. (1928): El pinsapo y el abeto de Marruecos. In INIEAF, Flora y Mapa Forestal 1, 1928, vol. 2, p. 15-20.
- CLARK, C. M. – WENTWORTH, T. R. - O'MALLEY, D. M. (2000): Genetic diskontinuity revealed by chloroplast microsatellites in eastern North American *Abies* (*Pinaceae*). American Journal of Botany 87:774–782.
- CLARKSON, R. B. – FAIRBROTHERS, D. E. (1970): A seriological and electrophoretic investigation of eastern North American *Abies* (*Pinaceae*). Taxon 19:720–727.
- CORE, E. L. (1934): The blister pine in West Virginia. Torreya 34:92–93.
- COOPER, M. – MERRIL, R. E. (2000): Heterosis: its exploitation in crop breeding. In: *Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. Proceedings of the Queensland Forest research Institute/Cooperative Research Center-Sustainable Production Forestry (QFRI/CRC-SPF) Symposium*, Noosa, Queensland, Australia, pp. 316-329.
- CRITCHFIELD, W. B. (1966): Crosability and relationships of the california big-cone pines. In Proceedings of the 7 th lake States Forest Tree Improvement Conference, 1966, p. 36-44.

- CRITCHFIELD, W. B. (1967): Crossability and relationships of the closed pines. In *Silvae Genetica*, no. 16, 1967, p. 89-97.
- CRITCHFIELD, W. B. (1977a): Hybridization of foxtail and bristelcone pines. In *Mad.*, 1977a, vol 24, no. 4, p. 193-212.
- CRITCHFIELD, W. B. (1977b): Sargent's fir hybrid *Abies amabilis* x *lasiocarpa* In *Journal of the Arnold arboretum*, 1977b, vol. 58, no. 1, p. 52-59.
- CRITCHFIELD, W. B. (1988): Hybridization of the California Firs. In *Forest Science*. ISSN 0015-749X., 1988, vol. 34, no. 1, p. 139-151.
- ČERNÝ, A. (1989): Současný zdravotní stav jedle bělokoré na území ČSSR. *Lesnická práce*, 68 (9): 402-407.
- DE ASSIS, T. F. (2000): Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: *Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. Proceedings of the Queensland Forest research Institute/Cooperative Research Center-Sustainable Production Forestry (QFRI/CRC-SPF) Symposium*, Noosa, Queensland, Australia, pp. 63-74.
- DOBROWOLSKA, D. U. (1989): Zamieranie jodly ... wciaz nie wyjaśnione zjawisko. In *Sylwan*. ISSN 0039-7660, 1989, vol. 6, p. 59-67.
- DUBOVSKÝ, J. – MARŠÁLEK, L. (1968): *Genetika rastlín*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1968, 411 s.
- DUFFIELD, J. W. – SNYDER, E. B. (1958): Beneficts from hybridizing of American forest tree species. In *Journal of Forestry*, 1958, vol. 56, p. 809-815.
- ENGELMANN, G. (1878): A synopsis of the American firs (*Abies* Link.). In *Transaction of the St. Louis academicScientes*, 1978, vol. 3, p. 593-602.
- ERIKSSON, G. – EGBERG, I. – CLAPHAM, D. (2006): *An introduction to Forest Genetics*. Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU Uppsala Sweden. ISBN 91-576-7190-7.
- EYRE, F. H. (1980): *Forest cover types of the United States and Canada*. Society of American Foresters, Washington, DC. 148 p.
- FADY, B. (1995): Geographic variation in *Abies cephalonica* and related Mediterranean *Abies* species from terpene and isozyme analyses: hypotheses on the phylogeny of Aegean *Abies* species. In *Population genetics and genetics conservation of forest trees*. Netherlands: SPB Academic Publisching, 1995. p. 171-179.
- FADY, B. – CONKLE, M. T. (1992): Segregation and linkage of allozymes in seed tissues of the hybrid Greek fir, *Abies borisii-regis* Mattfeld. In *Silvae genetica*. ISSN 0037-5349, 1992, vol. 41, no. 4/5, p. 273-278.

- FADY, B. – CONKLE, M. T. (1993): Allozyme variation and possible phylogenetic implications in *Abies cephalonica* Loudon and some related eastern Mediterranean firs. In *Silvae Genetica*. ISSN 0037-5349, 1993, vol. 42, no. 6, p. 351-359.
- FALCONER, D. S. – MACKAY, T. F. C. (1996): Introduction to quantitative genetics. Longman, Essex, England. ISBN 0-582-24302-5.
- FARJON, A. (1990): Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Königstein: Koeltz Scientific Books.
- FARJON, A. – RUSHFORTH, K. D. (1989): A classification of *Abies* Miller (Pinaceae). *Notes of the Royal Botanic Garden Edinburgh* 46(1):59-79.
- FEDDE, G. F. (1973): Impact of the balsam woolly aphid on cones and seed produced by infested Fraser fir. *Canadian Entomologist* 105:673-680.
- FLOUS, F. (1936): Clasification et évolution d'un groupe d'Abiétinées. In *Lab. For. Toulouse*, 1936, vol. 11, 283p.
- FOWLER, D. P. (1980): Hybridization of Black Spruce and Serbian spruce. In *Can. For. Serv. Inf. Rep.*, 1980, 112 p.
- FOWLER, D. P. (1983): The hybrid black x sitka spruce, implications to phylogeny of the genus *Picea*. In *Canadian Journal of Forest Research*. ISSN 0045-5067, 1983, vol. 13, p. 108-115.
- FRAMPTON, J. (2005): Exotic fir research in North Carolina. *Christmas Trees*, 32(1), 36-40.
- FRANCO, J. D. (1950): *Abietes*. Lisboa, 1950, p. 59-79.
- FREDERICK, D. J. (1977): An integrated population of *Abies grandis* x *Abies concolor* in central Idaho and its relation to decay. In *Silvae Genetica*, 1977, vol. 26, p. 8-10.
- FU LIGUO, LI NAN - MILL, R. (1999): Sections on *Cephalotaxaceae*, *Ginkgoaceae* and *Pinaceae*. In Wu Zheng-yi and Peter H. Raven (eds.). *Flora of China, Volume 4*. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden.
- FUKAREK, P. (1964): Die Tannen und Tannenwälder der Balkanhalbinsel. In *Z. Forstwes.*, 1964, no. 9/10, p. 518-533.
- FULLING, E. H. (1936): *Abies intermedia*, the Blue Ridge fir, a new species. *Castanea* 1:91-94.
- GALGÓCI, M. (2010): Anatomicko-biochemické aspekty vývinu medzidruhových hybridov jedlí (*Abies* sp.). Disertační práce. Univerzita Konstantina Filozofa v Nitre. Fakulta prírodných vied. Katedra botaniky a genetiky

