

Davorin Kajba  
Dalibor Ballian

# ŠUMARSKA GENETIKA



**UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGREBIENSIS**

**UDŽBENICI UNIVERZITETA U SARAJEVU  
MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM SARAIEVOENSIS**

**IZDAVAČ:**

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

**RECENZENTI:**

Dr. sc. Joso Gračan  
Prof. dr. sc. Rifat Hadžiselimović  
Doc. dr. sc. Robert Brus

**ILUSTRATOR I TEHNIČKI UREDNIK:**

Leila Čmajčanin

**LEKTOR:**

Zlata Babić, prof.

**GRAFIČKA PRIPREMA I TISAK:**

ART 7 I THREECOLOUR

**NAKLADA:**

1000 primjeraka

Objavljivanje ovog sveučilišnog udžbenika odobrilo je Povjerenstvo za znanstveno-nastavnu literaturu Sveučilišta u Zagrebu rješenjem broj 380-02/6-07-5 od 17. travnja 2007.

Objavljivanje ovog univerzitetskog udžbenika odobrio je Senat Univerziteta u Sarajevu odlukom broj 01-1-1231/07 od 04. srpnja 2007.

Cip zapis dostupan u računalnom katalogu nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 641117

ISBN 978 - 953 - 6307 - 93 - 7  
(Šumarski fakultet Zagreb)

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i univerzitetska biblioteka  
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

575 : 630 (075.8)

**KAJBA, Davorin**

Šumarska genetika / Davorin Kajba, Dalibor Ballian. - Zagreb : Šumarski fakultet ; Sarajevo : Šumarski fakultet, 2007. - 283 str. : ilustr. ; 24 cm

Bibliografija: str. 249-256

ISBN 978 - 9958 - 616 - 00 - 6  
(Šumarski fakultet Sarajevo)  
1. Ballian, Dalibor  
COBISS. BH - ID 15911430

Davorin Kajba  
Dalibor Ballian

# ŠUMARSKA GENETIKA



Zagreb - Sarajevo  
2007

Posljednjih se nekoliko desetljeća intenzivno razvijala i napredovala primjena molekularno-bioloških i genetičkih tehnika istraživanja, a mnoge od spoznaja dobivenih tim istraživanjima danas se iskorištavaju u šumarstvu. To nas je potaknulo da napišemo udžbenik koji bi sadržavao najnužnije gradivo i donio nove informacije, referencije te praktične i osnovne znanstvene ideje o pitanjima genetike šumskog drveća. Iako su u knjizi prikazana relevantna svjetska iskustva, tekst smo nastojali prilagoditi potrebama hrvatskoga i bosanskohercegovačkog šumarstva, pri čemu smo se maksimalno koristili primjerima šumskih vrsta našeg podneblja.

Sve opsežnija nastavna građa potrebna za valjanu provedbu studijskih programa preddiplomskoga i diplomskog studija *Šumarstva i Urbanog šumarstva, zaštite prirode i okoliša*, te *Hortikulture* zahtijevala je objavljivanje udžbenika koji bi obuhvatio najsuvremenije metode šumarske genetike. Udžbenik je ponajprije namijenjen studentima Šumarskog fakulteta u Zagrebu i Sarajevu, a slikovnim smo prikazima pokušali olakšati razumijevanje tematskih cjelina. Udžbenik sadržava i pojmovnik s objašnjenjima obrađenih stručnih izraza kako bi bio od pomoći svima koji žele proširiti znanje iz toga znanstvenog područja. Osim studentima matičnih fakulteta, nastojali smo da udžbenik bude koristan i svima koji žele više saznati o sadašnjem stanju bioloških istraživanja šumskog drveća (npr. djelatnicima zaštićenih objekata prirode, stručnjacima koji se bave zaštitom autohtone bioraznolikosti, zaposlenicima u državnoj upravi i sl.).

Recenzentima zahvaljujemo na primjedbama i korisnim prijedlozima, čime su znatno unaprijedili i poboljšali tekst. Unaprijed zahvaljujemo svim kolegama i čitateljima koji će nas upozoriti na propuste ili nedostatke u tekstu kako bismo zajednički pridonijeli proširenju znanja o toj problematici.

*Autori*

Zagreb - Sarajevo, 2007.

