

Davorin Kajba<sup>1</sup>, Ida Katičić<sup>1</sup>, Ivan Šumanovac<sup>2</sup>, Milan Žgela<sup>2</sup>

## VAŽNOST KLONSKIH SJEMENSKIH PLANTAŽA U SJEMENARSTVU I OČUVANJU GENOFONDA ŠUMSKIH VRSTA DRVEĆA U HRVATSKOJ

### THE IMPORTANCE OF CLONAL SEED ORCHARDS IN SEED PRODUCTION AND CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN CROATIA

#### SAŽETAK

Sukladno razdjelbi šuma u Hrvatskoj na ekogeografske sjemenske regije i zone osnovane su tri proizvodne klonske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), dvije poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) te po jedna plantaža hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), divlje trešnje (*Prunus avium* L.) i crnog bora (*Pinus nigra* J. F. Arnold). Fenotipska selekcija i heterovegetativno razmnožavanje plus stabala te osnivanje klonskih sjemenskih plantaža započeto je radi ostvarenja učestalijeg uroda i dobivanja genetski kvalitetnoga šumskog sjemena u kategorijama „kvalificiran“ i „testiran“. U njima se redovito provode pomotehnički zahvati, zaštita i druge mjere za održavanje sjemenskog objekta. Započeta je i procjena genetske vrijednosti majčinskih stabala u testovima potomstva i selekcija po genotipu radi povećanja ostvarenja genetske dobiti. U trima plantažama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) provedene su analize genetske varijabilnosti pomoću jezgrinih i kloroplastnih mikrosatelitskih biljega. Istovremeno se provodi i očuvanje genetske raznolikosti naših vrsta šumskog drveća statičkom metodom *ex situ*. Klonske sjemenske plantaže čine jezgru očuvanja genofonda, jer je odnos između veličine populacije i postotka očuvane heterozigotnosti tako sveden na minimalan gubitak ukupne aditivne genetske varijabilnosti. Klimatske promjene i novi stanišni uvjeti stvorit će dodatne izazove u sjemenarstvu i gospodarenju šumama s posljedicama utjecaja na njihovu ekonomsku i socijalnu korist te na biološku raznolikost šumskih ekosustava.

**Ključne riječi:** *ex situ* očuvanje genetske raznolikosti, šumski reprodukcijski materijal u kategoriji „kvalificiran“ i „testiran“, klimatske promjene, adaptabilnost

<sup>1</sup> Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25

<sup>2</sup> Hrvatske šume d. o. o.

## UVOD

### INTRODUCTION

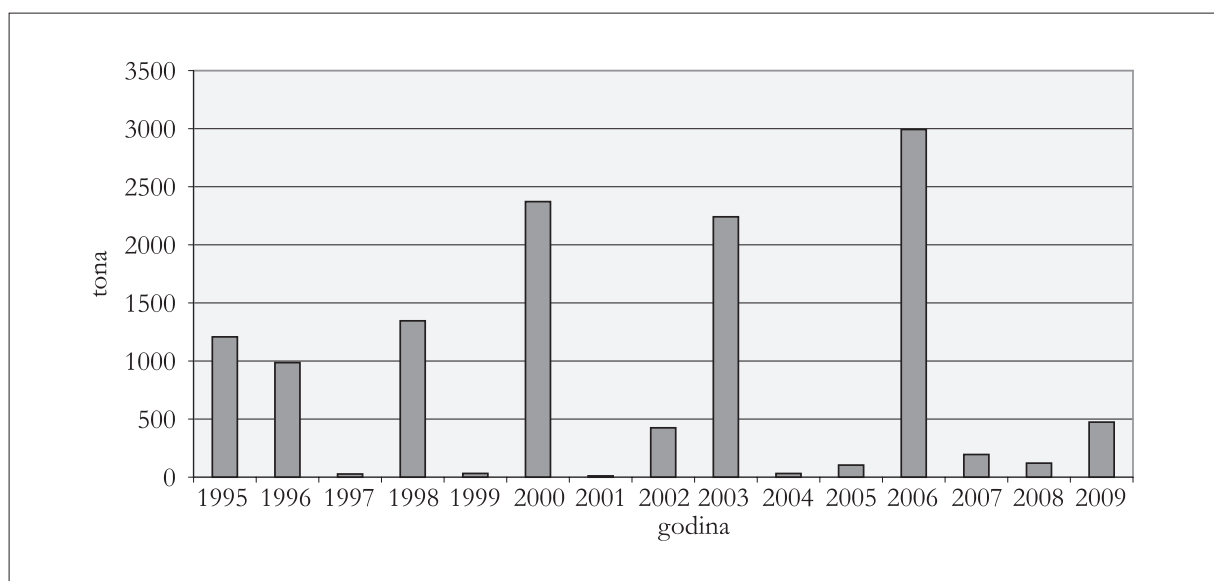
U zemljama s razvijenim šumarstvom sjemenske plantaže čine „kolijevku“ za većinu šumskih kultura. Upotrebljavalo ih se kao pouzdan i obnovljiv izvor sjemena, ali razvojem oplemenjivanja sve se veći naglasak stavlja na genetsku dobit koju je njima moguće ostvariti. Sjemenske su plantaže najvažnija poveznica između operativne šumarske prakse s jedne strane i oplemenjivanja i pratećih znanstvenih istraživanja s druge. Njihova je važnost višestruka: stvaranje izvora reprodukcijskog materijala prilagođenog promijenjenim klimatskim, stanišnim i gospodarskim uvjetima, koji će biti potreban budućim generacijama te služiti kao važan čimbenik u očuvanju genetske raznolikosti. Uloga sjemenskih plantaža i njihov udio u europskom i svjetskom šumarstvu u projekciji je svih budućih prihodovanja iz gospodarenja šumama. U znanstvenom smislu sjemenske plantaže i gospodarenje svim njihovim tipovima doživljavaju se kao već usvojena znanost, u kojoj vodeću ulogu preuzima praksa, a ne znanstvenici. Međutim, razvojem novih metoda i tehnologije nagomilalo se znanje i iskustvo i otvorilo put k novim spoznajama i teorijskim postavkama koje će uvelike unaprijediti buduće gospodarenje plantažama i još više istaknuti njihovu važnost (Lindgren 2007).

U Hrvatskoj, za većinu naših gospodarski važnih vrsta šumskog drveća, problemi biološke obnove, popunjavanja djelomično prirodno obnovljenih površina te pošumljavanja čistina postoje već nekoliko desetljeća. Periodicitet plodonošenja u sastojinama nije pravilan, a vremenski se period do obilnijeg ili punog uroda sjemena sve više produžuje (Slika 1.).

