

METODIKA ZAKLÁDÁNÍ SEMENNÝCH SADŮ 1,5. GENERACE

LESNICKÝ PRŮVODCE



Ing. ONDŘEJ IVANEK, CSc.
Ing. PETR NOVOTNÝ, Ph.D.
Ing. JOSEF FRÝDL, CSc.

Certifikovaná metodika

7/2010

METODIKA ZAKLÁDÁNÍ SEMENNÝCH SADŮ 1,5. GENERACE

Certifikovaná metodika

Ing. Ondřej Ivanek, CSc.

Ing. Petr Novotný, Ph.D.

Ing. Josef Frýdl, CSc.

Lesnický průvodce 7/2010

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště
<http://www.vulhm.cz>

Odpovědný redaktor: Mgr. E. Krupičková
e-mail: krupickova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-037-9
ISSN 0862-7657

METHODOLOGY OF ESTABLISHMENT OF SEED ORCHARDS OF THE 1.5TH GENERATION

Abstract

This paper describes the methodological principles for conversion of the 1st generation seed orchards to seed orchards of the 1.5th generation. Also, the status of seed orchards in the breeding process is described in the introductory chapter. In other parts of this methodology, attention is paid to genetic tests, analyses of gene markers, conversion of the 1st generation seed orchards to seed orchards of the 1.5th generation itself, establishment and evaluation of testing plots and certification of the 1.5th generation seed orchards.

Key words: higher generation seed orchards, conversion, gene markers, genetic testing

Recenzenti: Ing. Lada Krnáčová
Ing. Elena Foffová, CSc.

Adresa autorů:

Ing. Ondřej Ivanek, CSc., Ing. Petr Novotný, Ph.D., Ing. Josef Frýdl, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

e-mail: ivanek@vulhm.cz; pnovotny@vulhm.cz; frydl@vulhm.cz

Titulní strana: Semenný sad borovice lesní 1. generace č. 79 – Doubrava na LS LČR
Plasy (17. 3. 2009, P. Novotný)

Obsah:

CÍL METODIKY	7
VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
Úvod	7
Semenné sady a jejich postavení ve šlechtitelském procesu	8
Semenné sady různých generací.....	9
Genetické testování	10
Analýzy genových markerů	11
Převod semenného sadu 1. generace na 1,5. generaci ...	12
Genetická probírka	15
Selektivní sběr osiva.....	15
Založení nové výsadby 1,5. generace.....	15
Metodické postupy zakládání a hodnocení testovacích ploch semenných sadů	16
Metoda kompletního blokového uspořádání	17
Metoda dvojitého mřížovitého uspořádání	18
Uznávání semenného sadu 1,5. generace.....	19
Uznávací proces	19
Podrobnosti.....	20
Závěr	23
Terminologický slovník	24
SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	25
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	25
DEDIKACE	25
LITERATURA	26
Seznam použité související literatury	26
Seznam publikací, které předcházely metodice	28
SUMMARY	29

CÍL METODIKY

Metodika by měla být zdrojem základních informací pro všechny, kdo využívají semenné sady 1. generace a mají zájem o možnost produkovat osivo s deklarovanou vyšší kvalitou. Jejím cílem je nabídnout lesnické veřejnosti ucelený text zabývající se možností převodu semenných sadů 1. generace na semenné sady 1,5. generace. Jde o šlechtitelskou činnost v lesnictví, které u nás dosud nebyla věnována dostatečná pozornost, což nepochybně souvisí mj. i s dřívějším nedostatkem dostupných relevantních informací, které se nacházejí především v úzce specializované, většinou zahraniční odborné literatuře; navíc je třeba postihnout i vývoj v některých dynamicky se rozvíjejících oborech (molekulární genetika, vyhodnocování dat aj.), což ve svém důsledku působí komplikace v získání určitého nadhledu ve všech důležitých aspektech dané problematiky.

VLASTNÍ POPIS METODIKY

Úvod

Předmětem předkládaného textu je metodika převodu semenných sadů 1. generace na semenné sady 1,5. generace. Obecné zásady zakládání semenných sadů (1. generace) byly v ČR publikovány již několikrát (ZAVADIL 1969, 1982, Směrnice pro zakládání semenných porostů a semenných plantáží 1971, Směrnice pro uznávání a zabezpečení zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos 1988, KAŇÁK et al. 2008). Na tyto zdroje lze odkázat pro získání obecných informací souvisejících se zakládáním semenných sadů, jako jsou výběr stanoviště, běžné obhospodařování sadů, ošetřování výsadeb, vedení evidence apod., neboť je většina těchto činností pro semenné sady 1,5. i 1. generace shodných. Problematiku uznávání semenných sadů v současnosti řeší příslušná ustanovení zákona č. 149/2003 Sb., resp. vyhlášky č. 29/2004 Sb. (ve znění vyhlášky č. 44/2010 Sb.), která vycházejí ze Směrnice Rady č. 1999/105/ES.

Semenné sady a jejich postavení ve šlechtitelském procesu

Semenné sady lesních dřevin představují účelové výsadby, zakládané zpravidla z ramet získaných z ortetů jako výsledek individuální selekce těchto stromů a určitého šlechtitelského záměru, který spočívá většinou v dosažení dostatečné a snadno dostupné produkce geneticky vhodného a hodnotného osiva. Podle Směrnice Rady č. 1999/105/ES, o uvádění reprodukčního materiálu lesních dřevin na trh, představují komponentu reprodukčního materiálu. Výsadba ramet je provedena na základě projektu v pravidelném sponu a v takovém rozmístění, aby docházelo k dobrému vzájemnému opylení jedinců různých klonů a zároveň bylo vyloučeno nebo podstatně omezeno sprášení pylem pocházejícím ze stromů mimo semenný sad.

Semenné sady jsou součástí procesu šlechtění lesních dřevin, tj. systematické činnosti dlouhodobého charakteru, jejímž cílem je zvyšování produkce, kvality a odolnosti dřevin vůči abiotickým a biotickým činitelům. Sestavené šlechtitelské programy pracují postupně se třemi typy populací (zdrojová, šlechtitelská, produkční). Zdrojová populace se skládá z jedinců selektovaných primární fenotypovou selekcí v porostech, šlechtitelská populace vychází z populace zdrojové a je součástí etapy šlechtitelského procesu (ŠINDELÁŘ 1968, 1992). Produkční populace slouží k transferu vygenerovaného genetického zisku do provozních hospodářských výsadeb. Hlavními produkčními populacemi jsou spolu s matečnicemi právě semenné sady (PAULE 1992). Obecné problematice zakládání semenných sadů se věnuje např. SABOR (2003). KAŇÁK et al. (2009) rozpracovávají genetické hodnocení sadů borovice lesní v západních Čechách.

Semenné sady se zakládají na vhodných plochách v příznivých klimatických podmínkách, ve vyšších nadmořských výškách pouze na stanovištích teplých, osluněných, s minimálním nebezpečím pozdních mrazů. Vhodné jsou rovinaté plochy a mírné svahy s dobrou expozicí a úrodnější půdou. Nevhodné jsou drsné klimatické polohy ve vyšších nadmořských výškách, mrazové kotliny, imisní polohy, severní expozice, trvale zamokřené půdy, výsušné půdy na příkrých svazích, chudé půdy aj. Při zakládání semenného sadu je nutno rovněž respektovat tzv. klimatické ekotypy (např. u smrku ztepilého vysokohorský, horský a chlumní; u borovice lesní náhorní a pahorkatinný). Semenné sady se nemohou zakládat v porostech, které si zachovaly přírodě blízký charakter, dále na územích vymezených v rámci systému NATURA 2000, v maloplošných chráněných územích a v prvních a druhých zónách národních parků a chráněných krajinných oblastí.

