

# Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (*Betula pendula* Roth) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj

---

**Kajba, Davorin**

*Source / Izvornik:* **Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis, 1996, 33, 53 - 108**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:569688>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-06**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood  
Technology](#)



DAVORIN KAJBA

## MEĐUPOPULACIJSKA I UNUTARPOPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNE BREZE (*Betula pendula* Roth) U DIJELU PRIRODNE RASPROSTRANJENOSTI U REPUBLICI HRVATSKOJ

INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF  
THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth) IN A PART OF ITS  
HABITAT IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Prispjelo: 29. 7. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

U radu su istraživane populacije obične breze s područja Hrvatske iskazale značajniju unutarpopulacijsku varijabilnost visinskoga i debljinskog prirasta, broja grana, te morfoloških svojstava lista i ploda u odnosu na varijabilnost među testiranim populacijama. Istraživanjem fenotipske stabilnosti visina i promjera kod istih polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobiven je značajan utjecaj staništa, što je izraženo znatnim modifikacijama uz statistički značajne razlike za interakciju polusrodnici  $\times$  stanište. Procjenom genetskih parametara za visinu, promjer iznad vrata korijena i broj grana utvrđeno je kako ta svojstva pripadaju skupini osrednje genetske kontrole. Vrijednosti očekivane genetske dobiti pokazuju kako se može ostvariti značajno genetsko poboljšanje u volumnom prirastu selekcijom u istraživanim populacijama, te osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže. Negativne genotipske i pozitivne visoke vrijednosti fenotipske korelacije, te velik udio okolišne komponente varijance u ukupnoj fenotipskoj varijanci rezultat su postojanja izrazite interakcije polusrodnici  $\times$  stanište.

Morfometrijska istraživanja svojstava lista kod polusrodnika i adultnih stabala iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje statistički značajne unutarpopulacijske varijabilnosti kod svih mjerenih svojstava.

Na osnovi provedenih istraživanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti obične breze u Hrvatskoj može se zaključiti da je tip varijabilnosti kinalan, odnosno da ne postoji jasno izražen genetski diskontinuitet lokalnih populacija.

**Ključne riječi:** *Betula pendula*, međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost, fenotipska stabilnost, genetski parametri

## UVOD – INTRODUCTION

Danas je obična breza (*Betula pendula Roth*), kao brzorastuća vrsta, vrlo perspektivna i kao drvena sirovina prijeko potrebna cijelom nizu proizvoda, osobito onima zbog čije izradbe drvena tvar preradom gubi svoja kemijska i fizikalna svojstva. Kao šumska vrsta smatrana je manje kvalitetnom i neopravdano sporednom, a odnos prema njoj izmijenio se zbog potrebe za brezovinom. Ona bi uvelike mogla podmiriti povećane potrebe za kvalitetnim industrijskim drvom.

Njezin veliki areal upućuje na njezinu znatnu ekološku amplitudu. U Hrvatskoj raste na južnoj granici svoga areala, pretežno u mješovitima, a rjeđe u čistim sastojinama. Kao pionirska vrsta zauzima površine na kojima se prirodno širi šuma. Dotsada u Hrvatskoj nije istraživana genetska izdiferenciranost lokalnih populacija obične breze. Cilj je ovih istraživanja bio utvrđivanje fenotipske i genotipske varijabilnosti u populacijama obične breze i među njima u Hrvatskoj. Na osnovi dobivenih rezultata moguće je odrediti smjer u oplemenjivanju i izradbi optimalnog modela oplemenjivanja, koji bi imao praktičnu primjenu u rasadničkoj proizvodnji i pri osnivanju kultura obične breze.

Proizvodnju brezova drveta trebalo bi nastaviti i unapređivati zato što je obična breza u panonskom gorju Hrvatske vrsta relativno brzog rasta i prirasta, ali i dobre vitalnosti. U budućnosti će oplemenjivanje i uzgoj obične breze imati svakako još veću ulogu, jer nedostatak drva i intenzivno iskorištavanje glavnih vrsta drveća sve više zahtijeva uzgoj brzorastućih vrsta u kulturama s kratkim ophodnjama.

## GOSPODARSKO ZNAČENJE OBIČNE BREZE U EUROPI – ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SILVER BIRCH IN EUROPE

Tek se s bržim razvojem kemijske prerade drva pojavilo zanimanje za većom proizvodnjom drvene tvari obične breze u velikom dijelu njezine rasprostranjenosti. Zbog većeg udjela obične breze u šumskim površinama na sjeveru Europe u tim su zemljama intenzivirani radovi na njezinu oplemenjivanju. Za proizvodnju šperploča, lesonita, iverica, celuloze itd. trebaju velike količine mekih listača.

Potražnja za brezovinom porasla je zbog pomanjkanja drva dugih vlakanaca, kakvo je i brezovo drvo. Tako je zanimanje za običnu brezu započelo s brzim razvojem tehnologije kemijske prerade drva, osobito industrije papira i kartona.

Prije pedesetak godina počelo je oplemenjivanje u skandinavskim zemljama. Prvih je godina breza bila prilično zanemarena u programima oplemenjivanja. Cilj uzgoja šumskog drveća obično su bili kvalitetni trupci borovine, smrekovine i drugoga mekog drva za piljenje. Breza je imala nadimke kao što su "dobronamjerna laž" i "bezvrijedni korov". S porastom potražnje rastao je i interes ljudi iz gospodarstva za visokokvalitetnim brezovim drvom. Zbog prijašnje prakse seljenja poljoprivrede, stvaranjem obradivih površina paljevinom, a poslije njihovom zabranom bile su vrlo česte prekrasne brezove sastojine. Okolnosti koje su ubrzale stvaranje čistih

brezovih sastojina nestale su s napuštanjem prakse seobe poljoprivrednih površina. Jedina mjera za osiguranje dovoljne količine dodatne sirovine bila je unaprijediti uzgoj breze, uz korištenje genetski oplemenjenih sadnica (K o s k i 1991). Nakon dugogodišnjih istraživanja na oplemenjivanju radi proizvodnje u Finskoj je sada značajno razmatranje programa uzgoja breze prema otpornosti na biljojede (V e l l i n g 1985).

U Velikoj Britaniji je genetsko istraživanje breze pokrenuto radi očuvanja genetske raznolikosti, proizvodnje oplemenjenih genotipova i boljeg razumijevanja genetike ove vrste šumskog drveća (R o o k & F l e t c h e r 1991). Breza je prikladna vrsta za genetsko istraživanje jer pokazuje veliku fiziološku i morfološku raznovrsnost, cvate u relativno mladoj dobi i razmnaža se razmjerno lako, seksualno i aseksualno. U zapadnim se zemljama breza cijeni zbog njezina drva, a može biti korisna za uređenje i očuvanje okoliša, čime je stekla i veliku popularnost u javnosti.

Škotski istraživač B r o d i e (1990) upozorava na važnost selekcije protiv podložnosti vertikalnom pucanju zbog zimotrenosti. Drugi su bili zainteresirani za selekciju klonova *B. pendula* za specifične lokalitete, npr. za lokacije nekadašnjih površinskih ugljenokopa (G o o d et al. 1985). Također je upozoreno kako breza ima određenu ulogu u crnogoričnim šumama kao drvo koje može pridonijeti raznolikosti zbog svoje privlačnosti te zbog životinjskog svijeta, a može i pomoći da se umanje posljedice acidifikacije. Široki raspon korisnih svojstava breze može ići u prilog njezinoj uporabi u šumarstvu te čak omogućuje širenje šumskoga areala. Što je veći broj izabраниh značajki i opseg oplemenjivanja, napredak će biti polaganiji. Opravdanje za neki program oplemenjivanja drveća zahtijeva jasne koristi, obično financijske, kao što su, primjerice, povećanje vrijednosti i proizvodnje brezovine.

Pri selekciji stabala obične breze u Njemačkoj obraća se pažnja na tri tipa breze: breza za piljenje, breza za furnir i maser breza. U prvog tipa pri izboru treba obratiti pažnju na rast, pravnost debla, finoću grana i oblik krošnje. U drugog tipa važna su svojstva kore, koja treba biti glatka, bez uzdužnih pukotina, ili pak valovita i crvenkastosmeđa. U trećeg tipa karakteristična je debela i plosnata kora. Maser breza obično je slabijeg rasta i krivog debla.

Ako se pretpostavi kako je razlog za oplemenjivanje breze ponajprije veća proizvodnja drvne tvari, to će zahtijevati identifikaciju genotipova koji su tolerantni i primjenjivi u današnjoj uzgojnoj praksi te koji dobro preživljavaju i brzo prirašćuju. Željeni općenamjenski genotip breze vidi se kao genotip s dobrim volumnim priraštom, dobre pravnosti, male krošnje u odnosu na promjer i cilindričnog debla s laganim vodoravnim granama. Sva tržišta drvne građe zahtijevaju ravne dužine, ali specijalizirana tržišta, npr. drvene oplata ili furniri, imaju zahtjeve koje breza može ispuniti i koji bi mogli biti cilj u programu njezina oplemenjivanja. Finske brezove sastojine pokazuju kako je moguće proizvesti vrijedne trupce za furnir, koji će ustoj biti i vrlo atraktivan (maser breza).

Najuspješniji programi oplemenjivanja drveća primijenjeni su na vrste koje se uzgajaju u jednodobnim sastojinama uz ostvarenje najveće genetske dobiti. Iako ima puno čistih prirodnih sastojina, breza najčešće uspijeva u mješovitim sastojinama

ma s drugim vrstama listača ili četinjača (G i m m i n g h a m 1984). Uzgajanje šuma utjecat će na stupanj genetske dobiti koja se može ostvariti u praksi.

## GOSPODARSKO ZNAČENJE OBIČNE BREZE U HRVATSKOJ – ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SILVER BIRCH IN CROATIA

Prosječni prirast naših šuma relativno je nizak, a struktura drvene zalihe nepovoljna zbog nedovoljnog udjela mekih listača i četinjača, koje su danas vrlo tražena sirovina na domaćem i stranom tržištu. Meke listače, koje donedavno nisu bile cijenjene, postale su nužne za mnoge proizvode, osobito za proizvode u izradi kojih drvo preradom gubi svoja kemijska i fizikalna svojstva. Iz tih razloga one postaju gospodarski sve značajnije. Tako je i zanimanje za običnu brezu započelo s brzim razvojem tehnologije kemijske prerade drva, osobito industrije papira i kartona.

Obična je breza i u nas također bila sporedna i malo cijenjena vrsta, no danas je mnogi istraživači svrstavaju u drvo budućnosti zbog vrsnoće drvene tvari za preradu, njezine otpornosti na štetne polutante te malog broja štetnika koji je napadaju, uz relativno dobar volumni prirast u prirodnim sastojinama i kulturama. Imajući na umu današnji trenutak šumarstva i prerade drva u Republici Hrvatskoj, proizvodnja brezovine može se obavljati u prirodnim sastojinama u njezinu arealu i u nov osnovanim šumskim i intenzivnim kulturama (R a u š & M a t i ć 1994).

Obična je breza vrsta relativno brzog rasta i prirasta u panonskom gorju Hrvatske, pa proizvodnju brezova drveta treba nastaviti i unapređivati u prirodnim fitocenozama obične breze te mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka i obične bukve, u kojima je primiješana i obična breza (S k e n d e r o v i ć 1990).

Iako je obična breza bila zapostavljena kao šumska vrsta, ona kao tipična pionirska vrsta osvaja većinu staništa, a osobito kitnjakova i bukova. Jedna je od najotpornijih vrsta na studen, podnosi sušu i ljetne vrućine, a prema tlu ima male zahtjeve. Sve to govori o njezinoj velikoj adaptabilnoj sposobnosti (Ocvirek & Orlić 1994).

Kao šumska vrsta smatrana je manje kvalitetnom i sporednom, no danas se, pod utjecajem narastajuće potrebe za njezinim drvom i sve učestalijim propadanjem šuma, taj stav promijenio. Odlikuje je brz rast u ranoj mladosti, a po proizvodnji ona je ravnopravna s drugim brzorastućim listačama na izvanšumskim zemljištima. U velikoj bi mjeri mogla podmiriti povećane potrebe za industrijskim drvom u kratkim i srednje dugim ophodnjama na sporednim staništima, kojima Hrvatska obiluje.

U Hrvatskoj obična breza raste na južnoj granici svoga areala, s prosječnim dobnim prirastom od 4,0 m<sup>3</sup>/ha, u dobi od 40 do 45 godina (Rauš & Vukelić 1986), u odnosu na 7,5 m<sup>3</sup>/ha za Švedsku pri istoj dobi ili prema 3,8 m<sup>3</sup>/ha u Finskoj, u dobi od 60 godina. Kako domaća industrija celuloze i papira oskudijeva kvalitetnom sirovinom, te kako postoji veliko zanimanje za namjensku proizvodnju brezova drveta, potrebno je usmjeriti gospodarenje ovom vrstom prema povećanju

drvne tvari za celulozu (R a u š & M a t i ć 1994). Drvna se pričuva u jednodobnim sastojinama obične breze u Hrvatskoj procjenjuje na 274 100 m<sup>3</sup>. Obnova sastojina ove vrste obavljala bi se nakon ophodnje od 40 do 50 godina, pretežno umjetnim putem, a sva bi stabla trebala posjeći čistom sječom. Nakon druge ophodnje i završetka svoje pionirske uloge obična bi breza omogućila da se na te biotope vrati stabilna autohtona vegetacija hrasta kitnjaka ili obične bukve (R a u š & V u k e l i ć 1986).

Brezovina se upotrebljava kao stolarsko, kolarsko i tokarsko drvo, a kao trgovački sortimenti (trupci, neokrajčene piljenice) zbog svoje se kakvoće upotrebljava samo u zemljama sjeverne Europe. Različiti elementi uključeni u programe oplemenjivanja određuju idealan tip (ideotip) za određenu vrstu šumskog drveća. To su svojstva vezana uz proizvodnju i selekciju na određeni tip okolišne adaptacije te otpornosti na patogene organizme i štetnike. U Hrvatskoj bi obična breza imala ponajprije ulogu nosioca sirovinske osnove za proizvodnju papira. U našim bi uvjetima zbog navedenih razloga idealan genotip obične breze bilo stablo s ukupnom maksimalnom količinom iskoristive biomase u tehnologiji kemijske prerade drva. Proizvodni kapaciteti ambalažnoga papira u Hrvatskoj (Belišće), koji podmiruju naše i izvozno tržište, bili su procijenjeni na dovoljnu količinu sirovine, no sve veća orijentacija stanovništva na uporabu drveta kao energenta dovodi u pitanje sadašnju opskrbu (S l a č a n a c & K l j a i ć 1985). Zbog mogućnosti uzgoja u našim uvjetima i kvalitetnih sortimenata (npr. trupaca) trebalo bi selekcionirati stabla ne samo na volumnu proizvodnju i pravost već i na punodrvnost i sposobnost čišćenja od grana. U srednjoj, a pogotovo u južnoj Europi varijabilnost i obilnost formi nije tako velika kao na sjeveru Europe. Iz tih bi razloga za uzgoj bio prihvatljiviji tip s manjim udjelom granjevine, koja stvara velike transportne troškove i koja nije isplativa za iskorištavanje kao industrijska sirovina u kemijskoj preradi. U istraživanjima koja su proveli P e t r i ć i dr. (1991) utvrđeno je kako su vlakanca u granama značajno kraća od vlakanca u deblovini (u prosjeku za 15 %).

Skandinavske su zemlje, u kojima se za proizvodnju poluceluloze zbog boljega flutinga upotrebljava gotovo isključivo breza, velik konkurent na svjetskom tržištu. Morfološka struktura i kemijski sastav brezovine veoma pogoduje proizvodnji vršne poluceluloze, odnosno papira, i daje mu potrebnu krutost. Krutost papira omogućava izradu kvalitetnoga valovitog kartona za proizvodnju ambalaže. Za ocjenu kakvoće, ako se zbroje sva mehanička svojstva papira proizvedenoga od poluceluloze i ako se za bukvu uzme indeks 100, breza se boduje sa 120, a hrast s 80.

Zbog nedostatka industrijskog drva, osobito brezovine, bilo je nužno pristupiti angažiranju uzgajivača i oplemenjivača šumskog drveća radi pronalaženja metoda za intenzivniji uzgoj obične breze s većom proizvodnošću i kvalitetom.

## MATERIJAL I METODE RADA – MATERIAL AND METHODS

Tijekom srpnja 1988. i 1989. godine selekcionirana su stabla obične breze na područjima Moslavačke gore (Šumarija Kutina), Papuka (šumarije Čeralije i Ka-

mensko), NPŠO Dotrščina (Zagreb) i Banovine (Šumarija Duga Resa). Svaka je populacija zastupljena sa po deset fenotipski najljepših stabala. Sjeme sa selekcioniranih stabala skupljeno je odmah po sazrijevanju plodnih resa, u srpnju 1988. i 1989. godine. Zbog primijećene varijabilnosti veličine plodnih resa mjerene su njihove duljine i širine s deset stabala po populaciji, odnosno na 50 do 100 resa po stablu. Skupljene plodne rese prosušene su na sobnoj temperaturi (20 °C) i do sjetve pohranjene na stalnu temperaturu od + 4 °C. Sjeme je obične breze vrlo malo, težine samo 0,25 mg, s vrlo malim endospermom, zbog čega je klijanje vrlo osjetljiv proces. Usto punog sjemena ima malo, a njegova je klijavost relativno slaba.

Radi istraživanja varijabilnosti pojedinih morfoloških svojstava ploda obične breze tijekom 1992. godine mikroskopski su mjerena neka njihova svojstva. Plod je okriljeni oraščić perutka, s bubrežastim krilcima, a mjerene su okularnim mikrometrom pod povećanjem 440 puta širina ploda i širina krilca ploda. Uzorci plodova pripadali su različitim provenijencijama iz Hrvatske (Moslavačka gora, Papuk, Dotrščina, Duga Resa). Sa selekcioniranih stabala iz populacija izmjereno je 50 sjemenki po stablu.

Sjeme je sijano u otvorenom kljajalištu (stakleniku) u vrta Zavoda za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Supstrat se sastojao od prosijane smjese komposta i zemlje, čija je površina prekrivena slojem usitnjenog treseta debljine do 1 cm. Sjeme svakoga pojedinog stabla sijano je odjelito na površinu od oko 0,45 m<sup>2</sup>, što je iznosilo ukupno 18 m<sup>2</sup>. Kasna sjetva na otvorenom provedena je zbog karaktera poludormantnosti sjemena obične breze, čije sjeme fiziološku aktivnost postiže tek nakon određenog vremena mirovanja (stratifikacije).

Tijekom lipnja, sljedeće godine nakon sjetve presađeni su sijanci iz gredica staklenika u kontejnere ("Bosnaplast") visine 18 cm, u kojima su biljke uzgajane do presadnje na pokusne terenske plohe (dobi 1 + 0, odnosno 2 + 0 godina).

Testovi provenijencija i polusrodnika osnovani su u studenome 1988. i 1989. godine, u Dišnicama (Šumarija Kutina), Stoblovcu (Šumarija Slatina) i u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa). Sadnice obične breze imale su 1 + 0 godina, a razmak sadnje iznosio je 3 m x 2 m. Pokusne plohe imale su od 0,71 do 1,06 ha, a postavljene su kao blok-sustav sa slučajnim rasporedom tretiranja. Na plohici (bloku) bilo je šest biljaka, a broj se ponavljanja, zavisno od broja uzgojenih polusrodnika, kretao od 5 do 15.

