OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

ZLATKO ŠATOVIĆ
MARTINA GRDIŠA
NINA JERAN
FILIP VARGA



OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

ZLATKO ŠATOVIĆ
MARTINA GRDIŠA
NINA JERAN
FILIP VARGA



Naziv projekta:
Bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (KK.01.1.1.01.0005)

Naziv korisnika:
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv)

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj (www.strukturnifondovi.hr)









Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta

Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta

OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

Autori: Zlatko Šatović, Martina Grdiša, Nina Jeran i Filip Varga

Zagreb, 2023.

Impressum

OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

Autori

prof. dr. sc. Zlatko Šatović
izv. prof. dr. sc. Martina Grdiša
dr. sc. Nina Jeran
dr. sc. Filip Varga

Recenzenti

prof. dr. sc. Hrvoje Šarčević, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
naslovni izv. prof. dr. sc. Domagoj Šimić, znanstveni savjetnik u trajnom izboru, Poljoprivredni institut Osijek
prof. dr. sc. Zlatko Liber, Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet

Lektor

mr. sc. Sanja Joka

Grafičko oblikovanje

Ana Goja

Tehnički urednik

dr. sc. Filip Varga

Izdavač

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Tisak

Intergrafika ttž d.o.o.

Naklada

700 primjeraka

ISBN 978-953-8276-53-8 (tiskano izdanje)
ISBN 978-953-8276-54-5 (elektroničko izdanje)

CIP zapis dostupan je u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001194048.

Odlukom Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, KLASA: 602-08/23-02/23, URBROJ: 251-71-29-01/9-23-4, na 11. sjednici održanoj 12. rujna 2023. godine odobrava se korištenje naziva udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta.

Zagreb, 2023.

Sadržaj

PREDGOVOR / 1

1. UVOD / 5
2. SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST EKOSUSTAVA / 11
2.1 Razine organizacije biološke raznolikosti / 13
2.2 Mjere procjene bioraznolikosti / 16
2.3 Zaštita prirode / 19
3. SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST VRSTA / 23
3.1 Što je to vrsta? / 24
Priča o Teutinom zvončiću: Kako je otkrivena dosad nepoznata biljna vrsta / 29
3.2 Endemizam / 31
Priča o velebitskoj degeniji: Kako utvrditi stanje populacija? / 35
3.3 Procjena ugroženosti i zaštita biljnih vrsta / 37
Priča o sredozemnom smilju: Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja? / 40
4. SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: UNUTARVRSNA RAZNOLIKOST / 43
4.1 Biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu / 44
4.2 Analiza biljnih genetskih izvora / 45
4.3 Razlozi za očuvanje biljnih genetskih izvora / 46
Priča o krumpiru: Opasnost od genetske ranjivosti / 47
Priča o Normanu Borlaugu: Podrijetlo gena Zelene revolucije / 52
Priča o „kaktusu“ *Hoodia*: Tradicijsko znanje i biogusarstvo / 55
5. STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: KULTIVIRANI BILJNI MATERIJAL / 59
5.1 Moderni kultivari / 62
Priča o pšenici: Koje su posljedice modernog oplemenjivanja pšenice? / 64
5.2 Tradicijski kultivari / 67
Priča o maslini: Homonimija, sinonimija i unutarsortna raznolikost tradicijskih kultivara / 69
5.3 Oplemenjivački i genetski materijal / 74
Priča o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima / 80
6. STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: DIVLJI BILJNI MATERIJAL / 83
6.1 Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal / 84
Priča o žutom srčaniku: Sakupljati ili uzgajati? / 85
6.2 Divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način / 87
Priča o rajčici: Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju / 91
6.3 Potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal / 94
Priča o Richardu E. Schultesu: Otac moderne etnobotanike / 97
7. TENDENCIJE RAZVITKA MODERNE POLJOPRIVREDE / 99
7.1 Genetsko usko grlo / 102
Priča o soji: Udomaćenje, oplemenjivanje i genetsko usko grlo / 105
7.2 Genetska ranjivost / 107
Priča o kukuruzu: Razlozi epidemije pjegavosti lista kukuruza / 111
7.3 Genetska erozija / 113
Priča o oki, uljuku i mašui: Izgubljene kulture Inka / 128

8. EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: UDOMAĆENJE / 131
8.1 Povijesni pregled / 132
Priča o Nikolaju Ivanoviču Vavilovu: Znanstvenik u zlosretnom vremenu / 136
8.2 Centri podrijetla agrikulture i centri udomaćenja / 143
Još jedna priča o pšenici: Hibridizacija, poliploidizacija i udomaćenje / 164
8.3 Sindrom udomaćenja / 167
Još jedna priča o kukuruzu: Genetska osnova sindroma udomaćenja / 169
9. EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: ŠIRENJE UZGOJA / 173
9.1 Modeli, faze i razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta / 174
Priča o kupusu: Mehanizmi udomaćenja / 177
9.2 Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta / 184
Treća priča o kukuruzu: Kako je kukuruz osvojio svijet / 189
9.3 Kulture koje prehranjuju čovječanstvo / 192
Priča o banani: Isplativa ili uzdržavajuća kultura? / 198
10. STRATEGIJE OČUVANJA BILJNIH GENETSKIH IZVORA / 207
10.1 Očuvanje *ex situ* / 210
Priča o Svalbardu: Svjetska riznica sjemena / 218
10.2 Očuvanje *in situ* / 220
Priča o makadamiji: Očuvanje divljih srodnika / 223
Priča o sjekirici: 'Fava Feneou' – uspješno očuvanje na gospodarstvu / 226
Priča o breskvi: 'Buco Incavato' – uspješno očuvanje na gospodarstvu/ 227
10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena / 228
11. PRAVNI OKVIR ZA OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA / 235
11.1 Međunarodne organizacije i ugovori u očuvanju biljnih genetskih izvora / 236
11.2 Zakonodavstvo u očuvanju biljnih genetskih izvora u RH / 240
11.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u RH / 243
12. CILJEVI I ZADACI BANAKA BILJNIH GENA / 247
12.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora / 248
Priča o tustopizdi i kurcoglavu: Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina / 253
12.2 Opis i procjena svojstava primki / 255
Priča o bosiljku: Opis svojstava primki / 258
Priča o dalmatinskom buhaču: Procjena agronomski važnih svojstava / 261
12.3 Dokumentacijsko-informacijski sustav u bankama biljnih gena / 264

INDEKS POJMOVA I VRSTA / 268
IZVORI FOTOGRAFIJA / 282
PREGLED KORIŠTENE LITERATURE / 284
ŽIVOTOPISI AUTORA / 297

Predgovor

Cilj je udžbenika „Očuvanje biljnih genetskih izvora“ objasniti teorijske i praktične aspekte očuvanja i održive upotrebe biljnih genetskih izvora. Proizvodnja hrane i drugih poljoprivrednih proizvoda temelji se na raspoloživosti biljnih genetskih izvora koji se koriste u svrhu oplemenjivanja novih, visokoprinosnih kultivara visoke kakvoće te otpornih na biotičke i abiotičke stresove. Imajući u vidu nastupajuće klimatske promjene, kontinuirani porast svjetskog stanovništva i sveprisutan gubitak biljne raznolikosti, očuvanje biljnih genetskih izvora od prioritetne je važnosti za održivu proizvodnju hrane u budućnosti.

Udžbenik je prvenstveno namijenjen studentima Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta koji su upisali istoimeni predmet u okviru svog diplomskog studija. Autori se nadaju da će ovaj udžbenik, kao dodatna literatura, biti koristan i studentima koji slušaju srodne predmete na Agronomskom, Prirodoslovno-matematičkom i Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te na srodnim fakultetima na drugim hrvatskim sveučilištima.

Isto tako, želja je autora da ovim udžbenikom doprinesu provedbi Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj u kojeg su od samih početaka bili uključeni. Povećanje dobrobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu također je i jedan od ciljeva Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv) u okviru kojeg je ovaj udžbenik objavljen, kao i ciljeva projekta „Bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja“ koji sufinancira Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

Udžbenik se sastoji od 12 poglavlja razvrstanih u četiri tematske cjeline. Prva tri poglavlja (1. Uvod; 2. Sastavnice bioraznolikosti: Raznolikost ekosustava; 3. Sastavnice bioraznolikosti: Raznolikost vrsta) čine sveobuhvatan uvod u očuvanje biljnih genetskih izvora, znanost i struku koja se prvenstveno bavi analizom i očuvanjem unutarvrsne raznolikosti. U sljedeća tri poglavlja (4. Sastavnice bioraznolikosti: Unutarvrsna raznolikost; 5. Struktura biljnih genetskih izvora: Kultivirani biljni materijal; 6. Struktura biljnih genetskih izvora: Divlji biljni materijal) pokušali smo istaknuti važnost unutarvrsne raznolikosti i objasniti strukturu biljnih genetskih izvora kojima danas raspolažemo. Sljedeća su tri poglavlja (7. Tendencije razvitka moderne poljoprivrede; 8. Evolucija kulturnih biljnih vrsta: Udomaćenje; 9. Evolucija kulturnih biljnih vrsta: Širenje uzgoja) ključna za razumijevanje procesa udomaćenja i oplemenjivanja biljnih vrsta te njihovog utjecaja na biljnu raznolikost. Završna tri poglavlja (10. Strategije očuvanja biljnih genetskih izvora; 11. Pravni okvir za očuvanje biljnih genetskih izvora i 12. Ciljevi i zadaci banaka biljnih gena) obuhvaćaju pravne i praktične aspekte očuvanja biljnih genetskih izvora.