Isolační vzdálenost od porostů shodné dřeviny činí minimálně 300 m. Zejména u smrku a borovice, kde je dodržení minimální vzdálenosti obtížně realizovatelné,

lze semenný sad umístit do porostu jiné dřeviny, který plní úlohu filtru zabraňujícího nežádoucímu opylení.

Semenné sady bývají obvykle zakládány v podmínkách *in situ* (v oblasti původu); umístění *ex situ* (mimo oblast původu) se volí pouze tehdy, je-li k tomu zvláštní důvod (např. záchrana genetických zdrojů). Při výběru klonů pro konkrétní semenný sad je třeba dodržet povolené přenosy reprodukčního materiálu mezi lesními vegetačními stupni (LVS) dané v současnosti vyhláškou č. 139/2004 Sb. Doporučuje se, aby všechny klony v semenném sadu pocházely z jedné přírodní lesní oblasti (PLO), u vzácně se vyskytujících druhů dřevin mohou pocházet i ze sousedních PLO s podobnými ekologickými podmínkami. I když se ve fenologii kvetení mohou výrazně lišit i jedinci v rámci jedné PLO a LVS, v případě zastoupení klonů z různých PLO a různých LVS mohou být jejich fáze kvetení časově posunuté natolik, že se navzájem nemohou opylit.

Semenné sady různých generací

Jedním z nástrojů, který umožňuje uzpůsobit šlechtěnou populaci definovaným cílům šlechtitelského programu, je selekce. Selekci nejlepších jedinců z kandidátské populace se realizuje tvorbou genetického zisku, který je však na druhé straně vykoupen ztrátou genetické diverzity. Podle počtu selekčních cyklů n v rámci šlechtitelských populací rozlišujeme semenné sady n . generace.

V prvotní fázi šlechtitelských programů je využívána individuální fenotypová selekce bez znalosti informace o genetické kvalitě. Na bázi fenotypové selekce jsou založeny i všechny semenné sady 1. generace, tj. sady obsahující klony ortetů vybraných pouze podle jejich fenotypového projevu. Těto fázi odpovídá naprostá většina semenných sadů v ČR.

V semenných sadech 1. generace je předmětem sledování a hodnocení řada kritérií. Jde v první řadě o evidenci úhynu roubovanců, včetně stanovení jeho příčiny. Fenologii kvetení, fruktifikaci a vlastnosti osiva je třeba sledovat několik let po sobě. Jednorázově je vhodné posoudit homogenitu klonů, resp. ramet semenného sadu pomocí genových markerů na základě genetického screeningu reprezentativního počtu klonů.

U semenných sadů založených pouze na základě fenotypového výběru však nelze vzhledem k částečnému ovlivnění fenotypových znaků prostředím očekávat vysokou míru genetické odezvy. Pro zvýšení šlechtitelského efektu je proto nutno získat informace o genetické kvalitě klonů zastoupených v semenném sadu. Hlavní nástroj pro tento účel nejčastěji představují experimentální testy potomstev těchto klonů. Nová výsadba složená z pozitivně ověřených klonů se pak stává další šlechtitelskou

populací, tj. semenným sadem 2. generace. V zemích s nejvyspělejším šlechtěním lesních dřevin se lze setkat i se semennými sady 6. generace.

Zvláštním případem jsou semenné sady 1,5. generace, které obsahují klony vybrané na základě testování polosesterských potomstev klonů zastoupených v sadu 1. generace, u nichž známe pouze mateřského rodiče.

Obecně musí být semenné sady přístupné obhospodařování (není možné pěstovat v meziřádkách např. vánoční stromky, zemědělské plodiny apod.), je třeba pravidelně kontrolovat růst podnoží, upevnění štítků, evidovat fruktifikaci a fenologii kvetení, mortalitu, zajišťovat doplňování uhynulých ramet, odborně vést tvarování, ošetření řezných ran, zabezpečit včasné odstranění odřezaného materiálu, upevňovat malé ramety ke kůlům apod.).

Genetické testování

Testováním potomstev semenných sadů se ověřuje, zda potomstvo zdědilo geneticky podmíněné vlastnosti mateřských stromů. Dále je třeba ověřovat deklarovaný původ reprodukčního materiálu prostřednictvím analýzy genových markerů. Efektivní selekce probíhá na základě všeobecné kombinační schopnosti, kdy jsou předmětem výběru nejlepší jedinci z nejlepších potomstev.

Testování jednotlivých klonů semenných sadů se realizuje formou testování generativních potomstev těchto klonů s cílem selektovat pozitivně testované (ověřené) varianty pro zakládání semenných sadů dalších generací. Selektce probíhá na základě statistického zpracování parametrů sledovaných znaků. Testy musí být koncipovány tak, aby sloužily ke zhodnocení určitých znaků, které jsou stanoveny pro každý test. Zvláštní pozornost je nutno věnovat kritériím, jako je přizpůsobivost, růst, biotičtí a abiotičtí činitelé. Vedle toho se hodnotí další znaky, které jsou považovány za významné s ohledem na plánovaný zvláštní účel, a to ve vztahu k ekologickým podmínkám v místě provádění testu.

Test potomstev semenných sadů lze podle konkrétního cíle založit dvojím způsobem. Buď je cílem otestovat jednotlivé klony, nebo otestovat semenný sad jako celek. Testování semenného sadu jako celku (tj. testovací výsadba směsného vzorku semen ze všech klonů) by však z pohledu zakládání semenných sadů vyšší generace nepřineslo potřebné informace. Využitelné výsledky lze získat pouze testováním jednotlivých klonů (nejlépe podle jednotlivých ramet), které selekci zacílenou na založení sadu vyšší generace umožní.

Testování klonů daného semenného sadu prostřednictvím hodnocení jejich potomstev za účelem založení semenného sadu vyšší generace je možné realizovat dvěma způsoby:

(1) potomstva jednotlivých klonů (ramet) se získají kontrolovaným křížením vybraných klonů (ramet), jsou tedy známi oba rodiče – jde o tzv. plnosesterská potomstva,

(2) potomstva jednotlivých klonů (ramet) se získají z osiva jednotlivých klonů (ramet), jsou tedy známy pouze matky – jde o tzv. polosesterská potomstva.

Použije-li se způsob (1), může se z pozitivně testovaných klonů založit semenný sad 2. generace. Použije-li se způsob (2), může se z pozitivně testovaných klonů založit semenný sad 1,5. generace, v případě využití genových markerů (zjišťování otcovských klonů) i sady vyšších generací (EL-KASSABY, LSTIBŮREK 2009). Semenný sad 1,5. generace lze získat i odstraněním geneticky nevhodných klonů ze semenného sadu 1. generace tzv. genetickou probírkou (KAŇÁK et al. 2008).