Na selekcioniranim stablima u adultnim populacijama i familijama polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, izučavana su neka morfometrijska svojstva lista, kao što su duljina peteljke, duljina i širina plojke lista, broj postranih žila, udaljenost od baze do najšireg dijela lista i broj zubaca između druge i treće žile lista. Izmjere svojstava lista izučavane su na izbojcima s plodnim resama i bez njih (listovi s fertilnih i sterilnih izbojaka).

Obradeni su i korelativni odnosi između morfoloških svojstava lista u adultnih stabala iz istraživanih populacija, koja nisu prava roditeljska stabla, i potomstva iz istih populacija. Također je istraživana fenotipska stabilnost morfoloških svojstava lista u istih polusrodnika, a testiranih u različitim terenskim pokusima.

Totalne visine i promjeri iznad vrata korijena u testovima provenijencija i polusrodnika obične breze izmjereni su u srpnju 1995. godine. Dvije pokusne plohe, Dišnice (Šumarija Kutina) i Stoblovac (Šumarija Slatina) imale su 1 + 6 godina, a pokusna ploha Bosiljevo (Šumarija Duga Resa) imala je 1 + 4 godine.

Podaci za totalne visine, promjere iznad vrata korijena i broja grana obrađeni su prvotno za ukupan broj podataka za svaku familiju polusrodnika na pojedinoj pokusnoj plohi kako bi se dobio uvid u širinu varijabilnosti. Poslije su podaci obrađeni i na temelju sredina ploha da bi poslužili za daljnju statističku obradu. Zbog različite plantažne dobi za procjenu fenotipske stabilnosti tih svojstava uzeti su prosječni visinski i debljinski prirast kod istih polusrodnika testiranih na trima različitim lokalitetima.

Osnovni biometrijski parametri, kao što je srednja vrijednost uzorka ( $\bar{x}$ ), minimalna i maksimalna vrijednost uzorka, standardna devijacija (s), koeficijent varijabilnosti (C. V. %), obračunati su tijekom obrade mjerenih podataka uz uporabu računalnih programa Excel 4.0, Excel 5.0 i Statistica.

Za procjenu genetskih parametara primijenjene su metode analize varijance i analize kovarijanci, kako je prikazano u tablicama 1 i 2.

Tablica 1. Analiza varijance s očekivanim srednjim kvadratima za pojedino svojstvo  
Table 1. Form of analysis of variance with expected mean squares for each trait

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Sredina kvadrata M.S.	Očekivati srednji kvadrati E.M.S.
Blokovi	r - 1	-	-
Tretiranje	q - 1	$M_g$	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
Pogreška	(r-1) (q-1)	$M_c$	$\sigma_e^2$

Tablica 2. Analiza varijance i kovarijance s dobivenim i očekivanim srednjim kvadratima za svojstva x i y

Table 2. Form of analysis of variance and covariance with observed and expected mean products for traits x and y

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Svojstvo Trait X	Svojstvo Trait Y	Sredina umnoška Mean product	Očekivani srednji umnožak Expected mean product
Blokovi	r - 1	-	-	-	-
Tretiranje	q - 1	$M_{gx}$	$M_{gy}$	$M_{gx} g_y$	$\sigma_{xy} + r \sigma_{gx} g_y$
Pogreška	(r-1) (q-1)	$M_{ex}$	$M_{ey}$	$M_{ex} g_y$	$\sigma_{xy}^2$

Fenotipska korelacija ( $r_{ph\ xy}$ ) dobivena je pomoću sredine kvadrata i srednjeg umnoška prema formuli:



$$r_{ph\ xy} = \frac{M_{gx\ gy}}{\sqrt{M_{gx} M_{gy}}}$$

Genotipska korelacija ( $r_{g\ xy}$ ) procijenjena je na osnovi varijanci i kovarijanci:

$$r_{g\ xy} = \frac{\sigma_{gx\ gy}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \sigma_{gy}^2}}$$

Nasljednost ( $h^2$ ) računata je po formuli:

$$h^2 = \frac{4 \sigma_F}{\frac{\sigma_F}{r} + \sigma_I} \quad (\text{F a l c o n e r 1960, B e c k e r 1984}).$$

Genetski koeficijent varijabilnosti (G.C.V. %) izračunat je po formuli:

$$\text{G.C.V. (\%)} = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{x}}$$

Procjena genetskog poboljšanja selekcijom računata je po formuli:

$$\Delta G = i \sigma_{ph} h^2 \quad (\text{F a l c o n e r 1981}),$$

gdje je  $i$  intenzitet selekcije od 5 % u velikom uzorku iz normalno distribuirane populacije ( $i = 2,06$ ),  $\delta_{ph}$  je fenotipska standardna devijacija mjerene populacije prije selekcije, a  $h^2$  je nasljednost za pojedino svojstvo.

Procjena genetskog poboljšanja, kao procjena povećanja vrijednosti svojstava na koja se stabla selekcioniraju glede sredine pojedinog svojstva u populaciji prije selekcije, računata je po formuli:

$$\Delta G\% = \frac{\Delta G}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Za procjenu interakcije polusrodnici  $\times$  stanište analizirana je varijanca (tablica 3), odnosno urađena je regresijska analiza i grafička obrada u računalnom programu Statistica.

Tablica 3. Analiza varijance za procjenu interakcije polusrodnici  $\times$  stanište

Table 3. Form of analysis of variance for estimation of genotype  $\times$  environment interaction

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Zbroj kvadrata S.S.	Sredina kvadrata M.S.	F-vrijednost F-value
Lokaliteti	$n_b - 1$	$\sigma_e^2 + n_f \sigma_b^2$		
Polusrodnici	$n_p - 1$	$\sigma_e^2 + n_b \sigma_f^2 + K \sigma_p^2$		
Interakcija	$n_b - n_p$	$\sigma_e^2 + n_b \sigma_f^2$		
Pogreška		$\sigma_e^2$		

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

### VARIJABILNOST VELIČINE PLODNIH RESA VARIABILITY OF LENGHT AND WIDTH OF CATKINS

Duljina plodnih resa u prosjeku je imala vrijednosti od 30,0 mm (populacija Papuk) do 33,8 mm (populacija Duga Resa). Širina varijabilnosti kod mjerenih stabala iz 4 populacije kretala se od 25 do 40 mm. Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti pojedine populacije iznosile su od 7,9 do 14,1 %.

Širina plodnih resa u prosjeku je bila od 5,5 mm (populacija Duga Resa) do 7,7 mm (populacija Moslavačka gora). Širina varijabilnosti toga svojstva kod mjerenih stabala iz 4 istraživane populacije kretala se od 5 do 9 mm. Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za pojedine populacije iznosile su od 7,4 do 20,5 %.

Testiranjem t-testom nije utvrđena statistički značajna razlika među srednjim vrijednostima istraživanih populacija. T-testom utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike na razini od 5 % između populacija Moslavačka gora i Duga Resa.

K a n t o r je (1950) utvrdio da plodna resa prosječno sadrži 450 sjemenki, s ukupno 5500 resa u 1 kg, dok 1000 sjemenki teži 0,1 g.

### VARIJABILNOST ŠIRINE PLODA I ŠIRINE KRILCA PLODA VARIABILITY OF SEED WIDTH AND WIDTH OF HALF-WING

Aritmetička sredina za širinu ploda kretala se u pojedinačnih adultnih stabala od 927 do 1385  $\mu\text{m}$ , sa širinama varijabilnosti od 870 do 1000  $\mu\text{m}$  (Ku 10) i od 1320 do 1500  $\mu\text{m}$  (DR 1). Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti (C.V.) u svih mjerenih stabala bile su u rasponu od 1,13 do 5,80 %. Utvrđena je velika varijabilnost širine ploda među pojedinim stablima u svakoj populaciji, uz njihove relativno male vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. I l i e v je (1987) utvrdio kako se prosječna vrijednost širine sjemena obične breze iz četiriju populacija iz Bugarske kretala od 886 do 1131  $\mu\text{m}$ .

Širina krilca ploda obične breze pokazala se mnogo varijabilnija od širine ploda. Prosječna širina krilca ploda selekcioniranih stabala kretala se od 1332 do 2217  $\mu\text{m}$  u pojedinačnih stabala, sa širinama varijabilnosti od 1120 do 1540  $\mu\text{m}$  (DR 6) i od 2150 do 2350  $\mu\text{m}$  (Ku 9). Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti (C.V.) kretale su se od 1,30 do 15,25 %.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako u svakoj populaciji, kod oba mjerena svojstva, postoji znatna širina varijabilnosti među pojedinim stablima, dok su širine varijabilnosti za pojedine populacije imale približno iste vrijednosti.

Analizom varijanci dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost na razini od 1 % za oba svojstva u svih istraživanih populacija. Također su dobivene i statistički značajne razlike među promatranim provenijencijama obične

breze iz Hrvatske i za širinu ploda ( $F=12,239^{**}$ ) i za širinu krilca ploda ( $F=124,846^{**}$ ).

Procjena nasljednosti, odnosno genetske heterogenosti ( $h^2$ ), za širinu ploda iznosi 0,90, a za širinu krilca ploda 0,99. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako je vrlo izražena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost širine ploda i širine krilca ploda pod visokom genetskom kontrolom i malim utjecajem okolišnih čimbenika. Procjena genotipske i fenotipske kovarijance ( $r_{gxy} = 0,01$ ,  $r_{phxy} = -0,71$ ) između tih dvaju svojstava pokazuje kako se neovisno nasljeđuju i kako su pod najvećim utjecajem individualnog nasljeđa (genotipa), uz negativnu fenotipsku korelaciju.

Istraživanja morfoloških svojstava veličine ploda i zaštitnih ljusaka ploda vrsta iz roda *Betula* u središnjem masivu Španjolske utvrdila su jasno razdvajanje vrsta *B. pendula*, *B. carpatica* i *B. fontqueri* na osnovi tih svojstava te hibridno porijeklo vrste *Betula celtiberica* (P e i n a d o & M o r e n o 1989).

#### KLIJAVOST SJEMENA I UZGOJ BILJAKA IZ SJEMENA GERMINATION OF SEEDS AND RAISING OF PLANTS FROM THE SEED

Dobiveni rezultati klijavosti ispitivanih uzoraka sjemena bitno su manji od postojećih standarda prema kojima je najmanja klijavost 20 %. Velik je bio i udio šturog sjemena u uzorku (iznosio je od 92,3 do 99,4 %), što je rezultiralo i malim upotrebnim vrijednostima sjemena (od 0,0 do 1,40 %). Ispitivanja klijavosti sjemena i njegove vijabilnosti nisu dala razlike između uzoraka sjemena skupljenih sa stabala u sklopu ili izvan njega. Male vrijednosti klijavosti sjemena bile su među uzorcima koji pripadaju istoj populaciji, ali i među populacijama.

Frekvencija punog sjemena, istraživana u skandinavskim zemljama, kretala se od 48 do 67 % (S a r v a s 1952), a klijavost prosječno 52,2 %.

Analizom plodnih resa obične breze K a n t o r je (1950) utvrdio da je veći postotak klijavosti dobiven od sjemena s gornje trećine plodne rese, bez obzira s kojega su dijela krošnje ubrani.

Kako bi se prekinuo stadij mirovanja (dormantnost) i eventualni inhibitori klijanja, zrelo sjeme skupljeno 22.7.1986. sa smeđih resa položeno je između dvaju slojeva vlažnog treseta i tako stratificirano 10 tjedana. Adsorpcijom vode veličina se sjemena povećava, a budući da se enzimske aktivnosti odvijaju u aerobnim metaboličkim procesima, potrebno je u supstratu osiguranje prozračnosti (kisik) te održavanje temperature od 22 °C. Nakon provedene stratifikacije klijanci su primijećeni već osmi dan nakon sijanja, a njihov se udio kretao od 75 do 90 % od ukupne količine punog sjemena. Vrijeme potrebno da sijanci prerastu u biljku ovisi o temperaturi, vlazi i svjetlu. Temperatura je bila jedan od važnih čimbenika kojima se uspio održati razvoj sijanaca u biljčicu s jednim do dva para listova. Tek u optimalnim uvjetima (temperature i vlage) uspio se održati ponik te daljnji stadij razvoja klijanaca u biljku. U suprotnome su klijanci ugibali i znatno se smanjivao njihov broj u odnosu na početnu količinu ponika.

Sjeme svoj stadij fiziološke zrelosti postiže tek nakon određenog vremena u stanju mirovanja, a M o r k je (1944) ustanovio da sjeme obične breze pokazuje određeni stupanj dormantnosti. I temperatura ima utjecaj na klijavost sjemena obične breze, pa je pri temperaturi ispod 17 °C dobivena klijavost od 13,0 % (M o r k 1944). Rezultati rasadničke proizvodnje biljaka obične breze (O c v i r e k & O r l i ć 1988) pokazali su kako je u prvih mjesec dana nakon sjetve potrebno održavati neprekidno visoku vlažnost supstrata uz visoku temperaturu, što osigurava brzo klijanje, dobro zakorjenjivanje i maksimalno preživljavanje klijanaca. Rasadnička proizvodnja obične breze moguća je i u klasičnom rasadniku na otvorenome i u plasteniku, uz obilno zalijevanje u tijeku cijele vegetacije (R a u š & M a t i ć 1994).

### VARIJABILNOST VISINA SADNICA VARIABILITY OF SEEDLING HEIGHTS

Visine su dvogodišnjih sadnica u svakoj populaciji bile vrlo promjenjive. Populacija Duga Resa imala je prosječnu visinu uzgojenih polusrodnika u rasponu od 25,3 do 36,8 cm, sa širinom varijabilnosti od 10 do 63 cm. U populaciji Dotrščina prosječna je visina bila od 30,6 do 38,2 cm, sa širinom varijabilnosti od 10 do 64 cm. Populacija Moslavačka gora imala je prosječne visine sadnica od 26,1 do 37,9 cm i širinu varijabilnosti od 10 do 57 cm. U populaciji Papuk uzgojeni polusrodnici imali su prosječnu visinu od 27,0 do 41,8 cm, a širina varijabilnosti kretala se od 10 do 68 cm. Zbog velike širine varijabilnosti u svakoj populaciji i koeficijent varijabilnosti (C.V.) u pojedinačnih se polusrodnika kretao u vrijednostima od 21,9 do 43,8 %.

Preživljavanje uzgojenih sadnica polusrodnika obične breze iz različitih populacija u Hrvatskoj pokazalo je također značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, koja se u polusrodnika kretala u prosjeku od 50 do 95 %.

R a u š & M a t i ć (1994) navode kako je rasadnička proizvodnja obične breze moguća u klasičnom rasadniku na otvorenome i u plasteniku, u kontejnerskoj proizvodnji pri uporabi različitih tipova kontejnera. Istraživanja koja su proveli O c v i r e k & O r l i ć (1994) pokazala su da je dob sadnica pri sadnji obične breze na terenu važan čimbenik o kojemu ovisi brzina početnog rasta. Tako su sadnice u dobi od 2 + 0 godina imale superiorniji rast u odnosu na sve ostale inačice dobi 1 + 0 godina.

Jednogodišnje sadnice, pri osnivanju testova provenijencija i polusrodnika u ovim istraživanjima, imale su mnogo bolje preživljavanje glede dopune pokusne plohe dvogodišnjim sadnicama.

Varijabilnost visina dvogodišnjih sadnica obične breze iskazala je izrazitu unutarpopulacijsku varijabilnost polusrodnika u svim istraženim populacijama. Analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika među polusrodnicima na razini od 1 %, a F-vrijednost iznosila je 18,516\*\*. Statističkom obradom međupopulacijska varijabilnost totalnih visina sadnica nije bila statistički značajna (F = 2,736). Vidljiva je mnogo veća unutarpopulacijska varijabilnost totalnih visina ju-

venilnih sadnica u dobi od 2 + 0 godina u odnosu na dobivene statistički neznačajne razlike među testiranim populacijama.

## MEĐUPOPULACIJSKA I UNTARPOPULACIJSKA VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA ADULTNIH STABALA INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM ADULT TREES

Duljina peteljke iznosila je u prosjeku od 16,80 do 26,52 mm (kod izbojaka s plodnim resama) i od 17,16 do 26,02 mm (kod izbojaka bez plodnih resa). Koeficijent varijabilnosti toga svojstva kretao se u granicama od 7,80 do 17,26 % kod oba tipa izbojaka. Varijabilnost toga svojstva izražajnija je u pojedinim populacijama, s približno istom širinom varijabilnosti, što je vidljivo i iz dobivenih F-vrijednosti za duljinu peteljke. Za sve četiri populacije, kod izbojaka s plodnim resama i bez njih, utvrđene su statistički značajne unutarpopulacijske razlike na razini od 1 %. Analizom varijanci među populacijama nije dobivena statistički značajna razlika kod oba tipa izbojaka, a F-vrijednost iznosila je 1,167, odnosno  $F = 2,722$ .

Duljina plojke lista u adultnih stabala obične breze iznosila je u prosjeku od 36,46 do 60,24 mm kod oba tipa izbojaka, a širina varijabilnosti iznosila je od 28 do 72 mm. Koeficijent varijabilnosti kretao se od 7,50 do 15,40 %. Duljina plojke lista, mjerena na izbojku s plodnim resama i bez njih, iskazala je statistički značajne razlike u svakoj populaciji na razini od 1%. F-vrijednosti dobivene za međupopulacijsku varijabilnost duljine plojke lista nisu bile statistički značajne, a iznosile su  $F = 0,498$  (kod plodnih izbojaka), odnosno  $F = 0,631$  (kod sterilnih izbojaka).

Vrijednosti morfometrijske izmjere širine plojke lista na izbojcima s plodnim resama i bez njih u prosjeku su u svim populacijama iznosile od 25,46 do 43,58 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 18 do 56 mm, a koeficijent varijabilnosti od 7,96 do 16,19 %. Unutarpopulacijska varijabilnost toga svojstva iskazala je u oba tipa izbojaka statistički značajne razlike na razini od 1 %. Međupopulacijska varijabilnost za širinu plojke lista nije dala statistički značajne razlike ( $F = 0,585$  kod plodnih izbojaka, odnosno  $F = 0,305$  kod sterilnih izbojaka).

U prosjeku je kod mjerenih stabala iz četiriju populacija u oba tipa izbojaka broj postranih žila iznosio od 4,94 do 6,94. Širina varijabilnosti kretala se od 4 do 8 postranih žila, a koeficijent varijabilnosti od 4,86 do 12,80 %. Statistički značajne razlike utvrđene su u populacijama na razini od 1 %. Međupopulacijska varijabilnost broja postranih žila iskazala je statistički značajnu razliku na razini od 5 % kod izbojaka s plodnim resama i bez njih ( $F = 5,049^*$ , odnosno  $F = 3,977^*$ ).