- GATHY, P. P. (1957): A propos de la hybride natural *Abies concolor* (Gord.) Engelman x *A. grandis* (Lindl.). In *Silvae Genetica*, 1957, vol. 6, p. 186-190.
- GAUDLITZ, G. (1983): Untersuchungen zur Diagnose und Charakterisierung von Tannen-Bastarden: dizertation these. München : LMU, 1983. 137 p.
- GAUSSEN, H. (1933): Géographie des plantes. Paris: Armand Colin 152. 218p.
- GAUSSEN, H. (1964): Les gymnospermes actuelles et fossiles. In Fascicule VII. Genres *Pinus*, *Cedrus* et *Abies.*, 1964, vol. 2, no. 1, p. 321-480.
- GORDON, G. (1858): The Pinetum. London: Henry G. Bohn, 1858, 226 p.
- GRANT, V. (1981): Plant speciation. Second ed. New York: Columbia University Press, 1981, 132 p.
- GREGUSS, L. (1982): Technológia kontrolovaného opelovani druhov rodu *Abies*. In Zprávy lesnického Výzkumu, 1982 vol. 3, p. 6-8.
- GREGUSS, L. (1984a): Program medzidruhovej hybridizácie jedlí a jeho realizácia. In Hybridizácia a premenlivosť lesných drevín. Zvolen, 1984a, s. 117-122.
- GREGUSS, L. (1984b): Výsledky hybridizácie druhov rodu *Abies*. In Zprávy les výskumu. 1984b, vol. 1, p. 10-16.
- GREGUSS, L. (1986): Šľachtiteľský program zvýšenia odolnosti jedle hybridizáciou. In Zbor. Ze 7. celosv. sem.- šl. konf. Špišská Nová Ves, 1986, s. 34-41.
- GREGUSS, L. (1988a): Hodnotenie rastu 10 ročných jedľových hybridov na TVP Podhorie a spontánných jedľových hybridov v lesníckom arboréte Kysihýbel: Čiastková záverečná správa úlohy R-531-034-04. Zvolen: VÚLH. 1988a. 43 s.
- GREGUSS, L. (1988b): Medzidruhová hybridizácia - náhrada za ustupujúcu jedľu bielu. In Lesníctví – Forestry, ISSN 1212-4834, 1988b, vol. 34, p. 797-808.
- GREGUSS, L. (1988c): Trvalá výskumná plocha hybridných jedlí Drieňová. In Exkurzní průvodce, VULH Zvolen, 1988c, 9 p.
- GREGUSS, L. (1992): Hodnotenie začiatočného rastu medzidruhových jedľových hybridov na príklade trvalej výskumnej plochy Drieňová. In Lesn. čas. – Forestry journal. ISSN 1212-4834, 1992, vol. 38, no. 3, p. 223 – 238.
- GREGUSS, L. (1994a): Trvalá výskumná plocha hybridných jedlí Drieňová. Základná informácia o TVP. In Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia, Zvolen: VŠLD, 1994a, s. 171-179. ISBN 80-967140-2-3.
- GREGUSS, L. (1994b): Trvalá výskumná plocha hybridných jedlí Mestská luka. In Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia, Zvolen: VŠLD, 1994b, s. 193-200. ISBN 80-967140-2-3.

- GREGUSS, L. (1994c): Hodnotenie prežívania hybridných jedlí. In Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia, 1994c, s. 141. ISBN 80-967140-2-3
- GREGUSS, L. (1995): Medzidruhová hybridizácia lesných drevín v meniacich sa ekologických podmienkach. In: Lesnictví-Forestry. ISSN 1212-4834, 1995, vol. 41, no. 11, s. 531-540.
- GREGUSS, L. – LONGAUER, R. (1996): Prežívanie hybridných jedlí vo veku 15 rokov na troch trvalých výskumných plochách In Lesnícky časopis. ISSN 1212-4834, 1996, vol. 42, no. 5/6, p. 363-370.
- GREGUSS, L. – PAULE, L. (1988): Artificial hybridization in the genus *Abies* (Review). In IUFRO – Tannensymposium, 1988. ISBN 80-228-0010-4. p. 179-184.
- HARLOW, W. M. – HARRAR, E. S. (1958): *Pinaceae - Abies*. In Taxebook of Dendrology. New York – Toronto-London: Mc Graw-Hill book company, Inc., 1958. p. 169 – 193.
- HARMICK, J. L. – LIBBY, W. J. (1972): Variation and selection in western U. S. Montane species. I. White Fir. In *Silvae Genetica*, 1972, vol. 21, p.29-36.
- HAWLEY, G. J. – DE HAYES, D.H. (1985a): Hybridization among several North American firs. I. Crossability. In *Canadian Journal of Forest Research*, 1985a, vol.15, p. 42-49.
- HAWLEY, G. J. – DEHAYES, D. H. (1985b): Hybridization among several North-American firs: 2. Hybrid verification. *Can Journal of Forest Research* 15:50–55.
- HEWITT, G. M. (1988): Hybrid zones – natural laboratories for evolutionary studies. *Trees*. ISSN 1432-2285, 1988, vol. 3, p.158-167.
- HEUZE, P. – SCHNITZLER, A. – KLEIN, F., (2005): Is browsing the major factor of silver fir decline in the Voges Mountains of France? *Forest Ecology and Management*, 217, s. 219-228.
- HIEKE, K. (2008): *Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů*. Brno: Computer press a.s., 2008. 246p. ISBN 978-80-251-1901-3.
- HINSLEY, L. E. - BLAZICH, F. A. (1980): Propagation of Fraser fir by stem cuttings. *American Christmas Tree Journal* 24(2):39-40.
- HOFMAN, J., (1963): *Pěstování jedle obrovské*. SZN Praha, 116 s.
- HRAŠKA, Š. (1990): *Genetika rastlín*. Bratislava. *Príroda*, 320 s. ISBN 80-07-00238-3.
- HUNT, R. S. (1993): *Abies*. *Flora of North America Editorial Committee (eds.): Flora of North America North of Mexico, Vol. 2*. Oxford University Press.