Analýzy genových markerů

Semenný sad uznávaný jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu poskytuje vyšlechtěný generativní materiál vysoké genetické i fyziologické kvality. Proto by měli mít vlastníci tohoto zdroje, ale i budoucí odběratelé zde produkovaného reprodukčního materiálu, jistotu, že se skutečně jedná o materiál pocházející z deklarovaných klonů. Rovněž ve šlechtitelských programech, v nichž se využívá osivo z jednotlivých sadů, je vhodné ověřit identitu ortetů a ramet, resp. genetickou homogenitu klonů ve výchozím sadu, tj. v sadu 1. generace, pomocí analýz molekulárních genových markerů (isoenzymové a DNA analýzy, příp. monoterpeny). Pokud jde o isoenzymové analýzy, jsou zásady odběru vzorků, provedení vlastních analýz a jejich interpretace uvedeny např. v příspěvcích PROCHÁZKOVÁ et al. (2004), IVANEK, PROCHÁZKOVÁ (2006, 2008). V zájmu maximální spolehlivosti a reprodukovatelnosti výsledků lze doporučit používání standardizovaných postupů, uznávaných a schválených v rámci akreditace laboratoře.

I nadále by např. mohlo být možné uznávat semenné sady 1. generace jako kvalifikovaný nebo testovaný zdroj reprodukčního materiálu bez kontroly genetické skladby klonů. Semenné sady vyšší generace by však mohly být bez této kontroly v rámci zvýšení podpory deklarované kvality osiva uznány pouze jako kvalifikovaný zdroj. Pokud by chtěl vlastník uznat semenný sad vyšší generace v kategorii testovaný zdroj reprodukčního materiálu, musel by kromě pozitivního výsledku ověřovacího testu sad úspěšně projít alespoň namátkovou kontrolou homogenity klonů pomocí genových markerů v podobě genetického screeningu. Za únosnou mez lze považovat méně než 20 % ramet, u kterých bylo takto prokázáno, že nejsou geneticky totožné s deklarovaným klonem.

Převod semenného sadu 1. generace na 1,5. generaci

Klíčovým krokem k uskutečnění převodu semenného sadu na sad vyšší generace je ověření geneticky podmíněných charakteristik potomstev klonů na testovacích plochách (podrobný postup je uveden v samostatné kapitole).

Na základě výsledků těchto testů je následně prováděna selekce pozitivně ověřených klonů. Selekcí vychází přímo z aditivní genetické hodnoty sledovaného znaku, která představuje hodnotu jedince jako rodiče, tedy hodnotu, kterou jedinec předá svým potomkům. Současně se selekcí na základě výsledků hodnocení testovacích výsadeb je vhodné vyčlenit z výběru ramety, u kterých bylo na základě genetického screeningu pomocí genových markerů prokázáno, že nepřísluší k deklarovanému klonu, tj. vytvářejí klonovou nehomogenitu.

Jde o tzv. koncepci „forward selection“, tedy selekci v potomstvech (ERIKSSON, EKBERG 2001). Doba trvání cyklu křížení a testování se pohybuje v řádu desítek let. Druhou možností představuje selekce ortetů na základě kvality jejich potomstev – tzv. zpětná selekce „backward selection“. Výsledky experimentálních studií ukazují vhodnost kombinace obou způsobů, přičemž rozsah selekce v generaci potomstev a generaci ortetů závisí na heritabilitě, intenzitě selekce, počtu jedinců v potomstvech a způsobu křížení.

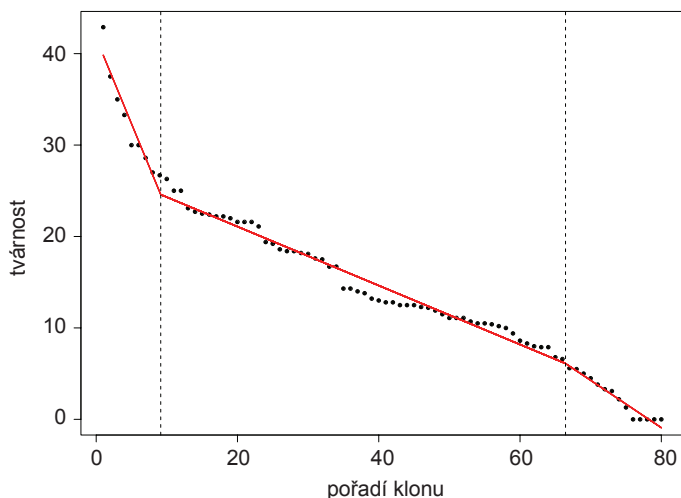
Na experimentálních testovacích výsadbách, na kterých jsou ověřována vybraná potomstva klonů (ramet) z předchozího cyklu šlechtitelského programu, je možno posuzovat celou řadu charakteristik. Optimální věk pro vyhodnocení výsadeb je cca 15 až 20 let. Výsadby jsou hodnoceny z hlediska kvantitativních i kvalitativních znaků.

Převod semenného sadu 1. generace na sad vyšší generace probíhá v následujících osmi fázích: 1 až 6 – způsob selekce, 7 – vyhodnocení, 8 – způsoby převodu.

- 1) Na základě genetického screeningu semenného sadu 1. generace, který bude proveden pomocí genových markerů, budou vyřazeny klony, u nichž bude zjištěno více než 25 % ramet s prokázanou genetickou různorodostí nebo odlišností od výchozího ortetu (případně od většiny ostatních ramet v rámci klonu, pokud již není ortet k dispozici).
- 2) Uživatel určí znaky, na základě jejichž parametrů bude semenný sad vyšší generace šlechtěn, tj. zejména přizpůsobivost, zdravotní stav a odolnost, tvar a habitus, objemová produkce, fruktifikace, fenologie kvetení apod. Každému z těchto znaků dále přiřadí celočíselný index (viz níže), reprezentující váhu znaku, která odpovídá jím požadované prioritě tohoto znaku.

- 3) Pro potomstvo každého klonu na testovacích výsadbách se vypočte průměrná hodnota parametru, charakterizující znak tohoto klonu, tj. zejména mortalita, podíl tvarově přijatelných jedinců, výška, výčetní tloušťka, hmotnost šišek apod.
- 4) Pro každý ze znaků se vyřazují klonu na základě seřazení jejich průměrných parametrů (nebo šlechtitelských hodnot) na ose x podle velikosti. Příklad takové pořadové funkce je uveden na obrázku 1 pro tvárnost jedinců na modelové testovací výsadbě borovice lesní, kde parametrem je podíl tvarově přijatelných jedinců, tj. s kmenem vzpřímeným (N) a mírně prohnutým (Ja, Sa) podle klasifikace tvárnosti kmene (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, ČERMÁK 2004).

Střední, lineární částí křivky je proložena přímkou. Klonu odpovídající nejnižším hodnotám znaků (na obr. 1 pravá část křivky), kdy hodnota parametru je nižší než extrapolace lineární závislosti ve střední části křivky, jsou vyřazeny. Počet klonů, selektovaných tímto postupem lze stanovit na základě metody bodů zvratu nebo na základě směrodatné odchylky od přímkou, použité pro linearizaci střední části pořadové křivky.



Obr. 1: Pořadová funkce podílu tvarově přijatelných jedinců N, Ja, Sa (testovací výsadba Skelná huť semenného sadu č. 79 – Doubrava): vyřazeno 14 z 80 klonů. Linearizace provedena po částech metodou bodů zvratu (change-point detection) pomocí procedury napsané v systému R (MUGGEO 2010).