Značajnost razlika u broju postranih žila iskazana je na razini od 1 % između populacije Duga Resa te populacija Moslavačka gora i Papuk kod izbojaka s plodnim resama. Kod listova sa sterilnih izbojaka značajnost razlika na razini od 1 % utvrđena je između populacije Duga Resa i populacije Dotrščina, dok je na razini od 5 % značajnost između populacija Dotrščina i Papuk. Glede broja postranih žila evidentno je postojanje razlika između kordunske populacije i populacija s Mosla-

Tablica 4. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista adultnih stabala različitih populacija obične breze iz Hrvatske kod izbojaka s plodnim resama i bez njih

Table 4. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of adult trees from different populations from Croatia, the shoots with and without catkins

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		izbojci s plodnim resama – shoots with catkins					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	28,227**	34,784**	14,181**	6,849**	16,185**	13,254**
2.	Duga Resa	79,995**	44,615**	24,625**	19,184**	52,337**	35,513**
3.	Moslav. gora	20,233**	22,542**	11,008**	3,527**	32,951**	48,920**
4.	Papuk	14,833**	7,031**	5,406**	20,844**	7,055**	8,361**
Između populacija Between population		1,167	0,498	0,585	5,049*	3,046	2,451

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		izbojci bez plodnim resama – shoots without catkins					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	12,409**	18,978**	9,606**	6,247**	60,816**	7,129**
2.	Duga Resa	40,865**	71,353**	34,517**	25,160**	36,325**	25,042**
3.	Moslav. gora	36,635**	33,539**	32,929**	8,698**	52,487**	6,546**
4.	Papuk	15,665**	10,561**	12,829**	16,305**	5,210**	6,520**
Između populacija Between population		2,722	0,631	0,305	3,977*	3,809*	6,925**

vačke gore, Papuka i Dotrščine. Broj postranih žila jedino je mjereno morfološko svojstvo koje je iskazalo statistički značajne razlike među populacijama, i to za listove sa sterilnih i fertilnih izbojaka.

Provedenom statističkom analizom morfometrijskih svojstava u populacijama *Betula lanata* i utvrđivanjem intregresije s vrstom *Betula pendula* dobivena su dva osnovna svojstva koja su uključivala 75 % ukupne varijabilnosti: broj postranih žila i odnos duljine i širine ženske rese (S h e m b e r g 1979).

Udaljenosti od baze do najšireg dijela lista imale su prosječnu vrijednost za oba tipa izbojaka, plodnih i sterilnih, od 10,04 do 19,02 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 7 do 24 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 6,58 do 17,69 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u istraživanim populacijama na razini od 1 %, kod oba tipa uzimanih uzoraka lista. Među populacijama je utvrđena statistički značajna razlika mjenog svojstva kod listova s izbojaka bez plodnih resa, i to na razini od 5 %.

Dobivene su statistički značajne razlike za listove sa sterilnih izbojaka za udaljenost od baze do najšireg dijela lista. One su se javile u populacija Dotrščina i Duga Resa na razini od 1 %, a između Dotrščine te populacija Papuk i Moslavačka gora na razini od 5 %.

Broj zubaca između druge i treće žile lista iznosio je kod plodnih i kod sterilnih izbojaka u prosjeku od 3,06 do 4,82. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 6 zubaca, s koeficijentom varijabilnosti od 5,00 do 21,70 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % u svih populacija za oba tipa izbojaka. Statistički značajna razlika među populacijama za broj zubaca bila je samo kod sterilnih izbojaka ( $F = 6,925^{**}$ ).

Značajnost razlika za broj zubaca bila je kod izbojaka bez plodnih resa među svim istraživanim populacijama na razini od 1 %.

List je morfometrijski mjereno na plodnim i sterilnim izbojcima, a rezultati su odvojeni jer samo izbojak s plodnim resama najbolje pokazuje recentno stanje biljke i njegovu reproduktivnu zrelost. Koeficijenti korelacije za mjerena svojstva lista na izbojcima s plodnim resama i bez njih imali su pozitivne statistički značajne vrijednosti na razini od 1 %. Za duljinu peteljke  $r = 0,949^{**}$ , za duljinu lista  $r = 0,858^{**}$ , za širinu plojke lista  $r = 0,588^{**}$ , kod broja postranih žila  $r = 0,822^{**}$ , kod udaljenosti od baze  $r = 0,973^{**}$ , a za broj zubaca korelacijski koeficijent iznosio je  $r = 0,742^{**}$ . Dobivene vrijednosti korelacije pokazuju da se za morfometrijsku analizu mogu koristiti listovi s plodnih i sterilnih izbojaka bez utjecaja na pouzdanost izmjera. Međutim, kod listova sa sterilnih izbojaka postojala je međupopulacijska varijabilnost udaljenosti od baze i broja zubaca, dok za ta svojstva kod listova s plodnih izbojaka varijabilnost nije utvrđena, iako je postojala tendencija iskazivanja razlika među populacijama. Kod listova od oba tipa izbojaka utvrđena je statistički značajna međupopulacijska varijabilnost broja postranih žila na razini od 5 % ( $F = 5,049^{*}$  i  $F = 3,977^{*}$ ).

Varijabilnost lista obične breze istraživana je i u drugim zemljama (Poljska, V. Britanija, SAD) različitim metodama. Grafičku metodu za uspoređivanje niza obilježja dvaju ili više uzoraka primijenili su J a n t y s – S z a f e r o v a (1951), dok su morfometrijske metode upotrebljavali G a r d i n e r & J e f f e r s (1962), G a r d i n e r & P e a r c e (1978), D a n c i k & B a r n e s (1972), S h e m b e r g (1979),

Coyle et al. (1982), a primjenjivane su pri međuvrsnoj determinaciji breza pri određivanju međuvrsne hibridizacije, povratnoga križanja i introgresije.

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja lista u različitim populacijama obične breze iz Hrvatske može se zaključiti da je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzeti broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva. To je svojstvo iskazalo statistički značajne međupopulacijske razlike kod oba tipa izbojaka. U svakoj pojedinoj populaciji utvrđena je vrlo izražena široka varijabilnost svakoga pojedinog svojstva. Ona je veća od međupopulacijske varijabilnosti, osim kod broja postranih žila. Korelacijskom analizom je također utvrđeno i nepostojanje morfološke različitosti istraživanih svojstava listova s plodnih i sterilnih izbojaka.

### ODNOS MORFOLOŠKIH SVOJTAVA LISTA IZMEĐU SELEKCIONIRANIH ADULTNIH STABALA I POTOMSTVA IZ ISTIH POPULACIJA

#### RELATION OF MOPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF BETWEEN SELECTED ADULT TREES AND PROGENY FROM THE SAME POPULATIONS

Suodnosi morfometrijskih svojstava lista adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, testiranih na trima različitim staništima, imali su negativnu vrijednost korelativnoga koeficijenta u polovici istraživanih slučajeva, a u četiri slučaja i statistički značajne negativne vrijednosti. To upućuje na slabe korelativne veze morfoloških svojstava između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija. Pozitivne vrijednosti korelacijskoga koeficijenta bile su u većini slučajeva statistički beznačajne. Statistički značajne pozitivne vrijednosti korelacije dobivene su u jednom slučaju za broj postranih žila ( $r = 0,770^*$ ) i za broj zubaca između druge i treće žile lista ( $r = 0,738^*$ ). Procjene nasljednosti za ta svojstva iskazale su visoke vrijednosti. Za broj postranih žila iznosile su od  $h^2 = 0,68$  do  $0,86$ , a za broj zubaca  $h^2 = 0,58$  do  $0,62$ .

Iz ukupno dobivenih rezultata moguće je zaključiti da je većina morfoloških svojstava lista obične breze pod većim utjecajem stanišnih prilika te da je samo za broj postranih žila i broj zubaca između druge i treće žile lista moguće očekivati jači utjecaj nasljeđa od utjecaja okolice.



FENOTIPSKA STABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U  
POLUSRODNIKA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA  
PHENOTYPIC STABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN  
HALF-SIB PROGENIES IN DIFFERENT FIELD PLOTS

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA OBIČNE BREZE IZ DIŠNICA  
(ŠUMARIJA KUTINA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF  
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH DIŠNICE  
(FOREST RANGE OFFICE KUTINA)

Prosječna duljina peteljke pojedinih polusrodnika iznosila je od 13,24 mm (S 2394, populacija Moslavačka gora) do 19,90 mm (S 2375, populacija Dotrščina). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost za sve tri testirane populacije:  $F = 10,274^{**}$ ,  $F = 5,750^{**}$  i  $F = 9,472^{**}$ . Prosječna vrijednost populacija za to svojstvo kretala se od 17,61, 17,39 i 17,05 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost ( $F = 0,164$ ). Koeficijenti varijabilnosti u polusrodnika iznose od 11,36 do 20,16 % i iskazuju približno isti raspon vrijednosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista iznosila je u prosjeku u polusrodnika od 44,50 mm (S 2381, moslavačke provenijencije) do 70,84 mm (S 2403, populacija Dotrščina). Koeficijent varijabilnosti u svakoj populaciji imao je približno istu širinu, a u polusrodnika se kretao od 7,31 do 28,77 %. Prosječna vrijednost duljine plojke lista za populacije iznosila je 51,90, 53,58 i 52,81 mm, pa međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ( $F = 0,428$ ). Statistički značajne razlike utvrđene su u populaciji Dotrščina na razini od 1 % ( $F = 15,301^{**}$ ), te u populaciji Moslavačka gora na razini od 5 % ( $F = 2,273^*$ ), kako je prikazano u tablici 5.

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista u polusrodnika dobivene su prosječne vrijednosti od 35,62 mm (S 2389, populacija Papuk) do 56,92 mm u polusrodnika (S 2403, populacije Dotrščina). Širina varijabilnosti i koeficijent varijabilnosti imali su podjednake vrijednosti u svakoj populaciji, s tim da je populacija Dotrščina iskazala i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva ( $F = 12,258^{**}$ ) (tablica 5). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 42,11, 43,73 i 42,47 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ( $F = 0,433$ ).

Prosjek broja postranih žila lista u mjerenih polusrodnika kretao se od 5,72 do 6,50 (S 2399 i S 2394 iz populacije Dotrščina), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 8,16 do 13,60 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su u populacije Dotrščina ( $F = 3,748^{**}$ ). Također je dobivena i statistički značajna razlika među populacijama na razini od 5 % ( $F = 4,105^*$ ) (tablica 5).

Tablica 5. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Dišnice (Šumarija Kutina)

Table 5. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Dišnice (Forest range office Kutina)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	10,274**	15,301**	12,258**	3,748**	4,500**	7,070**
2.	Moslav. gora	5,750**	2,273*	1,850	0,899	7,044**	1,821
3.	Papuk	9,472**	2,983	4,057	1,230	5,122**	3,802*
Između populacija Between population		0,164	0,428	0,433	4,105*	0,051	2,398

Statistički značajna međupopulacijska varijabilnost provenijencija obične breze glede broja postranih žila dobivena je i u adultnih stabala, što upućuje na vrlo izraženu genetsku kontrolu toga svojstva.

Mjerena udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je u polusrodnika prosječnu vrijednost od 11,02 do 15,00 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 6 do 28 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 12,23 do 28,60 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u svim trima istraživanim populacijama na razini od 1 % (tablica 5). Analizom varijanci među populacijama nije utvrđena statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista ( $F = 0,051$ ).

Broj zubaca između druge i treće žile lista u polusrodnika je u prosjeku iznosio od 3,30 do 4,24. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 6 zubaca, a koeficijent varijabilnosti kretao se od 9,66 do 18,93 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % u populaciji Dotrščina i Papuk (tablica 5). Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ( $F = 2,398$ ).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova polusrodnika iz triju populacija obične breze u terenskom pokusu u Dišnicama može se zaključiti kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzeti broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva. U svakoj je populaciji utvrđena vrlo izrazita varijabilnost svakoga pojedinog svojstva, a samo je za broj postranih žila utvrđeno i postojanje značajne razlike za međupopulacijsku varijabilnost.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNICA OBIČNE BREZE IZ BOSILJEVA  
(ŠUMARIJA DUGA RESA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF  
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH BOSILJEVO  
(FOREST RANGE OFFICE DUGA RESA)

Prosječna je duljina peteljke u pojedinim polusrodnika iznosila od 10,41 mm (S 2377, populacija Moslavačka gora) do 14,74 mm (S 2390, populacija Duga Resa). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost kod svih istraživanih populacija:  $F = 7,233^{**}$ ,  $F = 12,755^{**}$  i  $F = 5,104^{**}$ . Prosječna vrijednost duljine peteljke na razini populacija bila je približno ista i kretala se od 11,84, 12,87 i 12,02 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost,  $F = 1,766$  (tablica 6). Koeficijent varijabilnosti kod polusrodnika kretao se od 7,90 do 19,50 %. Iskazuje podjednaku širinu varijabilnosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista u prosjeku je kod polusrodnika iznosila od 35,92 mm (S 2393, kordunske provenijencije) do 55,30 mm (S 2388, populacija Papuk). Koeficijent varijabilnosti u svakoj je populaciji imao približno istu širinu, a kod polusrodnika se kretao od 6,16 do 27,88 %. Prosječne vrijednosti duljine plojke lista kod istraživanih populacija iznosile su 44,98, 45,92, 44,57 i 45,25 mm, te međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ( $F = 0,255$ ) (tablica 6). Statistički značajne razlike utvrđene su u populacijama Dotrščina i Moslavačka gora na razini od 1 % ( $F = 5,358^{**}$  i  $F = 14,450^{**}$ ), te u populaciji Papuk na razini od 5 % ( $F = 4,089^*$ ), kako je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Bosiljevo (Šumarija Duga Resa)  
Table 6. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Bosiljevo (Forest range office Duga Resa)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	7,233**	5,358**	12,779**	12,943**	5,561**	16,170**
2.	Moslav. gora	12,755**	14,450**	11,039**	8,278**	10,230**	3,954**
3.	Papuk	5,104**	4,089*	2,590	17,302**	6,025**	6,245**
Između populacija Between population		1,766	0,255	0,118	0,371	5,619*	0,672

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista kod polusrodnika su dobivene prosječne vrijednosti od 29,60 mm (S 2393, populacija Duga Resa) do 44,22 mm (S 2384, populacija Moslavačka gora). Širine varijabilnosti i koeficijenti varijabilnosti polusrodnika imali su podjednake vrijednosti i širinu u svakoj populaciji, s tim da su populacije Dotrščina i Moslavačka gora iskazale i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva ( $F = 12,258^{**}$  i  $F = 11,039^{**}$ ) (tablica 6). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 36,06, 35,62, 36,31 i 35,27 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ( $F = 0,118$ ).

Broj postranih žila lista kod mjerenih polusrodnika iznosio je u prosjeku od 5,40 do 7,06 (S 2386 i S 2388 iz populacije Papuk), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 1,81 do 11,64 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su za sve istraživane populacije na razini od 1 % ( $F = 12,943^{**}$ ,  $F = 8,278^{**}$  i  $F = 17,302^{**}$ ). Nije dobivena statistički značajna razlika među populacijama, a F-vrijednost je iznosila 0,371 (tablica 6).

Mjerena udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je kod polusrodnika prosječne vrijednosti od 8,69 do 14,30 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 6 do 21 mm, dok je koeficijent varijabilnosti pojedinih polusrodnika bio u rasponu od 7,90 do 24,06 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u istraživanim populacijama na razini od 1 % ( $F = 5,561^{**}$ ,  $F = 10,230^{**}$ ,  $F = 6,025^{**}$ ), kako je prikazano u tablici 6. Analizom varijanci među populacijama utvrđena je statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista na razini od 5 % ( $F = 5,619^*$ ) (tablica 6).

Statistički značajne razlike udaljenosti od baze do najšireg dijela lista između moslavačke populacije i populacije Dotrščina dobivene su t-testom. Statistički značajna međupopulacijska varijabilnost provenijencija obične breze za to je svojstvo utvrđena i kod adultnih stabala obične breze.

Broj zubaca između druge i treće žile lista kod polusrodnika je u prosjeku iznosio od 3,34 do 4,58 (polusrodnici iz populacije Dotrščina). Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 5 zubaca, a vrijednost koeficijenta varijabilnosti iznosila je od 2,50 do 15,33 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % kod svih istraživanih populacija (tablica 6). Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ( $F = 0,672$ ).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova polusrodnika iz četiriju populacija obične breze u terenskom pokusu u Bosiljevu može se zaključiti kako je međupopulacijska varijabilnost bila statistički značajna samo kod udaljenosti od baze do najšireg dijela plojke lista. Procjena nasljednosti za to svojstvo imala je visoke vrijednosti ( $h^2 = 0,67$  do  $0,82$ ), što upućuje na mali utjecaj okoliša, koji je uvjetovao dobivene razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti.

U svakoj je populaciji utvrđena vrlo izražena varijabilnost polusrodnika za sva istraživana svojstva, dok je kod udaljenosti od baze do najšireg dijela lista utvrđeno i postojanje statistički značajne razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA OBIČNE BREZE IZ STOBLOVCA  
(ŠUMARIJA SLATINA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF  
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH STOBLOVAC  
(FOREST RANGE OFFICE SLATINA)

Prosječna duljina peteljke pojedinih polusrodnika iznosila je od 11,86 mm (S 2384, populacija Moslavačka gora) do 19,56 mm (S 2389, populacija Papuk). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost svih triju testiranih populacija,  $F = 22,959^{**}$ ,  $F = 10,679^{**}$  i  $F = 32,065^{**}$  (tablica 7). Prosječna vrijednost populacija za to svojstvo kretala se u rasponu od 13,72, 14,46 i 15,32 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost,  $F = 2,043$  (tablica 7). Koeficijenti varijabilnosti kod polusrodnika iznose od 9,11 do 19,54 % i iskazuju podjednak raspon vrijednosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista kod polusrodnika u prosjeku je iznosila od 44,34 mm (S 2388, provenijencija Papuk) do 61,42 mm (S 2395, populacija Dotrščina). Koeficijent varijabilnosti u svakoj je populaciji imao približno istu širinu, a kod polusrodnika se kretao od 5,69 do 14,28 %. Prosječna vrijednost duljine plojke lista na razini populacije iznosila je 52,79, 54,33 i 53,56 mm, pa međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ( $F = 0,099$ ) (tablica 7). Statistički značajne razlike utvrđene su u svim trima populacijama na razini od 1 % ( $F = 7,357^{**}$ ,  $F = 10,716^{**}$ ,  $F = 23,532^{**}$ ), kako je prikazano u tablici 7.

Tablica 7. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Stoblovac (Šumarija Slatina)

Table 7. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Stoblovac (Forest range office Slatina)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	22,959**	7,357**	4,995**	30,397**	3,690**	12,750**
2.	Moslav. gora	10,679**	10,716**	17,889**	5,675**	9,788**	7,368**
3.	Papuk	32,065**	23,532**	46,163**	7,325**	39,984**	9,318**
Između populacija Between population		2,043	0,099	0,148	3,153	0,870	0,275

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista kod polusrodnika su dobivene prosječne vrijednosti od 34,08 mm (S 2392, populacija Papuk) do 47,48 mm (S 2377, populacija Moslavačka gora). Širina varijabilnosti i vrijednosti koeficijenta varijabilnosti imali su podjednake vrijednosti u svakoj populaciji, s tim da su sve istraživane populacije iskazale i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva:  $F = 4,995^{**}$ ,  $F = 17,889^{**}$ ,  $F = 46,163^{**}$  (tablica 7). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 40,83; 40,92 i 40,00 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ( $F = 0,148$ ).