<b>1. UVOD</b>	<b>9</b>
Povijesni razvoj genetike	9
Fenotip kao rezultat interakcije gena i okoline	11
Primjena genetike u suvremenom šumarstvu	12
Genetika razmnožavanja i nasljednost	12
Znanstvene discipline u genetici	13
<b>2. OSNOVNA GRAĐA STANICE</b>	<b>15</b>
Osnove citologije i citogenetike	15
Građa biljne stanice, staničnih organela i njihova uloga	15
<i>Oblik i veličina stanice</i>	17
<i>Citoplazma</i>	17
<i>Stanična membrana</i>	18
<i>Stanične citoplazmatske organele</i>	18
<i>Plastidi</i>	18
Mitochondrij	20
<i>Ribosomi</i>	20
<i>Endoplazmatski retikulum</i>	21
<i>Golgijev aparat</i>	21
<i>Lizozomi</i>	22
<i>Centrosomi</i>	22
<i>Jezgra (nucleus)</i>	22
<i>Jezgrica (nucleolus)</i>	23
<b>3. KROMOSOMI</b>	<b>25</b>
Kromatin	26
Struktura metafaznih kromosoma	28
Sličnost gena i genskog niza u različitim vrsta	33
<b>4. DNK, RAZINE ORGANIZACIJE I EKSPRESIJE GENOMA</b>	<b>35</b>
DNK - genetički materijal	36
RNK kao genetički materijal u nekih virusa	37
Građa nukleinskih kiselina	38
<i>Struktura DNK</i>	39
<i>Biološki smisao evolucijskog nastanka DNK</i>	42
<i>Struktura RNK molekula</i>	42
Centralna dogma	47
Udvostručivanje DNK i kromosoma u eukariotskih organizama	48
Djelovanje gena	50
Prepisivanje DNK (transkripcija)	52
Obrada prepisane informacije	55
Genetički kod	57
Prevođenje (translacija)	61
Aktivnost gena i njihova regulacija	65
<b>5. OSNOVE DIOBE STANICA</b>	<b>73</b>
Stanični ciklus	74
Mitoza	76

<i>Profaza</i>	77
<i>Metafaza</i>	77
<i>Anafaza</i>	78
<i>Telofaza</i>	78
<i>Citokineza</i>	78
Mejoza	78
Mejoza I	79
<i>Profaza mejoze I</i>	79
<i>Metafaza mejoze I</i>	81
<i>Anafaza mejoze I</i>	81
<i>Telofaza mejoze I</i>	82
Mejoza II	82
Vrijeme i trajanje mejoze	83
Nepravilnosti i neregularnosti tijekom mejoze	84
Mikrosporogeneza i makrosporogeneza	85
Oplodnja	87
<b>6. OPĆA GENETIKA</b>	<b>89</b>
Temeljna načela genetike i nasljeđivanja (Mendelova pravila)	89
Geni, genotip, fenotip	96
Multipli aleli	98
Oblici interakcije među genima	100
Interakcija genskih alela	100
Dominantnost i recesivnost	100
Intermedijarnost ili nepotpuna dominantnost	101
Letalni aleli	102
Nasljeđivanje kvantitativnih svojstava	103
Tumačenje nasljeđivanja kvantitativnih svojstava	104
Primjeri nasljeđivanja kvantitativnih svojstava u šumskog drveća	105
Analiza lokusa za kvantitativna svojstva (QTL analiza)	108
Aditivno djelovanje gena	109
Dominantno djelovanje gena	110
Superdominantnost	110
Interakcija gena ili interakcija nealelnih gena	110
<i>Interakcija nealelnih gena u nasljeđivanju kvalitativnih svojstava</i>	111
<i>Interakcija nealelnih gena u nasljeđivanju kvantitativnih svojstava</i>	115
Razlike u fenotipskoj ekspresiji genotipa	115
Pleiotropni učinak gena	118
Transgresijsko razdvajanje	118
<b>7. VEZANI GENI I REKOMBINACIJE</b>	<b>119</b>
Vezani geni	119
Rekombiniranje gena u viših organizama	122
<i>Značaj crossing overa za karte gena</i>	125
<i>Crossing over u mitozu</i>	126