Pozn.: Selekcí založenou na odchylce od lineární části používá např. KOWALCZYK (2008), který však pracuje pouze se souhrnným odhadem šlechtitelských hodnot pro několik znaků.

- 5) Je sestavena tabulka pro celý soubor klonů (v řádcích) a sledované znaky (ve sloupcích). Každému klonu, který je vyřazen na základě parametru daného znaku podle bodu 3) se přiřadí hodnota 0, zatímco ostatním se přiřadí hodnota indexu $i = 1$ až n .

Součty hodnot takto získaných indexů se pro každý klon vyjádří v posledním sloupci jako Suma(i). Ilustrativní postup záznamu indexů a jejich součtu je znázorněn v tabulce 1.

Tab. 1: Způsob záznamu indexů pro sledované znaky a jejich souhrnné vyhodnocení

Klon	Index i			Suma(i)
	Mortalita	Tvárnost	Výška	
1	0	3	1	4
2	1	3	0	3
3	1	3	1	5
4	1	3	1	5
5	1	0	0	1
6	0	0	1	1
...

- 6) Klony jsou následně seřazeny podle klesajících hodnot součtu indexů – Suma(i). Podle požadavku uživatele na počet klonů v sadu vyšší generace je provedeno jejich vyřazení.

Jinou možnost představuje výpočet šlechtitelských hodnot na základě analýzy REML-BLUP (HENDERSON 1988), kde je předmětem selekce přímo aditivní genetická hodnota sledovaného znaku. Progresivnější metody pracují s nevyváženou selekcí, která zohledňuje vlastní šlechtitelskou hodnotu konkrétních jedinců. Základní koncept nevyvážené selekce ve šlechtitelských programech představuje tzv. „linear deployment“ (LINDGREN 1993), který zohledňuje šlechtitelské hodnoty u nepříbuzných jedinců, navrhne nevyváženou selekci, pokud jde o počet ramet reprezentujících určitý klon v novém šlechtitelském cyklu. Znamená to, že jedinci s vyššími šlechtitelskými hodnotami jsou zastoupeni ve větším poměru než jedinci s nižšími šlechtitelskými hodnotami (KLÁPŠTĚ 2008). Jedním z dalších možných postupů BLUP selekce je algoritmus „Group

Merit Selection“ – GMS (LINDGREN, MULLIN 1997). Na rozdíl od předchozího postupu umí pracovat i s příbuznými jedinci.

- 7) Genetická hodnota potomstev, resp. genetický zisk (Směrnice Rady č. 1999/105/ES používá termín nadřazenost reprodukčního materiálu), se dále vyhodnotí pro jeden znak nebo skupinu znaků vzhledem k referenční populaci, kterou představují porovnávací standardy. V nezbytných a odůvodněných případech mohou být standardy nahrazeny nejvhodnějším materiálem zastoupeným v testu nebo střední hodnotou komponentů zastoupených v testu.
- 8) Samotný převod semenného sadu 1. generace na 1,5. generaci lze uskutečnit třemi možnými způsoby:

Genetická probírka

Nejschůdnější cestou k získání semenného sadu 1,5. generace je tzv. genetická probírka, která spočívá v tom, že se na základě vyhodnocení testovacích výsadeb potomstev provede negativní selekce, tj. ze semenného sadu 1. generace se fyzicky odstraní ty klony (resp. ramety), které nespĺnily určitá předem zvolená kritéria. Před samotnou genetickou probírkou semenného sadu je třeba zvážit, nakolik se tímto zásahem změní ekonomika semenného sadu. Jednorázově se zvýší náklady na likvidaci nežádoucích ramet, další náklady na údržbu budou stejné, ale produkce semen bude samozřejmě nižší. Dalším negativním aspektem je narušení původního prostorového schématu sadu, čímž může dojít k významným změnám v reprodukční dynamice sadu.

Selektivní sběr osiva

Je třeba zvážit i to, do jaké míry je pravděpodobná kontaminace semenného sadu pylem z okolních porostů. V případě nezpochybnitelné vysoké kontaminace, kterou lze provozně jen velmi těžko eliminovat těžbou, stojí za úvahu nežádoucí ramety nelikvidovat, ale pouze je vyloučit ze sběru osiva nejlepší jakosti. Na základě výsledků testů potomstev je totiž možné uskutečnit pozitivní selekci a při sběru osiva pro účely obnovy lesa sbírat směsný vzorek pouze z nejlepších klonů (z klonů s nejvyšší šlechtitelskou hodnotou). Zbývající osivo z méně kvalitních klonů je pro produkční účely rovněž využitelné, ale mělo by být např. nabízeno za nižší cenu.

Založení nové výsadby 1,5. generace

Na základě výsledků testování potomstev je možné ze selektovaných klonů založit zcela nový semenný sad 1,5. generace. Je však třeba zvážit ekonomické náklady takového kroku a porovnat je s očekávaným přínosem. Uvažuje-li se totiž o výsadbě

nového semenného sadu, většinou se vzhledem k finanční náročnosti volí již raději semenný sad 2. generace.

Zásady výběru lokality, způsobu výsadby, ošetřování, údržby aj. jsou shodné s obecnými zásadami platnými pro semenné sady 1. generace (např. ZAVADIL 1982, Směrnice pro uznávání a zabezpečení zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos 1988, KAŇÁK et al. 2008).

Při zakládání nového semenného sadu 1,5. generace je třeba doporučit odběr ramet z původních klonů – ortetů (v dřívější terminologii „výběrových stromů“). Pouze pokud není tento reprodukční materiál k dispozici, je možno odůvodnit odběr z ramet v semenném sadu.

Obvyklá velikost semenného sadu 1. generace dnes činí 1 – 2 ha, což odpovídá 50 – 70 klonům, u semenných sadů vyšší generace bude většinou počet klonů nižší.

Metodické postupy zakládání a hodnocení testovacích ploch semenných sadů

Zakládání testů potomstev semenných sadů předpokládá výskyt takového semenného roku, aby bylo k dispozici osivo pokud možno ze všech zastoupených klonů, resp. ramet. Vhodnější je však použít vzorky semenného materiálu za delší časové období. Jednotlivé klony je možno testovat směsným vzorkem z jejich ramet, nebo testovat každou rametu zvlášť. Testování podle jednotlivých ramet je sice pracnější, ale při následné selekci výhodnější, neboť eliminuje možné omyly v označení a evidenci jednotlivých ramet, což ve směsném vzorku může zkreslit výsledek celého klonu.

Testovací výsadby by měly být založeny s opakováním a na homogenním stanovišti, aby bylo možno jeho vliv vyloučit. Proměnlivost půdních podmínek je možno v přípravných fázích posoudit odběrem půdních vzorků ze zkusných plošek na vybraných lokalitách, přičemž charakter stanovištních podmínek je patrný mj. i z výšek a výčetních tlouštěk stromů, měřených na těchto ploškách. Tento postup přichází v úvahu na lesních půdách, kdy je počítáno pro založení testovací plochy se smýcením příslušné části lesního porostu. Určitou orientační informaci o proměnlivosti půdních poměrů, např. z hlediska vlhkosti, může poskytnout složení půdní vegetace a obecně i typologická mapa. Stanovištní poměry, zejména půdní charakteristiky, by měly být v rámci testovací plochy pokud možno homogenní. Obdobně by měla být testovací plocha homogenní i z hlediska terénních charakteristik příslušné lokality (sklon, expozice aj.).