Broj postranih žila lista kod mjerenih polusrodnika u prosjeku je iznosio od 5,76 do 7,52 (S 2379, populacija Moslavačka gora i S 2395 iz populacije Dotrščina), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 5,43 do 9,87 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su kod svih triju istraživanih populacija ( $F = 30,397^{**}$ ,  $F = 5,675^{**}$ ,  $F = 7,325^{**}$ ). Nije dobivena statistički značajna razlika među populacijama za to svojstvo ( $F = 3,253$ ) (tablica 7).

Mjerena udaljenost od baze do najšireg dijela lista kod polusrodnika imala je prosječnu vrijednost od 11,74 do 16,18 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 8 do 22 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 7,57 do 14,40 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u svim trima istraživanim populacijama na razini od 1 %:  $F = 3,690^{**}$ ,  $F = 9,788^{**}$ ,  $F = 39,984^{**}$  (tablica 7). Analizom varijanci među populacijama nije utvrđena statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista ( $F = 0,870$ ).

Broj zubaca između druge i treće žile lista polusrodnika u prosjeku je iznosio od 3,16 do 4,12. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 5 zubaca, a koeficijent varijabilnosti kretao se od 5,97 do 16,50 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % kod svih istraživanih populacija ( $F = 12,750^{**}$ ,  $F = 7,368^{**}$  i  $F = 9,318^{**}$ ), kako je prikazano u tablici 7. Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ( $F = 0,275$ ).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova kod polusrodnika iz triju populacija obične breze u terenskom pokusu u Stoblovcu može se zaključiti kako je unutar svake pojedine populacije utvrđena vrlo izražena šira varijabilnost svakoga pojedinog svojstva nego što je međupopulacijska varijabilnost. Zbog toga su i dobivene statistički značajne razlike za istraživana svojstva na razini polusrodnika, ali ne i na razini populacija.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U ISTIH  
POLUSRODNICA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA  
VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM THE SAME  
HALF-SIB PROGENIES IN DIFFERENT FIELD PLOTS

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova istih polusrodnika iz triju populacija obične breze, testiranih u trima terenskim eksperimentima: Dišnice (Šumarija Kutina), Stoblovac (Šumarija Slatina) i Bosiljevo (Šumarija Duga Resa), može se zaključiti da je u svakoj pojedinoj populaciji utvrđena vrlo izražena

varijabilnost za svako pojedino svojstvo na svakom od lokaliteta. Unutarpopulacijska varijabilnost morfometrijskih svojstava lista kod svih je populacija, u većini slučajeva, iskazala statistički značajne razlike na razini od 5 i 1 % (tablica 7).

I u međupopulacijskoj je varijabilnosti broja postranih žila u testu iz Dišnica utvrđeno postojanje značajne razlike na razini od 5 % ( $F = 4,105^*$ ). U terenskom pokusu u Bosiljevu međupopulacijska je varijabilnost bila statistički značajna za udaljenost od baze do najšireg dijela plojke lista ( $F = 5,619^*$ ).

Provedenom statističkom analizom morfometrijskih karakteristika u populacijama *Betula lanata* i utvrđenom introgresijom vrstom *Betula pendula* dobivena su dva osnovna svojstva koja su uključivala tri četvrtine ukupne varijabilnosti: broj postranih žila i odnos duljine i širine ženske rese (S h e m b e r g 1979).

Broj postranih žila i u našim je istraživanjima dao statistički značajne razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti kod adultnih stabala, te u jednom testu polusrodnika. Također je u provedenim morfometrijskim istraživanjima lista u različitim adultnim populacijama obične breze u Hrvatskoj zaključeno kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzimati broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva.

Zbog vrlo izražene unutarpopulacijske varijabilnosti svih istraživanih morfoloških svojstava lista u istraživanim populacijama može se zaključiti da bi za osnovne naznake u procjeni međupopulacijske varijabilnosti obične breze mogao poslužiti ponajprije broj postranih žila te eventualno i udaljenost od baze do najšireg dijela lista.

#### FENOTIPSKA STABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U ISTIH POLUSRODNIKA TESTIRANIH NA TRIMA RAZLIČITIM LOKALITETIMA PHENOTYPIC STABILITY OF MORPHOLOGICAL LEAF TRAITS FROM THE SAME HALF-SIB PROGENIES TESTED ON THREE DIFFERENT LOCALITIES

Glede duljine peteljke vrijednosti su korelacije za iste polusrodnike na eksperimentalnim plohamu pozitivne, statistički beznačajne ( $r = 0,004$ ,  $r = 0,054$  i  $r = 0,101$ ).

Za duljinu plojke lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike, testirane na trim različitim staništima, imaju pozitivnu statistički nesigificantnu vrijednost, ( $r = 0,039$ ), dobivenu između testova Kutina i Slatina. Negativne, statistički nesigificantne vrijednosti dobivene su između testova Duga Resa i Kutina, odnosno Duga Resa i Slatina ( $r = -0,036$ ,  $r = -0,392$ ).

Za širinu plojke lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike, testirane na trima različitim staništima, dale su pozitivnu statistički nesigificantnu vrijednost, ( $r = 0,245$ ), između testova Kutina i Slatina. Negativne statistički nesigificantne vrijednosti dobivene su između testa Duga Resa i Kutina, te Duga Resa i Slatina ( $r = -0,107$ ,  $r = -0,441$ ).

Vrijednosti korelacije za iste polusrodnike za broj postranih žila imaju pozitivne, statistički beznačajne vrijednosti ( $r = 0,073$ ,  $r = 0,134$ ) za testove Kutina i Slatina, odnosno Kutina i Duga Resa. Negativna, statistički beznačajna vrijednost ko-

relacijskog koeficijenta dobivena je između testova Duga Resa i Slatina ( $r = -0,137$ ). Za udaljenost od baze do najšireg dijela lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike imale su pozitivnu, statistički beznačajnu vrijednost ( $r = 0,220$ ) između testova Kutina i Slatina. Negativne, statistički beznačajne vrijednosti dobivene su između testa Duga Resa i Kutina, te Duga Resa i Slatina ( $r = -0,228$ ,  $r = -0,355$ ).

Za broj zubaca između druge i treće žile lista statistički značajna negativna vrijednost koeficijenta korelacije dobivena je između testova Kutina i Slatina ( $r = -0,643^*$ ). Pozitivna vrijednost koeficijenta korelacije dobivena je između testova Kutina i Duga Resa ( $r = 0,079$ ), a negativna, beznačajna vrijednost između testova Slatina i Duga Resa ( $r = -0,061$ ).

Budući polusrodnici nisu bili iste plantažne dobi. Slabiji je razvoj lisne površine na pojedinim staništima uvjetovao negativne vrijednosti korelacije toga svojstva, koje je inače u adultno-juvenilnim korelacijama iskazalo zavidnu stabilnost i pozitivne vrijednosti korelacije.

Suodnosi morfometrijskih svojstava lista u istih polusrodnika, testiranih na trima različitim staništima, imali su negativnu vrijednost korelativnoga koeficijenta u polovici istraživanih slučajeva. Druga polovica istraživanih korelacija imala je statistički beznačajne pozitivne vrijednosti. Iz dobivenih rezultata moguće je zaključiti kako su morfološka svojstva lista obične breze pod utjecajem stanišnih prilika, a na neka svojstva postoji mali utjecaj okoliša, kao što je potvrđeno i kod adultno-juvenilnih korelacija.

Fenotipska stabilnost istraživanih morfoloških svojstava lista kod istih polusrodnika, testiranih na različitim staništima, istraživana je i analizom varijanci. Dobiveni rezultati za svako morfološko svojstvo lista iskazali su statistički značajne F-vrijednosti na razini od 1 % ne samo u izvorima varijabilnosti među lokacijama već i među polusrođnicima, kao i u interakciji polusrođnici  $\times$  stanište. Na temelju dobivenih rezultata statističke obrade podataka može se zaključiti kako se radi o visoko fenotipski nestabilnim svojstvima. Rezultati dobiveni analizom varijanci imaju potvrdu i u vrijednostima korelacijskih koeficijenata dobivenih među istim polusrođnicima testiranima na više staništa. U polovici slučajeva negativne, a u ostalim slučajevima i statistički neznačajne pozitivne vrijednosti korelacije upućuju na velik utjecaj stanišnih uvjeta pri oblikovanju morfoloških svojstava lista u mlađoj dobi ontogenetskog razvoja obične breze.

### NASLJEDNOST MORFOLOŠKIH SVOJTAVA LISTA KOD ADULTNIH STABALA I KOD POTOMSTAVA IZ ISTIH POPULACIJA TESTIRANIH U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA

#### HERITABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM ADULT TREES AND PROGENIES FROM THE SAME FIELD PLOTS EXPERIMENTS

Vrijednost nasljednosti ( $h^2$ ) za duljine peteljke iznosila je za selekcionirana adultna stabla iz četiriju populacija 0,14. Vrijednosti izračunate nasljednosti za potomstva iz triju populacija, u trima terenskim pokusima, iznosile su od  $h^2 = 0,42$  (pokusna ploha Slatina) do  $h^2 = 0,51$  (pokusna ploha Duga Resa).



Procjene vrijednosti nasljednosti za duljine i širine plojke lista kod odraslih i testiranih potomstava u terenskim pokusima iskazale su veliku nesigurnost ( $h^2 = 0,00$ ). Greška pokusa za ta dva istraživana svojstva bila je velika, što je imalo izravan utjecaj na procjenu nasljednosti pod utjecajem veličine pokusne plohe s plohi-cama velikoga broja ponavljanja te heterogenosti staništa. I iz prijašnjih se rezultata daje zaključiti kako je riječ o svojstvima koja su pod velikim utjecajem okoliša, te je to još više utjecalo na dobivene rezultate.

Vrijednost nasljednosti ( $h^2$ ) za broj postranih žila kod selekcioniranih adultnih stabala iz četiriju populacija iznosila je  $h^2 = 0,86$ . Vrijednost nasljednosti za potomstva iz triju populacija u trima terenskim pokusima iznosila je od  $h^2 = 0,68$  (pokusna ploha Slatina) do  $h^2 = 0,76$  (pokusna ploha Kutina). Broj postranih žila iskazao je visoke vrijednosti nasljednosti i kod adultnih stabala i u sva tri terenska pokusa u kojima je testirano potomstvo iz istih populacija. Za to je svojstvo dobivena i statistički značajna pozitivna vrijednost korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija ( $r = 0,770^*$ ).

Udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je procjenu vrijednosti nasljednosti kod adultnih stabala od  $h^2 = 0,67$ , dok je u terenskim pokusima kod polusrodnika dobivena procjena od  $h^2 = 0,82$  (pokusna ploha Duga Resa). Neznačajna vrijednost dobivena je i kod drugih dvaju pokusa, kao posljedica velike greške pokusa.

Za broj zubaca između druge i treće žile lista kod adultnih stabala procijenjena vrijednost nasljednosti iznosila je  $h^2 = 0,59$ , a u različitim terenskim pokusima ta se vrijednost kretala u granicama od  $h^2 = 0,58$  do  $h^2 = 0,62$ . Dobivena je i statistički značajna pozitivna vrijednost korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija za to svojstvo ( $r = 0,738^*$ ).

Procjene nasljednosti (genetske heterogenosti) za morfološka svojstva lista kod adultnih stabala i potomstava iz istih populacija dale su visoke vrijednosti za duljinu peteljke, udaljenost od baze do najšireg dijela lista, broj žila i broj zubaca, dok su duljina i širina lista imale male procjene vrijednosti nasljednosti. Visoke vrijednosti nasljednosti, uz njihovu konstantnost u različitim terenskim pokusima, iskazane su za broj postranih žila. U provedenim morfometrijskim analizama listova adultnih stabala zaključeno je kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzimati broj postranih žila. Za broj postranih žila i broj zubaca dobivene su statistički značajne vrijednosti korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, što bi upućivalo na stabilnost tih svojstava. Čini se kako je utjecaj stanišnih uvjeta na formiranje morfoloških svojstava najznačajniji za duljinu i širinu lista, jer su ta svojstva imala i negativne vrijednosti koeficijenta korelacije pri testiranju istih polusrodnika na različitim lokalitetima, a male su i nerealne vrijednosti nasljednosti. Obrađen je i odnos morfoloških svojstava lista između selekcioniranih adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, te su za druga svojstva dobivene većinom negativne korelativne vrijednosti ili vrlo male, beznačajne pozitivne vrijednosti.

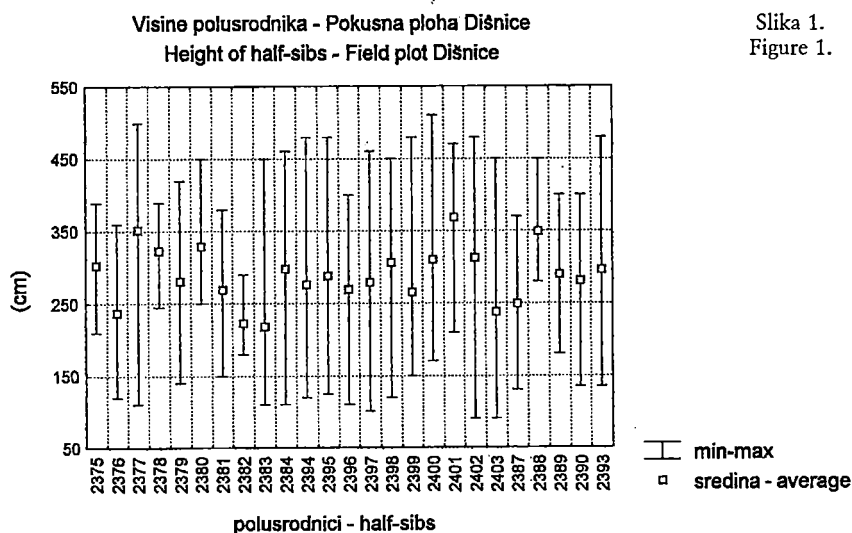
Glede spoznaja o varijabilnosti morfoloških svojstava lista i njihove stabilnosti vidi se kako i parametri nasljednosti nisu konstantne veličine (K r s t i n i ć 1967, 1976, G r a č a n 1972, K a j b a 1991), već se mijenjaju s obzirom na stanište

i dob, kao i pri testiranju potomstava iz istih populacija na različitim staništima. Visok stupanj genetske kontrole broja postranih žila u svim je tretiranjima iskazao svoju konstantnost te statistički značajne razlike u procjeni unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti morfoloških svojstava lista u adultnih stabala i polusrodnika.

**VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA NA POKUSNOJ PLOHI DIŠNICE**  
**VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF  
PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT DIŠNICE**

**VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA**  
**VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS**

Na slici 1 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



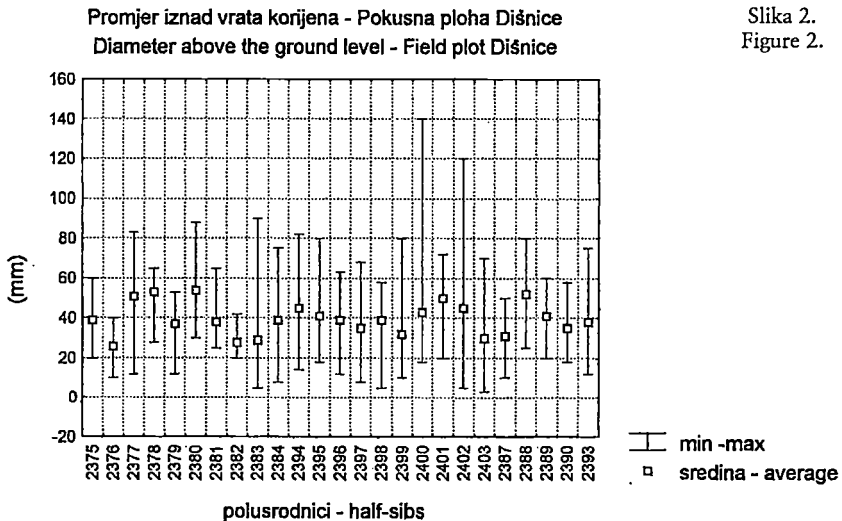
Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su visinu od 218,2 do 351,8 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 110 do 500 cm, dok se koeficijent varijabilnosti kretao u rasponu od 15,48 do 43,16 %. U populaciji Dotrščina prosječna se visina kod polusrodnika kretala između 237,8 i 369,1 cm. Širina varijabilnosti bila je u testiranim populacijama od 90 do 510 cm, a koeficijenti varijabilnosti imali su vrijednosti od 20,47 do 34,70 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju visinu od 249,4 do 349,2 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 130 do 480 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 15,51 do 33,33 %.

U svakoj je populaciji utvrđena približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su 282,3 cm (Moslavačka gora), 281,7 cm (Dotrščina) i 289,1 cm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijsku varijabilnost ukupnih visina ( $F = 1,76$ ,  $F = 1,18$  i  $F = 1,12$ ).  $F$ -vrijednost u procjeni međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ( $F = 0,14$ ) (tablica 8).

VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA  
VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES  
AND HALF-SIBS

Na slici 2 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



Prosječni promjeri za polusrodnike iz populacije Moslavačka gora kretali su se u rasponu od 26,2 do 54,0 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 5 do 90 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 17,55 do 69,55 %. Promjer iznad vrata korijena u polusrodnika populacije Dotrščina kreće se između 29,7 i 49,7 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 140 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 28,32 do 55,06 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 31,0 mm do 52,0 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 10 do 80 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 29,13 do 52,86 %.

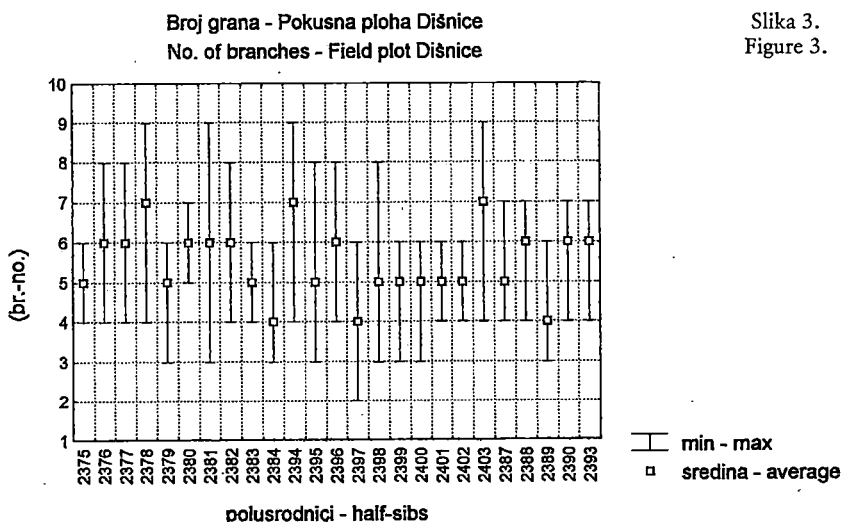
U svakoj populaciji iskazale su se približno iste širine varijabilnosti za debljinski prirast, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su mnogo veću varijabilnost toga svojstva u odnosu na visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su: 38,7 mm (Moslavačka gora), 38,1 mm (Dotrščina) i 38,8 mm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost svojstva promjera iznad vrata korijena u populaciji Moslavačka gora ( $F = 2,99^*$ ) (tablica 8). Ostale dvije populacije imale su statistički beznačajne vrijednosti ( $F = 1,13$ ,  $F = 1,03$ ) kako je prikazano u tablici 8. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ( $F = 0,04$ ) (tablica 8).

### VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA

#### VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 3 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnjicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su po dužinskom metru broj grana od 4,4 do 6,5. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 9, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,04 do 28,07 %. U populaciji Dotrščina broj grana kod polusrodnika kretao se između 4,0 do 6,8. Širina varijabilnosti za polusrodnike u

populaciji kretala se od 3 do 9, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 13,40 do 33,33 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju broj grana od 4,1 do 5,7. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 7, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 13,68 do 24,04 %.

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za broj grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 5,5 (Moslavačka gora), 5,2 (Dotrščina) i 5,3 (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti broja grana ( $F = 0,60$ ,  $F = 0,38$  i  $F = 1,32$ ) kako je prikazano u tablici 8. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ( $F = 0,24$ ) (tablica 8).

Tablica 8. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Dišnice  
Table 8. Analysis of variance and F-value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	1,76	2,99*	0,60
2.	Papuk	1,18	1,13	0,38
3.	Dotrščina	1,12	1,03	1,32
Između populacija Between populations		0,14	0,04	0,24

**VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA NA POKUSNOJ PLOHI STOBLOVAC  
VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF  
PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT STOBLOVAC**

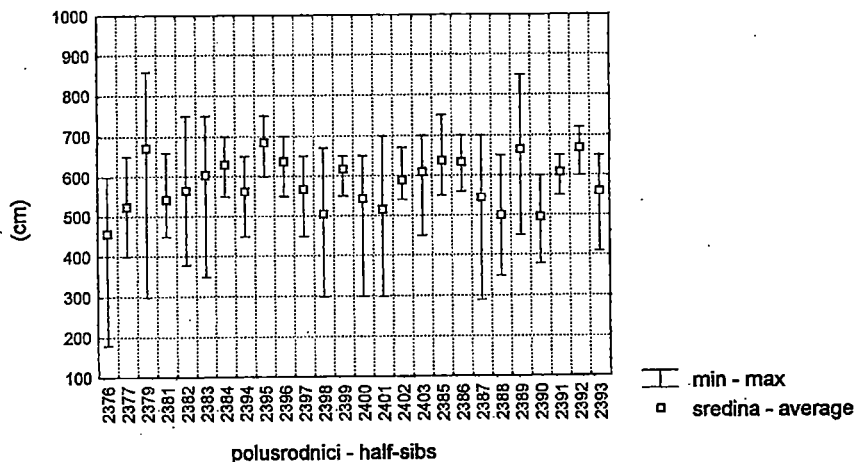
**VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA  
VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS**

Na slici 4 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su prosječnu totalnu visinu od 458,3 do 672,0 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 180 do 860 cm, dok je koeficijent varijabilnosti iznosio od 8,89 do 29,40 %. U populaciji Dotrščina visina

Visina polusrodnika - Pokusna ploha Stoblovac  
Height of half-sibs - Field plot Stoblovac

Slika 4.  
Figure 4.



se kod polusrodnika kreće između 515,0 i 685,0 cm. Širina varijabilnosti u polusrodnika u populaciji kretala se od 300 do 750 cm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 6,86 do 25,74 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju totalnu visinu od 495,0 do 667,5 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 290 do 850 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 5,35 do 20,00 %.

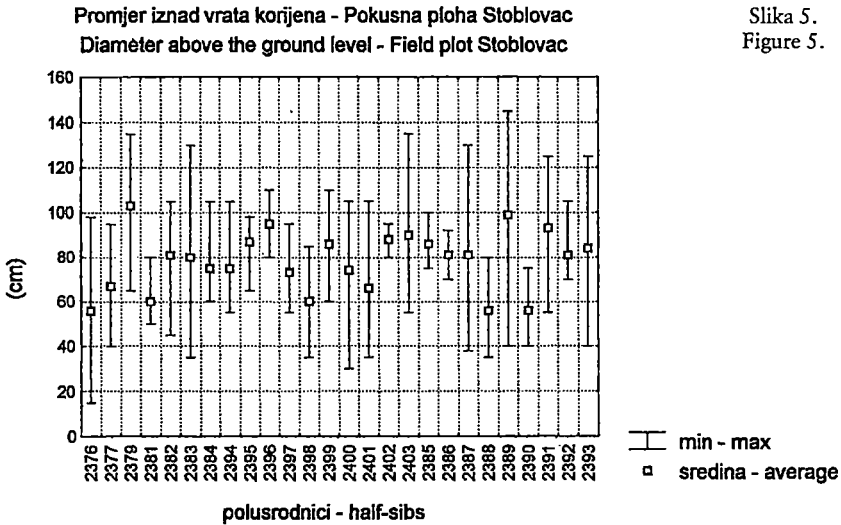
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz relativno podjednak raspon u vrijednostima koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su 574,3 cm (Moslavačka gora), 580,3 cm (Dotrščina) i 588,8 cm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijsku varijabilnost mjerene visine ( $F = 2,17$ ,  $F = 2,10$  i  $F = 1,16$ ) kako je prikazano u tablici 9. F-vrijednost je u procjeni međupopulacijske varijabilnosti također bila statistički beznačajna ( $F = 0,11$ ) (tablica 9).

#### VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 5 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su prosječne promjere od 56,0 do 103,0 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 15 do 135 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,33 do 36,30 %. Promjer iznad vrata korijena kod polusrodnika populacije Dotrščina kreće se između 60,0 i 95,0 mm. Širina va-



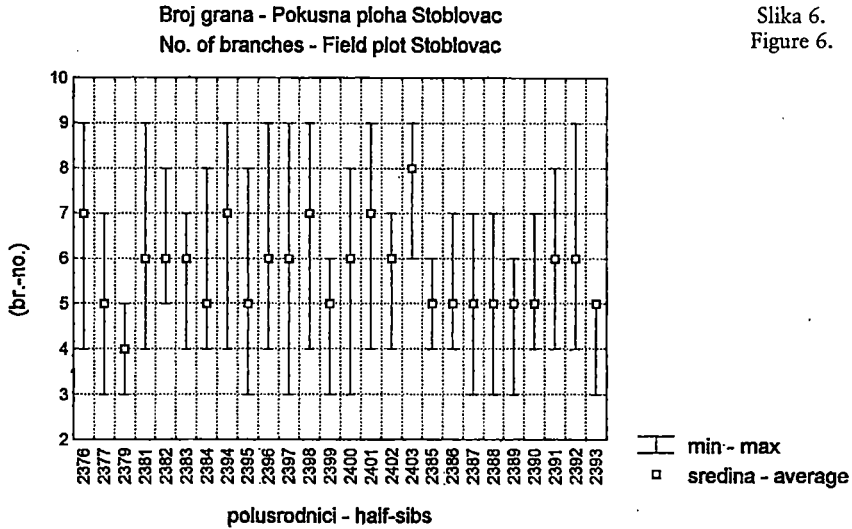
rijabilnosti kretala se za polusrodnike u populaciji od 30 do 135 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 5,71 do 29,24 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 55,6 do 99,3 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 35 do 145 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 9,43 do 43,28 %.

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti debljinskog prirasta, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su nešto veću varijabilnost toga svojstva glede visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su 75,8 mm (Moslavačka gora), 79,0 mm (Dotrščina) i 83,0 mm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta u populaciji Moslavačka gora ( $F = 2,66^*$ ) (tablica 9). Ostale dvije populacije imale su statistički beznačajne vrijednosti ( $F = 1,64$ ,  $F = 1,13$ ). F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna,  $F = 0,64$ .

#### VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNKA VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 6 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su po metru od 4,2 do 7,1 grana. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 9, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 17,78 do 30,00 %. U populaciji Dotrščina broj grana kod polusrodnika kretao se između 5,0 do 7,8. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 3 do 9, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 11,15 do 30,77 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju broj grana od 4,7 do 6,3. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 9, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 17,03 do 29,55 %.

Tablica 9. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Stoblovac  
Table 9. Analysis of variance and F - value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	2,17	2,66*	1,16
2.	Papuk	2,10	1,64	1,92
3.	Dotrščina	1,16	1,13	2,05
Između populacija Between populations		0,11	0,64	0,61



U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti broj grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 5,7 (Moslavačka gora), 6,1 (Dotrščina) i 5,1 (Papuk).

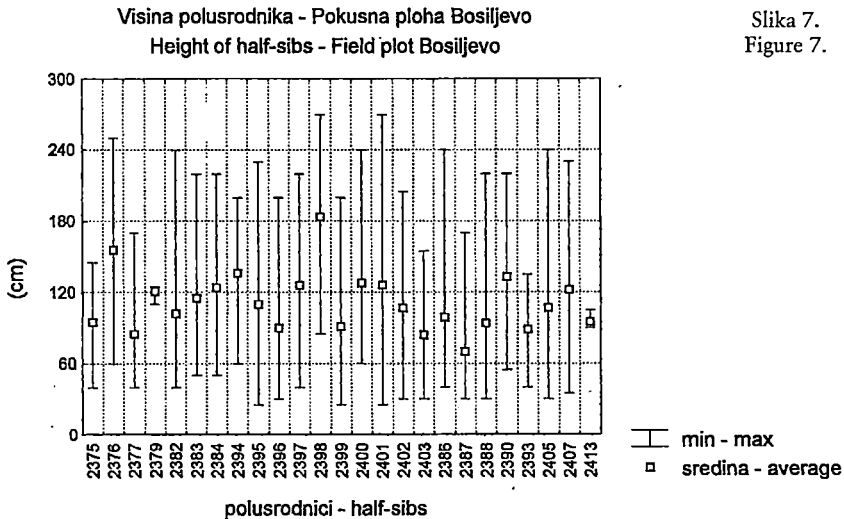
Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijske varijabilnosti broja grana ( $F = 1,16$ ,  $F = 1,92$  i  $F = 2,05$ ) kako je prikazano u tablici 9. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ( $F = 0,61$ ) (tablica 9).

### VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA NA POKUSNOJ PLOHI BOSILJEVO VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT BOSILJEVO

#### VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 7 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz četiriju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su totalnu visinu od 84,5 do 156,1 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 40 do 250 cm, dok je koeficijent varijabilnosti iznosio od 5,39 do 49,78 %. U populaciji Dotrščina visina se kod polusrodnika kreće između 83,6 i 184,3 cm. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 25 do 270 cm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 38,06 do 71,52 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju visinu od 70,0 do 132,5 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 30 do 240 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabil-



nosti od 41,04 do 60,45 %. Lokalna populacija Duga Resa, iako zastupljena sa samo tri polusrodnika, također je iskazala znatnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Prosječna visina za polusrodnike iznosila je od 95,0 do 122,2 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 30 do 240 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 9,12 do 54,69 %.

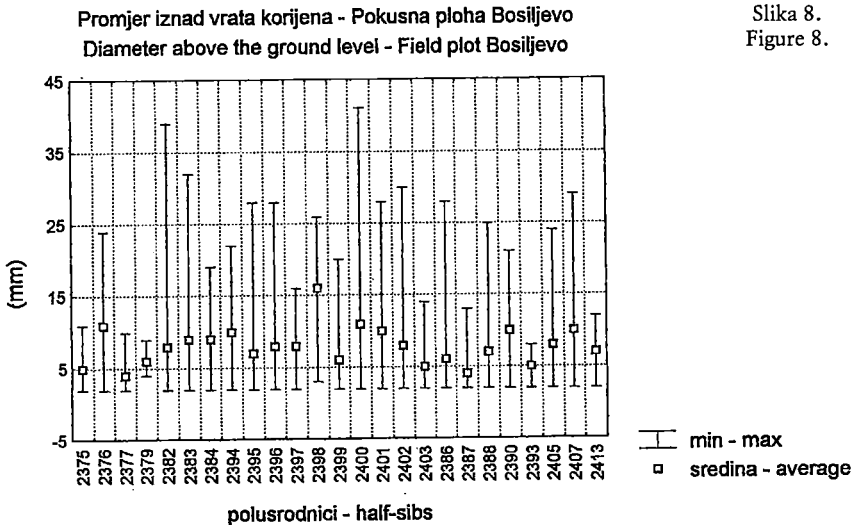
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz veliki raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su: 114,7 cm (Moslavačka gora), 112,3 cm (Dotrščina), 93,3 cm (Papuk) i 112,8 cm (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika za unutarpopulacijsku varijabilnost mjerene visine u populaciji Dotrščina ( $F = 2,72^*$ ) (tablica 10). Varijabilnost u ostalim izučavanim populacijama nije iskazala statistički značajne razlike ( $F = 1,06$ ,  $F = 2,32$  i  $F = 0,51$ ) kako je prikazano u tablici 10. F-vrijednost u procjeni međupopulacijske varijabilnosti bila je statistički beznačajna ( $F = 1,63$ ) (tablica 10).

### VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 8 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz četiriju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su promjer od 4,0 do 11,2 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 2 do 39 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 36,94 do 131,15 %. U populaciji Dotrščina promjer iznad vrata



korijena u polusrodnika se kreće između 5,3 i 16,3 mm. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 2 do 41 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 60,44 do 120,83 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 4,5 do 10,1 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 2 do 28 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 51,78 do 115,90 %. Lokalna populacija Duga Resa također je iskazala znatnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Promjer za polusrodnike iznosio je od 7,0 do 10,0 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 2 do 29 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 71,43 do 92,00 %.

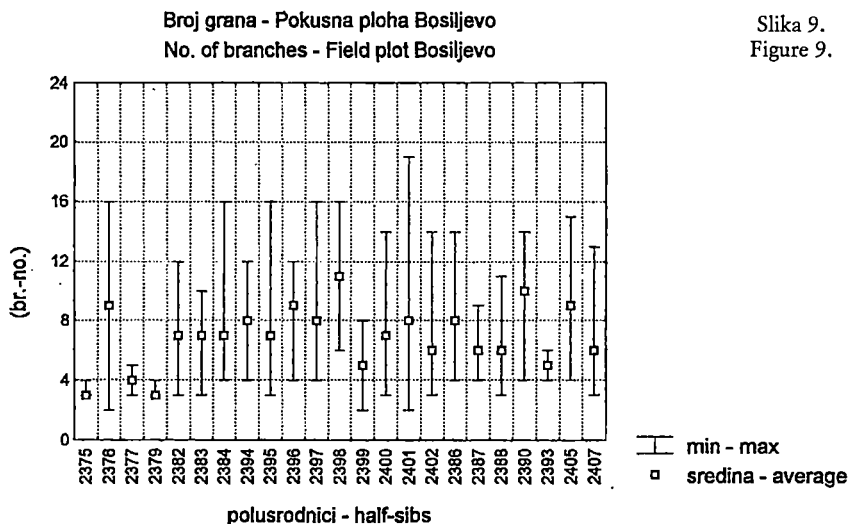
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti debljinskog prirasta. Koeficijent varijabilnosti imao je izrazito visoke vrijednosti iskazane i u vrijednosti devijacija (*s*) u svakoga polusrodnika. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su veću varijabilnost toga svojstva u odnosu na visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su 7,9 mm (Moslavačka gora), 8,2 mm (Dotrščina), 6,2 mm (Papuk) i 8,6 mm (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci nije dobivena statistički značajna razlika za unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta s vrijednostima  $F = 0,82$ ,  $F = 2,71$ ,  $F = 1,71$  i  $F = 0,49$  (tablica 10). *F*-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ( $F = 1,92$ ) (tablica 10).

#### VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA

#### VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 9 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora po metru su imali prosječno od 3,2 do 9,2 grana. Širina varijabilnosti kretala se od 2 do 16, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,97 do 60,93 %. Broj grana kod polusrodnika u populaciji Dotrščina kretao se između 5,1 do 11,4. Širina varijabilnosti kretala se za polusrodnike u populaciji od 2 do 19, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 32,59 do 68,38 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju prosječno od 4,7 do 9,8 grana. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 14, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 24,73 do 53,17 %. Polusrodnici iz populacije Duga Resa imali su prosječno od 6,3 do 9,1 grana. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 15, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 41,61 do 55,52 %.

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti broja grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 6,4 (Moslavačka gora), 7,3 (Dotrščina), 6,7 (Papuk) i 7,5 (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost broja grana kod populacije Moslavačka gora ( $F = 3,14^*$ ) kako je prikazano u tablici 10. Ostale istraživane populacije nisu iskazale značajnost unutarpopulacijske varijabilnosti. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ( $F = 2,67$ ) (tablica 10).

Tablica 10. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Bosiljevo  
Table 10. Analysis of variance and F-value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	1,06	0,82	3,14*
2.	Papuk	2,32	2,71	1,76
3.	Dotrščina	2,72*	1,71	1,74
4.	Duga Resa	0,51	0,49	1,35
Između populacija Between populations		1,63	1,92	2,67

VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U  
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA TESTIRANIH U RAZLIČITIM  
TERENSKIM POKUSIMA

VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF  
PROVENANCES AND HALF-SIBS TESTED ON DIFFERENT FIELD PLOTS

Širine varijabilnosti i vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za sva istraživana svojstva imale su, u prosjeku, najveće vrijednosti u terenskom pokusu u Bosiljevu, osnovanome na bujadnicama kordunskog područja. Koeficijent varijabilnosti visine, promjera i broja grana imao je najniže vrijednosti u pokusnoj plohi Stoblovac (Slatina), gdje je tlo obrađeno prije osnivanja pokusa. Te su vrijednosti niže od onih na pokusnoj plohi Dišnice (Kutina), osnovanoj na neobrađenom tlu. Promjer iznad vrata korijena imao je u svim trima pokusima najveće vrijednosti koeficijenta varijabilnosti u odnosu na druga mjerena svojstva. Unutarpopulacijska varijabilnost promatranih svojstava iskazivala je svoj sve veći raspon pod utjecajem okolišnih čimbenika u različitim terenskim pokusima te na taj način povećavala nenasljednu varijabilnost (modifikacije).

Varijabilnost mjerenih svojstava u populaciji u nekim je slučajevima iskazala i statistički značajne razlike na razini od 5 %. Promjer iznad vrata korijena kod populacije Moslavačka gora u dvama terenskim pokusima (Kutina i Slatina) imao je značajnu F-vrijednost, a i broj grana kod iste populacije iskazao je statističku značajnost u pokusu u Bosiljevu (Duga Resa).

Utvrđena je vrlo izražena varijabilnost istih familija s obzirom na sva istraživana svojstva, što pokazuje vrlo jak utjecaj okoliša, odnosno modifikabilnost istraživanih svojstava.

Za međupopulacijsku varijabilnost nije dobivena statistički značajna razlika nijednoga istraživanog svojstva u populacijama iz Hrvatske koje je testirano u trima različitim terenskim pokusima.

Pri istraživanju provenijeničnih pokusa *Betula pendula*, koje je proveo Johnson (1951), utvrđena je znatna unutarpopulacijska varijabilnost kod većine testiranih populacija. U dobi od tri i pet godina polusrodnici obične breze imali su za totalne visine izrazito veliku unutarpopulacijsku varijabilnost u eksperimentalnim istraživanjima koje su proveli Kleinschmidt & Svobla (1982) i Velling (1979). Istraživanja polusrodnika obične breze, testiranih na četirima različitim staništima sjeverne Švedske (Erkén 1972), utvrdila su veliku unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta.