<b>8. NASLJEĐIVANJE SPOLA</b>	<b>127</b>
Uloga spolnih kromosoma u određivanju spola	128
<i>Značaj kromosoma Y pri određivanju muškog spola</i>	130
<i>Bridgesova balansna teorija određivanja spola</i>	131
<i>Interseksi</i>	132
<i>Haploidni način određivanja spola u opnokrilaca</i>	132
<i>Razlike u ekspresiji gena pod djelovanjem spola</i>	133
Spolno vezano nasljeđivanje	134
<b>9. IZVANUKLEARNO NASLJEĐIVANJE</b>	<b>137</b>
Uloga citoplazme u izvankromosomskom nasljeđivanju	138
<i>Uloga kloroplasta u izvankromosomskom nasljeđivanju</i>	139
<i>Značaj izvankromosomskog nasljeđivanja</i>	141
Endosimbiotsko podrijetlo kloroplasta i mitohondrija	142
Majčinsko nasljeđivanje ili majčinski efekt	144
<b>10. MUTACIJE</b>	<b>147</b>
Genske mutacije	149
Fenotipski učinak genskih mutacija	151
Mehanizam nastajanja mutacija na genima	153
Mutacijski agensi	154
<i>Zračenje kao mutacijski agens</i>	154
<i>Kemijski mutacijski agensi</i>	156
<i>Učestalost mutacija</i>	157
Kromosomske mutacije	158
Strukturne mutacije kromosoma	159
<i>Delecije</i>	161
<i>Duplikacije</i>	162
<i>Pojava izokromosoma</i>	163
<i>Inverzije</i>	163
<i>Translokacije</i>	165
Mutacije broja kromosoma	167
<i>Aneuploidije</i>	167
<i>Mozaične promjene tkiva</i>	168
<i>Monoploidija</i>	169
<i>Poliploidija</i>	169
<b>11. POPULACIJSKA GENETIKA</b>	<b>171</b>
Genetička struktura populacije	172
<i>Genetička varijabilnost</i>	172
<i>Značaj polimorfizma i heterozigotnosti u genetičkoj strukturi populacije</i>	175
Genetička ravnoteža populacije ili Hardy-Weinbergov zakon	177
<i>Panmiksija (slobodno križanje), inbriding (križanje u srodstvu) i outbriding</i>	181
<i>Heterozis</i>	182
Genetički temelj evolucije	183
<i>Rekombiniranje</i>	184

Čimbenici koji narušavaju genetičku ravnotežu populacija	185
<i>Mutacije</i>	185
<i>Tok gena ili migracija</i>	187
<i>Genetički drift</i>	189
<i>Efektivna veličina populacije</i>	190
<i>Prirodna selekcija</i>	192
Selekcija u populaciji	197
<i>Selekcija protiv recesivnih homozigota</i>	200
<i>Selekcija protiv letalnih recesivnih homozigota</i>	202
<i>Selekcija koja favorizira recesive</i>	204
<i>Selekcija koja favorizira heterozigote</i>	205
<i>Selekcija protiv heterozigota</i>	206
<i>Ravnoteža između mutacija i selekcije</i>	208
<b>12. EVOLUCIJSKA GENETIKA</b>	<b>211</b>
Povijest evolucijskih ideja i pojam vrste	211
Nastanak vrste ili specijacija	214
Evolucija na molekularnoj razini	219
<i>Evolucija porodice gena</i>	221
<b>13. PRIMJENA BIOKEMIJSKIH I MOLEKULARNO-GENETIČKIH ISTRAŽIVANJA U ŠUMARSTVU</b>	<b>223</b>
Izoenzimi u šumarskim istraživanjima	223
DNK u šumarskim istraživanjima	223
Biokemijski i DNK biljezi	224
Tok genetičke informacije u izoenzima	227
Mogućnosti primjene izoenzima i DNK u populacijskoj genetici	227
Struktura i genetička varijabilnost šumskih sastojina	230
Što je genetička struktura populacije i o čemu ovisi	230
Mogućnosti primjene molekularnih analiza	231
Mogućnost identifikacije populacija sa šireg područja	232
Mogućnost identifikacija populacija s malog područja	234
Osnovna načela molekularno-genetičkih istraživanja	234
Restriksijski enzimi	236
Genetički inženjering i primjena transgenih biljaka u šumarstvu	237
Manipulacija genetičkim materijalom	240
Osnove genetičkog inženjeringa	242
Kako genetski inženjering može biti primijenjen na šumsko drveće	242
Koja su svojstva većinom podložna genetičkom inženjeringu	246
<b>14. KORIŠTENA LITERATURA</b>	<b>249</b>
<b>15. POJMOVNIK</b>	<b>257</b>
<b>16. KAZALO</b>	<b>275</b>