- HUNT, R. S. - VON RUDLOFF, E. (1974): Chemosystematic studies in the genus *Abies*. I. Leaf and twig oil analysis of alpine and balsam firs. Canadian Journal of Botany 52: 477–487.
- HYNEK, V. (1987): Provenienzflächen der Weißtanne in der ČSSR. In 3. IUFRO-Tannensymposium Zvolen, 1987. p. 101-111.
- HYNEK, V. (1989): Hodnocení provenienčních ploch s jedlí bělokorou na Šumavě. In Práce VULHM. ISSN 0322-9688, 1989, vol. 74. p. 207-238.
- HYUN, S. K. (1972): The possibility of F₂ utilization in pine hybridization. In: Proc. Iufro Genet.- Sabrao Rorest. Exp. Stn. Jap., 1972, 10 s.
- CHASTAGNER, G. (2009): Susceptibility of True Firs to Phytophthora Root Rot. In: 9th International Christmas Tree Research and Extension Conference Field Tour Guide, Puyallup, WA. Washington State University Christmas Tree Program, pp. 24 - 28.
- INDIRA, P. (2002): Podíl jedle bělokoré ve výhledových cílech obnovy lesa u LČR. In Lesnická práce. ISSN 1212-8449, 2002, vol. 81, no.1, p. 20-21.
- ISODA, K. – SHIRAISHI, S. – WATANABE, S. – KITAMURA, K., (2000): Molecular evidence of natural hybridization between *Abies veitschii* and *Abies homolepis* (Pinaceae) revealed by chloroplast, mitochondrial and nuclear DNA markers. Molecular Ecology, 9, 12, s. 1965.
- JACOBS, B. – WERTH, C. R. – GUTMAN, S. I. (1984): Genetic relationships in *Abies* (fir) of eastern United States: an electrophoretic study. Can Journal of Botany 62:609–616.
- JANEČEK, V. – KOBLIHA, J. (2007): Spontaneous hybrids within the genus *Abies* – growth and development. In Journal of Forest Science. ISSN 1212-4834, 2007, vol.53, no. 5, p. 193-203.
- JANKOVSKÝ, L. – CETKOVSKÝ, R. (2005): Některé aspekty revitalizace jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) na příkladu Konické vrchoviny. In: Jedle bělokorá 2005. Srní, 31.10 – 1.11. 2005. ČZU v Praze v koedici se Správou Národního parku a CHKO Šumava v nakladatelství Lesnická práce, s. 49-56.
- JASIČOVÁ, M. (1966): *Pinopsida*. In Flóra Slovenska II. Bratislava: SAV, 1966, 324 s.
- JENSEN, E. C. – ROSS, C. R. (2005): Trees to Know in Oregon. Oregon State University Extension Service. ISBN 1-931979-04-9.
- KANTOR, J. – CHIRA, E. (1965a): Mikrosporogenéza u niektorých druhov *Abies*. In Acta Universitatis agriculturae (Brno) Series C (Facultas silviculturae), 1965a, vol. 34, no. 3, p. 179-185.
- KANTOR, J. – CHIRA, E. (1965b): Variabilita velikosti pylu u některých druhů *Abies*. In Acta Universitatis agriculturae (Brno) Series C (Facultas silviculturae), 1965b, vol. 34, no. 3, p. 165-178.

- KANTOR, J. – VINCENT, G. (1970): Lze předcházet ústupu jedle z našich lesů? In *Lesnictví – Forestry*, 1970, vol. 16, no. 3, p. 235-246.
- KENT, A. H. (1900): *Veitch manual of the Coniferae*. London: James Veitch and sons Ltd., 1900, p. 486-545.
- KIELANDER, C. L. (1962): *Picea, Abies, Pseudotsuga*. In *Handbuch der Pflanzenzüchtung*. Berlin-Hamburg: P. Parey, 1962, p. 854-873.
- KINGHORN, B. P. (2000): Crossbreeding strategies to maximise economic returns. In: *Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. Proceedings of the Queensland Forest research Institute/Cooperative Research Center-Sustainable Production Forestry (QFRI/CRC-SPF) Symposium*, Noosa, Queensland, Australia, pp. 291-303.
- KLAEHN, F. U. – WINIESKI, J. A. (1963): Interspecific Hybridization in the genus *Abies*. In *Silvae genetica*, 1963, vol 26, p. 130 – 140.
- KOBLIHA, J. (1989b): Problémy autovegetativního množení hybridní jedle. Sborník přednášek ze semináře: Vegetativní množení smrku, buku a jiných lesních dřevin. Brno, listopad 1980, s. 49-53.
- KOBLIHA, J. (1992a): Novošlechtění jedle (*Abies* sp.) na zvýšení vitality. Závěrečná zpráva, dílčí projekt, projekt E5. 2 Management lesních ekosystémů k podpoře ekologické stability krajiny. VŠZ v Praze, 21 s.
- KOBLIHA, J. (1992b): Moderní metody ve šlechtění lesních dřevin. Habilitační práce, VŠZ v Praze, 140 s.
- KOBLIHA, J. (1993a): Vegetativní reprodukce jedle pro potřeby šlechtitelských programů. Mezinárodní seminář „Vegetativní množení lesních dřevin a poznatky o náhorní variantě borovice lesní“. Kladská, 28. – 30.4. 1993, s. 35-37.
- KOBLIHA, J. (1993b): Novošlechtění a reprodukce jedle. Jubilejní konference LVÚ Zvolen, 8. – 10.9. 1993, 1. sekce, s. 12-28.
- KOBLIHA, J. (1994a): Hybridizace v rámci rodu *Abies* se zaměřením na získání hybridů generace F₂. In *Lesnictví – Forestry*. ISSN 1212-4834, 1994a, vol. 40, no. 12, p. 513 – 518.
- KOBLIHA, J. (1994b): Crossability of the hybrid *Abies cilicica* x *Abies cephalonica* with other species of the *Abies* genus. In *Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia*, 1994b, p. 51-54. ISBN 80-967140-2-3.
- KOBLIHA, J. (2000): Novošlechtění jedle (*Abies* sp.). Závěrečná zpráva projektu NAZV EP7136 1997-2000. Deponováno na KDŠLD FLD ČZU v Praze. 59 s.
- KOBLIHA, J – JANEČEK, V. (2003): Growth and development of hybrid clonal material. Ökologie und Waldbau der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) In *Tagungsbericht zum 10. International IUFRO –Tannensymposium am 16.-20. Sep. 2002 an der FAWT in Trippstadt*. Mitteilungen aus der Forschungsansalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland – Pfalz, Trippstadt, 2003, ISBN 1610 – 7705, p. 68-76.

- KOBLIHA, J – JANEČEK, V. (2005): Development of hybrid fir clonal material. In Journal of Forest Science. ISSN 1212-4834, 2005, vol. 51, p. 3-12.
- KOBLIHA, J. – KRÁLÍK, J. (1992): Vliv růstové látky paclobutrazol na přežívání a zakořeňování hybridní jedle. Lesnictví – Forestry, 38 (11): 889-897.
- KOBLIHA, J. – KRÁLÍK, J. – LÁNÍČKOVÁ, B. (1991a): Vliv Cultaru na vegetativní růst a kvetení roubovanců v semenném sadu modřínu evropského (*Larix decidua* Mill.), Lesnictví – Forestry, 37: 899-910.
- KOBLIHA, J. – POKORNÝ, P. (1990): Výsledky autovegetativního množení různých hybridů v rámci rodu *Abies*. Lesnictví, 36 (7): 617-624.
- KOBLIHA, J. – SNÁŠELOVÁ, V. – HAVEL, L. (1991b): Explantátové kultury – perspektivní možnost masového množení cenných hybridů z rodu *Abies*. Lesnictví, 37 (4-5): 295-302.
- KOBLIHA, J. – STEJSKAL, J. (2009): Recent Fir Hybridization Research in the Light of Czech-American Cooperation. Journal of Forest Science. 55, 2009 (4): 162–170.
- KOBLIHA, J. – STEJSKAL, J. (2009): Recent Fir Hybridization Research Results. In: Forest, Wildlife and Wood Sciences for Society Development. Prague, 16-18 April 2009.
- KOBLIHA, J. – STEJSKAL, J. – FRAMPTON, J. (2010): Czech-American fir hybridization research for purposes of Christmas tree production. In: Hart, J., Landgren, C., and Chastagner, G. (eds.). 2010. Proceedings of the 9th International Christmas Tree Research and Extension Conference. Corvallis, OR and Puyallup, WA. September 13–18, 2009.
- KOČIOVÁ, M. (1982): Výsledky prevádzkového vegetatívneho množenia v SSR. In: Výroba sadebního materiálu vegetativním způsobem. Sborník LF VŠZ Brno, s. 61-67.
- KORMUŤÁK, A. (1974): Niektoré aspekty inkompatibility druhov rodu *Pinus* a *Abies*: Kandidátska dizertačná práca. Arborétum Mlyňany – Ústav dendrobiológie SAV, 1974, 159 s.
- KORMUŤÁK, A. (1975): Izoenzýmové zloženie ako ukazovateľ ekotypickej diferenciácie druhu *Picea abies* Karst. In Vedecké práce VULH Zvolen, 1975, s. 251-256.
- KORMUŤÁK, A. (1979): Artificial hybridization of some *Abies* species. In Biologia (Bratislava), 1979, vol. 34, no. 4, p. 311-319.
- KORMUŤÁK, A. (1981): Cytological study on crosability of some *Abies* species. In Biológia (Bratislava), 1981, vol. 36, no. 4, p. 235-251.
- KORMUŤÁK, A. (1982): Hybridological abilities of the European silver fir (*Abies alba* Mill.). In Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie. Zvolen: VŠLD, 1982, p. 95 – 101.