Proizvodnja sjemena za potrebe šumarstva moguća je na više načina. Najjednostavniji je način sabiranje sjemena u šumi ili izvan šume s pojedinačnih stabala koja se slobodno oprašuju, a da se pri tome ne obrati posebna pozornost na kvalitetu stabala s kojih se sabire sjeme, niti se iz daljnje proizvodnje ne izdvajaju fenotipski loša stabla. Od tako skupljenog sjemena ne možemo očekivati dobro, a često niti prosječno potomstvo. Zbog toga se tako proizvedeno i skupljeno sjeme ne treba iskorištavati u šumarstvu za biološku obnovu šuma nego se odabiru pojedini dijelovi kvalitetnijih šuma – kategorije „poznato podrijetlo“ (Zakon o šumskom reprodukcijskom materijalu NN 75/09).

Drugi je način sabiranje sjemena u odabranim fenotipski kvalitetnim sastojinama, tzv. sjemenskim sastojinama. Dobiveno sjeme u prosjeku je bolje genetske konstitucije jer se sabire samo s fenotipski kvalitetnih stabala. Potomstvo proizvedeno od takva sjemena treba biti u genetskom smislu barem kao prosjek sjemenske sastojine iz koje je sjeme ubrano (kategorija „selekcioniran“). U ovom slučaju najčešće se ostvaruje i mala genetska dobit (do 3 %) u potomstvu.

Na području Hrvatskih šuma d. o. o. izdvojene su sjemenske sastojine kao šume s posebnom namjenom, ukupne površine 15 791,84 ha. Sjeme iz takvih sastojina u prvom je redu namijenjeno za potrebe proizvodnje sadnica, za podsijavanje u sastojinama, kao pomoć prirodnoj obnovi, te za pošumljavanje novih površina sjemenom. Međutim, sjemenske sastojine ne mogu uvijek i kod svih vrsta zadovoljiti te potrebe. Navedene površine sjemenskih sastojina većinom su dostat-



Slika 1. Periodicitet plodonošenja hrasta lužnjaka na području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o, za period 1995. – 2009.

*Figure 1 Periodicity of pedunculate oak masting in the area managed by Croatian forests Ltd. for the period 1995.-2009.*

ne za podmirenje potreba na sjemenu u godini dobrog uroda. No, periodicitet uroda za gotovo sve vrste drveća u rasponu je od dviju do pet, pa i više godina. Kako bi se premostio nedostatak sjemena u godinama bez uroda ili sa slabim i nedostatnim urodom, započelo se s osnivanjem klonskih sjemenskih plantaža, koje su treći način proizvodnje šumskog sjemena.

Proizvodnja šumskog sjemena u sjemenskim plantažama u programima oplemenjivanja pojedinih vrsta šumskog drveća, koje se ne mogu rutinski autovegetativno razmnožavati, veoma je važna. Sjemske plantaže mogu biti generativne (sadržavaju potomstvo selekcioniranih superiornih stabala, bilo iz slobodnog ili iz kontroliranog oprašivanja) ili klonske (sadržavaju heterovegetativno selekcionirana superiorna stabla). U konkretnom slučaju oplemenjivanja pojedinih vrsta u Hrvatskoj osnivane su klonske sjemske plantaže sukladno Programu osnivanja klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskim šumama d. o. o. od 1998. do 2025. godine.

Pod sjemskom plantažom podrazumijevamo kulturu genetski superiornih stabala, koja je izolirana ili tako uređena da se izbjegnu ili znatno smanje mogućnosti oprašivanja iz vanjskih izvora od genetski inferiornih stabala i koja se pomotehničkim zahvatima intenzivno uređuje sa svrhom učestale i obilne cvatnje i plodonošenja, kako bi se osigurale povećane potrebe u proizvodnji šumskoga reprodukcijuskog materijala. Koncept klonskih sjemenskih planataža zamišljen je tako da se fenotipski najbolja stabla, tzv. plus stabla, u plantaži međusobno oprašuju i oploduju, ostvarujući na taj način genetsku dobit od 10 % i više (Vidaković 1996, Vidaković i dr. 2000). Potomstvo iz plantaža čini kategoriju „kvalificiranoga” šumskog reprodukcijuskog materijala.

Daljnje poboljšanje genetske kvalitete sjemena i biljaka moguće je na osnovi selekcije po genotipu testovima potomstva (Eriksson i Ekberg 2001), a takav šumski





Slika 2. Klonska sjemenska plantaža hrasta lužnjaka, Petkovac, UŠP Vinkovci  
*Figure 2. Clonal seed orchards of pedunculate oak, Petkovac, Forest Range Office Vinkovci*



Slika 3. Klonska sjemenska plantaža poljskog jasena, Prvča, UŠP Nova Gradiška  
*Figure 3. Clonal seed orchards of narrow leaf ash, Prvča, Forest Range Office Nova Gradiška*



Slika 4. Klonska sjemenska plantaža divlje trešnje, Kutina, UŠP Zagreb  
*Figure 4. Clonal seed orchards of wild cherry, Kutina, Forest Range Office Zagreb*

reprodukcijски materijal čini kategoriju „testiran”. Na osnovi testiranja potomstva iz plantaže se eliminiraju klonovi koji daju ispodprosječna potomstva ili se po određenom modelu regulira broj njihovih rameta. Tako možemo ostvariti dodatnu genetsku dobit ( $\Delta G$ ) koja može iznositi od 15 do 30 %.

Nakon provedene selekcije plus stabala u sastojinama provodi se njihovo heterovegetativno razmnožavanje (cijepljenje), osnivanje i nadopuna sjemenskih plantaža s cjepovima (rametama), njega biljaka i formiranje krošanja, zaštita od bolesti i štetnika, fenološka opažanja (praćenje vremena listanja i cvjetanja) te evidencija plodonošenja klonova. Također se utvrđuje genetska kvaliteta selekcioniranih majčinskih (plus stabala) testovima potomstava (selekcija po genotipu).

Zahvaljujući stimulaciji cvatnje i boljoj zaštiti cvjetova i plodova od biotičkih i abiotičkih čimbenika proizvodnja sjemena u plantaži veća je i češća nego u prirodnim sastojinama i kulturama. Zbog toga se planirane potrebe za sjemenom mogu bolje realizirati. Samo skupljanje sjemena u plantaži jednostavnije je, jer se radi o stablima modificiranoga uzgojnog oblika i visine za bolje plodonošenje i olakšanu berbu, koja su uzgojena na predviđenoj i priređenoj površini. Osnivanjem sjemenskih plantaža zaštićuje se i genofond pojedine vrste, jer one čine arhiv različitih genotipova, koji dobro predstavljaju genetsku raznolikost vrste u njezinu prirodnom okruženju.