S ohledem na proměnlivost testovaných potomstev se počet opakování omezuje zpravidla na tři až čtyři (pokud se nejedná o krátkodobé testy nebo tzv. jednostromové parcely). Na velmi heterogenních plochách je třeba s ohledem na žádoucí přesnost experimentu aplikovat menší parcely a větší počet opakování. Dostatečný počet sazenic od jednoho vzorku (ramety) by měl být 40 až 60 ks (uvažujeme-li výsadbu 4 opakování, minimálně po 10 až 15 ks). V případě borovice lesní lze doporučit spon $1,4 \times 0,7$ m až $1,4 \times 1,2$ m. Veškeré zásahy by měly být konzultovány s pracovníky odpovědnými za vyhodnocení výsadeb. Genetickou hodnotu semeného sadu je podle Směrnice Rady č. 1999/105/ES třeba hodnotit na dvou nebo více místech testování, z nichž nejméně jedno vykazuje ekologické podmínky, které jsou obdobné podmínkám předpokládaného použití reprodukčního materiálu.

Při zakládání ověřovacích experimentů se pro účely uznávacího řízení do sortimentu zařazují srovnávací potomstva (standarty). Jde obdobně jako v případě jiných šlechtitelských programů o vybraná potomstva uznaných porostů příslušných dřevin. Při vyhodnocení potomstev klonů je třeba v porovnání se standardem prokázat alespoň pro jeden důležitý znak statisticky významný genetický zisk.

Pro eliminaci potenciálního vlivu okolí plochy na testovaný materiál se kolem testovacích ploch zakládají tzv. okrajové pásy, tvořené zpravidla dvěma řadami téže či jiné dřeviny než té, která je předmětem experimentu. Sazenice jednotlivých potomstev pro potřeby zakládání testovacích ploch bývají většinou 2 – 3leté.

Metodické postupy zakládání testovacích ploch určených k testování potomstev semenných sadů vycházejí z hlavních principů zakládání provenienčních ploch, které byly zpracovány různými autory (např. ŠINDELÁŘ 1970, 2004, WRIGHT 1976, PAULE 1992, KÖNIG 2005, FRÝDL et al. 2009 aj.). Jedná se zejména o využití tzv. metody kompletního (úplného) blokového uspořádání a metody dvojitého mřížového uspořádání. Metoda kompletního blokového uspořádání je také nazývána metodou náhodného blokového uspořádání a metoda dvojitého mřížového uspořádání je někdy nazývána systémem dvojité mříže.

Metoda kompletního blokového uspořádání

představuje podle ŠINDELÁŘE (2004) nejjednodušší metodu. Potomstva testovaných jednotek jsou soustředěna do bloků, které lze libovolně opakovat. Každý blok tedy obsahuje všechna testovaná potomstva a odpovídá tak jednomu opakování. Testovaná potomstva jsou rozdělena do bloků (opakování) náhodně. Testovací plocha by měla být souvislá, se všemi bloky (opakováními) na jedné lokalitě. Pokud není možno umístit všechna opakování na jednu testovací plochu, je možno experimentální výsadbu založit na dvou nebo více místech za předpokladu, že na každé

lokalitě bude souvisle umístěno alespoň jedno celé opakování. Přitom je žádoucí, aby jednotlivá opakování byla umístěna v nepřilíši velkých vzdálenostech od sebe a aby stanovištní podmínky na jednotlivých lokalitách byly shodné nebo alespoň podobné. Zcela zásadní význam má požadavek, aby plocha každého opakování byla v maximální míře homogenní. Metoda blokového uspořádání je velmi flexibilní a může se přizpůsobit nejrůznějším problémům.

Metoda dvojitého mřížového uspořádání

je potom nejvhodnějším a nejčastěji používaným způsobem při zakládání testovacích ploch, na kterých je testován větší počet experimentálních variant. Počet testovaných potomstev musí přitom představovat druhou mocninu určitého základního čísla. Charakteristickým znakem této metody, stejně jako i dalších postupů mřížového uspořádání (např. metody vyvážené /balancované/ mříže a metody mřížového čtverce), je používání neúplných bloků. Bloky neobsahují všechna testovaná potomstva, nýbrž jen jejich část. Nevýhodou tohoto postupu je skutečnost, že počet testovaných potomstev je s ohledem na tento systém experimentu stanoven a nelze jej volit podle rozsahu materiálu, který je k dispozici. V praxi dochází proto často k tomu, že sortiment testovaných potomstev musí být omezen na počet, který představuje druhou mocninu nejvyššího čísla, které je v počtu disponibilních potomstev obsaženo.

Pro účely testování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin se v podmínkách ČR doporučuje na základě dosavadní praxe a zkušeností pracoviště autorů práce zvolit princip náhodného blokového uspořádání s minimálním počtem tří opakování testovaných potomstev; spon výsadby se doporučuje aplikovat v souladu s provozně realizovanými metodami podle druhu dřeviny. U smrku ztepilého, modřínu opadavého, jedle bělokoré, buku lesního aj. je doporučován většinou spon 2×1 nebo 2×2 m, velikost parcely 10×10 m. Na jedné parcele tak bude vysázeno 50, resp. 25 sazenic, celková potřebná výměra pro jednu variantu ve třech opakováních tak bude představovat 300 m^2 . Dřeviny, které se vyznačují v časných vývojových fázích rychlým růstem, např. douglaska tisolistá, se doporučuje vysazovat ve větších sponech (min. 2×2 m).

Při zakládání ověřovacích experimentů se dále počítá se zařazením srovnávacích potomstev, tzv. „standardů“ do sortimentu pokusu, přičemž se uvažuje buď s jedním takovým srovnávacím standardem, nebo i s jejich větším počtem. Lze doporučit počet, který odpovídá druhé odmocnině z celkového počtu pokusných členů. Tento postup je výhodný z hlediska větší vypovídací hodnoty výsledků experimentu, na druhé straně je však nutno počítat se zvýšením celkové rozlohy příslušné testovací plochy nebo série ploch. Jako srovnávací „standards“ jsou obdobně jako

v případě jiných šlechtitelských programů využívána vybraná potomstva uznaných porostů příslušných dřevin (ŠINDELÁŘ 1992, ŠINDELÁŘ, RAMBOUSEK 1992).

Testovací plochy je nutno stabilizovat, čímž se rozumí zejména udržování označení hraničních rozdělení parcel jednotlivých experimentálních variant, v mladších vývojových stádiích např. formou vymezení hraničních kůlů, později pak např. vyznačením hraničních rozdělení jednotlivých parcel a příslušných opakování označením hraničních stromů latexovou barvou apod. V současné době lze aplikovat i modernější způsoby označení hranic jednotlivých parcel a opakování na plochách, např. použitím trvalých geodetických pomůcek a jejich zanesení do systému GPS.

U testovacích výsadeb je třeba provádět pravidelné roční sledování a další potřebné zákroky (např. odstraňování náletů, opravu oplocení, zabránění výřezu vánočních stromků apod.).

Podrobnější popis metodických postupů zakládání a hodnocení testovacích ploch semenných sadů je uveden např. v práci FRÝDLA et al. (2009).