- KORMUŤAK, A. (1984a): Some cytological and biochemical aspects of interspecific incompatibility in pines (*Pinus* sp.). In Acta Dendrologica, Bratislava: Veda, 1984, 95 p.
- KORMUŤAK, A. (1984b): Hybridizácia ako cesta šľachtenia lesných drevín. In Hybridizácia a premenlivosť lesných drevín. Zvolen: VŠLD, 1984, s. 45 – 52.
- KORMUŤAK, A. (1985): Study on species hybridization within the genus *Abies*. In: Acta Dendrologica, Bratislava: Veda, 1985. 127s.
- KORMUŤAK, A. (1986): Výškový rast vybraných druhov cudzokrajných jedlí a ich hybridov. In: Zbor. zo celosl. sem. šl. konf. Spišská Nová Ves, 1986, s. 123 – 131.
- KORMUŤAK, A. (1992): Hybridizácia druhov *Abies concolor* (Gord. et Glend./ Lindl.) a *Abies Grandis* (Dougl./ Lindl.) na Slovensku. In Lesníctví – Forestry. ISSN 1212-4834, 1992, vol. 38, s. 759 – 769.
- KORMUŤAK, A. (1994): Hybridological relationship of silver fir (*Abies alba* Mill) with some foreign species of firs introduced to Slovakia. In Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia., 1994, p. 47-49. ISBN 80-967140-2-3.
- KORMUŤAK, A. (2004): Crossability relationships between some representatives of the Mediterranean, Northamerican and Asian firs (*Abies* sp.) Bratislava: Veda, 2004. 92 p. ISBN 80-224-0811-5.
- KORPEL, Š – PAULE, L. – LAFFÉRS, A. (1982): Genetics and breeding of the silver fir (*Abies alba* Mill.) In Ann. Forest.(Zagreb), 1982, vol. 9, no. 5, p. 151-184.
- KOSSENAKIS, G. (1947): The Greek fir. In Gassos, 1947, vol. 1, p. 25-54.
- KUSSER, J. (1983): Inbreeding depression in *Metasequoia*. In Journal Arnold Arboretum, 1983, vol. 64, p. 475-481.
- LAING, E. V. (1956): The genus *Abies* and recognition of species. In Scotisch Forestry Journal, 1956, vol. 10, no.1, p. 20-25.
- LARSEN, C. S. (1934): Forest tree breeding. Copenhagen: Roy. Vet. Agr. Coll., 1934, p. 96-109.
- LARSEN, J. B. (1986a): Das Tannensterben: eine neue hypothese zur klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der weißtanne (*Abies alba* Mill.). In Forstwissenschaft. Centralbl, 1986b, vol. 105, p. 381-396.
- LARSEN, J. B. (1986b): Die geographische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Wachstumsentwicklung und Frostresistenz. In Forstwiss. Centralbl, 1986a, vol. 105, p. 396-406.
- LEONTOVIČ, R. (1994): Odolnosť jedlových hybridov jedle na TVP Drieňová voči neskorému mrazu v roku 1991. In Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia, 1994, s. 185 -186. ISBN 80-967140-2-3.

- LESTER, D. T. (1968): Variation in cone morphology of balsam fir, *Abies balsamea*. *Rhodora* 70:83–94.
- LI, B. – HOWE, G. T. – WU, R. (1998): Developmental factors responsible for heterosis in aspen hybrids (*Populus tremuloides* x *P. tremula*). *Tree Physiology* 18, 29-36.
- LONGAUER, R. (1996): Genetic diversity of European silver fir (*Abies alba* Mill.). Kandidátská disertační práce, katedra pestovanie lesov Lesníckej fakulty TU, Zvolen, 154 s.
- LONGAUER, R. (2001): Genetic variation of European silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Western Carpathians. In *Journal of Forest Science*. ISSN 1212-4834, 2001, vol. 47, no. 10, p. 429-438.
- LONGAUER, R. – GÖMÖRY, L. – PAULE, L. – KARNOSKY, D. F. – MAŇKOVSKÁ, B. – MÜLLER-STARCK, G. – PERCY, K. – SZARO, R. (2001): Selection effects of air pollution on gene pools of Norway spruce, European silver fir and European beech. *Environmental Pollution*, 115, s. 405-411.
- LONGAUER, R. – GÖMÖRY, L. – PAULE, L. – BLADA, I. – POPESCU, F. – MAŇKOVSKÁ, B. – MÜLLER-STARCK, G. – PERCY, K. – SZARO, R. – KARNOSKY, D., 2004: Genetic effects of air pollution on forest tree species of the Carpathian Mountains. *Environmental Pollution*, 130, s. 85-92.
- MAKRIS, K. (1962): Les types de forests d' *Abies cephalonica* et leur production. Greece-Athenis, 1962, 35 p.
- MÁLEK, J. (1983): Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. Academia, nakladatelství ČSAV, 112 s.
- MARIOLOPOULUS, E. (1938): The Climate of Greece. Athenis, 1938, 63p.
- MARTINEZ, M. (1948): Los Abies mexicanos. In *Mex. Inst. De Biol. anales*, 1947, vol. 1, p. 11-104.
- MATTFELD, J. (1926): Die Europäischen und Mediterranen *Abies* Arten. In *Die Pflanzen-Areale*, 1926, vol. 2, no.1 p. 22 – 29.
- MATZENKO, A. E. (1968): Conspectus generis *Abies* Mill. In *Novosti Sistematiki vyssjikh Rastenii*, 1968, vol. 5, p. 9-12.
- MAYER, R. H. (1979): Zur Waldbauliche Bedeutung der Tanne im mitteleuropäischen Berwald. In *Der Forst- und Holz-wirtschaft*, 1979, vol. 34, no. 16, p. 333-343.
- MAYER, R. H. (1981): Mediterran-Montane tannen-Arten und ihre Bedeutung für Anbauversuche in Mitteleuropa. In *Cbl. Ges. Forstw.* 1981, vol. 98, p. 223-241.
- MAYER, H. (1890): Monographie der abietineen des japanischen Reiches. München: Gustav Himmer, 1980 312p.