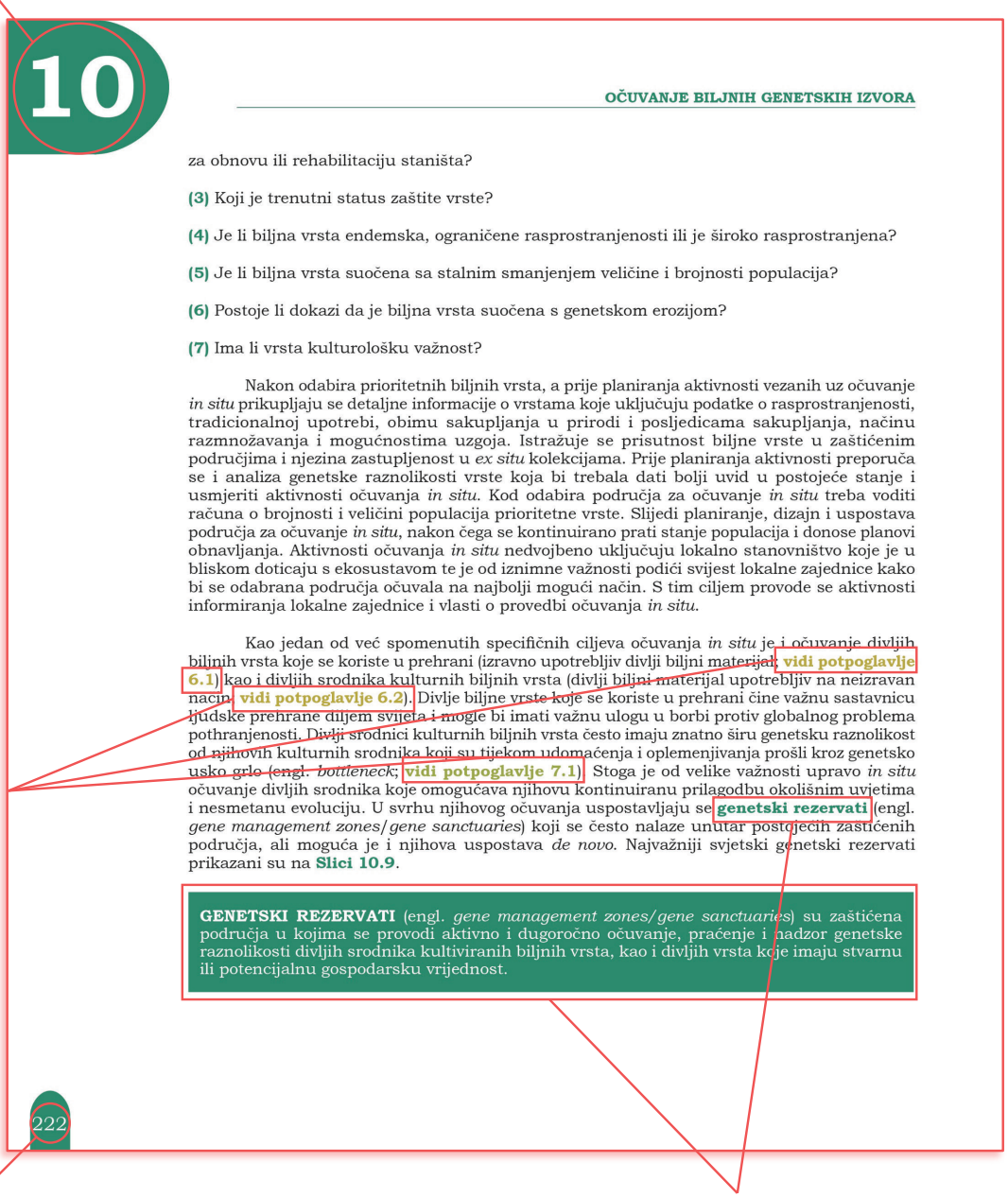
Sva su poglavlja ovog udžbenika koncipirana na sličan način. Kako bi se čitatelju olakšalo snalaženje te jasno razlučile tematske cjeline, svako je poglavlje oblikovano u drugoj boji. Poglavlja započinju popisom potpoglavlja kao i primjera („Priča o...“) koji dodatno opisuju temu određenog potpoglavlja, a često se temelje na vlastitim istraživanjima autora. Sâm tekst „Pričâ“ istaknut je obojenom pozadinom. Svako se poglavlje sastoji od tri potpoglavlja kojima prethodi zajednički kratki uvod. Ključni su pojmovi naznačeni unutar teksta, a njihove se definicije nalaze u tekstnim okvirima, te uključuju hrvatski naziv i engleski prijevod pojma. Isto tako, naznačeni su i navodi koji upućuju na neko drugo poglavlje ili potpoglavlje unutar udžbenika. Tekst je popraćen tablicama i slikama koje uključuju kartografske prikaze, fotografije, grafikone i shematske prikaze. Opća je struktura udžbenika prikazana na narednim stranicama.

Za svaku vrstu spomenutu u tekstu naveden je hrvatski i latinski naziv (bez oznake autora). Znanstveno je nazivlje vrsta usklađeno s međunarodnom bazom podataka *Plants of the World Online* (POWO) Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu, Velika Britanija (*The Royal Botanic Gardens, Kew*) kao i hrvatskom bazom podataka *Flora Croatica Database* (FCD) Botaničkog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Na kraju udžbenika nalazi se Indeks pojmova i vrsta (hrvatski naziv i latinski naziv s oznakom autora) s brojevima stranica na kojima se određeni pojam ili vrsta spominje. Nakon toga slijedi popis izvora za one fotografije koje nisu autorsko djelo samih autora udžbenika, kao i popis korištene literature.

Usprkos tomu što nam je namjera bila razjasniti i pokušati odgovoriti na neka ozbiljna i često turobna pitanja vezana za gubitak bioraznolikosti i opstanak čovječanstva, proučavati biljne genetske izvore, njihovu evoluciju, trenutno stanje i moguće perspektive, zanimljiva je, a često i zabavna tematika koja potiče na daljnja promišljanja i istraživanja čudesne raznolikosti biljnog svijeta našeg planeta. To je, naravno, prilično pristrano mišljenje autora ovog udžbenika jer se time bave već dugi niz godina. Ukoliko čitatelju ovog udžbenika uspijemo prenijeti barem dio našeg oduševljenja biljnom raznolikošću koja nas okružuje, smatrat ćemo da smo dobro obavili svoj posao.

Autori

Broj poglavlja



10

za obnovu ili rehabilitaciju staništa?

(3) Koji je trenutni status zaštite vrste?

(4) Je li biljna vrsta endemska, ograničene rasprostranjenosti ili je široko rasprostranjena?

(5) Je li biljna vrsta suočena sa stalnim smanjenjem veličine i brojnosti populacija?

(6) Postoje li dokazi da je biljna vrsta suočena s genetskom erozijom?

(7) Ima li vrsta kulturološku važnost?

Nakon odabira prioritetnih biljnih vrsta, a prije planiranja aktivnosti vezanih uz očuvanje *in situ* prikupljaju se detaljne informacije o vrstama koje uključuju podatke o rasprostranjenosti, tradicionalnoj upotrebi, obimu sakupljanja u prirodi i posljedicama sakupljanja, načinu razmnožavanja i mogućnostima uzgoja. Istražuje se prisutnost biljne vrste u zaštićenim područjima i njezina zastupljenost u *ex situ* kolekcijama. Prije planiranja aktivnosti preporuča se i analiza genetske raznolikosti vrste koja bi trebala dati bolji uvid u postojeće stanje i usmjeriti aktivnosti očuvanja *in situ*. Kod odabira područja za očuvanje *in situ* treba voditi računa o brojnosti i veličini populacija prioritetne vrste. Slijedi planiranje, dizajn i uspostava područja za očuvanje *in situ*, nakon čega se kontinuirano prati stanje populacija i donose planovi obnavljanja. Aktivnosti očuvanja *in situ* nedvojbeno uključuju lokalno stanovništvo koje je u bliskom doticaju s ekosustavom te je od iznimne važnosti podići svijest lokalne zajednice kako bi se odabrana područja očuvala na najbolji mogući način. S tim ciljem provode se aktivnosti informiranja lokalne zajednice i vlasti o provedbi očuvanja *in situ*.

Kao jedan od već spomenutih specifičnih ciljeva očuvanja *in situ* je i očuvanje divljih biljnih vrsta koje se koriste u prehrani (izravno upotrebljiv divlji biljni materijal; **vidi potpoglavlje 6.1**) kao i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta (divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način; **vidi potpoglavlje 6.2**). Divlje biljne vrste koje se koriste u prehrani čine važnu sastavnicu ljudske prehrane diljem svijeta i mogle bi imati važnu ulogu u borbi protiv globalnog problema pothranjenosti. Divlji srodnici kulturnih biljnih vrsta često imaju znatno širu genetsku raznolikost od njihovih kulturnih srodnika koji su tijekom udomaćenja i oplemenjivanja prošli kroz genetsko usko grlo (engl. *bottleneck*; **vidi potpoglavlje 7.1**). Stoga je od velike važnosti upravo *in situ* očuvanje divljih srodnika koje omogućava njihovu kontinuiranu prilagodbu okolišnim uvjetima i nesmetanu evoluciju. U svrhu njihovog očuvanja uspostavljaju se **genetski rezervati** (engl. *gene management zones/gene sanctuaries*) koji se često nalaze unutar postojećih zaštićenih područja, ali moguća je i njihova uspostava *de novo*. Najvažniji svjetski genetski rezervati prikazani su na **Slici 10.9**.

GENETSKI REZERVATI (engl. *gene management zones/gene sanctuaries*) su zaštićena područja u kojima se provodi aktivno i dugoročno očuvanje, praćenje i nadzor genetske raznolikosti divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta, kao i divljih vrsta koje imaju stvarnu ili potencijalnu gospodarsku vrijednost.

222

Upućivanje na druga poglavlja ili potpoglavlja udžbenika.

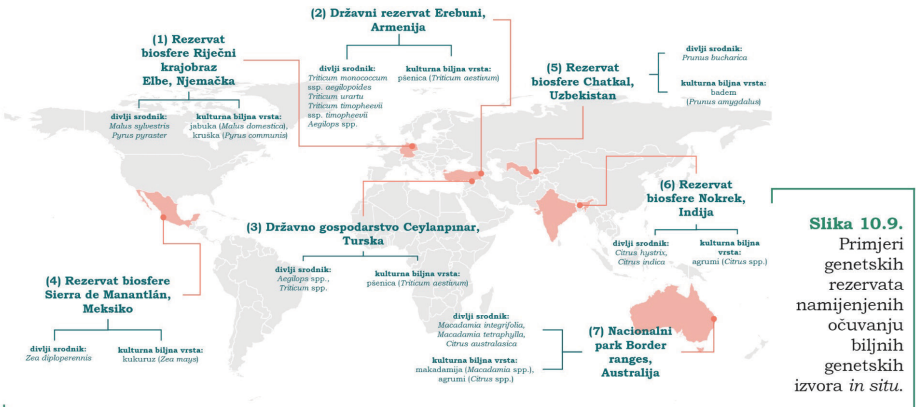
Broj stranice

Ključni su pojmovi naznačeni unutar teksta, a njihove se definicije nalaze u tekstnim okvirima.

Naslov poglavlja

STRATEGIJE OČUVANJA BILJNIH GENETSKIH IZVORA

10



Slika 10.9. Primjeri genetskih rezervata namijenjenih očuvanju biljnih genetskih izvora *in situ*.

Tekst je popraćen raznim slikovnim i tabličnim prikazima.

Priča o makadamiji: Očuvanje divljih srodnika

Rod *Macadamia* pripada porodici Proteaceae i broji četiri vrste: *Macadamia integrifolia, Macadamia jansenii, Macadamia ternifolia* i *Macadamia tetraphylla*. Endemske su vrste Australije, a prirodno rastu u nizinskim suptropskim prašumama sjeveroistočnog Novog Južnog Walesa i jugoistočnog Queenslanda. Plodovi divljih stabala makadamije bili su stoljećima izvor hrane autohtonog stanovništva. Nazivaju ih australskim darovima svijetu (engl. *Australia's Gift to the World*) i važan su dio australske kulturne baštine i povijesti. Plodovi makadamije (**Slika 10.10A**) sadrže brojne spojeve korisne u ljudskoj prehrani, a iz njih se izdvaja i biljno ulje koje se primjenjuje u aromaterapiji i kozmetici. Bogati su nezasićenim masnim kiselinama (oleinska, palmitoleinska, linolna, linoleinska), vitaminom E, sterolima i brojnim mineralima.

Prema nekim izvorima, krajem XIX. stoljeća makadamiju je na Havaje introducirao William Herbert Purvis (1858. – 1950.), engleski kolekcionar biljaka i investitor u proizvodnju šećerne trske. Makadamija je pritom trebala poslužiti za zaštitu nasada šećerne trske od udara vjetra. Slatki su plodovi makadamije ubrzo pobudili zanimanje uzgajivača šećerne trske, što je potaklo početak komercijalnog uzgoja na Havajima 20-ih godina prošlog stoljeća (**Slika 10.10B**). Pokrenuta su brojna istraživanja i oplemenjivački programi koji su dali veliki doprinos razvitku

223

Primjeri („Priča o…“) su istaknuti obojenom pozadinom.

1

UVOD

Bioraznolikost je ključni čimbenik koji omogućava opstanak čovječanstva. Gubitak bioraznolikosti predstavlja jedan od najvećih svjetskih problema današnjice. Taj je gubitak ponajviše uzrokovan ljudskim djelovanjem. Po nekim autorima, živimo u antropocenu, geološkom razdoblju u kojemu je Čovjek postao presudan uzrok ekoloških, geoloških i klimatskih promjena. Bugarski je književnik Georgi Gospodinov u romanu „Vremensko utočište" objavljenom 2020. godine sadašnje stanje komentirao na sljedeći način: „Sada, dolaskom antropocena, prvi put glečer, kornjača, vinska mušica, ginko biloba (*Ginkgo biloba*, prim. aut.) i kišna glista tako silovito osjećaju da se nešto u ljudskoj eri promijenilo. Mi smo apokalipsa svijeta. U tom smislu i vlastita apokalipsa. Kakve li ironije – antropocen, prva era nazvana po čovjeku, najvjerojatnije će biti i posljednja za njega" (prijevod s bugarskog: Ksenija Banović; Faktura, Zaprešić, 2022.).