Pravilnim izborom lokaliteta gdje će se podići sjemenska plantaža može se povećati učestalost priroda (gustoća rodnosti) i kvaliteta sjemena te minimalizirati nepovoljan utjecaj unošenja stranog peluda.



Tablica 1. Iskaz ukupnih količina šumskog sjemena sakupljenog u periodu 1995. – 2009. na području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o.  
 Table 1. Overall quantities of forest seed collected in the period 1995.–2009. in the area managed by Croatian forests Ltd.

R. br.	VRSTA DRVEĆA	GODINA														UKUPNO	PROSJEČNO GODIŠNJE	
		1.995	1.996	1.997	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008			2.009
1	<i>Quercus robur</i>	1.208.993	987.421	27.483	1.346.762	33.099	2.371.089	11.098	426.115	2.243.984	31.801	104.716	2.992.271	195.214	121.916	476.146	12.578.108	838.541
2	<i>Quercus petraea</i>	189.271	101.996	236.050	269.899	214.691	211.316	48.703	82.343	312.097	49.266	269.807	86.763	249.579	2.656	233.440	2.557.877	170.525
3	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.267	3.295	751		4.439	35		2.134	55	1.162	1.848	2.641	535	347	1.392	19.901	1.327
4	<i>Alnus glutinosa</i>		29	25		8	6	12	6	16	16	3	8	0	2	1	132	9
5	<i>Fagus sylvatica</i>				400	1.130		1.835		2.799	1.242		2.610	377	7.948	73	18.414	1.228
6	<i>Juglans nigra</i>					30.820	45.716	34.554	46.828	66.020	42.907	51.100	31.701	27.582	30.160	26.035	433.423	28.895
7	<i>Quercus rubra</i>		137										189				326	22
8	<i>Castanea sativa</i>		11								350	172		500	100	552	1.685	112
9	<i>Acer pseudoplatanus</i>				19			52		48	291	50	82	50	67	47	706	47
10	<i>Prunus avium</i>							2			15	20	10	17	20	17	101	7
11	<i>Prunus domestica</i>							2						50			52	3
12	<i>Sorbus torminalis</i>							2			62						64	4
13	<i>Sorbus aria</i>							4									4	0
14	<i>Sorbus aucuparia</i>							8									8	1
15	<i>Pyrus pyraeaster</i>							1			95						96	6
16	<i>Malus sylvestris</i>										80			5			85	6
17	<i>Carpinus betullus</i>													2			2	0
18	<i>Robinia pseudoacacia</i>				20	1									7		28	2
19	<i>Fraxinus excelsior</i>															3	3	0
	UKUPNO LISTAĆE	1.399.531	1.092.889	264.309	1.617.100	284.188	2.628.162	96.273	557.426	2.625.019	127.287	427.716	3.116.086	474.100	163.223	737.702	15.611.011	1.040.734
20	<i>Picea abies</i>	10	43	1	2	196	0	436						40	140		868	58
21	<i>Larix decidua</i>			1	4		8							4	0		17	1
22	<i>Pinus nigra</i>	413	500	400	34	2	600		6	114	33	252	12	200	83	81	2.730	182
23	<i>Pinus silvestris</i>				4	1	8	4	2	4		9		9	6		47	3
24	<i>Abies alba</i>	365	444	1.312	965	715		1.442		210	560		542	215	5	43	6.818	455
25	<i>Pseudotsuga menziesii</i>				2												2	0
	UKUPNO ČETINJACE	788	987	1.714	1.011	914	616	1.882	8	328	593	261	554	468	234	124	10.482	699
26	<i>Pinus nigra-dalmatica</i>	188	27	99	200	32	195	25			24		12	6	0	0	808	54
27	<i>Pinus halepensis</i>	231	62	25	85	18	126	32	98	28	169	93	204	676	30	36	1.913	128
28	<i>Pinus brutia</i>	56		74	54	65	15		30						0	9	303	20
29	<i>Pinus pinaster</i>	653	34	173	164	69	12	69		10		67		168	9	15	1.443	96
30	<i>Pinus pinea</i>	2.132	20	88	53	109	239			37				313	0	0	2.991	199
31	<i>Cedrus atlantica</i>		2												0	0	2	0
32	<i>Cupressus sempervirens</i>	262	8	45	262	5		14		52	84			232	15	29	1.008	67
33	<i>Quercus ilex</i>	6.381	450		60							400			536	550	8.377	558
34	<i>Quercus pubescens</i>	3.807	484	740	450	250						90		460	460	1.500	8.241	549
35	<i>Laurus nobilis</i>			14											7		21	1
36	<i>Celtis australis</i>	125	2												0		127	8
37	<i>Quercus cerris</i>															500	500	33
	UKUPNO MEDIT.VRSTE	13.835	1.089	1.258	1.328	548	587	140	128	127	277	650	216	1.855	1.057	2.639	25.734	1.716
	SVE UKUPNO	1.414.154	1.094.965	267.281	1.619.439	285.650	2.629.365	98.295	557.562	2.625.474	128.157	428.627	3.116.856	476.423	164.514	740.465	15.647.227	1.043.148

Vrlo važnu gospodarsku ulogu kod sjemenskih plantaža ima ostvarenje veće genetske dobiti u potomstvu nego što je to slučaj s potomstvom iz sjemenskih sastojina ili šumskih sastojina. Razlog je u tome što u sjemenskim plantažama imamo polukontrolirano oprašivanje, a sjeme je podrijetlom od selekcioniranih roditelja, dok u sjemenskim sastojinama znamo samo majčinsku jedinku s koje sabiremo sjeme, dok je muški roditelj nepoznat. Tako kod sjemena proizvedenog u plantaži, kada su ispunjeni preduvjeti potrebni za njegovo optimalno funkcioniranje, možemo garantirati da je sjeme visoke genetičke kvalitete. Iako je u gospodarenju hrvatskim šumama predviđena biološka obnova, ona se ne može uvijek u potpunosti sprovesti. Najčešći je razlog, kao što je već prije napomenuto, pomanjkanje uroda u onim sastojinama koje se trebaju pomladiti prirodnim putem. Godišnje potrebe za sjemenom važnijih vrsta šumskog drveća pokazuju znatan godišnji manjak. Zbog toga bi, kao pripomoć prirodnoj obnovi šumskih sastojina, trebalo svake godine osigurati veće ili manje količine šumskog sjemena. Evidentna je potreba za sjemenom važnijih listopadnih vrsta šumskog drveća krupnog sjemena (hrast lužnjak, hrast kitnjak, poljski jasen, obična bukva i dr.), i zbog periodiciteta uroda tih vrsta, ali i zbog nemogućnosti skladištenja njihova sjemena. Na primjer, u proteklom desetljeću godišnje se prosječno sabiralo oko 900 t hrasta lužnjaka, odnosno 170 tona hrasta kitnjaka (Tablica 1.).