- MAZZEO, P. M. (1966): Notes on the conifers of the Shenandoah National Park. *Castanea* 31:240–247
- MERGEN, F. – GREGOIRE, T. C. (1988): Growth of hybrid fir trees in Connecticut. In *Silvae Genetica*. ISSN 0037-5349, 1988, vol. 37, no. 3/4, p.118-124.
- MERGEN, F. – BURLEY, J. – SIMPSON, B. A. (1964): Artificial hybridization in *Abies*. In Zeucher, 1964, vol. 34, no. 6/7, p. 242 – 251.
- MOULALIS, D. (1986a): Selbstinkompatibilität und Inzucht bei der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). In *Forstw. Centralbl.*, 1986a, vol. 105, no. 6, p. 487-494.
- MÜLLER, K. W. (1989): Deutsche Baumschule 1, München, 1989, 32p.
- MUSIL, I. – HAMERNÍK, J. (2007): Jehličnaté dřeviny. *Lesnická dendrologie 1*. Praha: Academia, 2007, 352p. ISBN 978-80-200-1567-9.
- MYERS, O. J. – BORMANN, F. H. (1963): Phenotypic variation in *Abies balsamea* in response to altitudinal and geographic gradients. *Ecology* 44:429–436
- NAMKOONG, G. – KANG, H. (1990): Quantitative Genetics of Forest Trees. *Plant Breeding Reviews* 8: 139-188.
- NIKLES, D. G. (1992): Hybrids of forest trees: the base of hybrid superiority and a discussion of breeding methods. *Proceedings of the international Union of Forest Research Organizations (IUFRO), Conference Resolving Tropical Forest Research Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species*. Cali, Columbia., pp. 333-347.
- NIKLES, D. G. (2000): Experience with some *Pinus* hybrids in Queensland, Australia. In: *Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. Proceedings of the Queensland Forest research Institute/Cooperative Research Center-Sustainable Production Forestry (QFRI/CRC-SPF) Symposium*, Noosa, Queensland, Australia, pp. 27-43.
- NOVOTNÝ, J. – TURČÁNY, M. – ZÚBRIK, M. (1994): Náchylnosť a odolnosť jedľových hybridov k poškodeniu cicavým hmyzom. In *Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia*, 1994, s. 187-188. ISBN 80-967140-2-3.
- PAGE, G. (1976): Quantitative evaluation of site potential for spruce and fir in Newfoundland. *Forest Science* 22:131-143.
- PANGIOTIDIS, N. D. (1965): Tannenplenderwälder in Griechenland. In *Forstwissenschaftliche Forschungen - Heft*, 1965, vol. 21, p. 1-97.
- PANETSOS, C. P. (1975): Monograph of *Abies cephalonica* Loudon. In *Annales Forestales*, 1975, vol. 7, no. 1, p. 1-22.
- PANGIOTIDIS, N. D. (1965): *Tannenplenderwälder in Griechenland*. In *Forstwissenschaftliche Forschungen - Heft*, 1965, vol. 21, p. 1-97.

- PARKER, W. H. – MAZE, J. – BRADFIELD, G. E. (1981): Implications of morphological and anatomical variation in *Abies balsamea* and *Abies lasiocarpa* (*Pinaceae*) from western Canada. *Am J Bot* 68:843–854.
- PARKER, W. H. – MAZE, J. – BENNETT, F. E. et al (1984): Needle flavonoid variation in *Abies balsamea* and *Abies lasiocarpa* from western Canada. *Taxon* 33:1–12
- PAULE, L. – YAZDANI, R. – GOMORY, D. (1988): Monoterpene composition of Silver fir (*Abies alba* Mill.) foliar oleoresin. In: IUFRO-Tannensymposium, Zvolen, pp 49-66. Paule, L and Korpel, S. (eds).
- PAULE, L. (1992): Genetika a šľachtenie lesných drevín. *Príroda*, Bratislava, 304 s.
- PAVARI, A. (1941): La sperimentazione, di specie forestali esotiche in Italia. In *Ann. Speriment. Agr.*, Rome, 1941, vol. 38, p. 101-131.
- PILÁT, A., (1964): Jehličnaté stromy a keře našich zahrad a parků. *ČSAV Praha*, 507 s.
- PLÍVA, K. (1982): Jak dál s jedlí bělokorou? In *Lesnické práce*, 1982, p. 197-205.
- POKORNÝ, J. (1959): Zkušenosti s pěstováním jedle obrovské (*Abies grandis* Lindl.) v Evropě a ČSR. *Lesnictví*, 5, s. 1071-1094.
- POLENO, Z. (1977): Prognóza dalšího ústupu jedle. In *Práce VÚLHM*, 1977, vol 51, p. 41-52.
- POTTER, K. M. - FRAMPTON, J. – JOSSERAND, S. A. – NELSON, C. D. (2010): Evolutionary history of two imperiled Southern Appalachian conifers, Fraser fir and intermediate fir, revealed using microsatellite markers. *Conservation Genetics*. 11:1499-1513.
- POTTS, B. M. – DUNGEY, H. S. (2001): Hybridisation of *Eucalyptus*: key issues for breeders and geneticists. In: *Proceedings of the International Union of Forest Research Organizations* (IUFRO), Conference on Developing the Eucalypt of the Future. Valdivia, Chile, pp. 34.
- RADOSTA, P. – VOLNÁ, M. (1988): Příspěvek k problematice řízkování jedlí. *Zprávy lesnického výzkumu*. 33 (2): 8-12.
- RETIEF, E. C. L. – CLARKE, C. R. E. (2000): The effect of site potential on eucalypt clonal performance in coastal Zululand, South Africa. In: *Proceedings of the international Union of Forest Research Organizations* (IUFRO), Working Party, Forest Genetics for the Next Millenium, Durban, South Africa, pp. 192-196.
- ROBINSON, J. F. – THOR, E. (1969): Natural variation in *Abies* of the Southern Appalachians. *For Sci* 15:238–245.