Da bismo uspješno očuvali bioraznolikost našeg planeta morali bismo analizirati sve pojave koje su utjecale na to da je danas gubitak bioraznolikosti postao globalnim problemom. Postoje autori koji za sadašnje stanje optužuju nekontroliran razvitak znanosti i tehnologije, ali kolikogod to paradoksalno zvučalo, jedino nas daljnji razvitak znanosti i tehnologije može spasiti od propasti. Naime, samo daljnjim razvitkom znanosti moći ćemo utvrditi koje bismo sve tehnologije trebali potpuno napustiti, a koje poticati ukoliko želimo očuvati život na Zemlji. Za mnoge postojeće tehnologije već dobro znamo da nisu održive i potrebno bi ih bilo zamijeniti brojnim već prokušanim zelenim tehnologijama, te neprestano osmišljavati, primijeniti u praksi i analizirati učinak novih, alternativnih tehnologija. Pritom, naravno, ostaje pitanje je li to moguće ostvariti na globalnoj razini u sadašnjem svjetskom političkom i gospodarskom okruženju u kojem se jaz između bogatih i siromašnih (slojeva društva, nacija, regija, pa čak i cijelih kontinenata) svakim danom povećava. S druge strane, povratak u neki idealni svijet u kojem je Čovjek bio potpuno uronjen u Prirodu nije moguć, jer takav svijet zapravo nikada nije ni postojao.

Bioraznolikost, odnosno biološka raznolikost, pojam je koji obuhvaća cjelokupnu raznolikost živućih organizama našeg planeta. Bioraznolikost uključuje tri glavne sastavnice: raznolikost ekosustava, raznolikost vrsta i unutarvrsnu raznolikost. Biljke predstavljaju temeljno obilježje kopnenog dijela Zemlje. Kao primarni proizvođači organske tvari biljke imaju ključnu ulogu u većini ekosustava. Biljne vrste i tip vegetacije glavni su čimbenik koji oblikuje fizičku strukturu ekosustava i izvor su energije koji omogućava rast i razvoj drugih organizama na nekom staništu. Biljni pokrov utječe na regulaciju klime, na održavanje plodnosti i sprečavanje erozije tla, na kruženje nutrijenata i razgradnju otpadnih i štetnih tvari te na stabilnost ekosustava. Štoviše, biljke imaju estetsku i kulturnu vrijednost, obogaćuju naš krajolik te omogućavaju rekreaciju i turizam.

Biljni genetski izvori predstavljaju unutarvrsnu raznolikost koja osigurava životne uvjete na Zemlji i predstavlja temelj prehrane čovječanstva. U smislu upotrebne vrijednosti

biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu označavaju bilo koji genetski materijal biljnog podrijetla koji ima sadašnju, buduću ili potencijalnu vrijednost u prehrani i poljoprivredi. U biljne se genetske izvore ubraja raznovrstan biljni materijal koji se međusobno razlikuje po udomaćenju (kultivirani ili divlji biljni materijal), oplemenjivačkom statusu (moderni ili tradicijski kultivari, oplemenjivački i genetski materijal) ili načinu upotrebe (izravna ili neizravna upotreba divljih biljnih vrsta).

Prehrana stanovništva našeg planeta rezultat je tisućljetnog odabira biljnih vrsta kao i poželjnih genotipova prikladnih za uzgoj i upotrebu. Jedan od najznačajnijih događaja u ljudskoj povijesti svakako je Prva poljoprivredna revolucija ili Neolitska revolucija (~10 000. – 4500. g. pr. n. e.). Način se života ljudi mijenja, jer drevni lovci i sakupljači postupno postaju poljoprivrednici, grade trajna naselja te razvijaju kulturu i civilizaciju. U tom je razdoblju, procesom udomaćenja, nastala većina kulturnih biljnih vrsta koje i danas prehranjuju čovječanstvo. Stoga je Prva poljoprivredna revolucija imala presudan utjecaj na stanje biljnih genetskih izvora kojima danas raspolažemo.

Centri su podrijetla agrikulture regije u kojima je tijekom Prve poljoprivredne revolucije došlo do neovisnog razvitka agrikulture praćenog nastankom najstarijih kulturnih biljnih vrsta te se stoga smatraju i primarnim centrima udomaćenja, odnosno domestikacije. Pretpostavlja se da postoji osam centara podrijetla agrikulture, odnosno primarnih centara udomaćenja: (1) istok Sjeverne Amerike, (2) srednja Amerika, (3) sjeverne nizine Južne Amerike, (4) zapadnoafričke savane, (5) Plodni polumjesec, (6) zapadnoindijske savane, (7) Kineska praporna visoravan i (8) Nova Gvineja. Kako se ideja o agrikulturi širila iz centara podrijetla agrikulture u susjedna područja znatno je rastao broj udomaćenih biljnih vrsta u novonastalim sekundarnim centrima udomaćenja kojih je, na temelju suvremenih saznanja, bilo barem 12.

Bilo svjesno ili nesvjesno, prvi su poljoprivrednici provodili odabir biljnog materijala kako bi novostvorene kulture prilagodili vlastitim potrebama. Kontinuiranim odabirom biljaka poželjnih svojstava znatno su promijenili fenotip kulturnih biljnih vrsta te ih danas možemo relativno lako razlikovati od njihovih divljih predaka ili srodnika. Odabir su provodili na različita svojstva kako bi ostvarili viši prinos (povećanje vegetativnih ili generativnih organa; promjena habitusa biljke), pospješili uzgoj i olakšali žetvu/berbu (smanjenje ili gubitak dormantnosti sjemena; ograničavanje rasprostiranja sjemena; poticanje ujednačenog nicanja i zriobe) ili pak poboljšali ukusnost biljnog organa koji se koristi u prehrani (smanjenje gorkih ili jetkih, a katkad i otrovnih tvari).

Čestim seobama, ljudske su zajednice raznosile sjeme i sadni materijal kulturnih biljnih vrsta u nova područja i tako širile uzgoj izvan centara udomaćenja. Kulturne su biljne vrste tijekom udomaćenja prolazile nekoliko faza; od početnog udomaćenja, diverzifikacije u centru udomaćenja, kao i daljnje diverzifikacije u sekundarnim centrima raznolikosti te su tako stvoreni brojni i vrlo raznoliki tradicijski kultivari koji su postali ishodišni biljni materijal u modernom oplemenjivanju bilja. Tradicijski su kultivari obično prilagođeni lokalnim klimatskim i edafskim uvjetima. Obično postižu niže prinose i kakvoću od modernih kultivara i nisu pogodni za uzgoj u modernim sustavima poljoprivredne proizvodnje jer su prilagođeni uzgoju uz primjenu tradicijske agrotehnike.

Darwinova teorija evolucije i Mendelovi zakoni o nasljeđivanju osigurali su znanstvenu osnovu za razvitak modernog oplemenjivanja bilja čime su planski stvoreni brojni moderni

kultivari koji čine temelj suvremene poljoprivredne proizvodnje. Iako je bilo mnogobrojnih pokušaja i davno prije, moderno se oplemenjivanje bilja javlja početkom XX. stoljeća spasivši tako rastuću svjetsku populaciju od pošasti gladi koja se u prethodnim stoljećima gotovo redovito javljala. Pritom valja napomenuti da problem gladi u svijetu gotovo nikada nije bio isključivo agronomski problem već prije politički i gospodarski, pa tako nije niti 2023. godine kada po izvješću Svjetskog programa za hranu Ujedinjenih naroda (*UN World Food Programme*; WFP) na našem planetu ima više od 700 milijuna gladnih. Indijski je ekonomist Amartya Sen (r. 1933), dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju 1998. godine, utvrdio da mnoge epidemije gladi nisu bile uzrokovane nedostatkom raspoloživih prehrambenih proizvoda već brojnim društvenim i gospodarskim čimbenicima kao što su opća nezaposlenost, inflacija, smanjenje plaća, nekontrolirano podizanje cijena i loša organizacija opskrbe. Ukoliko pritom nadodamo vlastita iskustva o tijeku tranzicije postsocijalističkih zemalja Europe prema demokraciji i kapitalizmu, nemamo razloga sumnjati da usred posvemašnje gladi; kao npr. one u Bengalu 1943. godine kojoj je Amartya Sen kao devetogodišnjak svjedočio, nije istodobno došlo do bogaćenja određene privilegirane manjine.

Danas raspolažemo s velikim brojem modernih kultivara koji čine temelj ljudske prehrane, visokog su prinosa i kakvoće, ujednačeni su, te posjeduju otpornost na glavne bolesti i štetnike, što su i glavni ciljevi većine oplemenjivačkih programa. Međutim, posljedično, procesom oplemenjivanja sužena je genetska raznolikost mnogih kulturnih biljnih vrsta koji čine osnovu daljnjeg napretka u oplemenjivanju bilja. Ovdje valja spomenuti pojam genetske erozije koja označava gubitak alela unutar ili između populacija određene vrste, odnosno u širem smislu, nestanak tradicijskih kultivara kao i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta. Upravo je uvođenje modernih kultivara u poljoprivrednu proizvodnju, odnosno zamjena tradicijskih kultivara modernima te napuštanje uzgoja tradicijskih lokalnih kultura i prelazak na uzgoj onih profitabilnijih imalo negativne posljedice za tradicijske kultivare koji postupno nestaju iz proizvodnje. Nažalost, nestali su i brojni divlji srodnici kulturnih biljnih vrsta kao i veliki dio cjelokupne flore, a glavni su uzroci nestanka prekomjerno iskorištavanje (prekomjerno napasivanje, nekontrolirano prikupljanje samoniklih biljnih vrsta), uništenje staništa (urbanizacija i industrijalizacija, intenziviranje poljoprivrednih sustava) te promjene okolišnih uvjeta (degradacija tla, klimatske promjene). Divlji srodnici kulturnih biljnih vrsta spadaju u divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način, odnosno - to su biljne vrste koje se ne uzgajaju, ali se koriste u oplemenjivanju kulturnih vrsta kao donori poželjnih gena.

Ono što najviše zabrinjava je potpuno neracionalna upotreba biljne raznolikosti koja nam stoji na raspolaganju. Od preko 380 000 opisanih biljnih vrsta, tijekom povijesti uzgajano je ili sakupljano za hranu samo njih otprilike 7000, dok je danas u redovitoj upotrebi njih oko 1000. Preko 75 % ukupne energije u prehrani ljudi osigurano je uzgojem deset kultura. To su riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), kukuruz (*Zea mays*), šećerna trska (*Saccharum officinarum*), šećerna repa (*Beta vulgaris* var. *vulgaris*; skupina kultivara 'Altissima'), sirak (*Sorghum bicolor*), biserno proso (*Cenchrus americanus*), krumpir (*Solanum tuberosum*), slatki krumpir (*Ipomoea batatas*) i soja (*Glycine max*) koje se nazivaju glavnim prehrambenim kulturama. Naposljetku, samo tri kulture osiguravaju preko 50 % ukupne energije – riža, pšenica i kukuruz. Stoga, slobodno možemo reći da preživljavanje ljudskog roda trenutno ovisi o dostupnosti te tri kulture.