Osobito je važno namiriti potrebe šumskog sjemena u rasadnicima trgovačkog društva Hrvatskih šuma d. o. o. Zagreb koji u proteklom razdoblju imaju potrebu i zadatak proizvodnje i isporuke većih količina visokokvalitetnih šumskih sadnica. Proizvodnja sjemena u sjemenskim plantažama trebala bi dati bolja rješenja u smislu redovitog uroda kvalitetnog i genetski poboljšanog sjemena te za potrebe proizvodnje šumskih sadnica u rasadnicima čija se prosječna godišnja proizvodnja kreće od 8 do 17 milijuna sadnica u proteklih desetak godina.

Kako bi se ta negativna razlika između potrebnog i skupljenog sjemena umanjila ili pak anulirala, potrebno je bolje organizirati proizvodnju sjemena. U tom pogledu proizvodnja sjemena u sjemenskim plantažama trebala bi nam predstavljati bolja rješenja.

## ULOGA SJEMENSKIH PLANTAŽA U OČUVANJU GENETSKE RAZNOLIKOSTI

### *THE ROLE OF CLONAL SEED ORCHARDS IN THE CONSERVATION OF GENETIC DIVERSITY*

Genetska raznolikost rezultat je različitosti u genetskim sekvencijama, u odnosu na razlike koje su uvjetovane okolišem. Genetska raznolikost vrste uključuje međupopulacijsku i unutarpopulacijsku raznolikost, a može se podijeliti u dva tipa: neutralnu i adaptivnu raznolikost. Neutralna raznolikost rezultat je razlika između genotipova koji ne djeluju na sposobnost preživljenja ili reprodukcije, dok adaptivnu raznolikost čine one razlike koje utječu na životnu sposobnost organizma ili populacije. Kako bi neka prirodna populacija odgovarala kao životno pogodna, mora imati sposobnost odgovora na promjene okoliša, kompeticije s drugim vrsta-

ma te sposobnost reprodukcije. Za potrebe očuvanja genofonda vrsta šumskog drveća potrebno je zaštititi postojeću genetsku varijabilnost, njegovu adaptabilnost za procese prirodne evolucije i za oplemenjivanje te unaprijediti saznanja i identifikiranje tolerantnih jedinki na pojedine bolesti i štetnike, uz izbjegavanje smanjenja veličine genetskih resursa ugroženih vrsta.

Zaštita metodom *ex situ* očuvanje je vrsta šumskog drveća izvan njihovih prirodnih staništa. Ta se metoda primjenjuje paralelno s metodom *in situ*, a posebice kod vrsta kod kojih je onemogućeno očuvanje dijelova ili cijelih populacija. U tu svrhu potrebno je osnivanje *ex situ* eksperimentalnih ploha, što uključuje istraživanja u pokusima provenijencija, testovima potomstava i klonskim testovima. Tom metodom moguće je sačuvati genetsku raznolikost pojedine vrste osnivanjem kolekcija kao što su: testovi provenijencija i polusrodnika, klonski arhivi, klonske sjemenske plantaže, banke sjemena, peluda i biljnog tkiva.

Procjena veličine uzroka za *ex situ* očuvanje gena posebno je važna i postoji više pristupa kako doći do njezine odgovarajuće veličine. Do sada je ispitano nekoliko metoda koje su primjenjivane u prošlosti, a pojedini autori razmotrili su i objasnili uzimanje uzoraka na način kojim će se očuvati najmanje 95 % genetičke raznolikosti. Rezultati su pokazali da je zbog ukupne efikasnosti općenito bolje uzimati uzorke s više lokaliteta i s manjeg broja biljaka po lokalitetu nego obratno. Zaključeno je da u većini slučajeva veličina uzorka ne treba prelaziti 50 biljaka po lokalitetu ili populaciji. Naravno, struktura populacije i zemljopisna rasprostranjenost vrste trebaju biti razmotrene prije nego se planira prikupljanje. Dobro je poznata formula  $1 - [1/(2N_e)] \times 100$  koja prikazuje odnos između veličine populacije i postotka očuvane aditivne genetske raznolikosti (heterozigotnosti) (Lande i Barrowclough 1987). Efektivna veličina populacije ( $N_e$ ) prikazuje veličinu uzorka ili broj stabala u uzorku za koje procjenjujemo da nisu u srodstvu. Taj tip adaptivne (aditivne) genetske raznolikosti najvažnija je raznolikost za oplemenjivanje i za evolucijsko adaptacijska svojstva.

Drugi pristup zasniva se na pogledu da treba očuvati što je moguće više alelomorfnih gena. Rijetki alelomorfi koji su neutralni u pogledu prirodne selekcije u nekim okruženjima imaju vrlo vjerojatno važnu adaptivnu vrijednost. Zbog toga je u mnogim istraživanjima pozornost bila usmjerena na rijetke alelomorfe. Izračuni za rijetke alelomorfe zanimljivi su, ali ih je teško direktno povezati s adaptacijom. Postoji vrlo malo preciznih informacija o rijetkim alelomorfima koji kontroliraju adaptaciju kod šumskog drveća. Nažalost, frekvencije genskih alelomorfa kod šumskog drveća, koji su nedavno procijenjeni na temelju rezultata dobivenih primjenom izoenzima i nekih molekularnih biljega, obično se ne zasnivaju na lokusima koji kontroliraju adaptaciju (Kajba i dr. 2006a; Kajba i Hrašovec 2009).

Pretpostavka je da sjemenske plantaže čine prikladnu bazu za *ex situ* očuvanje genetske raznolikosti vrste, kao i za proizvodnju genetski kvalitetnog sjemena za obnovu sastojina ili potpomaganje prirodne obnove. Pretpostavlja se i da je potomstvo selekcioniranih plus stabala superiorno u odnosu na potomstvo prosječnih stabala iz prirodnih sastojina, što treba potvrditi istraživanjima u postojećim testovima familija srodnika dobivenih slobodnim oprašivanjem izabраниh plus stabala (Bogdan i dr. 2004; Kajba i dr. 2006b).