- ROBSON, K. A. – MAZE, J. – SCAGEL, R. K. et al (1993): Ontogeny, phylogeny and intraspecific variation in North American *Abies* Mill (Pinaceae): an empirical approach to organization and evolution. *Taxon* 42:17–34.
- ROLLER, K. J. (1966): Resin canal position in needles of balsam, alpine and Fraser firs. *Forest Science* 12:348–355.
- ROHMEDER, E. (1960): Bastardierung der gattung *Abies*. *Silvie Genetica*, 9 (5), s. 136-137.
- ROHMEDER, E. (1961): Praktische Anwendungsmöglichkeiten forstgenetischer Forschungsergebnisse. In *Forstwest. Centralbl.*, 1961a, vol. 112, p. 43-71.
- ROHMEDER, M. – EISENHUT, G. (1961): Bastardierungsversuche in der Gattung *Abies*. In *Allgemeine Forstzeitschrift*, vol. 34, p. 495-497.
- ROHMEDER, M. – SCHÖNBACH, H. (1959): Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg – Berlin, P. Parey, 1959. 207p.
- RUSHFORTH, K.D. (1987): *Conifers*. New York: Facts on File. 232p.
- SARGENT, C. S. (1926): *Manual of the trees of North America*. Cambridge: Reverside press, 1926. p. 50-61.
- SAYLOR, L. C. – KOENIG, R. L. (1966): The slash x sand pine hybrid. In *Silvae Genetica*, 1966, vol. 16, p. 134- 138.
- SCALTSOYIANNES, A. – PANETSOS, K. P. – ZARAGOTAS, D. (1991): Genetic variation of Greek fir as determined by isozyme analysis and its relation to other Mediterranean firs. In *Meditertanean firs-adaptation, selection and silviculture*. France, Avignon: Inst. Nat. Recherche Agronomique, 1991, vol. 2. p. 99-115.
- SCALTSOYIANNES, A.; TSAKTSIRA, M.; DROUZAS, ANDREAS D. (1999): Allozyme differentiation in the Mediterranean firs (*Abies*, *Pinaceae*). A first comparative study with phylogenetic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 1999; Vol (3-4): 289 – 307.
- SHÚTT, P. (1994): *Tannenarten Europas und Kleinasiens*. Landsberg am Lech: Ecomed Verlagsgesellschaft, 1994, p. 1-132.
- SCHLEPITZ, B. (1956): Über einen natuúralichen *Abies*-bastard. Morphologische und holztechnologische Untersuchung an artbastarden von *Abies concolor* x *Abies grandis*. In *Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung*, 1956, vol. 5, p. 71-79.
- SILBA, J. 1986. An international census of the *Coniferae*. *Phytologia* memoir no. 8. Corvallis, OR: H.N. Moldenke and A.L. Moldenke.
- SKOŘEPA, H. (2006): Jedle bělokorá v našich lesích. In *Ťiva*. ISSN 0044-4812, 2006, no. 3, p. 108-110.

- SNÁŠELOVÁ, V. – KOBLIHA, J. (1990): Mikropropagace šlechtitelsky cenných genotypů jedlí a smrku. Sborník z vědeckého semináře BIOS 90. Biotechnologické metody v šlachtení rostlin. Nitra 1990 (24. – 25.5.), s. 39-43.
- SORENSEN, F. – FRANKLIN, J. F. – WOOLLARD, R. (1976): Self-pollination effects on seeds and seedling traits in *Abies procera*. Forest Science, 1976, vol. 22, p. 155-159.
- SPACH, E. (1842): Historie naturelle Des Végétaux-Phanérogames. Paris: Librarie encyclopédique de Roret, 1842, 11p.
- SPEERS, C. F. (1962): Fraser fir seed collection, stratification, and germination. Tree Planters' Notes 53(2):7-8.
- STEBBINS, G. L. (1950): Variation and evolution in plants. New York: Columbia University Press, 1950, 643 s.
- STEJSKAL, J. – KOBLIHA, J. – FRAMPTON, J. (2011): Results of Czech-American Cooperation in Interspecific Fir Hybridization 2008, 2009. Journal of forest science. 57(3): 114-122.
- STEPHENSON, S. L. – ADAMS, H. S. (1986): An ecological study of balsam fir communities in West Virginia. Bull Torrey Bot Club 113: 372–381.
- ŠINDELAŘ, J. (1987b): Koncepce šlechtitelských programů (strategií) pro hospodářsky významné lesní dřeviny: závěrečná zpráva. Jílovište Strnady: VÚLHM, 1987b. 187 p.
- ŠINDELAŘ, J. (1990): Biodiversity of forest ecosystems. In Sustainable forest management in the Czech Republic. Montreal: CSCE, 1990, p. 22-25.
- ŠINDELAŘ, J. (1993): Biodiversity of forest ecosystems. In Sustainable forest management in the Czech Republic. Review of activities for the CSCE seminar, Montreal, 1993, p. 22-25.
- ŠINDELAŘ, J. (1994a): Předpokládaný vývoj klimatických poměrů ve střední Evropě a reakce dílčích populací některých lesních dřevin na změny prostředí. In Lesnictví-Forestry. ISSN 1212-4834, 1994a, vol. 39, no. 11, p. 433-444.
- ŠINDELAŘ, J. (1994b): Optimalizace druhové skladby lesů, možnosti praktické realizace v období nejbližších padesáti let: závěrečná zpráva. Jílovište Strnady: VÚLHM, 1994b. 110p.
- ŠINDELAŘ, J. – BERAN, F. (2004): Srovnání druhů rodu *Abies* v lesích města Písku. Lesnická práce, 83, 1, s. 19.
- ŠKOLEK, J. (1987): Doterajšie výsledky se skúsenosťmi s autovegetatívnym množením lesných drevín na Slovensku. Lesnictví, 33 (6): 559-564.

THOMPSON, R. S. – ANDERSON, K. H. – BARTLEIN, P. J. (1999): Atlas of Relations Between Climatic Parameters and Distributions of Important Trees and Shrubs in North America. U.S. Geological Survey Professional Paper 1650 A&B. URL=<http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/ppapers/p1650-a/pages/conifers.html>, accessed 2011.15.4. Maps and ArcView shapefiles can also be downloaded at <http://esp.cr.usgs.gov/data/atlas/little/>, accessed 2011.15.4.

THOR, E. – BARNETT, P.E. (1974): Taxonomy of *Abies* in the Southern Appalachians: variation in balsam monoterpenes and wood properties. *Forest Science* 20:32–40.

TURILL, W. B. (1955): *Abies pinsapo* var. vel hybrida. In *Curtis bot. Mag.*, 1955, vol. 170, no. 3, p. 1-5.

ULJUKINA, M. K. – DERJUŽKIN, R. J. (1981): Adaptivnyj heterosis u meřvidovych hybridov roda orech uslvijach central'noj lesostepi. In *Vesojuznaje soveščonije po voprasom adaptacii drevesnych rastenij k ekstremal'nym ustoviam sredy. Vřesojuznaje botaničeskoje občestvo. Institut lesa Kareľskogo filiala AN SSSR Petroravodsk*, 1981, p. 130-131.

ÚRADNÍČEK, L. - CHMELAŘ, J., (1995): Dendrologie lesnická – 1. část – Jehličnany. Mendelova zeměděľská a lesnická univerzita v Brně, 130 s.

VANČURA, K. (1990): Provenienční pokus s jedlí obrovskou série IUFRO ve věku 13 let. *Práce VÚLHM*, 75, s. 47-66.

VAN PELT, R. (1996): *Champion Trees of Washington State*. Seattle, Washington: University of Washington Press.

VERRYN, S. D. (2000): Eucalyptus hybrid breeding in South Africa. In: *Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees. Proceedings of the Queensland Forest research Institute/Cooperative Research Center-Sustainable Production Forestry (QFRI/CRC-SPF) Symposium*, Noosa, Queensland, Australia, pp. 191-199.