Za razliku od glavnih prehrambenih kultura postoje i brojne regionalno važne prehrambene kulture koje čine temelj prehrane milijuna najsiromašnijih ljudi na svijetu. Mnoge se regionalno važne prehrambene kulture uzgajaju radi izravne upotrebe na gospodarstvu te

se stoga nazivaju uzdržavajućim kulturama za razliku od isplativih kultura koje se proizvode isključivo radi prodaje na tržištu. Primjeri regionalno važnih prehrambenih kultura koje su isplative, a ujedno i uzdržavajuće su kasava (*Manihot esculenta*), jam (*Dioscorea* spp.) i banane (*Musa* spp.). Isto tako, postoje brojne zapostavljene kulture koje su u prošlosti bile vrlo važne za održavanje sigurnosti prehrane, a danas se sve manje uzgajaju. Stoga bi bilo razborito razvijati programe oplemenjivanja i širiti njihov uzgoj. Time bi se potaknula diverzifikacija poljoprivredne proizvodnje koja bi mogla pridonijeti borbi protiv gladi i pothranjenosti, ublažiti negativne posljedice nastupajućih klimatskih promjena te povećati učinkovitost i održivost ekosustava. Na svjetskoj razini, primjeri zapostavljenih kultura koje bi mogle postati kulture budućnosti uključuju taro (*Colocasia esculenta*), kruhovac (*Artocarpus altilis*) i šćirove (*Amaranthus* spp.).

Smatra se da gotovo svakodnevno dolazi do sve većeg smanjenja genetske raznolikosti kako na razini broja biljnih vrsta tako i na unutarvrsnoj razini. Iz tog je razloga jedan od ključnih zadataka čovječanstva očuvati divlji biljni materijal (divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta) kao i tradicijske kultivare želimo li zadržati široku genetsku raznolikost za sadašnje i buduće programe oplemenjivanja bilja. Navedeno se može postići očuvanjem *in situ*, odnosno očuvanjem samoniklih biljnih vrsta na izvornim, prirodnim staništima ili u okruženju u kojem su razvila svoja prepoznatljiva svojstva odnosno očuvanjem na gospodarstvu (*inter situ*) u slučaju tradicijskih kultivara. Očuvanje *in situ* potrebno je nadopuniti metodama očuvanja *ex situ*, što podrazumijeva pohranjivanje biljnih genetskih izvora izvan prirodnog staništa. U tu svrhu osnovane su brojne banke gena (banke sjemena, *in vitro* kolekcije, krioprezervirane kolekcije, poljske kolekcije i kolekcije DNA) u kojima se čuvaju različite kategorije biljnog materijala. Glavni su zadaci banaka biljnih gena ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora te opis i procjena svojstava. Ujedno, jedan od zadataka banaka biljnih gena uspostava je i vođenje dokumentacijsko-informacijskog sustava koji između ostalog omogućava dostupnost podataka o čuvanim biljnim genetskim izvorima.

Glavne se svjetske kolekcije biljnih genetskih izvora brojnih kulturnih biljnih vrsta čuvaju u okviru istraživačkih centara Savjetodavne skupine za međunarodna poljoprivredna istraživanja (*Consultative Group for International Agricultural Research*; CGIAR). Isto tako, valja spomenuti i Milenijsku banku sjemena (*Millennium Seed Bank*; MSB) osnovanu u okviru Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu, Velika Britanija (*Royal Botanical Gardens, Kew*), jednu od najstarijih i najvećih kolekcija sjemena koja se čuva na Vavilovljevom sveruskom institutu za biljne genetske izvore (*N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources*; VIR) kao i Svjetsku riznicu sjemena na Svalbardu (*Svalbard Global Seed Vault*) u kojoj su pohranjene sigurnosne kolekcije brojnih svjetskih banaka biljnih gena.

U Republici Hrvatskoj aktivnosti u vezi očuvanja biljnih genetskih izvora odvijaju se u okviru Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj u kojem sudjeluju sveučilišta, znanstveni instituti, tijela državne uprave, javne ustanove te nevladine organizacije. Nacionalna je banka biljnih gena decentralizirana i čine ju kolekcije koje se čuvaju na različitim institucijama te uključuju kolekcije sjemena i sadnog materijala kao i poljske kolekcije. Godine 2008. uspostavljena je Hrvatska baza podataka o biljnim genetskim izvorima (*Croatian Plant Genetic Resources DataBase*; CPGRD) s ciljem objedinjavanja i omogućavanja pristupa podacima o primkama koje se čuvaju u okviru Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske. Krajem 2022. godine baza je sadržavala podatke o više od 4000 primki.

Često se ističe međuovisnost zemalja u pogledu biljnih genetskih izvora, jer poljoprivreda i proizvodnja hrane gotovo svih zemalja svijeta znatno ovisi o genetskim izvorima biljnih vrsta koje su udomaćene u nekoj drugoj regiji svijeta. Osiguravanje kontinuiranog pristupa biljnim genetskim izvorima kao baštini cjelokupnog čovječanstva nužno je za daljnji razvitak oplemenjivanja bilja i poljoprivredne proizvodnje. Stoga je očuvanje biljnih genetskih izvora globalni problem kojeg je moguće riješiti samo suradnjom svih zemalja svijeta uz pravednu i ravnomjernu raspodjelu dobrobiti koja proizlazi iz njihove upotrebe. Uostalom, sličan je slučaj i s klimatskim promjenama - jer njihovo je zaustavljanje ili usporavanje moguće isključivo koordiniranim i kontinuiranim djelovanjem na svjetskoj razini. Za ostvarivanje navedenih ciljeva bit će potrebna korjenita promjena sadašnjeg svjetskog političkog i gospodarskog sustava.

2

SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST EKOSUSTAVA

2.1 Razine organizacije biološke raznolikosti

2.2 Mjere procjene bioraznolikosti

2.3 Zaštita prirode

Uvod

Bioraznolikost, odnosno **biološka raznolikost** (engl. *biodiversity* = *biological diversity*), pojam je koji obuhvaća cjelokupnu raznolikost živućih organizama našeg planeta. Pojam bioraznolikosti nastao je '80-ih godina prošlog stoljeća. Godine 1981. u Washingtonu, SAD održana je *Strateška konferencija o biološkoj raznolikosti* (*Strategy Conference on Biological Diversity*), a 1985. je, također u Washingtonu, održan znanstveni skup pod nazivom *Nacionalni forum o bioraznolikosti* (*National Forum on BioDiversity*). Zbornik radova navedenog foruma uredio je američki biolog i ekolog Edward O. Wilson (1929. – 2021.) i naslovio ga „*Bioraznolikost*" („*Biodiveristy*"). Ta se novokovanica ubrzo proširila i izvan znanstvene zajednice te nakon potpisivanja *Konvencije o biološkoj raznolikosti* (*Convention on Biological Diversity*, CBD; vidi dalje) postala općeprihvaćenim društveno-političkim i gospodarskim pojmom.

BIORAZNOLIKOST ili **BIOLOŠKA RAZNOLIKOST** (engl. *biodiversity* = *biological diversity*) predstavlja sveukupnost svih živućih organizama koji su sastavni dijelovi kopnenih, vodenih i morskih ekosustava i ekoloških kompleksa te uključuje tri glavne sastavnice: raznolikost ekosustava, raznolikost vrsta i unutarvrsnu raznolikost.

Iako se pojam bioraznolikosti često koristi na način da uključuje ponajviše analizu broja različitih vrsta na određenom području ili cijelom planetu, vrsna je razina samo jedna od sastavnica bioraznolikosti. Vrste kao osnovne jedinice biološke klasifikacije svakako su važne i smanjenje njihovog broja pouzdan je dokaz postojanja štetnih promjena u okolišu. Učinkovita analiza bioraznolikosti obuhvaća više znanstvenih disciplina kao što su **ekologija** (engl. *ecology*), **evolucijska biologija** (engl. *evolutionary biology*) i **genetika** (engl. *genetics*). Stoga se analiza bioraznolikosti ne smije svoditi samo na prebrojavanje vrsta jer normalno funkcioniranje bioloških sustava u prirodi pretpostavlja međusobne interakcije različitih organizama te interakcije organizama s abiotičkim čimbenicima njihovog okoliša (ekologija)

kao i određenu razinu unutarvrsne raznolikosti (genetika). Pritom valja uvijek imati na umu da se tu radi o vrlo dinamičnom sustavu jer okoliš utječe na evoluciju vrsta (evolucijska biologija), a vrste utječu na promjenu okoliša tako da je zadivljujuća bioraznolikost „proizvod" gotovo 4 milijarde godina razvitka života na našem planetu.

EKOLOGIJA (engl. *ecology*) je znanost koja proučava odnose između organizama i njihovog okoliša.

EVOLUCIJSKA BIOLOGIJA (eng. *evolutionary biology*) je znanost koja proučava evolucijske procese koji dovode do nastanka novih svojti.

GENETIKA (engl. *genetics*) je znanost koja proučava proces nasljeđivanja kod živih bića.

Glavne su sastavnice bioraznolikosti:

(1) raznolikost ekosustava,

(2) raznolikost vrsta i

(3) unutarvrsna raznolikost

Navedene sastavnice ujedno predstavljaju različite razine analize i procjene stanja kao i zaštite bioraznolikosti. Područja u kojima se nalaze posebno zanimljivi, osjetljivi, nestabilni ili ugroženi ekosustavi obično su obuhvaćena nekim oblikom prostorne zaštite (**vidi potpoglavlje 2.3**), dok se raznolikost divljih životinja i samoniklih biljnih vrsta kao i njihova unutarvrsna raznolikost štiti ograničavanjem ili zabranom njihove eksploatacije odnosno lova i sakupljanja (**vidi potpoglavlje 3.3**). Zaštita unutarvrsne raznolikosti domaćih životinja i kulturnih biljnih vrsta obuhvaća različite strategije očuvanja i mjere poticanja uzgoja. Republika Hrvatska u tu svrhu redovito donosi i provodi *Nacionalni program očuvanja izvornih i ugroženih pasmina domaćih životinja u Republici Hrvatskoj* kao i *Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj* (**vidi potpoglavlje 11.3**).

Konvencija o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity*, CBD), temeljni je međunarodni sporazum o očuvanju prirode i biološke raznolikosti. Konvencija je prihvaćena tijekom Konferencije Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju (*United Nations Conference on Environment and Development*; UNCED) koja se održala tijekom 1992. godine u Rio de Janeiru, Brazil. Konvencija je stupila na snagu 1993. godine, a do 2023. godine potpisalo ju je i ratificiralo 196 zemalja. Pritom su važna iznimka Sjedinjene Američke Države koje nisu postale zemljom-članicom *Konvencije*, iako ju je još 1993. godine potpisao tadašnji predsjednik William (Bill) J. Clinton (r. 1946). Naime, Senat SAD-a većinom glasova odbacio je prijedlog o ratifikaciji *Konvencije*, a otada se ni jedan od sljedećih predsjednika nije bavio tom problematikom. Republika Hrvatska punopravna je stranka *Konvencije* od 1997. godine temeljem *Zakona o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti* (NN MU 5/96).

Glavni su ciljevi Konvencije:

(1) Očuvanje sveukupne biološke raznolikosti,

(2) Održiva upotreba sastavnica biološke raznolikosti i

(3) Pravedna i ravnomjerna raspodjela dobrobiti koje proizlaze iz upotrebe genetskih izvora.

Potpisivanjem i ratifikacijom Konvencije zemlje-članice, odnosno stranke Konvencije obvezale su se da će:

(1) Surađivati s drugim vladama i međunarodnim organizacijama u svrhu očuvanja i održive upotrebe sastavnica biološke raznolikosti,

(2) Izraditi strategiju i akcijski plan zaštite biološke raznolikosti i

(3) Redovito izvještavati o poduzetim mjerama.

Na temelju *Konvencije* nastali su i brojni drugi međunarodni ugovori (**vidi potpoglavlje 11.1**) kao i niz zakona, strategija i pravilnika Republike Hrvatske (**vidi potpoglavje 11.2**) u vezi očuvanja biološke raznolikosti.

2.1 Razine organizacije bioraznolikosti

Bioraznolikost života na Zemlji možemo analizirati na različitim razinama **ekološke hijerarhije** (engl. *ecological hierarchy*) odnosno **ekološke organizacije** (engl. *ecological organization*).

Osnovne razine ekološke organizacije su:

(1) organizam (engl. *organism*),

(2) populacija (engl. *population*),

(3) životna zajednica ili **biocenoza** (engl. *biological community*; *biocoenosis*),

(4) ekosustav (engl. *ecosystem*),

(5) krajobraz (engl. *landscape*),

(6) biom (engl. *biome*) i

(7) biosfera (engl. *biosphere*).