Uznávání semenného sadu 1,5. generace

Uznávací proces

Stejně jako semenné sady 1. generace musí být i semenné sady vyšších generací uznány jako zdroj kvalifikovaného (testovaného) reprodukčního materiálu podle zákona č. 149/2003 Sb. (dále jen zákon). /Poznámka: Týká se pouze druhů lesních dřevin uvedených v Příloze č. 1 k zákonu./ V semenném sadu vyšší generace mohou být vysazeny pouze pozitivně otestované klony ze semenného(ných) sadu(ů) nižší generace uznaného(ých) jako zdroj(e) kvalifikovaného, příp. testovaného reprodukčního materiálu.

Podrobnosti týkající se problematiky zakládání a obhospodařování semenných sadů by měl v blízké budoucnosti řešit Národní program ochrany, zachování a reprodukce genofondu lesních dřevin (dále jen „Národní program“). Národní program by již měl rozlišovat pojmy semenný sad 1,5. generace, 2. generace atd., tj. obecně semenný sad vyšší generace. Pro zvýšení důvěryhodnosti deklarované kvality osiva ze semenných sadů 1. generace je třeba doporučit používání genových markerů pro kontrolu a identifikaci reprodukčního materiálu v sadech, tj. klonů a ramet. Pokud by chtěl vlastník uznat semenný sad vyšší generace v kategorii testovaný zdroj reprodukčního materiálu, měl by kromě pozitivního výsledku ověřovacího testu takový sad úspěšně projít alespoň namátkovou kontrolou homogenity klonů pomocí genových markerů v podobě genetického screeningu. Nová pravidla by

měla rovněž připustit možnost zařadit do výsadby semenného sadu vyšší generace elitní klony, pocházející z různých semenných sadů 1. generace, pokud jich bylo v příslušné PLO založeno a otestováno více – za podmínky, že budou dodržena pravidla o přenosu reprodukčního materiálu. Konečné znění Národního programu je však závislé na konsenzu pracovní skupiny, která jej vytváří.

V současnosti probíhá uznávací proces tak, že vlastník semenného sadu 1. generace podá pověřené osobě (ÚHÚL Brandýs nad Labem) žádost o vypracování odborného posudku. K žádosti přiloží dokumentaci o aktuálním stavu objektu, identitě klonů a výsledcích testování klonů. Posudek pověřené osoby je dokladem o splnění požadavků na založení zdroje, na další udržování zdroje, na genetickou a morfolo-gickou kvalitu, polohu, rozlohu, věk, strukturu, zdravotní stav a vhodnost stano-viště. Po obdržení odborného posudku zpracuje vlastník žádost o uznání, kterou spolu s posudkem zašle orgánu veřejné správy (místně příslušný krajský úřad). Roz-hodnutí orgánu veřejné správy obsahuje údaje o uznání zdroje, včetně doby uznání a evidenční číslo uznané jednotky. Náklady uznávacího řízení včetně nákladů na zpracování odborného posudku nese žadatel.

Podrobnosti

Součástí vyžadované dokumentace je počet a soupis klonů (včetně údajů o jejich původu a provenienci) a plán výsadby, tj. rozmístění roubovanců jednotlivých klonů v sadu, aby byla v budoucnu možná identifikace každého jedince. Další součástí dokumentace je informace dokazující genetický zisk klonů ze semenného(ných) sadu(ů) nižší generace, které mají být použity pro výsadbu sadu vyšší generace. Genetický zisk klonů musí být vyhodnocen na základě porovnání se standardy.

K hlavním problémům, které je třeba v projektu návrhu každého semenného sadu řešit, patří omezení kontaminace úrody osiva pylem z okolních porostů, dále vytvoření takových podmínek, aby sprášení bylo rovnoměrné po celé ploše sadu, vhodným rozmístěním ramet zajistit maximální počet kombinací (tj. vyšší genetickou variabilitu), minimalizovat inbreeding (BUIJTENEN VAN 1971).

Výsadba ramet musí být na základě projektu provedena v pravidelném sponu (závisí na výměře disponibilní plochy, druhu dřeviny aj.) a v takovém rozmístění, aby docházelo k dobrému vzájemnému opylení jedinců různých klonů. Design (plánek) semenného sadu lze vytvořit s využitím standardizovaného postupu (např. ZAVADIL 1982), kdy jsou ramety každého klonu na ploše rozmístěny náhodně a nevytvářejí shluky. U sadů vyšších generací je však vzhledem k nákladovosti celého procesu vhodnější využít specializovaných programů, kterými disponují odborná pracoviště zaměřená na šlechtění lesních dřevin. Tyto programy dokáží stanovit optimální rozmístění ramet v sadu s ohledem na dosažení co nejvyššího genetického zisku.

Semenné sady lze prakticky uznávat u borovice lesní a modřínu opadavého nejdříve v šestém roce po založení, u ostatních dřevin nejdříve v jedenáctém roce po výsadbě.

V následujícím přehledu jsou uvedeny minimální požadavky pro uznání semených sadů vyšší generace (shodné s minimálními požadavky pro uznání zdrojů testovaného reprodukčního materiálu) podle Směrnice Rady č. 1999/105/ES (Přílohy III a IV). Znaky, které jsou přímo uvedeny ve Směrnici, jsou zvýrazněny podtržením. Kurzívou v závorkách jsou doplněny charakteristiky, které autoři metodiky navrhuji jako parametry znaků:

- a) Druh, cíl, plán křížení a polohové schéma, komponenty, izolace, místo a jakákoliv změna těchto parametrů musí být schváleny a zaznamenány úředním subjektem.
- b) Příslušné klony jsou vybírány pro své výjimečné znaky, přičemž je zvláštní pozornost věnována kritériím:
 - Věk a vývojový stupeň: porosty musí být složeny ze stromů, jejichž věk a vývojový stupeň umožňují použití výběrových kritérií.
 - Přizpůsobivost: musí být zřejmé, že porost je přizpůsoben ekologickým podmínkám v oblasti proveniencie (*mortalita, příp. vitalita*).
 - Zdravotní stav a odolnost: stromy v porostech nesmí být napadeny škodlivými organismy a musí být odolné vůči nepříznivým stanovištním a klimatickým podmínkám v místě výskytu, s výjimkou škod způsobených znečištěním životního prostředí (*mortalita, příp. vitalita, míra napadení houbami a škůdci*).
 - Objem produkce: pro uznání vybraných porostů musí být objem produkce dřevní hmoty vyšší, než je střední hodnota platná pro srovnatelné ekologické a hospodářské podmínky (*výška, příp. výčetní tloušťka*).
 - Jakost dřeva: jakost dřeva je třeba vzít v úvahu; v některých případech může být podstatným kritériem při výběru (*hustota dřeva při dané vlhkosti*).
 - Tvar a habitus: stromy v porostech musí vykazovat obzvlášť dobré morfologické znaky, zejména přímou a kruhovitý průřez kmene, dobrý tvar a velikost větví a dobrou schopnost přirozeného vyvívání. Nadto vidlicovitě a spirálovitě rostlé kmeny by se měly vyskytovat v malé míře (*podíl tvarově přijatelných jedinců*).
 - Fruktifikace (*hmotnost, množství plodů*).
 - Fenologie kvetení (*denzita květenství, synchronizace kvetení*).

Obecný statistický způsob vyhodnocení parametrů genetických znaků významných pro zakládání semenných sadů vyšších generací je navržen v kapitole „Převod semenného sadu 1. generace na 1,5. generaci“.