VICARIO, F. – VENDRAMIN, G. G. – ROSSI, P. – GIANNINI, R. (1995): Allozyme, chloroplast DNA and RAPD markers for determining genetic relationships between *Abies alba* and the relic population of *Abies nebrodensis*. In *Theoretical and Applied Genetics*. ISSN 0040-5752, 1995, vol. 90, p. 1012-1018.

VIDAKOVIČ, M. (1991): *Conifers. Morphology and variation*. Croatia: Harvatske, 1991. 754 p. ISBN 86-399-0279-8.

VIGUÉ, T – GAUSSEN, H. (1928): Revision du genre *Abies* I. In *Extrait du Bulletin de la Societé d'Histoire Nat. Du Toulouse*, 1928, vol. 57, p. 369-434.

VIGUÉ, T – GAUSSEN, H. (1929): Revision du genre *Abies* II. In *Extrait du Bulletin de la Societé d'Histoire Nat. Du Toulouse*, 1929, vol. 58, p. 245-564.

VINCENT, G. – KANTOR, J. (1971): Das frühzeitige tannen-sterben, seine ursachen und verbeugung. In *Centralblatt für das gesamte forstwesen.*, 1971, vol. 82, no. 2, p. 101-115.

- WHITE, J. - MORE, D. (2002): The Illustrated Encyclopedia of Trees. Timber Press. ISBN 0-88192-520-9.
- WHITE, T. L. – ADAMS, T. W. (2007): Forest Genetics. CABI Publishing. Cambridge, MA. ISBN 978-0-85199-083-5.
- WHITTAKER, R. H. (1956): Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecological Monographs 26:1–80
- WRIGHT, J. W. (1955): Species crossability in spruce in relation to distribution and taxonomy. In Forest Science, no.1, p. 319-349.
- WRIGHT, J. W. (1962): Genetics of Forest tree improvement. Rome: FAO, 1962. 399 p.
- WRIGHT, J. W. (1964): Species crossability in spruce in relation to distribution and taxonomy. In Forest Science, vol. 1, p. 319-349.
- WRIGHT, J. W. (1976): Introduction to Forest Genetics. In Academic press, New York, 1976. 463 p.
- ZAVARIN, E. – SNAJBERK, K. (1972): Geographical variability of monoterpenes from *Abies balsamea* and *Abies fraseri*. Phytochemistry 11:1407–1421.
- ZAVARIN, E. – SNAJBERK, K. – REICHERT, T. et al (1970): On the geographic variability of the monoterpenes from the cortical blister oleoresin of *Abies lasiocarpa*. Phytochemistry 9: 377–395.
- ZOBEL, B. J. – TALBERT, B. J. (1984): Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 448.

11. Přílohy

Příloha č. 1: Schéma výsadby hybridizačního semenného sadu č. 1

Příloha č. 2: Schéma výsadby hybridizačního semenného sadu č. 4

Příloha č. 3: Výsadby potomstev spontánních hybridů rodu *Abies* na ŠLP v Kostelci n.Č.l.

Příloha č. 4: Souřadnicová soustava na parcele 30 srovnávací výsadby potomstev spontánních hybridů rodu *Abies* na ŠLP v Kostelci n.Č.l.; hybridní potomstvo *Abies koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*).

Příloha č. 5: Schéma opylování 2007 v hybridizačním semenném sadu č. 1

Příloha č. 6: Schéma opylování 2008 v hybridizačním semenném sadu č. 1

Příloha č. 7: Schéma opylování 2008 v hybridizačním semenném sadu č. 4

Příloha č. 8: Schéma opylování 2009 v hybridizačním semenném sadu č. 1

Příloha č. 9: Schéma opylování 2009 v hybridizačním semenném sadu č. 4

Příloha č. 10: Schéma opylování 2010 v hybridizačním semenném sadu č. 1

Příloha č. 11: Schéma opylování 2010 v hybridizačním semenném sadu č. 4

Příloha č. 12: Schéma opylování 2011 v hybridizačním semenném sadu č. 1

Příloha č. 13: Schéma opylování 2011 v hybridizačním semenném sadu č. 4

Foto č. 1: Kontrolované opylování 2008 v semenném sadu č. 3 – Seč u Prostějova

Foto č. 2: Plodící roubovanec *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*; Seč u Prostějova 2009

Foto č. 3: Sušení šišek hybridního F₂ materiálu; šlechtitelská stanice Truba, Kostelec n.Č.l. 2009

Foto č. 4: Inverzní rentgenogram hybridní kombinace CZ1 x NC73 z roku 2007 (Kostelec n.Č.l.)

Foto č. 5: Vzcházení hybridní kombinace CZ1 x NC73 v USA (NCSU Raleigh 2010)

Foto č. 6: Vzcházení komplikovaného hybridu [*A. koreana* (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)] x *A. fraseri* v roce 2009

Příloha č. 1: Schéma výsadby hybridizačního semenného sadu č. 1

												1		1		1	
				4		4						1				1	
				4		4						4		1		1	
				3								1		1		1	
4		5		4						1		1		1		1	
		5		4		4						1		1		1	
		5		4		4		2				1		1		1	
		5		4		4				1		1		1		1	
5		5		4				2				1		1		1	
4				4		4				1		1		1		1	
5		5				4		2		1		1		1		1	
5		5		4		2		2		1		1		1		1	
4				4		2		2		1		1		1		1	
B.Č.		5		4		2				1		1		1		1	
		5		4		2		4		1		1		1			
5		5				2				1		1		1			
						2		2		1		1		1		1	
5						2		2		1		1		1		1	
				3				2		1		1		1		1	
		4		3				2		1		1		1		1	
				1		2		2		4		1		1		1	
				3				2		1		1		1		3	
				1		2		2		1		1		1		1	
				3		2		2		1		1		1		1	
						2		2		4		1		1		1	

Vysvětlivky:

Klon č. 1 = primární roubovanci 1, 2, 5, 6

Klon č. 2 = primární roubovanci 3, 4

B.Č. = bez čísla

Příloha č. 2: Schéma výsadby hybridizačního semenného sadu č. 4

6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2		1	1
6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1
	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1
	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1
	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3		2	2	2	1	1
	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1
	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1
	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1
	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1
														3		2	2	1	1

Vysvětlivky:

Klon č. 1 = primární roubovanci 1, 2, 5, 6

Klon č. 2 = primární roubovanci 3, 4

Příloha č. 3: Výsadby potomstev spontánních hybridů rodu *Abies* na ŠLP v Kostelci n.Č.1.

1		2		3		4		5		6		22
7		8		9		10		11		12		28
13		14		15		16		17		18		30
19		20		21		22		22		24		28
22		1		10		14		17		19		22
20		21		3		11		15		18		30
6		2		22		5		12		16		28
6		8		4		22		7		13		22
7		1		12		25		24		9		
8		2		17		13		19		16		
9		3		20		18		14		21		
10		4		22		23		24		15		
11		5		25		26		27		24		

Vysvětlivky:

č. 1 - 21 - potomstva spontánních hybridů (viz tab. č. 2)

č. 22 - *Abies alba*

č. 23 - *Abies nordmanniana*

č. 24 - *Abies balsamea*

č. 25 - *Abies grandis*

č. 26 - *Abies procera*

č. 27 - *Abies concolor*

č. 28 - *Abies gracilifolia*

č. 30 - *Abies koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*) růžově označena námi opylovaná parcela

Příloha č. 4: Souřadnicová soustava na parcele 30 srovnávací výsadby potomstev spontánních hybridů rodu *Abies* na ŠLP v Kostelci n.Č.l.; hybridní potomstvo *Abies koreana* (*Abies cilicica* x *Abies cephalonica*).