Organizam (engl. *organism*) je jedinka određene vrste i predstavlja najnižu razinu ekološke hijerarhije. Raznolikost organizama obuhvaća razlike između pojedinih jedinki iste populacije (ili vrste) na genotipskoj (genetska raznolikost) i fenotipskoj razini (uključujući pritom anatomska, morfološka, fiziološka i biokemijska svojstva, kao i različite obrasce ponašanja).

Populacija (engl. *population*) je skupina jedinki iste vrste koje žive na određenom području u određenom vremenu. Raznolikost populacija (uz razlike na genotipskoj i fenotipskoj razini) odnosi se i na razlike u površini pojavljivanja (engl. *area of occupancy*; AOO) kao i broju jedinki (**vidi potpoglavlje 3.2**).

Vrsta (engl. *species*) je osnovna jedinica biološke klasifikacije (**vidi potpoglavlje 3.1**).

Vrstu čini više populacija (rijetko samo jedna) koje su zemljopisno manje ili više odvojene i koje dijele određena zajednička svojstva, različita od populacija srodnih vrsta (**vidi potpoglavlje 3.1**). Raznolikost vrsta određenog područja čini broj različitih vrsta i njihova međusobna srodnost, imajući na umu i prostornu zastupljenost navedenih vrsta u drugim područjima (**vidi potpoglavlje 3.2**). Raznolikost vrsta najčešće je korištena mjera ukupne bioraznolikosti.

Životna zajednica ili **biocenoza** (engl. *biological community*; *biocoenosis*) je skup populacija jedinki različitih vrsta (životinja, biljaka, gljiva i mikroorganizama) koje žive na određenom području u određenom vremenu. Možemo razlikovati biljnu zajednicu (fitocenoza; engl. *plant community*; *phytocoenosis*) i životinjsku zajednicu (zoocenoza; engl. *animal community*; *zoocoenosis*). Raznolikost životnih zajednica određenog područja prvenstveno ovisi o raznolikosti okolišnih uvjeta koji omogućavaju njihov rast i razvitak. Klasifikacija životnih zajednica stoga se najčešće temelji na svojstvima **staništa** (**biotop**; vidi dolje) na kojem se ta zajednica nalazi.

Ekosustav (engl. *ecosystem*) je sustav koji se sastoji od životnih zajednica (biocenoza) i njihovog neživog okoliša (**staništa**). **Stanište** (biotop; engl. *biotope*, *habitat*) je područje svojstvenih okolišnih uvjeta u kojem nalazimo određenu životnu zajednicu. Stanište je stoga jedinstvena funkcionalna jedinica ekoloških sustava određena zemljopisnim i abiotičkim svojstvima. Sva staništa iste vrste čine jedan stanišni tip. **Nalazište** (lokalitet; engl. *locality*) označava zemljopisnu točku ili područje na kojem je pronađen, prikupljen ili rasprostranjen određeni organizam.

Krajobraz (engl. *landscape*) predstavlja područje heterogenih reljefnih oblika, različitih tipova vegetacije (odnosno staništa) te načina upotrebe zemljišta; pa time čini skup raznolikih ekosustava. Krajobraz je rezultat interakcije prirodnih i ljudskih čimbenika.

Biom (engl. *biome*) je skupina raznolikih ekosustava koji dijele isto klimatsko područje. Glavna svojstva određenog tipa klime utječu na razvitak dominantne vegetacije, kao i specifičnih životinjskih zajednica. Biomi se protežu na velikim zemljopisnim područjima na Zemlji, kao i na više kontinenata.

Uz brojne slatkovodne i morske biome, postoji i 14 kopnenih bioma (**Slika 2.1**):

(1) tundra (engl. *tundra*),

(2) tajga (engl. *boreal forests/taiga*),

(3) mangrove (engl. *mangrove*),

(4) poplavni travnjaci (engl. *flooded grasslands and savannas*),

(5) planinski travnjaci i šikare (engl. *montane grasslands and shrublands*),

(6) travnjaci umjerenog pojasa (engl. *temperate grasslands*),

(7) pustinje i šikare sušnih područja (engl. *deserts and xeric shrublands*),

(8) mediteranske šume i makije (engl. *Mediterranean forests, woodlands, and scrub or sclerophyll forests*),

(9) listopadne i mješovite šume umjerenog pojasa (engl. *temperate broadleaf and mixed forests*),

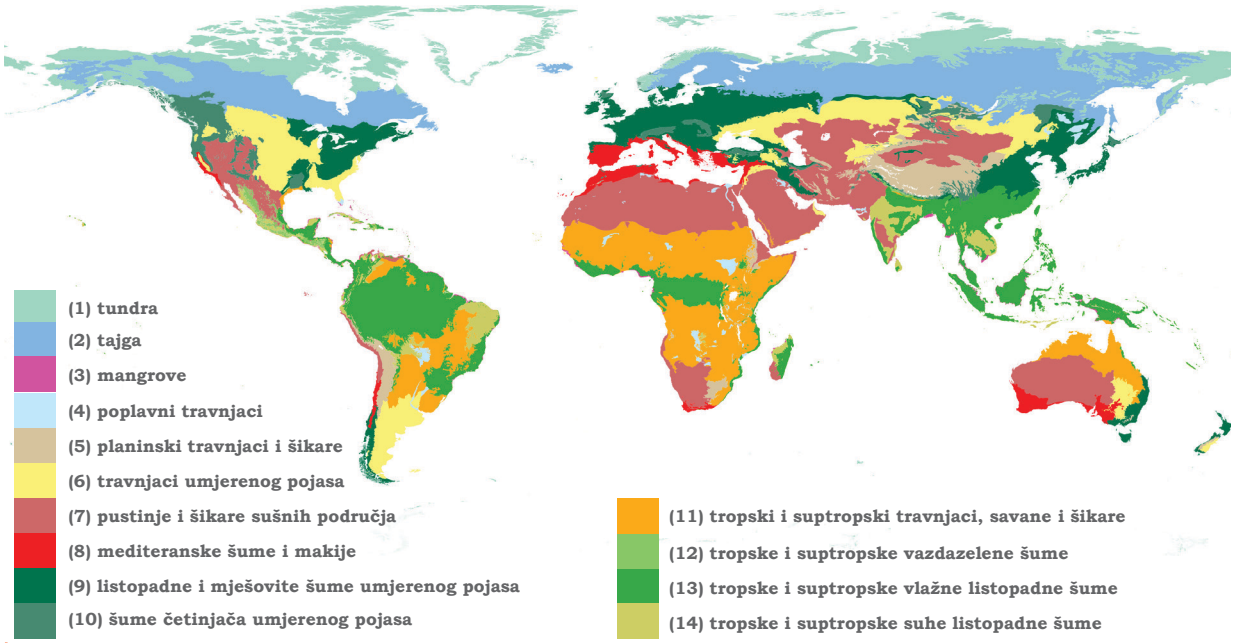
(10) šume četinjača umjerenog pojasa (engl. *temperate coniferous forests*),

(11) tropski i suptropski travnjaci, savane i šikare (engl. *tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands*),

(12) tropske i suptropske vazdazelene šume (engl. *tropical and subtropical coniferous forests*),

(13) tropske i suptropske vlažne listopadne šume (engl. *tropical and subtropical moist broadleaf forests*),

(14) tropske i suptropske suhe listopadne šume (engl. *tropical and subtropical dry broadleaf forests*)



Slika 2.1. Osnovni biomi svijeta.

S druge strane, postoji i podjela na **biozemljopisna carstva** (engl. *biogeographic realm*), imajući na umu filogenetsku srodnost vrsta, kao i barijere njihovog širenja tijekom evolucije s obzirom na geološku i klimatsku povijest Zemlje.

Biozemljopisnih carstava također ima 14:

(1) Subarktička Amerika (engl. *Subarctic America*),

(2) Sjeverna Amerika (engl. *Northern America*),

(3) Srednja Amerika (engl. *Central America*),

(4) Južna Amerika (engl. *Southern America*),

(5) Subarktička Eurazija (engl. *Subarctic Eurasia*),

(6) Zapadna Eurazija (engl. *Western Eurasia*),

(7) Središnja Eurazija (engl. *Central Eurasia*),

(8) Istočna Eurazija (engl. *Eastern Eurasia*),

(9) Južna Eurazaija (engl. *Southern Eurasia*),

(10) Tropska Afrika (engl. *Afrotropics*),

(11) Indomalaja, južna i jugoistočna Azija (engl. *Indomalaya*),

(12) Australazija (Australija, Novi Zeland, istočna Indonezija i Nova Gvineja; engl. *Australasia*),

(13) Oceanija (engl. *Oceania*) i

(14) Antarktika (engl. *Antarctica*).

U okviru *Svjetske organizacije za zaštitu prirode* (*World Wide Fund for Nature*; WWF) navedenih je 14 bioma kartirano, imajući u vidu 14 biozemljopisnih carstava te tako razvrstano u 185 **bioregija** (engl. *bioregion*), skupova različitih ekosustava, definiranih u svrhu analize i procjene stanja bioraznolikosti, kao i poticanja suradnje između zemalja koje se možda i ne nalaze na istom kontinentu, ali imaju slične probleme prilikom očuvanja bioraznolikosti. Tako se npr. biom mediteranskih šuma i makije nalazi u sljedećim biozemljopisnim carstvima: u Zapadnoj Euraziji (područje Sredozemlja), Sjevernoj Americi (područje savezne države Kalifornije, SAD i savezne države Baja California, Meksiko), Južnoj Americi (područje središnjeg Čilea), Tropskoj Africi (obala Južnoafričke Republike) i Australaziji (jugozapad Australije). Prema klasifikaciji *Svjetske organizacije za zaštitu prirode* (WWF) bioregije se dijele na **ekoregije** (engl. *ecoregion*), zemljopisna područja definirana ekološkim čimbenicima ekosustava kao što su klima, geologija (npr. nadmorska visina) i prevladavajućim biljnim i životinjskim vrstama. Na taj je način 185 bioregija podijeljeno na 867 kopnenih, 450 slatkovodnih i 232 morske ekoregije.

Biosfera (engl. *biosphere*) je površinski omotač Zemlje u kojem se odvija život, odnosno prostor na Zemlji nastanjen živim bićima. Predstavlja najviši stupanj integracije cjelokupnog živog svijeta i njegovog fizičkog okoliša. To je vrlo kompleksan i dinamičan sustav koji se proteže od ~11 000 m ispod mora pa sve do ~15 000 m iznad mora, a sastoji se od tri osnovna sastavna dijela: litosfera (površinski kruti sloj Zemljine kore), hidrosfera (vodeni dio) i troposfera (najniži sloj atmosfere).

2.2 Mjere procjene bioraznolikosti

Uvidom u raspodjelu bioraznolikosti na Zemlji, uočava se kako bioraznolikost nije jednolično raspoređena, već postoje određeni prostorni gradijenti bioraznolikosti. Na globalnoj razini najuočljiviji je gradijent bioraznolikosti onaj latitudinalni – bogatstvo vrsta povećava se od viših zemljopisnih širina prema nižim, odnosno od polova prema ekvatoru. Isto tako, postoji i visinski gradijent bioraznolikosti, jer na višim nadmorskim visinama uglavnom nalazimo manje vrsta nego na nižima.

Bioraznolikost vrsta i ekosustava često se uspoređuje između različitih područja, primjerice prilikom određivanja prioritetnog područja za očuvanje. Kod planiranja mreža zaštićenih područja, procjene gubitka vrsta ili proučavanja procesa koji održavaju raznolikost vrsta, važno je poznavati organizaciju bioraznolikosti u prostoru. Bioraznolikost određenog prostora potrebno je promatrati i kroz vrijeme kako bi se uočile promjene stanja ekosustava.