## OSNIVANJE I ODRŽAVANJE KLONSKIH SJEMENSKIH PLANTAŽA U HRVATSKOJ

### ESTABLISHMENT AND MAINTAINING OF CLONAL SEED ORCHARDS IN CROATIA

U Hrvatskoj se započelo s osnivanjem klonskih sjemenskih plantaža već prije više desetljeća, i to ponajprije u znanstvene svrhe radi stjecanja iskustva (Vidaković 1996). Osnivane su kao eksperimentalne sjemenske plantaže na malim površinama većinom od četinjača, a manje od listača. Novije produkcijske klonske sjemenske plantaže osnivaju se i na većim površinama (od 15 ha do preko 20 ha) od 1996. do 2006. godine. Osnovane su plantaže hrasta lužnjaka i kitnjaka, poljskog jasena, divlje trešnje i crnog bora, a u fazi je osnivanja i klonska sjemenska plantaža kasnog hrasta lužnjaka. Podatci o godini osnivanja, lokaciji, razmaku sadnje i broju klonova svih plantaža nalaze se u Tablici 2. Uz navedene klonske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka osnovani su i testovi potomstava za utvrđivanje genetske kvalitete selekcioniranih plus stabala (Vidaković i dr. 2000).

Tablica 2. Klonske sjemenske plantaže u Hrvatskoj  
 Table 2. Clonal seed orchards in Croatia

Red. br.	Vrsta	Sjemenska regija	Uprava šuma podružnica	Šumarija	Godina osnivanja	Broj klonova	Razmak sadnje (m)	Površina (ha)
1.	<i>Quercus robur</i>	1.1.2. srednje Podravine	Našice	Orahovica	1996	40	10×8	18,4
2.	<i>Quercus robur</i>	1.2.1. donje Posavine	Vinkovci	Otok	2000	57	10×8	25,0
3.	<i>Quercus robur</i>	1.2.3. Pokuplja, središnje Hrvatske i gornje Posavine	Bjelovar	Čazma	2001	53	10×8	26,0
4.	<i>Quercus petraea</i>	2.1.1. srednja Hrvatska	Požega	Požega	2008	52	8×6	7,3
5.	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.2.2. srednje Posavine	Nova Gradiška	Nova Gradiška	2005	56	4×4	3,5
6.	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.2.3. gornje Posavine, srednje Hrvatske i Pokuplja	Bjelovar	Čazma	2007	50	5×5	7,3
7.	<i>Prunus avium</i>	–	Zagreb	Kutina	2001	26	6×3	3,5
8.	<i>Pinus nigra</i>	3.3.1. austrijskog crnog bora	Senj	Krk	2006	32	10×5	2,0

Proizvodnja šumskog sjemena u klonskim sjemenskim plantažama, slično kao i uspješna voćarska proizvodnja, zasniva se na održavanju ravnoteže između vegetativne i generativne aktivnosti i primijenjena je i kod cjepova šumskog drveća u klonskim sjemenskim plantažama. Rezidbom na formiranje oblikuje se uzgojni oblik, dok se rezidbom na rodnost održava povoljna ravnoteža između rasta i rodnosti. Rezidba na formiranje uzgojnog oblika započela je odmah nakon sadnje i imala je za cilj da u tijeku sljedećih sedam do osam godina dobije željeni oblik krošnje s dobro raspoređenim osnovnim (skeletnim) granama (Kajba i dr. 2007).

Sadnice se prikraćuju na visini formiranja krošnje. Također su prikraćivane one grane iz kojih se željelo izazvati grananje postranih pupova. Rezidbom se grane

obično odstranjuju, i to konkurentne grane, kako bi se forsirao rast ostavljene mladice. Intenzitetom rezidbe, tj. odnosom vegetativnih i generativnih pupova u krošnji, određuje se kondicija, bujnost i rodnost stabla. Uravnoteženost vegetativnih i rodni pupova postiže se samo pravilnom rezidbom nadzemnog i eventualno podzemnog dijela stabla. Plantaže se, sukladno Programima gospodarenja, redovito zaštićuju od štetnika (Hrašovec 2002).

## **SJEMENSKE PLANTAŽE U UVJETIMA KLIMATSKIH PROMJENA** *SEED ORCHARDS IN TERMS OF CLIMATIC CHANGE*

Utjecaj klimatskih promjena na šumske ekosustave tema je koja u novije vrijeme pobuđuje velik interes u znanstvenim krugovima. Još prije dvadesetak godina globalne klimatske promjene nisu bile ozbiljan problem, čiji bi se utjecaj dugoročno uzimao u obzir prilikom unošenja šumskoga reprodukcijanskog materijala u sastojine ili sađenja novih sastojina. Međutim, danas postaje jasno da se globalna klima mijenja, vodeći k toplijim i najčešće sušim uvjetima u mnogim šumskim ekosustavima svijeta. Pomicanje granica areala šumskog drveća, širenje utjecaja određenih štetnika te povećana mogućnost izbijanja šumskih požara samo su neki od mogućih izazova s kojima će se gospodarenje šumskim ekosustavima suočiti u budućnosti. Optimističnije prognoze predviđaju veliku sposobnost prilagodbe šumskog drveća na novonastale uvjete. Uzimaju u obzir evolucijske promjene koje se mogu odvijati na razini vrste migracijama gena, na razini populacije, gdje fenološka, morfološka i svojstva rasta oblikuje prirodna selekcija, ali i na razini jedinke, fenotipskim varijacijama istih ili sličnih genotipova zbog različite ekspresije gena u promijenjenim uvjetima. Postoje dokazi, na temelju empirijskih podataka dugoročnih istraživanja da je evolucija uvjetovana klimatskim promjenama već započela i da se drveće na razini jedinke i populacija već prilagođava na, primjerice, povišene koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi. Rezultati nekih istraživanja iz testova provenijencija ili unosa egzotičnih vrsta u nova područja pokazuju prilagodbu šumskog drveća već unutar nekoliko ili čak jedne generacije i time se suprotstavljaju teoretskim modelima koji predviđaju da je za promjenu adaptivnih svojstava u nekoj populaciji šumskog drveća pod različitim klimatskim scenarijima potrebno dvadesetak generacija (Kremer 2007).

Optimističnim prognozama i „povjerenju“ u veliku sposobnost prilagodbe šumskog drveća na izmijenjene bioklimatske uvjete suprotstavlja se mogućnost da se promjene ipak dogode prebrzo, u obliku učestalih ekstremnih vremenskih događaja, zagađenja i drugih čimbenika koji čine dodatni selekcijski pritisak. U budućim nepredvidljivim uvjetima ne može se sa sigurnošću tvrditi da mogućnost adaptacije neće dosegnuti neke granice ili da će evolucijski procesi u potpunosti pratiti principe uzročnosti. Bez obzira na to što rezultati iz testova provenijencija upućuju na relativno brzu adaptaciju šumskog drveća na lokalne uvjete i razvitak klinalne raznolikosti nekih adaptivnih svojstava, klimatske promjene mogle bi prestići procese prilagodbe, pogotovo u uvjetima staništa isprekidanih geografskim i antropogenim

čimbenicima, koji uvelike otežavaju migraciju šumskog drveća (Savolainen i dr. 2007). Adaptacija je vrlo kompleksan proces, koji obuhvaća istodobno mnoga svojstva, pa je na temelju dosadašnjih istraživanja, koja se najčešće bave jednim svojstvom, teško donositi zaključke o tome koliko će šumski ekosustavi biti pogođeni klimatskim promjenama. Svakako su u najvećoj opasnosti vrste isprekidanog i ograničenog areala, pogotovo ako se pojave problemi u reprodukciji i ograničene migracije u nova područja.