- c) Příslušné klony nebo rodiny musí nebo musely být vysázeny podle plánu schváleného úředním subjektem a vypracovaného tak, aby každá jeho komponenta byla určena.
- d) Výchovné zásahy v semenných sadech musí být popsány společně s výběrovými kritérii, která při nich byla použita, a zaznamenány úředním subjektem.
- e) Semenné sady je nutno obhospodařovat a reprodukční materiál v nich sklízet tak, aby bylo dosaženo cíle založení semenného sadu. V případě semenných sadů určených k produkci umělých kříženců je třeba analýzou prokázat procentuální podíl kříženců na reprodukčním materiálu.

Vzhledem k tomu, že převod semenných sadů 1. generace vyžaduje ověření genetické kvality jednotlivých klonů, je nutno zohlednit i ustanovení Směrnice Rady č. 1999/105/ES, které stanovuje minimální požadavky pro uznání klonů, jako zdrojů reprodukčního materiálu (Příloha IV):

- a) Klony musí být identifikovatelné na základě rozlišovacích znaků schválených a zaznamenaných úředním subjektem.
- b) Kvalita klonů se stanoví na základě zkušeností nebo byla prokázána dostatečně dlouho trvajícimi pokusy.
- c) Ortety používané k produkci klonů jsou vybírány pro své výjimečné znaky a zvláštní pozornost je věnována kritériím /viz odst. b) na str. 21/.
- d) Uznávání klonů členským státem je omezeno maximálním počtem let nebo maximálním počtem vegetativních potomků (ramet).

Závěr

Metodika představuje obecný způsob, podle kterého lze uskutečnit převod semeného sadu 1. generace na semenný sad 1,5. generace. Poměrně složitou problematiku se snaží řešit s využitím jednoduchých postupů v minimální míře závislých na využívání specializovaného software.

Vzhledem k tomu, že současná legislativa nezná pojem semenný sad vyšší generace, vztahují se na jejich uznávání v tuto chvíli stejné požadavky jako na sady 1. generace (zákon č. 149/2003 Sb., vyhláška MZe č. 29/2004 Sb.), což je však v rozporu s jejich definicí i celým procesem šlechtění.

Semenné sady představují mj. jednu z možností ochrany, zachování a reprodukce genofondu lesních dřevin. Současně platná legislativa (zákon č. 149/2003 Sb. a vyhláška č. 29/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů) týkající se reprodukčního materiálu lesních dřevin a Národní lesnický program se však problematikou ochrany, zachování a reprodukce genofondu lesních dřevin s výjimkou zmínky o genových základnách nezabývají. K tomu, aby byly zachovány genetické zdroje lesních dřevin jako národní bohatství pro budoucí generace, je třeba jasně stanovit podmínky a postupy ochrany, zachování a reprodukce genetických zdrojů lesních dřevin *ex situ* a *in situ* formou předložení Národního programu. Rozsah a podmínky zařazení do Národního programu je nezbytné stanovit zákonem.

Odbor hospodářské úpravy a ochrany lesů Ministerstva zemědělství (16210) předloží návrh zákona o ochraně a reprodukci genofondu lesních dřevin a o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin, ve kterém bude ustanoven i výše uvedený Národní program. Nedílnou součástí návrhu Národního programu bude i část týkající se problematiky zakládání a obhospodařování semenných sadů.

Terminologický slovník

BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) – smíšený lineární model pro predikci náhodných efektů využívaný ve šlechtitelských a plemenářských programech

Genetický screening – genetický průzkum reprezentativního souboru vzorků za účelem identifikace nebo ověření jedinců a populací, obvykle prováděný s využitím genových markerů

GMS (Group Merit Selection) – selekce skupiny klonů, která maximalizuje genetický zisk s ohledem na inbreeding (příbuzenské křížení)

Heritabilita (dědivost) – udává, jak velká část proměnlivosti znaku je zapříčiněna genetickými faktory

Linear deployment – metoda nevyvážené selekce pro nepřibuzné jedince, navrhuje rozmístění ramet v semenném sadu, jejichž počet je úměrný šlechtitelské hodnotě daného klonu

Ortet – jediný výchozí jedinec, z něhož je odebíráno vegetativní potomstvo (ramety)

Rameta – ramety tvoří skupinu vegetativních potomků (klon) získaných z jednoho výchozího jedince (ortetu).

REML (Restricted Maximal Likelihood) – restringovaná maximální věrohodnost, termín využívaný ve šlechtitelských a plemenářských programech

Semenný sad 1. generace – obsahuje klony/ramety výchozích jedinců (ortetů), vybraných pouze na základě jejich fenotypu

Semenný sad 1,5. generace – obsahuje klony/ramety vybrané na základě testování polosesterských potomstev (u nichž známe pouze mateřského jedince)

Semenný sad 2. generace – obsahuje klony/ramety vybrané na základě testování plnosesterských potomstev (u nichž známe mateřského i otcovského jedince)

SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Vzhledem ke skutečnosti, že v ČR nebyly metodické postupy pro zakládání semených sadů 1,5. generace dosud podrobně zpracovány, představuje předkládaná publikace prvotní práci, která se tímto tématem zabývá, přičemž využívá současných domácích i zahraničních poznatků. Metodika navazuje především na odborné materiály, které se touto problematikou zabývaly v minulosti (ZAVADIL 1969, 1982, Směrnice pro zakládání semenných porostů a semenných plantáží 1971, Směrnice pro uznávání a zabezpečení zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos 1988, KAŇÁK et al. 2008).

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Autoři předpokládají, že metodika zakládání semenných sadů 1,5. generace najde své uplatnění v několika oblastech. Prvním okruhem jejích uživatelů budou především vlastníci a správci lesního majetku, jehož součástí jsou i semenné sady 1. generace založené v minulosti, nebo kteří si v rámci své činnosti sami takové sady založí. Metodika by jim měla napomoci realizovat všechny související činnosti tak, aby se vyhnuli systémovým nedostatkům při zakládání semenných sadů, zejména způsobu výběru užitých klonů. Druhým okruhem potenciálních uživatelů jsou pracovníci lesnického výzkumu, kteří informace využijí v dalších fázích rozvíjení a modifikace postupů. Využití publikace zřejmě nalezne i ve sféře lesnického vzdělávání a výuky, jakož i v oblasti státní správy lesního hospodářství (např. při úpravách legislativy) a u všech věcně zainteresovaných pracovníků z řad odborné veřejnosti.

DEDIKACE

Metodika byla zpracována ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., v rámci řešení výzkumného projektu GS LČR 7/2007 „Zakládání semenných sadů druhé generace pro borovici lesní“ a výzkumného záměru MZE0002070203. Autoři děkují Ing. K. Matějkovi (IDS) za pomoc při návrhu postupu statistického zpracování, Ing. J. Kaňákovi (Arboretum Sofronka) za spolupráci při přípravě textu a Dr. Johnu Fennessy (Forest Service, Department of Agriculture, Fisheries and Food, Ireland) za jazykovou revizi abstractu a summary.