Budući da je teško mjeriti sve sastavnice bioraznolikosti nekog područja, u procjeni se koriste određena mjerila koja su praktična za kvantifikaciju. Najčešće korištena mjera za procjenu bioraznolikosti jest **bogatstvo vrsta** (engl. *species richness*), odnosno ukupan broj vrsta prisutnih na nekom području (**vidi potpoglavlje 3.1**). S druge strane, prilikom analize **raznolikosti vrsta** (engl. *species diversity*) potrebno je uz broj vrsta uzeti u obzir njihovu učestalost (relativan broj jedinki) na određenom području. Jedna je od najčešće korištenih mjerila raznolikosti vrsta Shannonov indeks raznolikosti (*Shannon's diversity index*; *H*) koji se izračunava po sljedećoj formuli:

$$H = -\sum_{i=1}^{I} p_i \ln p_i$$

gdje je,

p_i – učestalost jedinki vrste *i* na određenom području,

I - ukupan broj vrsta.

Međutim, treba imati na umu da mjerila, kao što su bogatstvo i raznolikost vrsta, ne opisuju u potpunosti sve aspekte bioraznolikosti određenog područja. Ti dodatni aspekti uključuju taksonomsku, filogenetsku i funkcionalnu raznolikost.

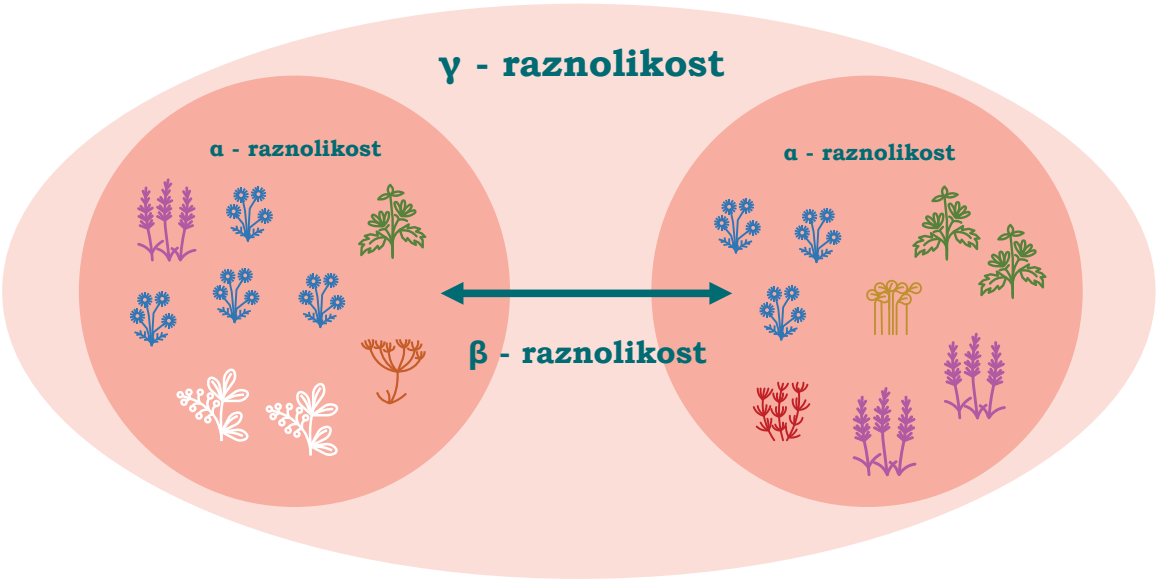
Taksonomska raznolikost (engl. *taxonomic diversity*) uz informaciju o broju i učestalosti pojedinih vrsta uzima u obzir i njihovu međusobnu povezanost na višim taksonomskim razinama kao što su rodovi ili porodice. Primjerice, neko područje može imati veći broj vrsta u odnosu na neko drugo, dok se na drugom području mogu naći predstavnici većeg broja različitih taksonomskih skupina (rodova ili porodica) što ukazuje na to da je to drugo područje genetski i ekološki raznolikije.

Filogenetska raznolikost (engl. *phylogenetic diversity*) odražava filogenetske odnose između vrsta koje su identificirane na određenom području. Dok taksonomska raznolikost vrednuje svaku pojedinačnu vrstu na jednak način, kod analize filogenetske raznolikosti važno je utvrditi filogenetsku srodnost između vrsta i identificirati vrste koje su zanimljive za razumijevanje tijeka evolucije i načina nastanka novih vrsta. Naime, neka područja nisu bogata vrstama, ali u njima nalazimo vrste koje su međusobno filogenetski vrlo udaljene. Isto tako, u nekim područjima nalazimo vrste koje nemaju bliskih srodnika što ih čini evolucijski jedinstvenima.

Funkcionalna raznolikost (engl. *functional diversity*) predstavlja raznolikost vrsta s obzirom na svojstva koja utječu na funkciju ekosustava. Prilikom analize funkcionalne raznolikosti potrebno je analizirati interakciju pojedinih vrsta s njihovim živim i neživim okolišem, njihove strategije adaptacije, životne oblike kao i njihovu funkciju u ekosustavu. Funkcionalna raznolikost stoga ima veću ekološku važnost od taksonomske i filogenetske raznolikosti jer izravno utječe na dinamiku ekosustava, pa samim time i na njegovu produktivnost, održivost i otpornost na promjene okolišnih uvjeta. Pritom se mora uzeti u obzir činjenica da filogenetski nesrodne vrste mogu imati istu funkciju u ekosustavu. Isto tako, postoje ekosustavi kod kojih gubitak samo jedne vrste može imati dalekosežne posljedice na sve preostale vrste u ekosustavu

te dovesti do njegovog kolapsa.

Prilikom procjene bioraznolikosti određenog područja važno je imati na umu broj različitih ekosustava, njihovu prostornu raspodjelu kao i taksonomsku, filogenetsku i funkcionalnu raznolikost pojedinog ekosustava te njihovu međusobnu različitost. U tu je svrhu 1972. godine američki ekolog Robert H. Whittaker (1920. – 1980.) predložio sustav koji uključuje analizu alfa (α), beta (β) i gama (γ) raznolikosti (**Slika 2.2**). **Alfa raznolikost** (engl. *alpha diversity*) pritom se odnosi na raznolikost unutar pojedinog ekosustava nekog područja. **Beta raznolikost** (engl. *beta diversity*) analizira se usporedbom raznolikosti između ekosustava i predstavlja stupanj promjene odnosno različitost ekosustava, dok **gama raznolikost** (engl. *gamma diversity*) predstavlja raznolikost cjelokupnog analiziranog područja. Utvrđivanje alfa, beta i gama raznolikosti ključno je prilikom prostornog planiranja zaštite određenih područja. Primjerice, projekt koji uključuje stvaranje čistina unutar šumskog područja može povećati beta raznolikost područja stvaranjem dodatnih šumskih rubnih područja koje naseljava veći broj vrsta nego u neposječenoj šumi. Međutim, neke od vrsta koje nastanjuju isključivo unutrašnjost šume neće opstati u tom području, čime može doći do smanjenja alfa raznolikosti izvornog šumskog ekosustava.



Slika 2.2.
Prikaz sustava alfa (α), beta (β) i gama (γ) raznolikosti.

2.3 Zaštita prirode

Do '60-ih godina prošlog stoljeća znanstvenici su spoznali da bioraznolikost vrsta i ekosustava ubrzano nestaje zbog negativnog utjecaja ljudskih aktivnosti. Kao odgovor na zabrinutost zbog gubitka bioraznolikosti razvila se **konzervacijska biologija** (engl. *conservation biology*), multidiscipinarna znanost koja objedinjuje saznanja brojnih prirodnih i društvenih znanosti u cilju očuvanja bioraznolikosti. Navedena se znanost počela ubrzano razvijati '90-ih godina prošlog stoljeća, pa je analiza bioraznolikosti postala važna tema istraživanja mnogih znanosti kao što su genetika, biologija, ekologija, antropologija, sociologija i ekonomija. Isto tako, zaštita bioraznolikosti postala je i važan čimbenik u globalnoj politici.

KONZERVACIJSKA BIOLOGIJA (engl. *conservation biology*) je znanost koja se bavi proučavanjem i zaštitom bioraznolikosti na Zemlji.

Glavne aktivnosti konzervacijske biologije na regionalnoj i globalnoj razini su:

(1) procjena i inventarizacija bioraznolikosti,

(2) vrednovanje prijetnji bioraznolikosti,

(3) procjena važnosti bioraznolikosti za dobrobit čovječanstva,

(4) sprječavanje gubitka bioraznolikosti i

(5) osmišljavanje strategija očuvanja bioraznolikosti.

Zaštita prirode provodi se na razini vlada i nevladinih organizacija. Zakonska zaštita pritom počiva na spomenutoj *Konvenciji o biološkoj raznolikosti* (*Convention on Biological Diversity*, CBD) kao temeljnom međunarodnom sporazumu o očuvanju prirode i biološke raznolikosti, a globalni znanstveni i stručni autoritet u vezi očuvanja bioraznolikosti svakako je Međunarodna udruga za zaštitu prirode (*International Union for Conservation of Nature*; IUCN). Udruga je osnovana 1948. godine, a danas njezino članstvo čini preko 1400 organizacija (vladinih i nevladinih) i 18 000 stručnjaka iz 160 zemalja. Godine 2023. članovi iz Republike Hrvatske bili su Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (unutar kojeg je Zavod za zaštitu okoliša i prirode), kao i Udruga BIOM i Udruga Hyla. Glavni su ciljevi udruge IUCN poticati očuvanje bioraznolikosti izradom međunarodno dogovorenih standarda koji uključuju uspostavu kategorija zaštićenih područja, kao i kriterija i kategorija ugroženosti vrsta (**vidi potpoglavlje 3.3**).

Očuvanje bioraznolikosti provodi se na razini zaštite pojedinih vrsta, kao i zaštite ekosustava. S obzirom na to da vrste ne mogu preživjeti bez staništa, u *Konvenciji o biološkoj raznolikosti* (*Convention on Biological Diversity*, CBD) ističe se važnost očuvanja ekosustava na holistički način; imajući u vidu sve dimenzije ekosustava – biološku, ekološku, društvenu, ekonomsku, kulturnu i političku. Holistički pristup očuvanju podrazumijeva što lokalniji, decentralizirani pristup s ciljem očuvanja usluga ekosustava, njihove strukture i funkcije, a uključuje rezultate znanstvenih istraživanja kao i tradicijska znanja uz podršku i suradnju s lokalnim stanovništvom. Taj se pristup znatno razlikuje od klasičnog pristupa zaštite prirode pri kojem se lokalno stanovništvo često percipiralo kao problem u očuvanju bioraznolikosti.

Danas je prepoznato da lokalno stanovništvo mora biti uključeno u aktivnosti vezane uz *in situ* očuvanje (**vidi potpoglavlje 10.2**). Očuvanje prirode treba postići kroz pažljivo planiranje, istovremeno poštujući prava i potrebe lokalnog stanovništva.

Zaštita prirode u Republici Hrvatskoj regulirana je Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19). Zaštićeni dijelovi prirode prema ovome Zakonu su:

(1) zaštićena područja: u kategorijama strogi rezervat, nacionalni park, posebni rezervat, park prirode, regionalni park, spomenik prirode, značajni krajobraz, park-šuma i spomenik parkovne arhitekture,

(2) zaštićene vrste: strogo zaštićena divlja vrsta (**vidi potpoglavlje 3.3**).

(3) zaštićeni minerali i fosili.

ZAŠTIĆENO PODRUČJE (engl. *protected area*; *conservation area*) zemljopisno je jasno određen prostor koji je namijenjen zaštiti prirode i kojim se upravlja radi dugoročnog očuvanja prirode i pratećih usluga ekosustava.

Temeljem navedenog Zakona do 2023. godine u Republici Hrvatskoj ukupno je zaštićeno 409 područja na ukupno 880 600 ha, od čega je kopnenih 817 383 ha, što znači da je zaštićeno ukupno 12,11 % kopnenog, odnosno 9,30 % ukupnog teritorija Rebublike Hrvatske (**Slika 2.3**).