Oplemenjivanje šumskog drveća u cijelome svijetu tradicionalno je okrenuto poboljšanju iskoristivosti šuma u pogledu drvne mase, tj. proizvodnji šumskog drveća poboljšanog rasta, pravnog debla, bolje kvalitete drva i veće otpornosti na štetočinje. Programi oplemenjivanja uključuju testove potomstava, provenijencija i klonske testove radi selekcije za opću adaptaciju u velikom rasponu okolišnih prilika ili selekcije za specifičnu adaptaciju provenijencija ili klonova koji posebno dobro rastu na određenom području/staništu. Kada je osnovni cilj proizvodnja, šumovlasnici su preferirali upotrebu one provenijencije/klona (ili malog broja takvih) koji su se najbolje pokazali u testovima za određeno područje. Međutim, klimatske promjene mogu izmijeniti okolišne uvjete tijekom ophodnje i djelovati na učinak dotada optimalne provenijencije/klona. Zbog toga se u posljednje vrijeme diverzifikacija genetske raznolikosti nameće kao rješenje u uvjetima nesigurnosti budućih značajki staništa. Održavanje široke genetske baze pri oplemenjivanju određene vrste smanjuje rizik gospodarskoga gubitka zbog propadanja dotad optimalne provenijencije/klona u izmijenjenim uvjetima ili njihove osjetljivosti na neku novu bolest/štetnika. Sjemenske plantaže kao osnovni izvor šumskoga reproduktivnog materijala, pogotovo u uvjetima kada je zbog klimatskih promjena ili nekih drugih čimbenika prirodna reprodukcija otežana ili nepostojeća, moraju biti osnivane po principima očuvanja genetske raznolikosti i održavati visoku sposobnost prilagodbe određene vrste (Bosselman i dr. 2008).

Klimatske promjene donose probleme i u samom gospodarenju postojećim plantažama. Donedavno se najvažnijim i donekle stabilnim čimbenicima koji utječu na gospodarsku i genetsku važnost uroda iz sjemenskih plantaža smatralo vrijeme i trajanje cvjetanja, raznolikost u plodnosti i ukupni broj uvrštenih klonova. No, promjene u klimatskim uvjetima počinju presudno utjecati na vrijeme cvjetanja i sinkronizaciju klonova te time na količinu i kvalitetu uroda (Alizoti i dr. 2009).

Prema mišljenju stručnjaka važnost održavanja genetske raznolikosti šumskog drveća u ublažavanju utjecaja klimatskih promjena na šumarsku djelatnost treba biti prepoznata i zakonski regulirana na državnoj i paneuropskoj razini. Treba poticati gospodarenje šumama koje omogućava evolucijske procese i biološku obnovu šuma tamo gdje je moguća. Pritom je važno ustanoviti je li određena populacija dobro adaptirana na lokalne uvjete i posjeduje li dovoljnu genetsku raznolikost. Pri umjetnoj ili potpomognutoj prirodnoj obnovi reproduktivni materijal također treba biti dobro adaptiran i genetski raznolik. Preporučuje se definiranje paneuropskih smjernica za prijenos reproduktivnog materijala kao rezultat strategije za ubrzanje adaptacije drveća na klimatske promjene oplemenjivanjem i prijenosom pogodnog materijala na nova područja. Strategija mora biti znanstveno utemeljena na interdisciplinarnim istraživanjima, koja bi udružila područja genetike, fiziologije,



fitopatologije, entomologije i sl., upravljanja šumama i ekonomike te modeliranja (Koskela i dr. 2007).

## SUVREMENO GOSPODARENJE SJEMENSKIM PLANTAŽAMA – IZAZOVI I PERSPEKTIVE

### MODERN SEED ORCHARD MANAGEMENT – CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Oplemenjivanje šumskog drveća u plantažama istovremeno mora uzeti u obzir uzgojnu vrijednost klonova odnosno familija dobivenih slobodnim ili kontroliranim oprašivanjem, genetsku raznolikost, vrijeme, troškove i tehničke zahtjeve. Optimalno usklađivanje svih tih čimbenika u učinkovit i isplativ sustav nije jednostavan zadatak i tema je mnogih novijih istraživanja.

Razrađuju se teorijski modeli za sve stadije dugoročnog oplemenjivanja, kao npr. učinkovitost različitih načina testiranja pri selekciji (klonski testovi, testovi potomstva, selekcija isključivo po fenotipu) ili utjecaj različitih načina prorede na međuodnos genetske dobiti i genetske raznolikosti u sjemenskim plantažama (Danusevičius i Lindgren 2001). Kao primjer možemo navesti istraživanje u generativnoj sjemenskoj plantaži vrste *Quercus acutissima* (Kang i dr. 2005) i kako se u određenoj dobi plantaže mogu prorjeđivati. Autori su ispitali razlike između prorjeđivanja linearnom metodom kojom se uklanja određeni broj rameta klonova/članova familije ili čitav klon/familija na temelju uzgojne vrijednosti procijenjene testovima potomstva ili klonskim testovima. Sistematska metoda uključila je uklanjanje npr. svakoga drugog reda, a kod metode uklanjanja klonovi/familije s uzgojnom vrijednošću ispod određenog praga potpuno se uklanjaju. Učinkom određenog načina „genetskog prorjeđivanja“ i dugoročnog upravljanja plantažama bave se i mnoga druga istraživanja, jer je ključno da se učinkovitost plantaža održava u optimumu, ne dovodeći u pitanje ni genetsku raznolikost vrste, ni ostvarenu dobit, koja je u gospodarskom interesu oplemenjivača. U novije vrijeme naglasak je stavljen na spomenutu linearnu metodu koja se po nekim rezultatima nameće kao optimalna za traženi omjer genetske dobiti i očuvanja raznolikosti, pogotovo u plantažama gdje je veoma važan efektivan broj klonova i za koje je poznata uzgojna vrijednost na temelju testiranja (Prescher i dr. 2006; Prescher i dr. 2007).