I provedena analiza rezultata iz ukupno 19 terenskih pokusa u Finskoj, unatoč velikim gubicima u preživljavanju, dovela je do zaključaka (Raulo 1977, Velling 1979) kako je postojeća genetska varijabilnost obične breze veća među pojedinačnim stablima nego među sastojinama ili lokalitetima.

Obična breza u Hrvatskoj raste na svojem krajnjem južnom dijelu areala, te su njezine mješovite sastojine rubne populacije. Teorija niskih vrijednosti varijanci kod marginalnih populacija sugerira kako pojedine vrste imaju malu unutarpopula-

cijsku varijancu kada su u blizini ruba (margina) svoje ekološke rasprostranjenosti. Provedena istraživanja bijele smreke (T r e m b l e y & S i m o n 1989) ili žutog bora (H a m r i c k et al. 1989) izvješćuju o postojanju inbridinga kod rubnih populacija. No, ipak, one sadržavaju visoku genetsku raznolikost. Kod rase crnog bora (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) u marginalnim populacijama središnje Turske utvrđeno je postojanje velikog udjela unutarpopulacijske genetske varijabilnosti (K a y a & T e m e r i t 1994). To je također poduprto i nedjelovanjem topografskog učinka na genetsku izdiferenciranost populacija. R e h f e l d t je (1991) izvijestio kako se četinjače razlikuju ovisno o načinu prilagodbe na različita (heterogena) staništa, tzv. adaptivne kline.

Obična breza u Hrvatskoj raste u okolišu koji je načinjen od mozaika mikrookoliša, uz znatnu mikrookolišnu heterogenost među lokalitetima. Radi prilagodbe na mikrookoliš ova pionirska vrsta mora posjedovati velik dio genetske varijabilnosti među familijama u populaciji. Marginalne populacije moraju sadržavati što je moguće veću širinu udaljenih familija u populaciji. Velika unutarpopulacijska genetska varijabilnost ogleđa se i u procjenama nasljednosti pojedinih svojstava kod polusrodnika. Visoke vrijednosti genetske heterogenosti (nasljednosti) ukupne visine i promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika sugeriraju kako se selekcijom u populaciji može ostvariti znatno genetsko poboljšanje. Genetska dobit bit će mnogo djelotvornija kod unutarpopulacijske selekcije nego kod selekcije među populacijama.

## FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST VISINA I PROMJERA U POLUSRODNIKA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS AND DIAMETERS

### FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST VISINA U POLUSRODNIKA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS

Zbog različite plantažne dobi u testovima provenijencija i polusrodnika za istraživanje fenotipske stabilnosti upotrebljavane su vrijednosti prosječnoga visinskog i debljinskog prirasta.

Rezultati analize varijanci za prosječni visinski prirast kod istih polusrodnika populacije Moslavačka gora, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobivena je F-vrijednost statistički značajna ( $F = 156,97^{**}$ ) za lokalitete, dok za polusrodnike i interakciju polusrodnici  $\times$  stanište nema statističke značajnosti.

Testiranjem istih polusrodnika na trima različitim lokalitetima iz populacije Papuk također je dobivena statistička značajnost među lokalitetima polusrodnika, dok značajnost među polusrodnicima te u interakciji polusrodnici  $\times$  stanište značajnost nije dobivena.

Analizom varijance prosječnoga visinskog prirasta za istraživane polusrodnike iz populacije Dotrščina, testirane na trima različitim lokalitetima, dobivena je statistička značajnost za lokalitete ( $F = 299,62^{**}$ ) i za interakciju polusrodnici  $\times$  staništa ( $F = 1,74^*$ ).  $F$  – vrijednost za polusrodnike nije bila značajna, a iznosila je  $F = 0,61$ .

Analize varijanci provedene za iste polusrodnike iz triju populacija, a testiranih na trima različitim staništima, za prosječni visinski prirast dale su veći utjecaj staništa na svojstvo koje inače podliježe jačoj genetskoj kontroli. To upućuje na fenotipsku nestabilnost tog svojstva na razini polusrodnika, uz veliku unutarpopulacijsku varijabilnost. Statistički značajna interakcija na razini od 5 % ( $F = 1,74^*$ ,  $F_{5\% \text{ tablično}} = 1,72$ ) kod polusrodnika populacije Dotrščina može se objasniti najvećom širinom varijabilnosti visina u toj populaciji na svim trima testiranim lokalitetima.

Iz navedenih tablica vidljivo je kako je utjecaj staništa u smislu modifikacija značajan za visinski prirast obične breze. Statistički značajna razlika za interakciju polusrodnici  $\times$  stanište kod jedne populacije upućuje i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika na uvjete staništa.

Kleinschmitt & Svobla (1982) iznijeli su rezultate visinskog priraščivanja trogodišnjeg potomstva od 44 populacije *B. pendula*. Porijeklo populacija bilo je od središnje Europe do Finske, a testirano je na sedam staništa u Njemačkoj. Populacije iz Finske i Švedske imale su najslabije rezultate pod utjecajem preseljenja na velike udaljenosti prema jugu. Interakcija genotip  $\times$  okoliš bila je značajnija što se više sužavala genetska varijabilnost od cijele regije prema pojedinoj populaciji i polusrodnicima. Langhamer je (1982) istraživanjem petogodišnjeg potomstva polusrodnika obične breze, koje je testirano na više lokaliteta u Norveškoj, a potjecalo je s različitih geografskih širina, utvrdio nepostojanje bilo kakva utjecaja preseljenja unutar tih granica rasprostranjenosti. U svom je radu utvrdio i neke značajke za interakciju genotip  $\times$  okoliš, jer su neke familije iskazale opću adaptaciju i najbolje rezultate na svim pokusnim lokalitetima.

#### FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST PROMJERA U POLUSRODNIKA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS

Analizom varijanci za prosječni debljinski prirast istih polusrodnika populacije Moslavačka gora, testiranih na trima različitim lokalitetima, vidljivo je kako su  $F$  – vrijednosti statistički značajne za lokalitete ( $F = 127,53^{**}$ ), polusrodnike ( $F = 3,71^{**}$ ) i interakciju polusrodnici  $\times$  lokalitet ( $F = 3,09^{**}$ ).

Testiranjem istih polusrodnika iz populacije Papuk na trima različitim lokalitetima dobivena je statistička značajnost prosječnoga debljinskog prirasta među lokalitetima ( $F = 91,72^{**}$ ). Značajnost nije dobivena među polusrodnicima ni kod interakcije polusrodnici  $\times$  lokaliteti.

Rezultati analize varijance prosječnoga debljinskog prirasta za istraživane polusrodnike iz populacije Dotrščina, testiranih na trima različitim lokalitetima, dali su

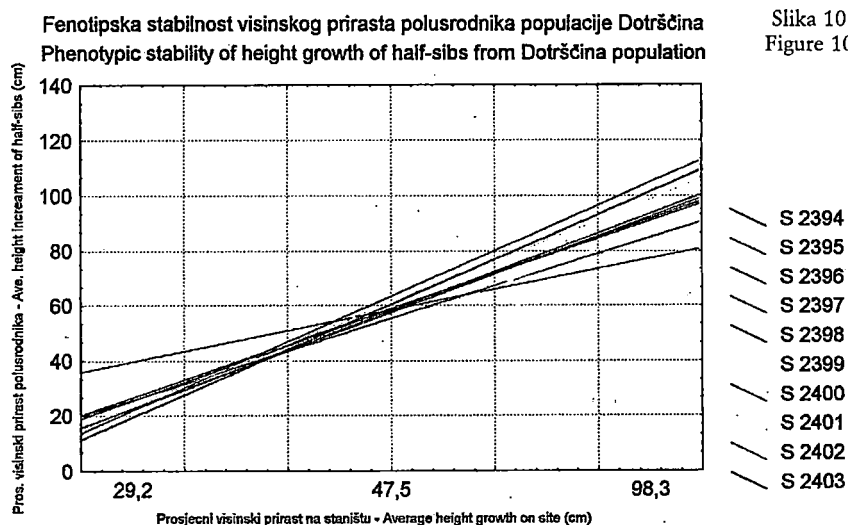
statističku značajnost za lokalitete ( $F = 194,44^{**}$ ), dok za polusrodnike i interakciju polusrodnici  $\times$  lokaliteti nije utvrđena.

Analizama varijanci provedenim za iste polusrodnike iz triju populacija utvrđene su statistički značajne razlike među lokalitetima za prosječni debljinski prirast na svim trima testiranim staništima. Velik utjecaj staništa na debljinski rast upućuje na značajnu fenotipsku nestabilnost toga svojstva na razini polusrodnika, uz veliku varijabilnosti u svakoj populaciji. Dobivena statistička značajnost među polusrodnicima moslavačke populacije ( $F = 3,71^{**}$ ) upućuje na postojanje istaknute varijabilnosti u populaciji, koja omogućuje genetsko poboljšanje debljinskog prirasta selekcijom najboljih familija. Interakcija polusrodnici  $\times$  lokalitet, koja je također značajna kod ove populacije ( $F = 3,09^{**}$ ), pokazuje fenotipsku nestabilnost toga svojstva. Za ostvarenje genetske dobiti treba voditi računa o specifičnoj adaptaciji pri selekciji polusrodnika iz Moslavačke gore.

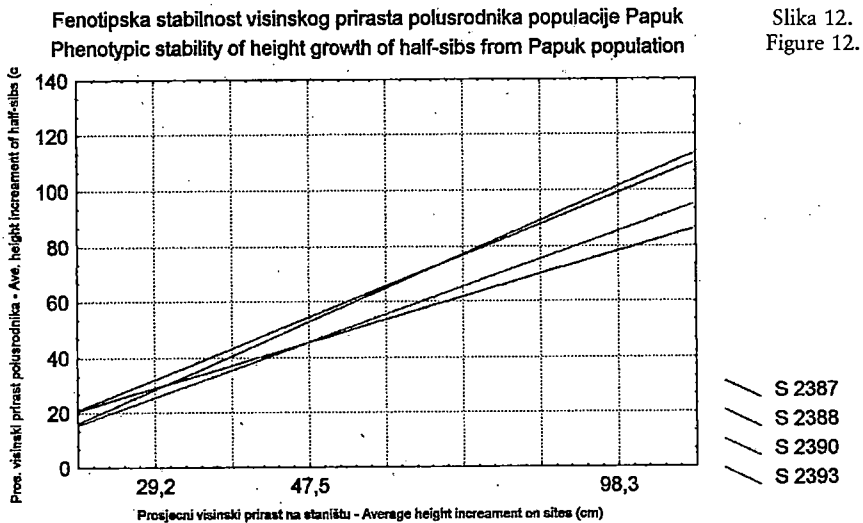
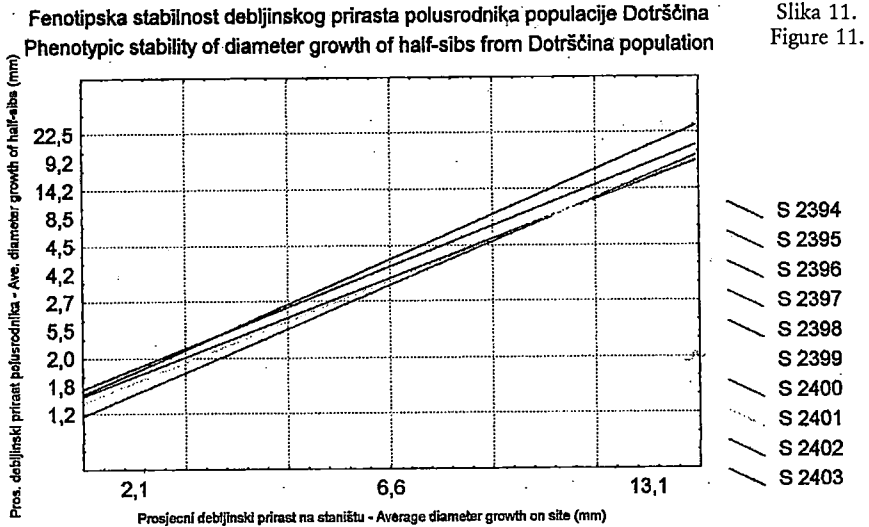
Vidljivo je kako je utjecaj staništa u smislu modifikacija značajan i za debljinski prirast obične breze. Statistički značajna razlika za interakciju polusrodnici  $\times$  stanište u jednoj populaciji upućuje i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika na stanišne uvjete.

Rast i prirast obične breze u uskoj su vezi s interakcijom različitih populacija kada su uzgajane na različitim staništima. Posebno u Švedskoj postoje sjeverno-južni klimatski gradijenti, što uključuje različite populacije i sposobnost prilagodbe polusrodnika na stanišne uvjete, odnosno na određeni okoliš. Tu hipotezu potvrđuju rezultati koje su dobili H å b j ø r g (1972), J o h n s s o n (1977), V e l l i n g (1979), K l e i n s c h m i t t & O t t o (1980).

Istraživanja fenotipske stabilnosti, odnosno veličine variranja fenotipskih vrijednosti određenih genotipova na različitim staništima, definiranih zbrojem kva-



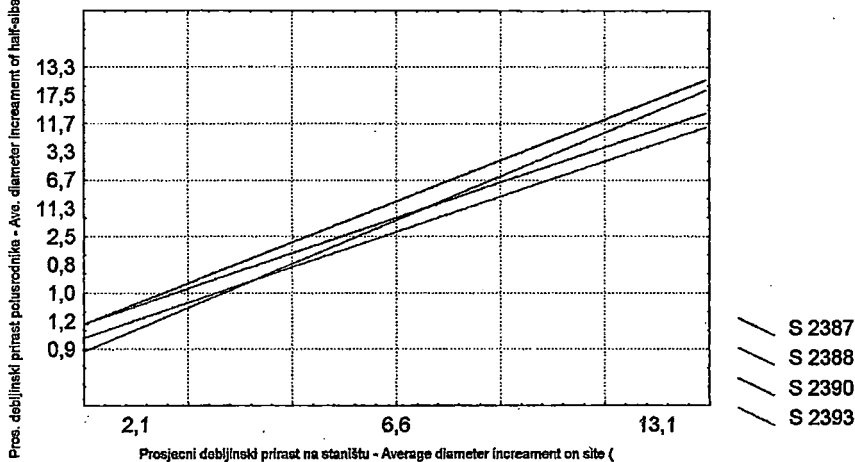




dratnih odstupanja od linije regresije, prvi su u šumarstvu proveli J o h n s t o n & S a m u e l (1978), a na značajnost interakcije genotip  $\times$  stanište upozorio je S h e l b o u r n e (1972). Danas je izučavanje interakcije genotip  $\times$  stanište i ostvarenje optimalnih modifikacija kroz interakciju obvezno u uzgajanju šumskog drveća. Ta su istraživanja primijenjena i u oplemenjivanju domaćih vrsta brzorastućih listača (K r s t i n i ć 1984, 1990, K r s t i n i ć i d r . 1990, K r s t i n i ć & K a j b a 1993).

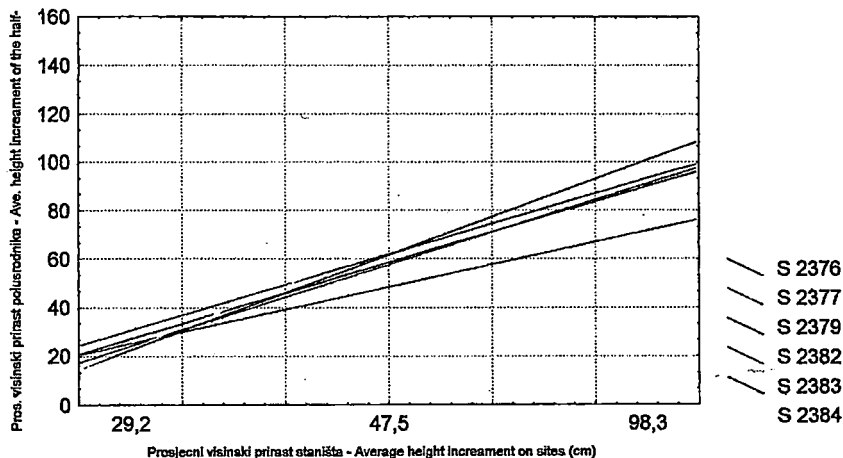
Fenotipska stabilnost debljinskog prirasta polusrodnika populacije Papuk  
Phenotypic stability of diameter growth of half-sibs from Papuk population

Slika 13.  
Figure 13.



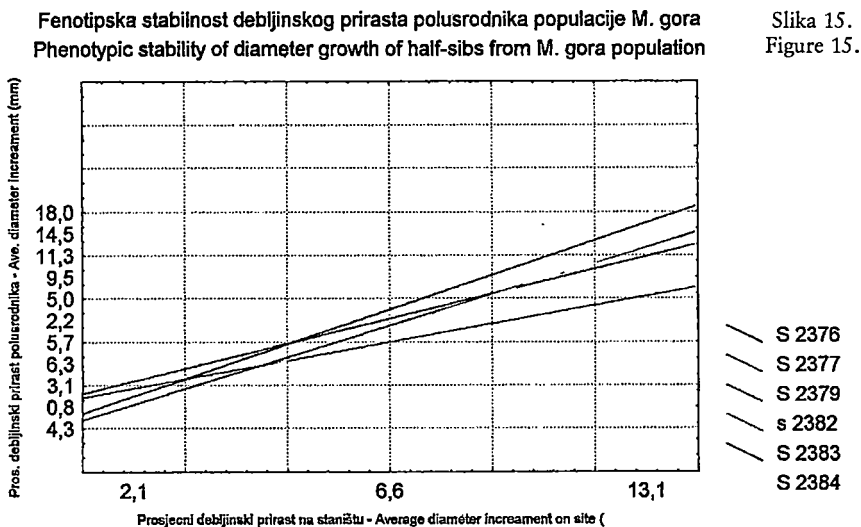
Fenotipska stabilnost visinskog prirasta polusrodnika populacije M. gora  
Phenotypic stability of height growth of half-sibs from M. gora population

Slika 14.  
Figure 14.



Postojanje interakcije polusrodnici  $\times$  stanište za debljinski i visinski prirast u pojedinim populacijama, testiranim na trima različitim staništima, upućuje na specifičnu adaptaciju nekih polusrodnika na uvjete testiranih lokaliteta. To je vidljivo i iz priloženih slika 10 do 15, na kojima su odnosi istih polusrodnika i staništa prikazani regresijskim pravcima.

Za izučavanje interakcije polusrodnici  $\times$  stanište primijenjena je i rang-korelacija. Vrijednosti rang-korelacije za visinu i promjer kod istih polusrodnika izučava-



nih u parovima testiranih lokaliteta imaju negativne vrijednosti te potvrđuju postojanje izrazite interakcije polusrodnici  $\times$  stanište.

Zanimljivo je primijetiti kako su odnosi visine i promjera kod istih polusrodnika, u svim trima terenskim pokusima imali visoke vrijednosti rang-korelacije ( $r_{rang}$ ), 0,87, 0,86 i 0,87. To pokazuje da totalne visine i promjeri visoko koreliraju, te da polusrodnici izrazite dinamike visinskog prirasta uključuju i dobar debljinski prirast, što može biti od važnosti pri selekciji fenotipski najboljih stabala u populaciji i testiranju potomstva.

#### NASLJEDNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U POPULACIJAMA TESTIRANIMA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA HERITABILITY OF HEIGHTS, DIAMETERS AND NUMBER OF BRANCHES IN POPULATIONS TESTED ON DIFFERENT FIELD EXPERIMENTS

Vrijednost nasljednosti kod totalne visine bila je za testirane populacije  $h^2 = 0,41$  (pokusna ploha Bosiljevo),  $h^2 = 0,46$  (pokusna ploha Dišnice) i  $h^2 = 0,38$  (pokusna ploha Stoblovac).

Vrijednost nasljednosti kod promjera iznad vrata korijena bila je za testirane populacije  $h^2 = 0,48$  (pokusna ploha Bosiljevo),  $h^2 = 0,40$  (pokusna ploha Dišnice) i  $h^2 = 0,51$  (pokusna ploha Stoblovac).

Vrijednost nasljednosti kod broja grana po metru bila je za testirane populacije  $h^2 = 0,56$  (pokusna ploha Bosiljevo),  $h^2 = 0,48$  (pokusna ploha Dišnice) i  $h^2 = 0,50$  (pokusna ploha Stoblovac).

Procjena nasljednosti ( $h^2$ ) istraživanih populacija u različitim testovima prove-nijencija i polusrodnika obične breze za visinu, promjer i broj grana pokazala je

kako među testiranim populacijama i familijama te na individualnoj razini postoji vrlo izrazita heterogenost. Konstantnost dobivenih vrijednosti u različitim terenskim pokusima upućuje na postojanje genetske heterogenosti na svim testiranim lokalitetima.

Procjena genetskih parametara za više svojstava kod obične breze izučavana je u familijama punih srodnika u dobi od 12 godina u južnoj Finskoj. Procjena genetske heterogenosti (nasljednosti), u užem smislu, za volumni, visinski i debljinski prirast iznosila je  $h^2 = 0,12$  (N e p v e u & V e l l i n g 1983).

Procjena nasljednosti kod visinskoga prirasta računata je u različitoj dobi do 9 godina. Imala je visoke vrijednosti i kretala se od  $h^2 = 0,91$  do  $h^2 = 0,97$  (K ö n i g 1971). Poslije je (K ö n i g 1982) upozorio na dobivene različite rezultate. Uz polusrodnike i topkros, polikros i dialel križanja procjena i realizacija genetske dobiti uvelike je ovisila o bonitetu staništa na kojima je testirano potomstvo obične breze.

Spoznaja o varijabilnosti tih svojstava dokazuju da i parametri nasljednosti nisu konstantne veličine, već se mijenjaju glede dobi i pri testiranju potomstava iz istih populacija, kada su testirana u različitom okolišu. Osrednji stupanj genetske kontrole pokazao je svoju konstantnost u različitim terenskim pokusima. Manje vrijednosti genetske heterogenosti djelomično mogu biti objašnjene općenito visokim vrijednostima varijanci okoliša. Procjena  $h^2$  (u užem smislu) značajnija je od  $h^2$  (u širem smislu) u provedenoj selekciji populacija u prvoj generaciji, jer  $h^2$  (u širem smislu) predstavlja gornji limit koji može biti ostvaren selekcijom, o čemu se mora voditi računa pri procjeni.

Među testiranim familijama utvrđena je vrlo značajna genetska heterogenost, te bi bilo važno i dalje pratiti razinu genetske kontrole gospodarski važnih svojstava tijekom ontogenetskog razvoja u uvjetima promjenjivih čimbenika okoliša, jer nisu konstantne veličine. Promjenjive vrijednosti nasljednosti dobivene su kod različitih vrsta četinjača (Y i n g & M o r g e n s t e r n 1979, N i e n s t a e d t & R i e m e n s c h n e i d e r 1985, i drugi) te kod brzorastućih listača (H i c k s et al. 1977, B o r r a l h o et al. 1992, i drugi). Vrijednosti nasljednosti pokazuju promjene u genetskoj kontroli u okolišu koje su nastale nakon starjenja.

## PROCJENA GENETSKIH PARAMETARA ZA VISINU, PROMJER IZNAD VRATA KORIJENA I BROJ GRANA

### ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR THE HEIGHTS, DIAMETERS ABOVE THE GROUND AND NUMBER OF BRANCHES

Procjene nasljednosti ( $h^2$ ) totalnih visina, promjera iznad vrata korijena i broja grana imale su vrijednosti od 0,38 do 0,56 za istraživane populacije testirane na trima lokalitetima. Dobivene vrijednosti procjene nasljednosti pokazuju da su ta svojstva pod osrednjim stupnjem genetske kontrole. Iz dobivenih rezultata može se također zaključiti i postojanje izrazite genetske varijabilnosti tih svojstava u populacijama iz Hrvatske. Dobivene vrijednosti nasljednosti upućuju na stabilnost istraživanih svojstava na svim testiranim lokacijama, odnosno na sličnu genetsku heterogenost glede istraživanih svojstava.

Tablica 11. Procjena genetske heterogenosti, odnosno nasljednosti ( $h^2$ ), genetskoga koeficijenta varijabilnosti (G.C.V. %) i genetskog poboljšanja ( $\Delta G$ ) za svojstva istraživanih populacija testiranih na trima pokusnim plohama

Table 11. Estimate of genetic heterogeneity/heritability ( $h^2$ ), genetic coefficient of variability (G.C.V. %) and genetic gain ( $\Delta G$ ) for the investigated traits of tested populations on three different field plots

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

Svojstvo	$h^2$	G.C.V. %	$\Delta G$	$\Delta G$ (%)
Visina – Height	0,41	5,34	19,19	17,73
Promjer – Diameter	0,48	9,98	2,58	33,86
Broj grana – No. of branches	0,56	10,49	2,52	36,00

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

Svojstvo	$h^2$	G.C.V. %	$\Delta G$	$\Delta G$ (%)
Visina – Height	0,46	8,47	72,25	23,17
Promjer – Diameter	0,40	12,04	12,80	32,10
Broj grana – No. of branches	0,48	10,27	0,92	19,80

Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

Svojstvo	$h^2$	G.C.V. %	$\Delta G$	G (%)
Visina – Height	0,38	13,80	69,76	12,07
Promjer – Diameter	0,51	12,87	19,51	24,30
Broj grana – No. of branches	0,50	10,96	1,26	22,12

Genetska dobit uzgojem polusrodnika od selekcioniranih plus stabala, dobivenih slobodnim oprašivanjem u prirodnim sastojinama, općenito je mala jer su svojstva za koja se stabla selekcioniraju poligena, a nasljeđuju se najčešće po aditivnom modelu nasljeđivanja. Roditeljska stabla su heterozigotna, a oplodena su uglavnom inferiornim muškim roditeljima, zbog čega je vrlo često izračunata nasljednost ( $h^2$ ) mala (K r s t i n i ć 1967, 1976, G r a č a n 1972, Z o b e l & T a l b e r t 1984, N a m k o o n g et al. 1988).

Dobivene vrijednosti genetske heterogenosti u populacijama obične breze u Hrvatskoj upućuju na veliku mogućnost ostvarenja genetske dobiti selekcijom.

Procjene genetskog poboljšanja ( $\Delta G$ ) za istraživana svojstva (visina, promjer i broj grana) na trima različitim lokalitetima u prosjeku su iznosile ( $\Delta G$  %): za visine 17,66 %, za promjer 30,09 % i za broj grana po metru 25,97 %. Dobivene vrijed-

nosti pokazuju da se kod obične breze, kao brzorastuće vrste, može ostvariti značajno genetsko poboljšanje. Zbog izrazite unutarpopulacijske varijabilnosti na individualnoj razini i na razini familija najbolje je rezultate moguće dobiti selekcijom najboljih stabala svake populacije, te osnivanjem jedinstvene klonske sjemenske plantaže, upotrebive za sve istraživane populacije. Uz postojeće vrijednosti genetskog poboljšanja za visinski i debljinski prirast moguće je očekivati dva do tri puta veći volumni prirast (N a n s o n 1968).

Odabirom najboljih stabala u selekcioniranim familijama polusrodnika i osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže ostvarila bi se mnogo veća ukupna genetska dobit ( $\Sigma\Delta G$ ). Genetsko bi poboljšanje u prosjeku tada, prema rezultatima dobivenima na trima pokusnim plohama, iznosilo: za visinu 56,86 %, za promjer iznad vrata korijena 85,51 % te za broj grana po metru 92,71 %.

Analizom kovarijanci za istraživana svojstva (visina, promjer i broj grana) dobivene su visoke pozitivne vrijednosti fenotipske korelacije ( $r_{phxy}$ ), dok su vrijednosti genotipske korelacije ( $r_{gxy}$ ) imale negativne ili nerealne vrijednosti (tablica 12). Te su vrijednosti procjene genetske korelacije nastale kao rezultat velikih iznosa varijanci i greške u pokusu (velike standardne greške genetske korelacije), koja nastaje kao rezultat postojanja izrazite interakcije polusrodnici  $\times$  stanište. Negativna genotipska korelacija visine i promjera, te promjera i broja grana (pokusna ploha Bosiljevo) pokazuje kako selekcija za jedno od tih svojstava isključuje drugo svojstvo.

Čini se da visoke pozitivne vrijednosti fenotipske korelacije upućuju na nedjelotvornost nasljeđa za ta svojstva, unatoč dobivenim vrijednostima genetske heterogenosti ( $h^2$ ). Dobivene vrijednosti fenotipske korelacija ( $r_{phxy}$ ) za parove svojstava pokazuju da je selekcija za jedno svojstvo pod jakim utjecajem okoliša i za drugo svojstvo.

Tablica 12. Procjena fenotipske i genotipske korelacije  
Table 12. Estimation of phenotypic and genotypic correlation

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,94	-	-
	Genotipska korelacija	-0,77	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,81	0,61	-
	Genotipska korelacija	0,00	-0,46	-

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,50	-	-
	Genotipska korelacija	0,80	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,98	0,90	-
	Genotipska korelacija	0,00	0,00	-

Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,95	-	-
	Genotipska korelacija	0,00	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,97	0,05	-
	Genotipska korelacija	0,00	0,07	-

Procjenom nasljednosti pomoću regresije roditelj – potomstvo dobivene su male vrijednosti genetske heterogenosti, a testirane su na trima različitim lokalitetima. Za visinski prirast procjena nasljednosti ( $h^2$ ) kretala se, zavisno od terenskoga pokusa, od negativne procjene  $h^2 = -0,09$  (test Bosiljevo) do  $h^2 = 0,10$  (test Kutina), odnosno  $h^2 = 0,25$  u testu Slatina. Negativne vrijednosti, ili vrijednosti veće od jedan dobivene u procjenama nasljednosti, uvjetovane su fenomenom juvenilnog stadija pokusnih uzoraka ili nastaju kao rezultat isključenja blokovske i stanišne komponente varijance (A d a m s & J o l l y 1977, H i c k s et al. 1977). Procjena genetske heterogenosti za debljinski prirast iznosila je  $h^2 = 0,03$  (test Bosiljevo),  $h^2 = 0,07$  (test Kutina) i  $h^2 = 0,21$  (test Slatina).

Vidljivo je kako procjene nasljednosti obračunate putem regresije majka – potomstvo imaju mnogo niže vrijednosti u odnosu na procjene dobivene analizom varijanci. Osim prije navedenih poteškoća u procjeni nasljednosti putem regresije mora se voditi računa o tome da bi heterogenost u slučajnom uzorku, kada bi ravnomjerno zastupao cijelu populaciju, imala mnogo višu vrijednost. Na osnovi naših objektivnih kriterija izabrali smo fenotipski iznatprosječna stabla, što je, uza sve probleme s procjenama prosječnog prirasta roditelja i potomstva, uvjetovalo niske vrijednosti nasljednosti. Izborom plus stabala, genetski sličnih stabala u danoj populaciji, dobiva se manja vrijednost  $h^2$  u odnosu na sve predstavnike jedne populacije.

Također je izračunato genetsko poboljšanje putem regresije majka – potomci najčešće nerealno iz više razloga, kao što je. neadekvatna metoda procjene vrijednosti nasljednosti (H a t t e m e r 1963) ili umanjene vrijednosti selekcijskog diferencijala (i) zbog provedenih uzgojnih zahvata u gospodarskim šumama (uzgojnim su zahvatima odstranjena inferiorna stabla). Na ovaj se način i ne procjenjuje genetska heterogenost populacije u kojoj se stabla selekcioniraju, već samo onog dijela populacije u kojemu je obavljena selekcija, što rezultira većom genetskom homogenošću roditeljskih stabala i potomstva, pa je izračunata nasljednost mala (Krstinić & K a j b a 1991).

Procjene fenotipske, genotipske i okolišne komponente varijanci prikazane su u tablici 13. Procjena okolišne varijance imala je mnogo veći udio za sva svojstva i u svim trima terenskim pokusima (prosječno 79,82 %) u odnosu na genotipsku varijancu (prosječno 20,24 %).

Tablica 13. Procjena fenotipske, genotipske i okolišne komponente varijance  
Table 13. Estimation of phenotypic, genotypic and environmental compounds of variances

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	730,80	157,63 (21,57 %)	573,17 (78,43 %)
Promjer iznad korijena	10,80	2,26 (20,92 %)	8,54 (79,08 %)
Broj grana	12,26	1,76 (14,36 %)	10,50 (85,64 %)

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	541,17	127,93 (23,64 %)	413,12 (76,36 %)
Promjer iznad korijena	14,82	3,76 (25,40 %)	11,06 (74,60 %)
Broj grana	10,42	1,28 (12,26 %)	9,14 (87,74 %)



Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	624,13	169,26 (27,12 %)	454,87 (72,88 %)
Promjer iznad korijena	15,28	3,23 (21,16 %)	12,05 (78,84 %)
Broj grana	9,86	1,55 (15,70 %)	8,31 (84,3 %)

PREŽIVLJAVANJE POLUSRODNIKA U TERENSKIM POKUSIMA  
SURVIVAL OF HALF-SIBS IN FIELD EXPERIMENTS

Na pokusnoj plohi Dišnice (Šumarija Kutina), u dobi pokusa od 1 + 6 godina, polusrodnici iz domaće populacije Moslavačka gora preživljavali su od 33 do 87 %; prosječno 55 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina imali su raspon preživljavanja od 49 do 88 %, a prosječno za populaciju 61 %. Polusrodnici iz populacije Papuk na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 32 do 72 %, a u prosjeku 50 %.

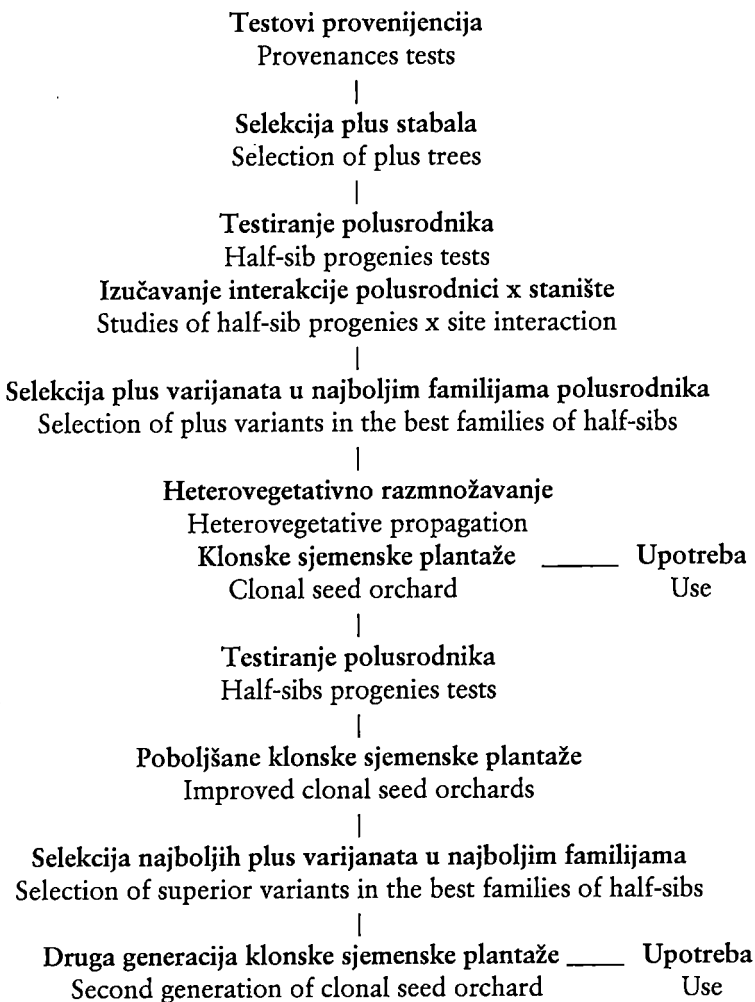
Pokusna ploha Stoblovac (Šumarija Slatina) poorana je prije osnivanja pokusa, a podaci o preživljavanju dani su za dob 1 + 6 godina. Polusrodnici iz domaće populacije Papuk preživljavali su od 53 do 85, %, prosječno 71 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina preživljavali od 54 do 75 %, a populacija prosječno 67 %. Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 60 do 86 %, a populacija prosječno 74 %.

Na pokusnoj plohi Bosiljevo (Šumarija Duga Resa), u dobi pokusa od 1 + 4 godina, polusrodnici iz domaće populacije preživljavali su od 17 do 38 %, prosječno 30 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina imali su raspon u preživljavanju od 21 do 63 %, a populacija prosječno 41 %. Polusrodnici iz populacije Papuk na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 33 do 58 %, u prosjeku 41 %. Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora preživljavali su od 21 do 54 %, a populacija prosječno 38 %.

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su vrijednosti preživljavanja među polusrodnicima u svakoj populaciji imale širok raspon, a prosjeci su na populacijskoj razini na svakom pojedinom staništu bili približno iste vrijednosti. Gubici na pokusnoj plohi Stoblovac bili su najmanji, jer je prije osnivanja pokusa zemljište obrađeno, dok su najslabiji rezultati dobiveni na bujadnicama terenskog pokusa u Bosiljevu. Može se zaključiti da se pripremom zemljišta može znatno povećati uspjeh osnivanja kultura obične breze. Obična je breza vrsta vrlo osjetljiva na presadnju, te se korištenjem kvalitetnih sadnica u dobi 1 + 0 godina, a ne 2 + 0, mogu izbjeći gubici pri osnivanju nasada. Dopunjavanjem dvogodišnjim sadnicama na plohi u Bosiljevu imali smo potpuni gubitak, iako se radilo o domaćoj populaciji. Na toj su pokusnoj plohi zabilježeni i najveći gubici od divljači, a potrebno je i češće čišćenje od bujadi u prvim godinama od osnivanja kultura.

Velike štete od divljači primijećene su već prvih godina nakon osnivanja pokusnih ploha pri evidentiranju preživljavanja, jer objekti nisu ograđeni. Neke od sadnica koje su bile izgrižene pri zemlji, a koje smo čepovali, poslije su potjerale, dok smo kod drugih šteta formirali sadnice za daljnji rast, ali ih nismo uključivali u obradu podataka.