Zaštićena područja spadaju unutar devet kategorija zaštite (broj u zagradi označava broj zaštićenih područja određene kategorije):

(1) strogi rezervat (2),

(2) nacionalni park (8),

(3) posebni rezervat (79),

(4) park prirode (12),

(5) regionalni park (2),

(6) spomenik prirode (79),

(7) značajni krajobraz (81),

(8) park-šuma (27) te

(9) spomenik parkovne arhitekture (120).

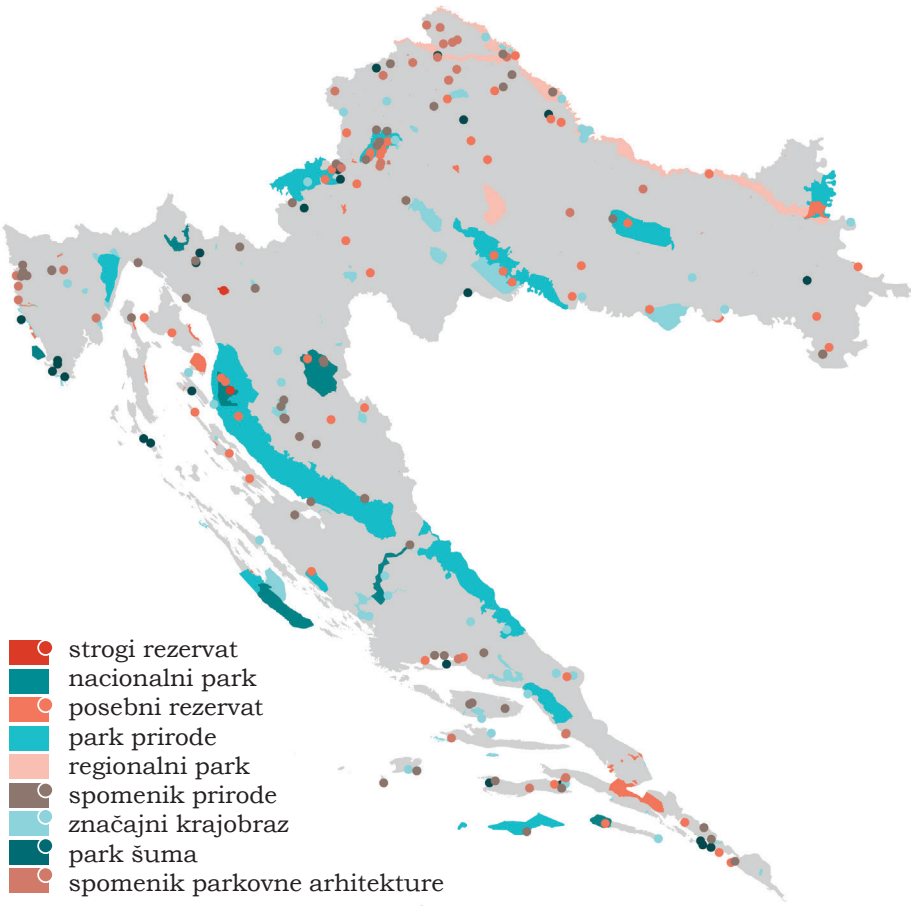
U Republici Hrvatskoj postoje dva stroga rezervata (Bijele i Samarske stijene te Hajdučki i Rožanski kukovi) kao i 8 nacionalnih parkova (Brijuni, Kornati, Krka, Mljet, Paklenica, Plitvička jezera, Risnjak i Sjeverni Velebit)

Posebni rezervat može biti floristički, mikološki, zoološki (ornitološki, ihtiološki i dr.), posebni rezervat šumske i druge vegetacije, geološki, paleontološki, hidrogeološki, hidrološki, rezervat u moru i dr. U Republici Hrvatskoj zaštićeno je 80 posebnih rezervata; od čega je 36 rezervata šumske vegetacije, 21 ornitoloških, 9 botaničkih, po 2 zoološka, ihtiološka i ihtiološko-

ornitološka rezervata u moru te po 1 paleontološki, geografsko-botanički i botaničko-zoološki rezervat. Primjer je botaničkog rezervata rezervat „Visibaba" na Velebitu s najvećim nalazištem endemične podvrste hrvatske sibireje (*Sibiraea altaiensis* ssp. *croatica*).

STROGI REZERVAT (engl. *strict nature reserve*) područje je kopna i/ili mora s neizmijenjenom ili neznatno izmijenjenom sveukupnom prirodom, namijenjeno isključivo očuvanju izvorne prirode, znanstvenim istraživanjima, te praćenju stanja prirode. U strogom rezervatu zabranjene su gospodarske i druge djelatnosti.

NACIONALNI PARK (engl. *national park*) prostrano je, pretežno neizmijenjeno područje kopna i/ili mora iznimnih i višestrukih prirodnih vrijednosti. U nacionalnom parku zabranjena je gospodarska uporaba prirodnih dobara; dok je dopušteno obavljanje ugostiteljsko-turističkih i rekreacijskih djelatnosti, kao i bavljenje poljoprivredom, ribolovom i obrtom na tradicionalan način.



Slika 2.3. Zaštićena područja Republike Hrvatske.

POSEBNI REZERVAT područje je kopna i/ili mora od osobitog značenja zbog svoje jedinstvenosti, rijetkosti ili reprezentativnosti; ili je stanište ugrožene divlje svojte, a osobitog je znanstvenog značenja i namjene.

PARK PRIRODE prostrano je prirodno ili dijelom kultivirano područje kopna i/ili mora s ekološkim obilježjima međunarodne i nacionalne važnosti, s naglašenim krajobraznim, odgojno-obrazovnim, kulturno-povijesnim i turističko-rekreacijskim vrijednostima. U parku prirode dopuštene su gospodarske i druge djelatnosti i radnje kojima se ne ugrožavaju njegove bitne značajke i uloga.

U Republici Hrvatskoj postoji 12 parkova prirode. Jedan od tih parkova je i PP Lastovsko otočje, proglašen 2006. godine, a obuhvaća 44 otoka, otočića, hridi i grebena; te je jedno od najočuvanijih morskih područja u Jadranu, a proteže se na kopno, more i podmorje.

Brojni podaci nužni za učinkovito osmišljavanje načina zaštite prirode objedinjeni su u Infromacijski sustav zaštite prirode (ISZP) kojeg čini niz baza podataka o bioraznolikosti, georaznolikosti i krajobraznoj raznolikosti Republike Hrvatske, te mjerama zaštite prirode koje provodi Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja. Svi su podaci slobodno dostupni na mrežnoj stranici Bioportal.

3

SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST VRSTA

3.1 Što je to vrsta?

Priča o Teutinom zvončiću:
Kako je otkrivena dosad nepoznata biljna vrsta

3.2 Endemizam

Priča o velebitskoj degeniji: Kako utvrditi stanje populacija?

3.3 Procjena ugroženosti i zaštita biljnih vrsta

Priča o sredozemnom smilju:
Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja?

Uvod

Vrsta (lat. *species*; engl. *species*) često se smatra osnovnom jedinicom bioraznolikosti. Brojnost različitih vrsta najjednostavniji je i najupotrebljiviji pokazatelj stanja i/ili gubitka bioraznolikosti, pa se globalna kao i lokalna bioraznolikost određenog područja često izražava upravo brojem vrsta. Do 2023. godine znanstveno je opisano oko 2,1 milijuna vrsta živih bića, a procjenjuje se da je ukupan broj vrsta na Zemlji mnogostruko veći – od 13,6 milijuna, pa čak i do 100 milijuna. Osim što se mnoge vrste tek trebaju otkriti, neke od otkrivenih vrsta nisu još znanstveno opisane, a osim toga postoje i različita stajališta o definiciji vrste. Pri tome je zanimljiv podatak da današnja flora i fauna predstavljaju samo oko 0,1 % svih vrsta koje su ikada živjele, dok je 99,9 % svog života koji je postojao na Zemlji – izumrlo. Fosilni ostaci govore nam da je tijekom prošlosti bilo barem pet razdoblja masovnih izumiranja tijekom kojih je velik broj vrsta nestao, nakon čega je uslijedila **diverzifikacija** (engl. *diversification*) preostalih vrsta.

Međutim, u skorašnjem razdoblju stopa gubitka bioraznolikosti eksponencijalno je porasla te se znanstvenici slažu da se trenutno nalazimo na rubu šestog masovnog izumiranja,

prema nekim naznakama, najvećeg u povijesti Zemlje. To se izumiranje razlikuje od prethodnih po tome što je prvo koje je uzrokovao čovjek; što znači da bi ga racionalnijim pristupom mogli usporiti ili čak spriječiti.

DIVERZIFIKACIJA VRSTA (engl. *species diversification*) evolucijski je proces pri kojem dolazi do različitih lokalnih prilagodbi populacija iste vrste te dovodi do nastanka novih vrsta, odnosno specijacije (engl. *speciation*).

Do 2023. godine znanstveno je opisano preko 380 000 biljnih vrsta, dok se procjene stvarnog broja kreću i do oko 500 000. Prema nekim procjenama smatra se da je više od 13 % svjetske flore ugroženo te velikom broju vrsta prijeti izumiranje. Osim ukupnog broja vrsta, važno je imati pouzdano mjerilo srodnosti između vrsta koje čine bioraznolikost. Za to nam služi taksonomija koja opisuje i razvrstava vrste u skupine na temelju razlika u genetskim, morfološkim, anatomskim, biokemijskim, fiziološkim i sličnim svojstvima. Na taj se način tvori uređeni sustav klasifikacije biljnog svijeta.

3.1 Što je to vrsta?

Postoji nekoliko suprotstavljenih teorija koncepta **vrste**, od kojih su najprihvaćeniji morfološki, biološki i filogenetski koncept.

VRSTA (lat. *species*, engl. *species*) osnovna je jedinica biološke klasifikacije.

RODOSLOVNA LINIJA (evolucijska linija, filogenetska linija; engl. *lineage*, *evolutionary lineage*, *phylogenetic lineage*) predstavlja skupinu organizama za koju se pretpostavlja da je evoluirala od zajedničkog pretka.

Prema morfološkom konceptu (engl. *morphological species concept*; MSC), vrsta je populacija ili skupina populacija koje se od drugih populacija razlikuju u dovoljnom broju morfoloških svojstava. Pritom je očit problem izbora morfoloških svojstava na koje treba obratiti pažnju, kao i njihovog broja. Štoviše, unutar svih vrsta postoje kvalitativne, a naročito kvantitativne razlike u morfološkim svojstvima između gotovo svakog para jedinki tako da je teško uspostaviti jasnu granicu ne bi li utvrdili do koje mjere određenu razinu morfološke raznolikosti skupine jedinki možemo smatrati unutarvrsnom, a u kojim je slučajevima riječ o dvije srodne, ali ipak različite vrste. Morfološki je koncept bio temelj za uspostavu sveobuhvatnog sustava klasifikacije živog svijeta kojeg je predložio švedski botaničar, zoolog i liječnik Carl von Linné (1707. – 1778.) smatrajući da su vrste jasno određene morfološke skupine jedinki i kao takve vječne i nepromjenjive. Morfološki se koncept još uvijek široko koristi jer je najjednostavniji i najpraktičniji.