Važnost određenih tipova molekularnih biljega u istraživanju sjemenskih plantaža možemo shvatiti ako spomenemo osnovne preduvjete za potpuno ispunjenje funkcije sjemenske plantaže: maksimalnu fenološku sinkroniziranost klonova/familija, jednaki doprinos klonova/familija kroz njihovo slobodno oprašivanje, minimalno križanje u srodstvu i unošenje stranog peluda (Kang i dr. 2005).

Prekretnicu u populacijskoj genetici, a ujedno i u istraživanju plantaža, donijela je primjena molekularnih metoda, pomoću DNK sekvencija i biljega, u promatranju, praćenju i upravljanju genetskim izvorima.

Najveću primjenu u istraživanju genetske raznolikosti klonova i njihova potomstva u plantažama, u determiniranju eventualno krivo označenih rameta, u definiranju obrasca oprašivanja unutar plantaža te postotka kontaminacije stranim peludom našli su jezgri DNK mikrosatelitski biljezi. Zbog svoje velike razlučivosti

i polimorfnosti idealni su za genotipizaciju klonova i istraživanog potomstva te su vrlo koristan alat u otkrivanju nepravilnosti u funkcioniranju plantaža i odstupanja od njihova idealnog modela, pružajući priliku za ispravljanje.

U tom smislu započeta su i istraživanja na trima hrvatskim klonskim sjemen-  
skim plantažama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Svi su klonovi genotipizirani  
pomoću osam polimorfnih jezgrinih DNK mikrosatelitskih biljega (Kampfer i dr.  
1998; Steinkellner i dr. 1997) i napravljena je preliminarna analiza genetske raznolikosti u plantažama (Katičić i dr. 2010). Kao sljedeći korak bilo bi korisno analizirati potomstvo iz plantaža pomoću istih biljega kako bi se ustanovio obrazac oprašivanja unutar plantaža te postotak oplodnje stranim peludom. Na temelju fenoloških opažanja listanja, u klonskom testu osnovanom s većinom klonova iz spomenutih plantaža, ustanovljena je mogućnost da se i klonovi iz dviju plantaža grupiraju u vremenski razdvojene fenološke skupine (Franjić i dr. 2009). Takvo bi razdvajanje potencijalno moglo dovesti do sužavanja genetske raznolikosti u potomstvu s plantaža. Istraživanje potomstva pomoću mikrosatelitskih biljega može nam pružiti uvid u tu problematiku i, ako bude potrebno, usmjeriti nas k njezinu rješavanju.

Važno je napomenuti da je u planu osnivanje i zasebne plantaže kasne forme hrasta lužnjaka zbog njegove ekološke i gospodarske važnosti (otpornosti na kasne mrazove i određene vrste štetnika zbog kasnijeg listanja). U takvoj će plantaži, zbog ujednačene fenologije, biti izbjegnuto formiranje fenoloških skupina i, uz ostvarenje uvjeta dovoljne udaljenosti od izvora stranog peluda, bit će minimaliziran njegov unos u plantažu.

U novije vrijeme razvija se i područje tzv. molekularnog oplemenjivanja, utemeljenog na selekciji pomoću molekularnih biljega MAS (Marker Based Selection).

Proces oplemenjivanja šumskog drveća, zbog njegove dugovječnosti i relativno sporog rasta te samim time i kasnije pojave određenih klasičnih fenotipskih svojstava na temelju kojih bi se izvršila selekcija, dugotrajan je i zahtjevan. Stoga ne čudi velik interes za ranu selekciju utemeljenu na molekularnim biljezima. Konstrukcija genetskih karata pomoću molekularnih biljega i otkrivanje lokusa za kvantitativna svojstva (QTL) posljednjih su godina otvorili zanimljivo područje istraživanja u šumarskoj genetici i oplemenjivanju. Otkriveni su važni lokusi za kvantitativna svojstva, primjerice za vegetativno razmnožavanje, oblik krošnje, rani rast, svojstva kvalitete drva ili otpornost na biotičke i abiotičke čimbenike kod raznih vrsta šumskog drveća (Wu 2002; Pratt i dr. 2000; O'Malley i McKeand 1994). Jasno je da primjena biljega vezanih za adaptivna svojstva zvuči vrlo privlačno, pogotovo u uvjetima prilagodbe gospodarenja i oplemenjivanja u sastojinama šumskog drveća očekivanim klimatskim i stanišnim promjenama. S potencijalno neograničenim izvorima DNK-biljega šumarski genetičari počeli su vjerovati da će MAS vrlo skoro postati stvarnost i naći široku primjenu, a koncept selekcije elitnih stabala po genotipu umjesto po fenotipu, i to u najranijoj dobi, izrazito je privlačan za oplemenjivače (Grattapaglia i dr. 2010). Ubrzanim razvojem genomike otkrivaju se nove metode koje će pojednostavniti i omogućiti primjenu MAS-a u oplemenjivanju šumskog drveća.