*Model oplemenjivanja obične breze na osnovi provedenih istraživanja u Hrvatskoj*  
*Model of improvement for silver birch on the basis of carried out research in Croatia*



Cilj postizanja otpornosti na sisavce, biljojede, od posebne je važnosti pri uzgoju obične breze i potaknuo je istraživanja, osobito u skandinavskim zemljama. Voluharica (*Microtus* sp.), zec (*Lepus* sp.) i europski los (*Alces alces*) mogu praktički uništiti mlade nasade (Koski 1991, Raulo & Lähde 1977, Rousi 1988, Danell & Huss-Danell 1985).

## ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

1. Istraživane adultne populacije i familije polusrodnika obične breze iz Hrvatske (Moslavačka gora, Papuk, Banovina, Dotrščina) iskazale su značajniju unutarpopulacijsku varijabilnost visinskoga i debljinskog prirasta, broja grana, te morfoloških svojstava lista i ploda u odnosu na varijabilnost između testiranih populacija.

2. Rezultati izmjera visina, promjera i broja grana u polusrodnika iz istraživanih populacija, testiranih na trima različitim lokalitetima, pokazali su u svakoj populaciji vrlo izrazitu i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Među-populacijska varijabilnost nije dala statistički značajne razlike za ta istraživana svojstva.

3. Istraživanjem fenotipske stabilnosti visina i promjera u istih polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobiven je značajan utjecaj staništa, što je izraženo znatnim modifikacijama. Statistički značajne razlike za interakciju polusrodnici  $\times$  stanište u pojedinim pokusnim plohama upućuju i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika.

4. Procjenom genetskih parametara za visinu, promjer iznad vrata korijena i broj grana utvrđeno je da ta svojstva pripadaju skupini osrednje genetske kontrole, uz njihove podjednake procjene genetske heterogenosti ( $h^2$ ) u svim trima terenskim pokusima. Vrijednosti očekivane genetske dobiti pokazuju da se može ostvariti značajno genetsko poboljšanje u volumnom prirastu selekcijom najboljih familija i plus varijanata u familijama unutar istraživanih populacija te osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže.

5. Analizom kovarijanci među istraživanim svojstvima (visina, promjer iznad vrata korijena i broj grana) dobivene su negativne genotipske vrijednosti te pozitivne visoke vrijednosti fenotipske korelacije. Velik udio okolišne komponente varijance u ukupnoj fenotipskoj varijanci rezultat su postojanja izrazite interakcije polusrodnici  $\times$  stanište.

6. Morfometrijska istraživanja svojstava lista u polusrodnika iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje statistički značajne unutarpopulacijske varijabilnosti kod svih mjerenih svojstava. Većinom negativne vrijednosti korelacije kod morfoloških svojstava lista među polusrođnicima, testiranima na trima različitim lokalitetima, upućuju kako su ta svojstva pod jakim utjecajem staništa. Za procjenu među-populacijske varijabilnosti može poslužiti broj postranih žila te udaljenost od baze do najšireg dijela lista. Ta bi se svojstva ubuduće mogla koristiti u istraživanju genetske raznolikosti među lokalnim populacijama.

7. Provedena morfometrijska istraživanja lista u adultnih stabala iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje vrlo istaknute, statistički značajne varijabilnosti za sva mjerena svojstva u svakoj populaciji. Za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje je uzeti broj postranih žila. Za to su svojstvo dobivene statistički značajne razlike među testiranim populacijama. Nije utvrđeno postojanje morfološke različitosti među listovima uzimanih s plodnih i sterilnih izbojaka.

8. Utvrđena je vrlo izrazita statistički značajna unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost širine ploda i širine krilca ploda. Dobivene visoke vrijednosti nasljednosti ( $h^2$ ), te vrijednosti genetske i fenotipske korelacije pokazuju da su ta svojstva pod visokom genetskom kontrolom i malim utjecajem okolišnih čimbenika.

9. Sjeme obične breze potrebno je, zbog malog udjela punog sjemena, slabe klijavosti i poludormantnosti, stratificirati u vlažnom tresetu ili ga držati navlaženoga najmanje 48 sati prije sjetve. Pri prijelazu biljke iz stadija kotiledona u mladu biljku s listovima nužno je osigurati minimalnu temperaturu od 16° C, uz optimalno navlaživanje i svjetlo.

10. Varijabilnost totalnih visina dvogodišnjih sadnica kod uzgojenih je polu-srodnika iskazala statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u istraživanim populacijama. Statistički nije utvrđeno postojanje međupopulacijske varijabilnosti.

11. Preživljavanje u terenskim pokusima iskazalo je velike gubitke, koji se mogu izbjeći uporabom kvalitetnih sadnica u dobi 1 + 0 godina, obradom zemljišta prije sadnje i zaštitom osnovanih kultura od divljači.

12. Na osnovi provedenih istraživanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti obične breze u Hrvatskoj može se zaključiti da je tip varijabilnosti klanalan, odnosno da ne postoji jasno izražen genetski diskontinuitet lokalnih populacija.

## LITERATURA – REFERENCES

- Adams, W. T., & R. J. Jolly, 1977: Analysis of genetic variation for height growth and survival in open-pollinated progenies of eastern white pine. Proc. Northeast For. Tree Improv. Conf. 25: 117 – 131.
- Baker, W. A., 1984: Manual of Quantitative Genetics. Academic Enterprises, Pullman, 188 pp, Wageningen.
- Brodie, I., 1990: Birch provenance proposals for Scotland. Scottish Forestry 44: 94 – 100.
- Coyne, B. F., T. L. Sharik & P. P. Feret, 1982: Variation in Leaf Morphology among Disjunct and Continuous Populations of River Birch (*Betula nigra L.*). Silvae Genetica 31: 122 – 125.
- Danic, B. P., & B. V. Barnes, 1972: Natural Variation and Hybridization of Yellow Birch and Bog Birch in Southeastern Michigan. Silvae Genetica 21: 1 – 9.
- Danell, K., & K. Huss – Danell, 1985: Feeding by insects and hares on birches earlier affected by moose browsing. Oikos 44 (1): 75 – 81.
- Erkén, T., 1972: Results of progeny trials with birch in Middle and Upper Norrland. Sveriges Skogsvrdsförb, Tidskrift 5: 437 – 476.

D. Kajba: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (*Betula pendula* Roth) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 53–108, Zagreb, 1996.

- Gardiner, A. S., & J. N. R. Jeffers, 1962: Analysis of the Collective Species *Betula alba* L. on the basis of Leaf Measurements. *Silvae Genetica* 11: 156 – 161.
- Gardiner, A. S., & N. J. Pearce, 1978: Leaf-shape as an indicator of introgression between *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Trans. Bot. Soc. Edinb.* 43: 91 – 103.
- Gimingham, C.H., 1984: Ecological aspects of birch. In *Birches*. Eds D.M. Henderson and D. Mann. *Proc. Royal Soc. Edinb.*, 85 B: 65 – 72.
- Good, J. E. G., & T. G. Williams & D. Moss, 1985: Survival and growth of selected clones of birch and willow on restored opencast coal sites. *J. Applied Ecol.*, 22: 995 – 1008.
- Gračan, J., 1972: Varijabilnost i nasljednost nekih svojstava evropskog ariša populacije Varaždinskeg. Magistarski rad, 121 str., Zagreb.
- Habjörg, A., 1972: Effects of photoperiod and temperature on growth and development of three latitudinal and three altitudinal populations of *Betula pubescens* Ehrh. *Medd. Nor. Landbr. Hogsk.* 51(2) : 131 – 139.
- Hamrick, J. L., & H. M. Blanton & K. J. Hamrick, 1989: Genetic structure of geographically marginal populations of ponderosa pine. *Amer. J. Bot.* 76 (11): 1559 – 1568.
- Hattemer, H. H., 1963: Estimates of Heritability Published in Forest Tree Breeding Research. *World Consul. on For. Gen. and Tree Improv.*, 2a/3, 14 pp., Stockholm.
- Hicks, R. R., Jr., & G. Rink & B. E. Custer, 1977: Variation and heritability of seedling height in East Texas sycamore and river birch. *Proc. Northeast For. Tree Improv. Conf.* 25: 133 – 137.
- Iliev, I., 1987: Fizični i fiziološki kačestva na semenata ot bradavičesta breza (*Betula pendula* Ehrh.). *Gorsko stopanstvo* 1: 17 – 19.
- Jentys – Szafrova, J., 1951: Analysis of the collective species *Betula alba* L. on the basis of leaf measurements. Part III: *Betula oycoviensis* Bess. and *Betula obscura* Kotula. Determination on the basis of a single leaf. *Bulletin Acad. Pol. Sci. Lett. (B)*, 1.
- Johnsson, H., 1951: Avkommeprövning av björk – preliminära resultat fran unga försöksplanteringar. *Svensk Papperstidning* Nr 11 – 12:1 – 30.
- Johnsson, H., 1977: Syd- och nordflyttning av björkprovenienser. Summary: South- and north dislocation of birch provenances. *Föreningen skogsträdsförädling, Instituteten för skogsförbättring, Yearbook 1976*: 48 – 61.
- Johnstone, B. C. R., & C. J. A. Samuel, 1978: The interaction between genotype and site: its influence on tree selection programmes in Britain. *Eighth World Forestry Congress, Jakarta* 18 p.
- Kajba, D., 1991: Procjena genetskog heterogeniteta-nasljednosti i genetske dobiti za neka gospodarski važna svojstva u klonskim testovima stablastih vrba. *Šum. list* 10 – 12: 449 – 460.
- Kantor, J., 1950: Pøispivek k pistìni bàizy. 397 – 478, Praha.
- Kaya, Z., & A. Temerit, 1994: Genetic Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica* 43 (5/6): 272 – 277.
- Kleinschmit, J., & H. J. Otto, 1980: Prüfung von Birkenherkünften und Einzelbäumen sowie Züchtung mit Birke. *Forst- und Holzwirt* 35 (5): 81 – 88.
- Kleinschmit, J., & J. Svobla, 1982: Prüfung von Birkenherkünften und Einzelbäumen-erste Ergebnisse der Feldversuche. *Der. Forst- und Holzwirt* 10: 257 – 263.
- Koski, R., 1991: Experience with genetic improvement of birch in Scandinavia. In: Lorrain-Smith & Worrel (ed.) *The commercial potential of birch in Scotland*: 67 – 74.
- König, A., 1971: Entscheidungshilfen für die Forstpflanzenzüchtung. *Allg. Forst Zeitschrift*.

- K ö n i g, A., 1982: Some problems involved in the application of conventional quantitative genetic models in birch breeding. IUFRO-Working Parties "Genetics" (S 2.04.01-03,05) at Escherode from Sep 6th – 10th.
- K r s t i n i ć, A., 1967: Varijabilnost i nasljednost visina i broja grana kod bijele vrbe (*Salix alba* L.) populacija Bakovci i Lipovljani. Šum. list 1/2: 27 – 49.
- K r s t i n i ć, A., 1976: Varijabilnost bujnosti rasta i pravilnosti debla hibrida bijele vrbe (*Salix alba* L.) i krhke vrbe (*Salix fragilis* L.). Glas. šum. pokuse 19: 103 – 245.
- K r s t i n i ć, A., 1984: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stablastih vrba. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 1: 5 – 24.
- K r s t i n i ć, A., 1990: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stablastih vrba II. Šum. list 6 – 8: 227 – 235.
- K r s t i n i ć, A., Ž. M a j e r & D. K a j b a, 1990: Utjecaj staništa i klona na produkciju drvene mase u kulturama stablastih vrba na dunavskim adama kod Vukovara. Šum. list 1/2: 45 – 63.
- K r s t i n i ć, A., & D. K a j b a, 1993: Oplemenjivanje brzorastućih listača. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 4: 59 – 72.
- M o r k, E., 1944: Om bjokefruktens bygning, modning og spiring. Medd.Det Norske Skogforsoksv. 8.
- N a m k o o n g, G., H. C. K a n g & J. S. B r o u a r d, 1988: Tree Breeding: Principles and Strategies. Springer – Verlag, 180 pp., New York.
- N a n s o n, A., 1968: Perspectives d'amélioration en premiere generation par selection des provenances. *Silvae Genetica* 17: 130 – 132.
- N e p v e u, G., & P. V e l l i n g, 1983: Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. *Folia Forestalia*, Institutum Forestale Fenniae, No. 575, 21 pp.
- N i e n s t a e d t, H., & D. E. R i e m e n s c h n e i d e r, 1985: Changes in heritability estimates with age and site in white spruce, *Picea glauca* (Moench) Voss. *Silvae Genetica* 34: 34 – 41.
- O c v i r e k, M., & S. O r l i ć, 1988: Rasadnička proizvodnja obične breze (*Betula pendula* Roth), prvi rezultati. *Radovi* 23 (75): 109 – 113.
- O c v i r e k, M., & S. O r l i ć, 1994: Prilog istraživanjima kultura i uspijevanja obične breze. *Radovi* 29 (1): 49 – 58.
- P e i n a d o, M., & G. M o r e n o, 1989: The genus *Betula* (*Betulaceae*) in the Sistema Central (Spain). *Willdenowia* 18: 343 – 359.
- R a u l o, J., 1977: Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. *Met. Julk.* 90.4: 3 – 14, Helsinki.
- R a u l o, J., & E. L ä h d e, 1977: Rauduskoivun viljelytuloksia Lapissa. *Folia Forestalia*, Institutum Forestale Fenniae No. 325, 10 pp.
- R a u š, Đ., & J. V u k e l i ć, 1986: Vegetacijske i strukturne osobine fitocenoza obične breze (*Betula pendula* Roth.) na Psunju. Šum. list 5 – 6: 177 – 187.
- R a u š, Đ., & S. M a t i ć, 1994: Istraživanja vegetacijskih i uzgojnih problema obične breze (*Betula pendula* Roth.) na području Požege i Slatine. Glas. šum. pokuse 30: 337 – 360.
- R e f e l d t, G. E., 1991: Gene Resource Management : Using Models of Genetic Variation in Silviculture. USDA-Forest Service, Genetic/Silviculture Workshop, Wenatchee, WA, USA: 31 – 44.
- R o o k, D. A., & A. M. F l e t c h e r, 1991: Research on the genetics of birch in Britain. In: Lorrain-Smith & Worrel (ed.) *The commercial potential of birch in Scotland*: 43 – 55.
- R o u s i, M., 1988: Resistance breeding against voles in birch: possibilities for increasing resistance by provenance transfers. *Bulletin OEPP* 18(2): 257 – 263.

D. Kajba: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (*Betula pendula Roth*) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 53–108, Zagreb, 1996.

---

- S a r v a s, R., 1952: On the flowering of birch and the quality of seed crop. Ibid. 40.
- S h e l b o u r n e, C. J. A., 1972: Genotype-environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. Proc. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposia, Tokyo.
- S h e m b e r g, M. A., 1979: Analiz gibridnih populacii *Betula lanata* V. Vassil v Severnom Pribaikal'je. Izvestiia Sibirskogo Otdeleniya Akademii Nauk SSSR, Biologičeskikh Nauk 3 (15): 69 – 75.
- S k e n d e r o v i ć, J., 1990: Neke šumskouzgojne osobine obične breze (*Betula pendula* Roth.) u panonskom gorju Hrvatske. Glas. šum. pokuse 26: 361 – 377.
- S l a č a n e c, M., & F. K l j a i ć, 1985: Značaj i potreba uzgoja breze za Kombinat Belišće. Kombinat Belišće, Belišće – Bel: 4.
- T r e m b l a y, M., & J. P. S i m o n, 1989: Genetic structure of marginal populations of white spruce (*Picea glauca*) and its northern limit of distribution in Nouveau-Quebec. Can. J. For. Res. 19(11): 1371 – 1379.
- V e l l i n g, P., 1979: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416 :1 – 24.
- Y i n g, C. C., & E. K. M o r g e n s t e r n, 1979: Correlation of height growth and heritability at different ages in white spruce. Silvae Genet. 28: 181 – 185.
- Z o b e l, B., & J. T a l b e r t, 1984: Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, 505 pp., New York.

## INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth) IN A PART OF ITS HABITAT IN THE REPUBLIC OF CROATIA

### *Summary*

The researched populations of the silver birch in the territory of Croatia (Moslavačka gora, Papuk, Banovina, Dotrščina) have manifested a higher intrapopulation variability with respect to their property of height and diameter increment, the number of branches, as well as their leaf and seed morphological traits, in relation to the variability between the tested populations.

The results of measurements of height, diameter and the number of branches in the half-sibs from the researched populations, tested on three different localities, have shown inside each population a very marked and statistically significant intrapopulation variability. The interpopulation variability did not show any statistically significant differences for the said researched properties. By the research of the phenotypical stability of height and diameter in the same half-sibs, tested on three different localities, a significant influence of the site has been noted, that is manifested by considerable modifications. The statistically significant differences for the half-sibs  $\times$  site interaction on some plots indicate the existence of a specific adaptation of some half-sib. By the evaluation of genetic parameters for the property of height, the diameter above the ground level and the number of branches, these properties have been found to belong to the group of a moderate genetic control, along with their similar evaluations of genetic heterogeneity/heritability in all three field experiments. The values of the expected genetic gain indicate that an important genetic improvement in the volume production can be achieved by the selection inside the researched populations, as well as by the establishment of the second generation seed orchard. The negative genotypical correlations as well as positive high values of the phenotypical ones, and a large portion of the environmental variance component in the total phenotypical variance, result from the existence of a pronounced half-sibs  $\times$  site interaction.

The morphometrical research of leaf traits in the half-sibs and adult trees from the researched populations confirmed the existence of the statistically significant intrapopulation variability for all measured properties. Mostly negative correlation values for the leaf morphological properties, between the same half seeb tested on three different localities, suggest that these properties are strongly affected by the site. For the evaluation of the interpopulation variability the traits such as the number of veins and the distance between the leaf base and the leaf widest part may be used. In the future these traits might be used in the research of genetic diversity



between local populations. The existence of the morphological diversity between leaves taken from fertile shoots and those taken from sterile ones has not been found.

A strongly marked and statistically significant intrapopulation and interpopulation variability has been found for the properties of seed width and width of half-wing. The obtained high heritability values ( $h^2$ ), as well as values of the genetic and phenotypical correlation, suggest that these properties are under a high genetic control and slightly affected by environment factors. Due to a small portion of the full seed, a poor germinability and the semi-dormancy, the silver birch seed should be stratified in wet peat or be kept wetted for at least 48 hours prior to sowing. At the plant transition from the cotyledon into a young plant with leaves, it is necessary to ensure the minimum temperature of 16 °C, with optimal wetting and light.

The variability of two-year seedling total heights in the cultivated half-sibs has shown a statistically significant intrapopulation variability in the researched populations. Statistically, the existence of the interpopulation variability has been determined.

The survival in the field experiments showed high losses which can be avoided by using good quality seedlings aged 1+0 year, land preparation and protection of established plantations against the game.

On the basis of the carried out research of the silver birch intrapopulation and interpopulation variability in the region of Croatia, it can be concluded that the variability is of clinal type, i.e. that the clearly marked genetic discontinuity of local populations does not exist.

Author's address:  
Davorin Kajba  
Faculty of Forestry  
HR – 10 000 Zagreb  
P. O. Box 178