LITERATURA

Seznam použité související literatury

- BUIJTENEN VAN J. P. 1971. Seed orchard design, theory and practice. In: Proceedings of the 11th Southern Forest Tree Improvement Conference. 15–16 June 1971, Atlanta, Georgia.
- EL-KASSABY Y. A., LSTIBŮREK M. 2009. Breeding without breeding. *Genet. Res.*, 91: 111-120.
- ERIKSSON G., EKBERG I. 2001. An introduction to forest genetics. Uppsala, SLU Repro: 166 p.
- HENDERSON C. R. 1988. Progress in statistical methods applied to quantitative genetics since 1976. In: Weir B. S., Eisen E. J., Goodman M. M., Namkoong G. (eds.): Proceedings of the second international conference on quantitative genetics. Sinauer Assoc. MA: 85-90.
- KAŇÁK J., KLÁPŠTĚ J., LSTIBŮREK M. 2009. Úvodní genetické hodnocení semených sadů borovice lesní v západních Čechách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54/3: 189-204.
- KLÁPŠTĚ J. 2008. Návrh šlechtitelského programu pro posázavský smrk. Dizertační práce. Praha, FLD ČZU: 128 s., CD-ROM.
- KOWALCZYK J. 2003. Opracowanie szczegółowych wymagań wynikających z Dyrektywy Rady 1999/105/WE z dnia 22 grudnia 1999 r w odniesieniu do leśnego materiału podstawowego i produkowanego z niego leśnego materiału rozmnożeniowego. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa: 182 s.
- KOWALCZYK J. 2008. Combining production of improved seeds with genetic testing in seedling seed orchards. In: Dag Lindgren (ed.): Proceedings from a conference, Umeå, Sweden, September 26 – 28, 2007, p. 126-134.
- KÖNIG A. O. 2005. Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation, p. 275-333. In: Geburek T., Turok J. (eds.): Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe. Zvolen, Arbora Publishers: 693 p.
- LINDGREN D. 1993. Quantitative comparison between truncation selection and a better procedure. *Hereditas*, 118: 289-292.
- LINDGREN D., MULLIN T. J. 1997. Balancing gain and relatedness in selection. *Silvae Genetica*, 46: 124-129.

- MUGGEO V. M. R. 2010. Segmented relationships in regression models. Package 'Segmented': 24 p. (dostupné na <http://cran.r-project.org/web/packages/segmented/>).
- NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., ČERMÁK M. 2004. Netvárnost borovice lesní v nejmladších kulturách. *Lesnická práce*, 83/8: 420-421.
- PAULE L. 1992. Genetika a šľachtenie lesných drevín. Bratislava, *Príroda*: 304 s.
- SABOR J. Metodyka zakladania „Regionalnych Bankow Genów“ v terenach górskich. Zasady testowania potomstw. In: *Ochrona i zachowanie leśnej bioróżnorodności w Karpackim Banku Genów. Rola świerka pospolitego i innych gatunków w zachowaniu ekosystemów leśnych Karpat. Sborník z konferencie IUFRO Working Party S 2.02.11.*, Kraków-Krosno-Rymanów-Krynica-Sucha 15. – 17. 10. 2003. Akademia Rolnicza im. H. Kollataja w Krakowie: 61-73.
- Směrnice pro zakládání semenných porostů a semenných plantáží. Praha, MLVH 1971. 37 s.
- Směrnice pro uznávání a zabezpečení zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos. Praha, Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČR 1988. 22 s.
- Směrnice Rady č. 1999/105/ES, o uvádění reprodukčního materiálu lesních dřevin na trh. Úřední věstník Evropské unie, 03/sv. 28, s. 148-171.
- ŠINDELÁŘ J. 1968. Kritéria pro selekci výběrových stromů hlavních lesních dřevin. Praha, ÚZPI: 43 s.
- ŠINDELÁŘ J. 1970. K otázce využití klonových potomstev jako předběžného testu pro ověřování výběrových stromů modřínu evropského a japonského. *Lesnictví*, 16/43, č. 3: 247-262.
- ŠINDELÁŘ J. 1992. Metodické postupy ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin testy potomstev. *Zprávy lesnického výzkumu*, 37/4: 1-9.
- ŠINDELÁŘ J. 2004. Výzkumné provenienční a jiné šlechtitelské plochy v lesním hospodářství České republiky. *Lesnický průvodce*, č. 2, s. 1-80, přílohy.
- ŠINDELÁŘ J., RAMBOUSEK J. 1992. Porovnávací standardy pro ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 37/3: 1-3.
- Vyhláška MZe č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2004 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. *Sbírka zákonů Česká republika*, 2004, č. 9, s. 467-524.
- Vyhláška MZe ČR č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených

- za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Sbírka zákonů Česká republika, 2004, č. 46, s. 1955-1963.
- Vyhláška č. 44/2010 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. Sbírka zákonů Česká republika, 2010, č. 17, s. 578-608.
- WRIGHT J. W. 1976. Introduction to Forest Genetics. New York, San Francisco, London, Academic Press: 463 p.
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). Sbírka zákonů Česká republika, 2003, č. 57, s. 3279-3294.
- ZAVADIL Z. 1969. Metodika zakládání semenných plantáží. Lesnický průvodce, č. 1, 69 s.
- ZAVADIL Z. 1982. Semenné plantáže lesních dřevin. Praha, SZN: 144 s.

Seznam publikací, které předcházely metodice

- FRÝDL J., NOVOTNÝ P., ČÁP J., BURIÁNEK V. 2009. Metodické postupy ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin v České republice. Lesnický průvodce, č. 12, 60 s.
- IVANEK O., PROCHÁZKOVÁ Z. 2006. Identifikace roubovanců a klonů ve dvou semenných sadech modřínu opadavého (*Larix decidua* MILL.). Zprávy lesnického výzkumu, 51/1: 38-43.
- IVANEK O., PROCHÁZKOVÁ Z. 2008. Metodický postup pro ověření identity a testování klonů v semenných sadech borovice a modřínu s využitím genových markerů. Lesnický průvodce, č. 10, 18 s.
- KAŇÁK J., FRÝDL J., NOVOTNÝ P., ČÁP J. 2008. Metodika zakládání semenných sadů. Lesnický průvodce, č. 9, 24 s.
- PROCHÁZKOVÁ Z., IVANEK O., BEZDĚČKOVÁ L., CVRČKOVÁ H., KOLÁŘOVÁ P., MÁCHOVÁ P. 2004. Fyziologická a genetická kvalita semen modřínu opadavého a borovice lesní ze semenných sadů. Závěrečná zpráva projektu NAZV QD 0174. Strnady, VÚLHM.

METHODOLOGY OF ESTABLISHMENT OF SEED ORCHARDS OF THE 1.5TH GENERATION

Summary

The methodology described represents the common way, by which conversion of the 1st generation seed orchard to seed orchard of the 1,5th generation can be realized as well as one of the aims of this methodology, to solve quite complicated problems through the use of elementary (simple) steps, which are depending at minimum on the utilisation of special software.

In the introductory chapter, the status of seed orchards in the breeding process is described. In other parts of this methodology, attention is paid to genetic tests, analyses of gene markers, conversion of the 1st generation seed orchards to seed orchards of the 1.5th generation itself, establishment and evaluation of testing plots and certification of the 1.5th generation seed orchards. Also included is a survey of minimum requirements for certification of higher generation seed orchards (corresponding with minimum requirements for certification of tested reproductive material) according to the EU Council Directive no. 1999/105/ES (Enclosures III and IV). These requirements will also be characterized in actualized National Program of Preservation, Conservation and Reproduction of Forest Tree Species Gene Pool. In addition, there are completed characteristics, which can be used as parameters of important traits from the breeding point of view. In conclusion a brief terminological glossary is attached.

LESNICKÝ PRŮVODCE



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.
www.vulhm.cz