## LITERATURA

### REFERENCES

- Alizoti, P. G., Kilimis, K., Gallios, P. 2009. Temporal and spatial variation of flowering among *Pinus nigra* Arn. clones under changing climatic conditions. *For. Ecol. Managem.* 259. Str. 786–797.
- Bogdan, S., Katičić-Trupčević, I., Kajba, D., 2004. Genetic Variation in Growth Traits in a *Quercus robur* L. Open-Pollinated Progeny Test of the Slavonian Provenance. *Silvae Genetica* 53(5–6). Str. 198–201.
- Bosselman, A. S., Jacobsen, J. B., Kjær, E. D., Thorsen, B. J. 2008. Climate change, uncertainty and the economic value of genetic diversity: A pilot study on methodologies, *Forest & Landscape working papers br. 31-2008*. Forest & Landscape Denmark, Hørsholm. [www.sl.life.ku.dk](http://www.sl.life.ku.dk). 58 str.
- Danusevičius, D., Lindgren, D. 2002. Efficiency of selection based on phenotype, clone and progeny testing in long-term breeding. *Silvae Genet.* 51. Str. 19–26.
- Eriksson, G., Ekberg, I. 2001. An Introduction to Forest Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Franjić, J., Bogdan, S., Škvorc, Ž., Sever, K., Krstonošić, D. 2009. Fenološka sinkroniziranost klonova hrasta lužnjaka iz klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskoj. U: S. Matić, I. Anić (ur.) Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU. Str. 153–168.
- Grattapaglia, D., Sansaloni, C. P., Petrolini, C. D., Resende, Jr. M. F. R., Faria D. A., Missiaggia, A. A., Takahashi, E. K., Zamprogno, K. C., Kilian, A., Resende, M. D. V. 2010. Genomic Selection In Eucalyptus: Marker Assisted Selection Coming To Reality In Forest Trees. U: Abstracts Plant & Animal Genomes XVIII Conference, San Diego CA (W237). [http://www.intl-pag.org/18/abstracts/W31\\_PAGXVIII\\_237.html](http://www.intl-pag.org/18/abstracts/W31_PAGXVIII_237.html).
- Hrašovec, B. 2002. Protokol pregleda klonskih sjemenskih plantaža hrasta lužnjaka (*Quercus robur*) na prisutnost štetočinaca i poduzimanje mjera za njihovo suzbijanje. Šumarski fakultet, Zagreb, 12 str.
- Kajba, D., Gračan, J., Ivanković, M., Bogdan, S., Gradečki-Poštenjak, M., Littvay, T., Katičić, I. 2006a. Očuvanje genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj. *Glas. šum. pokuse, pos. izd.* 5. Str. 235–249.
- Kajba, D., Bogdan, S., Katičić, I. 2006b. Procjena genetskog poboljšanja bujnosti rasta putem klonskih sjemenskih plantaža hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse, pos. izd.* 5. Str. 251–260.
- Kajba, D., Hrašovec, B. 2009. Klonske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i njihova uloga u očuvanju genofonda u uvjetima klimatskih promjena i povećanih rizika od napada šumskih kukaca. U: S. Matić, I. Anić (ur.) Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU. Str. 143–152.
- Kajba, D., Pavičić, N., Bogdan, S., Katičić, I. 2007. Pomotehnički zahvati u klonskim sjemenskim plantažama. *Šum. list* 11–12. Str. 523–528.
- Kampfer, S., Lexer, C., Glössl, J., Steinkellner, H. 1998. Characterization of (GA)n microsatellite loci from *Quercus robur*. *Hereditas* 129. Str. 183–186.
- Kang, K. S., El-Kassaby, Y. A., Han, S. U., Kim, C. S. 2005. Genetic gain and diversity under different thinning scenarios in a breeding seed orchard of *Quercus acutissima*. *For. Ecol. Managem.* 212. Str. 405–410.
- Katičić, I., Bogdan, S., Sever, K., Šatović, Z., Kajba, D. 2010. Genetic structure and variability of phenological forms of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) from clonal seed orchards in Croatia. U: Book of Abstracts, Forest ecosystem genomics and adaptation: u tisku.



- Koskela, J., Buck, A., Teissier Du Cros, E. (ur.). 2007. Climate change and forest genetic diversity: implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy.
- Kremer, A. 2007. How well can existing forests withstand climate change? U: J. Koskela, A. Buck, E. Teissier Du Cros (ur.), Climate change and forest genetic diversity: implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. Str. 3–15.
- Lande, R., Barrowclough, G. F. 1987. Effective population size, genetic variation, and their use in population management. *Viable Populations for Conservation* (ed. Soulé), Cambridge University Press, Cambridge, UK. 88–123.
- Lindgren, D. (ur.). 2007. Seed orchards, Proceedings from a conference at Umeå, Sweden. <http://www-genfys.slu.se/staff/dagl/Umea07/ZProcFinalFeb08.pdf>.
- O'Malley, D. O., McKeand, S. E. 1994. Marker assisted selection for breeding value in forest trees. *For. Genet.* 1. Str. 207–218.
- Prat, D., Arcade, A., Faivre Rampant, P. 2000. Marker assisted selection in forest trees: perspective open by QTLs detected in mating design. U: Abstracts Plant & Animal Genomes VIII Conference, San Diego CA. <http://www.intl-pag.org/8/abstracts/pag8491.html>.
- Prescher, F., Lindgren, D., El-Kassaby, Y. A. 2006. Is linear deployment of clones optimal under different clonal outcrossing contributions? *Tree Genetics & Genomes* (2). Str. 25–29.
- Prescher, F., Lindgren, D., Karlsson, B. 2007. Genetic thinning of clonal seed orchards using linear deployment may improve both gain and diversity. *For. Ecol. Managem.* 254. Str. 188–192.
- Savolainen, O., Bokma, F., Knürr, T., Kärkkäinen, K., Pyhäjärvi, T., Wachowiak, W. 2007. Adaptation of forest trees to climate change U: J. Koskela, A. Buck, E. Teissier Du Cros (ur.), Climate change and forest genetic diversity: implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. Str. 19–28.
- Steinkellner, H., Fluch, S., Turetschek, E., Lexer, C., Streiff, R., Kremer, A., Burg, K., Gloss, J. 1997. Identification and characterization of (GA/CT)<sub>n</sub>-microsatellite loci from *Quercus petraea*. *Plant Molec. Biol.* 33. Str. 1093–1096.
- Vidaković, M. 1996. Podizanje klonske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. HAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci i Hrvatske šume d. o. o., Vinkovci – Zagreb. Str. 127–138.
- Vidaković, M., Kajba, D., Bogdan, S., Podnar, V., Bećarević, J. 2000. Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse* 37. Str. 375–381.
- Wu, H. X. 2002. Study of early selection in tree breeding. 4. Efficiency of marker-aided early selection (MAES). *Silvae Genet* 51(5–6). Str. 261–269.
- Zakon o šumskom reprodukcijskom materijalu, 2009. *Narodne novine*. 75 (30.06.2009.).

## THE IMPORTANCE OF CLONAL SEED ORCHARDS IN SEED PRODUCTION AND CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN CROATIA

### SUMMARY

*In accordance with the division of forests in Croatia into ecogeographic seed regions and zones, the following productive clonal seed orchards have been established: three orchards of pedunculate oak (*Quercus robur* L.), two of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl), one of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), one of wild cherry (*Prunus avium* L.) and one orchard of black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold). Phenotypical selection and heterovegetative propagation of plus trees, as well as the establishment of clonal seed orchards were launched with the goal of controlling more regular yield periodicity and obtaining forest seed of good genetic quality in the categories *Qualified* and *Tested*. The orchards are regularly subjected to pomotechnical treatments, protection and other measures of seed site maintenance. The evaluation of genetic values of mother trees in progeny tests and selection by genotype were also started for the purpose of obtaining increased genetic gain. In three orchards of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) genetic variability of clones was analysed by nuclear, as well as chloroplast microsatellite markers. Genetic diversity of Croatian forest tree species is simultaneously being conserved using the *ex situ* statical method. Clonal seed orchards are a nucleus of forest genetic resource conservation, since the relationship between the size of population and the percentage of preserved heterozygosity is thus reduced to minimal loss of total additive genetic variability. Climate changes and new habitat conditions will pose additional challenges to seed production and forest management; in turn, this will influence their economic and social benefits, as well as biological diversity of forest ecosystems.*

**Key words:** *Ex situ genetic resources conservation, forest reproductive material in the categories *Qualified* and *Tested*, climate change, adaptability*