5/1	4/1	3/1	2/1	1/1
5/2	4/2	3/2	2/2	1/2
5/3	4/3	3/3	2/3	1/3
5/4	4/4	3/4	2/4	1/4
5/5	4/5	3/2	2/5	1/5

Příloha č. 5: Schéma opylování 2007 v hybridizačním semenném sadu č. 1

						1	1	1
		2	2			1		1
		2	2			2	1	1
		2				1	1	1
2	1	2			1	1	1	1
	1	2	2			1	1	1
	1	2	2	1		1	1	1
	1	2	2		1	1	1	1
1	1	2		1		1	1	1
2		2	2		1	1	1	1
1	1		2	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1
2		2	1	1	1	1	1	1
N.U.	1	2	1		1	1	1	1
	1	2	1	2	1	1	1	
1	1		1		1	1	1	
			1	1	1	1		1
1			1	1	1	1	1	1
		2		1	1	1	1	1
	2	2		1	1	1	1	1
		1	1	1	2	1	1	1
		2		1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1
			1	1	2	1	1	1

Vysvětlivky:

- NC73
- NC84
- volné opylení

Příloha č. 6: Schéma opylování 2008 v hybridizačním semenném sadu č. 1

						1	1	1
		2	2			1		1
		2	2			2	1	1
		2				1	1	1
2	1	2			1	1	1	1
	1	2	2			1	1	1
	1	2	2	1		1	1	1
	1	2	2		1	1	1	1
1	1	2		1		1	1	1
2		2	2		1	1	1	1
1	1		2	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1
2		2	1	1	1	1	1	1
B.Č.	1	2	1		1	1	1	1
	1	2	1	2	1	1	1	
1	1		1		1	1	1	
			1	1	1	1		1
1			1	1	1	1	1	1
		2		1	1	1	1	1
	2	2		1	1	1	1	1
		1	1	1	2	1	1	1
		2		1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1
			1	1	2	1	1	1

Vysvětlivky:

 NC52

Příloha č. 7: Schéma opylování 2008 v hybridizačním semenném sadu č. 4

1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1		1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2		1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
														2		1	1	1	1

Vysvětlivky:

 NC52

 NC7

 volné opylení

Příloha č. 8: Schéma opylování 2009 v hybridizačním semenném sadu č. 1

						1	1	1
		2	2			1		1
		2	2			2	1	
		2				1	1	1
2	1	2			1	1	1	1
	1	2	2			1	1	1
	1	2	2	1		1	1	1
	1	2	2		1	1	1	1
1	1	2		1		1	1	1
2		2	2		1	1	1	1
1	1		2	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1
2		2	1	1	1	1	1	1
N.U.	1	2	1		1	1	1	1
	1	2	1	2	1	1	1	
1	1		1		1	1	1	
			1	1	1	1		1
1			1	1	1	1	1	1
		2		1	1	1	1	1
	2	2		1	1	1	1	1
		1	1	1	2	1	1	1
		2		1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1
			1	1	2	1	1	1

Vysvětlivky:

 NC81

 NC52


 NC72

 NC24


 NC136


 NC143

 NC154

 *A. x umbellata*

 *A. koreana*






 NC72 / FF24 (rameta opylena dvěma klony)

 NC154 / *A. x umbellata* (rameta opylena pylem dvou druhů)

Příloha č. 9: Schéma opylování 2009 v hybridizačním semenném sadu č. 4

1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1*	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
														2		1	1	1	1


Vysvětlivky:

	PC
	NC55
	NC84
	NC81
	volné opylení

Příloha č. 10: Schéma opylování 2010 v hybridizačním semenném sadu č. 1

						1	1	1
		2	2			1		1
		2	2			2	1	1
		2				1	1	1
2	1	2			1	1	1	1
	1	2	2			1	1	1
	1	2	2	1		1	1	1
	1	2	2		1	1	1	1
1	1	2		1		1	1	1
2		2	2		1	1	1	1
1	1		2	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1
2		2	1	1	1	1	1	1
N.U.	1	2	1		1	1	1	1
	1	2	1	2	1	1	1	
1	1		1		1	1	1	
			1	1	1	1		1
1			1	1	1	1	1	1
		2		1	1	1	1	1
	2	2		1	1	1	1	1
		1	1	1	2	1	1	1
		2		1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1
			1	1	2	1	1	1

Vysvětlivky:

 NC81

Příloha č. 11: Schéma opylování 2010 v hybridizačním semenném sadu č. 4

1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1		1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
														2		1	1	1	1

Vysvětlivky:

 NC81

Příloha č. 12: Schéma opylování 2011 v hybridizačním semenném sadu č. 1

						1	1	1
		2	2			1		1
		2	2			2	1	1
		2				1	1	1
2	1	2			1	1	1	1
	1	2	2			1	1	1
	1	2	2	1		1	1	1
	1	2	2		1	1	1	1
1	1	2		1		1	1	1
2		2	2		1	1	1	1
1	1		2	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	1	1	1	1
2		2	1	1	1	1	1	1
N.U.	1	2	1		1	1	1	1
	1	2	1	2	1	1	1	
1	1		1		1	1	1	
			1	1	1	1		1
1			1	1	1	1	1	1
		2		1	1	1	1	1
	2	2		1	1	1	1	1
		1	1	1	2	1	1	1
		2		1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1
			1	1	2	1	1	1

Vysvětlivky:

	NC51
	NC113

Příloha č. 13: Schéma opylování 2011 v hybridizačním semenném sadu č. 4

1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1		1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
													2		1	1	1	1

Vysvětlivky:





	NC54
	NC53
	NC97
	NC42
	NC26
	NC44

Foto č. 1: Kontrolované opylování 2008 v semenném sadu č. 3 – Seč u Prostějova (foto prof. Koblíha)



Foto č. 2: Plodící roubovanec *Abies cilicica* x *Abies cephalonica*; Seč u Prostějova 2009
(foto prof. Koblíha)



Foto č. 3: Sušení šišek hybridního F₂ materiálu; šlechtitelská stanice Truba, Kostelec n.Č.l. 2009 (foto Stejskal)



Foto č. 4: Inverzní rentgenogram hybridní kombinace CZ1 x NC73 z roku 2007 (Kostelec n.Č.l.)



Foto č. 5: Vzcházení hybridní kombinace CZ1 x NC73 v USA (NCSU Raleigh 2010) (foto Stejskal)



Foto č. 6:

Vzcházení komplikovaného hybridu [*A. koreana* (*A. cilicica* x *A. cephalonica*)] x *A. fraseri*
v roce 2009 (foto Stejskal)