Prema biološkom konceptu (engl. *biological species concept*; BSC) vrsta je skupina populacija koje se mogu međusobno razmnožavati i tvoriti plodno potomstvo, a reproduktivno

su izolirane od ostalih skupina. Ovaj je koncept predložio njemačko-američki evolucijski biolog i filozof znanosti Ernst Mayr (1904. – 2005.) u knjizi „*Sistematika i podrijetlo vrsta iz gledišta zoologa*“ („*Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*“) objavljenoj 1942. godine koja se smatra temeljem **moderne evolucijske sinteze** (engl. *modern synthesis*). Kolikogod ovaj koncept bio jasan i relativno lako provjerljiv, u mnogim slučajevima jasne granice bioloških vrsta nije tako lako utvrditi, a kod organizama nespolnog razmnožavanja nije primjenjiv. U biljnome svijetu spontana međuvrsna križanja nisu rijetkost i u mnogim slučajevima tvore plodno potomstvo. Dapače, međuvrsna hibridizacija prije ili tijekom udomaćenja smatraju se prilično raširenim modelima udomaćenja kulturnih biljnih vrsta (**vidi potpoglavlje 9.1**). S druge strane, postoje brojni prirodni mehanizmi koji sprječavaju oplodnju određenih parova jedinki koje pripadaju istoj vrsti.

MODERNA EVOLUCIJSKA SINTEZA (eng. *modern synthesis*) znanstvena je teorija koja je uspješno povezala teoriju evolucije engleskih prirodoslovaca Charlesa Darwina i Alfreda Russela Wallacea sa zakonima nasljeđivanja austrijskog svećenika i znanstvenika Gregora Mendela, te tako uspostavila pouzdanu temeljnu paradigmu (skup osnovnih pretpostavki i pravila) za sva daljnja istraživanja u evolucijskoj biologiji.

Prema filogenetskom konceptu (engl. *phylogenetic species concept*; PSC) vrsta je najmanja skupina populacija koja ima zajedničkog pretka, a razlikuje se od ostalih srodnih skupina po jedinstvenoj kombinaciji svojstava koje ju definiraju.

Ovi koncepti nisu sasvim podudarni, te su njihove prednosti i mane predmet čestih rasprava. Ovisno o korištenom pristupu, broj vrsta može biti različito procijenjen, pa tako filogenetski koncept prepoznaje više vrsta od biološkog. U praksi, sistematičari razvrstavaju vrste na temelju određenih zajedničkih svojstava. Kada dvije ili više skupina imaju različita svojstva, a te se razlike ne mogu pripisati unutarvrsnoj raznolikosti, te se skupine smatraju različitim vrstama. Neovisno o razlikama u pristupu, svi koncepti vrste temelje se na pretpostavci da se vrsta može smatrati diskretnom i odredivom evolucijskom jedinicom.

Kako znanstvenici uzorkuju sve više organizama i razvijaju metode analize njihove raznolikosti, često dolazi do promjena u klasifikaciji čime su i procjene ukupnog broja vrsta sve pouzdanije.

Opisivanjem raznolikosti, identifikacijom vrsta, klasifikacijom i nomenklaturom te međusobnim odnosima između živih organizama bavi se nekoliko povezanih znanstvenih disciplina kao što su **sistematika**, **filogenetika** i **taksonomija**.

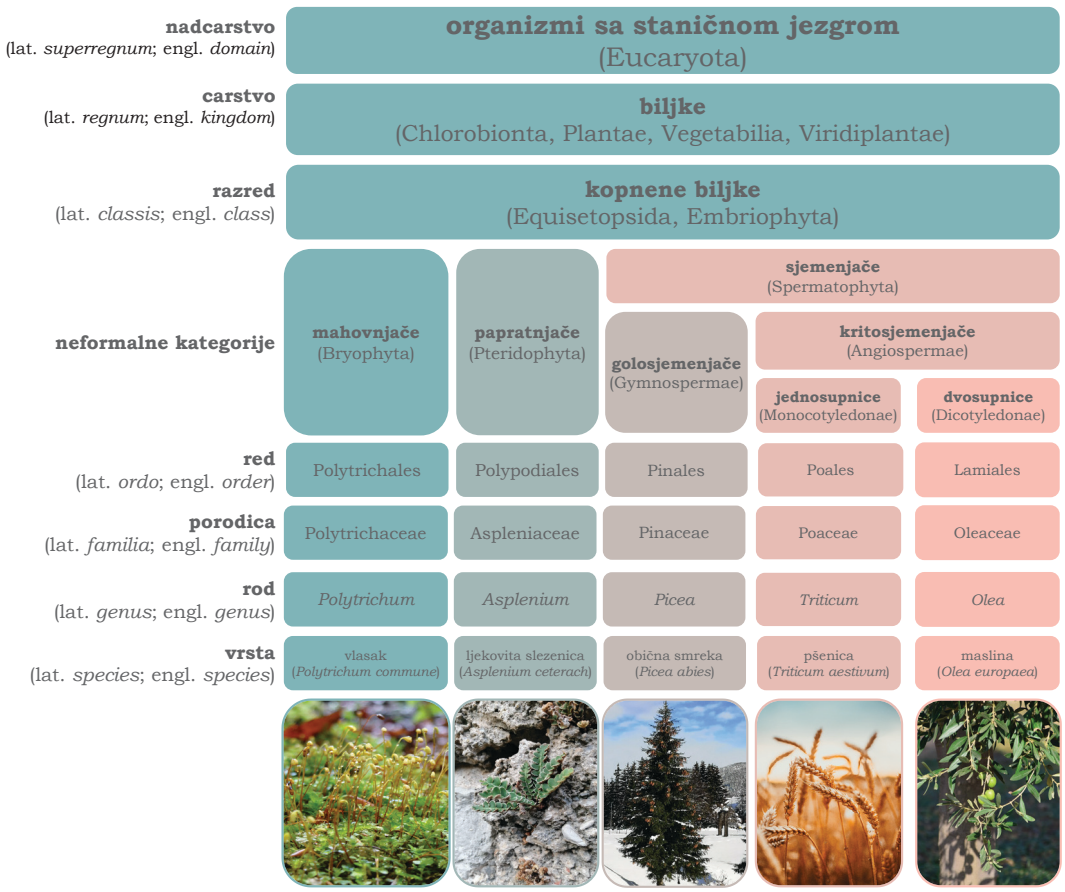
Nomenklatura ili imenovanje organizama podrazumijeva pridavanje znanstvenih imena organizmima i provodi se prema pravilima binomne nomenklature, odnosno dvoimenog nazivlja na način da se ime sastoji od imena roda i imena vrste na latinskom jeziku uz oznaku autora koji je opisao vrstu, kako je to predložio švedski botaničar Carl von Linné (1707. – 1778.). Klasifikacija se odnosi na razvrstavanje jedinki u taksonomske kategorije koje čine hijerarhijski sustav. Skupina jedinki bilo koje taksonomske kategorije naziva se **svojta** (takson; engl. *taxon*).

SISTEMATIKA (engl. *systematics*) je znanstvena disciplina koja proučava raznolikost i međusobne odnose između živih organizama.

FILOGENETIKA (engl. *phylogenetics*) je znanstvena disciplina koja proučava evolucijske odnose između organizama.

TAKSONOMIJA (engl. *taxonomy*) je znanstvena disciplina koja se bavi opisom, identifikacijom, klasifikacijom i nomenklaturom organizama.

Razvitkom tehnika molekularne genetike kao i biometričkih metoda koje se u molekularnoj filogeniji koriste u posljednjih pedesetak godina došlo se do zaključka da je klasična klasifikacija organizama u jasno određene taksonomske kategorije previše kruta. Većina se znanstvenika danas slaže da je jedina ispravna klasifikacija ona temeljena na srodstvenim odnosima koji su utvrđeni prvenstveno na temelju molekularnih podataka. Na **Slici 3.1** prikazano je sedam glavnih taksonomskih kategorija na primjerima vrsta iz pet različitih skupina: vlasak (*Polytrichum commune*), ljekovita slezenica (*Asplenium caterach*), obična smreka (*Picea abies*), pšenica (*Triticum aestivum*) i maslina (*Olea europaea*). Uz sedam

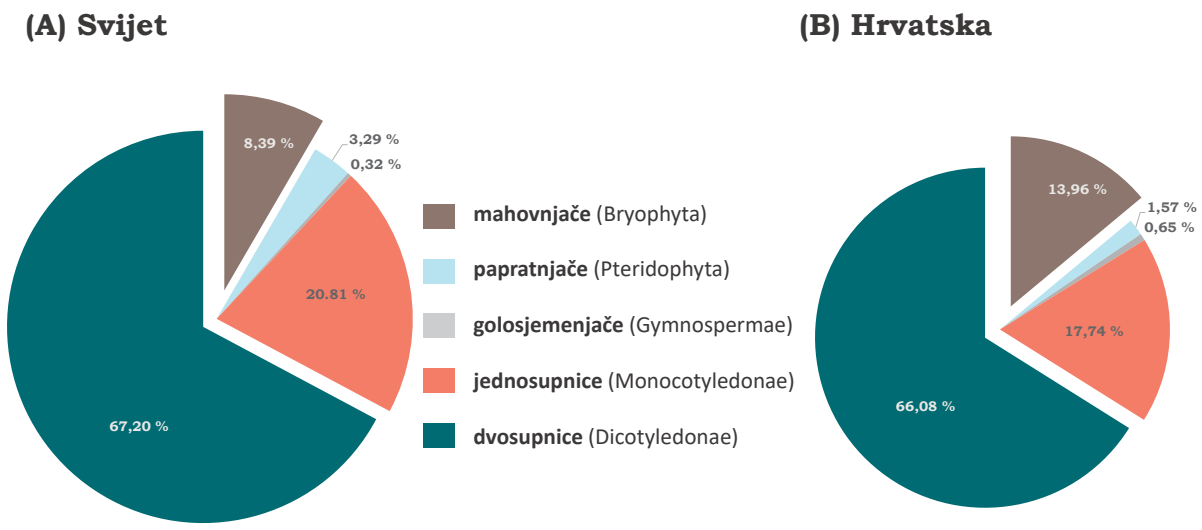


Slika 3.1. Taksonomska pripadnost pet karakterističnih biljnih vrsta vlasak (*Polytrichum commune*), ljekovita slezenica (*Asplenium ceterach*), obična smreka (*Picea abies*), pšenica (*Triticum aestivum*) i maslina (*Olea europaea*)] na temelju sedam klasičnih taksonomskih kategorija i tri neformalne kategorije.

osnovnih taksonomskih kategorija, prikazane su i tri neformalne kategorije koje na temelju danas dostupnih podataka ne opisuju sasvim točno srodstvene odnose između biljnih vrsta na našem planetu, ali se u praktične svrhe još uvijek koriste prilikom analize brojnosti vrsta po određenim skupinama. Uobičajenih pet skupina su (1) mahovnjače (Bryophyta), (2) papratnjače (Pteridophyta) i tri skupine unutar sjemenjača (Spermatophyta) – (3) golosjemenjače (Gymnospermae) te (4) jednosupnice (Monocotyledonae) i (5) dvosupnice (Dicotyledonae) koje pripadaju kritosjemenjačama (Angiospermae).

Najpouzdaniji i najopsežniji izvor podataka o biljnim vrstama koji uključuje prihvaćeni znanstveni naziv vrste, njezin opis i rasprostranjenost javno je dostupna baza podataka (*World Flora Online*). Navedena je baza podataka nastala suradnjom brojnih uglednih botaničkih institucija na temelju *Konvencije o biološkoj raznolikosti* (*Convention on Biological Diversity*, CBD). Ukupan broj opisanih biljnih vrsta na Zemlji potkraj 2022. godine iznosio je 382 294 (**Slika 3.2A**).

Podaci o flori Republike Hrvatske dostupni su putem javno dostupne baze podataka *Flora Croatica Database* (FCD) koju je utemeljio i ažurira prof. dr. sc. Toni Nikolić sa Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. *Flora Croatica Database* objedinjuje podatke o sistematici (nomenklatura, autorizacija), korologiji (rasprostranjenost temeljem literaturnih podataka, herbarskih zbirki, opažanja na terenu i usmenih priopćenja), etimologiji, ekologiji (ekološki indeksi), načinu upotrebe i mjerama zaštite pojedinih vrsta, uz opsežnu bibliografiju. U 2023. godini hrvatsku je floru činilo ukupno 4463 biljnih vrsta, a podjela po pojedinim skupinama prikazana je na **Slici 3.2B**.

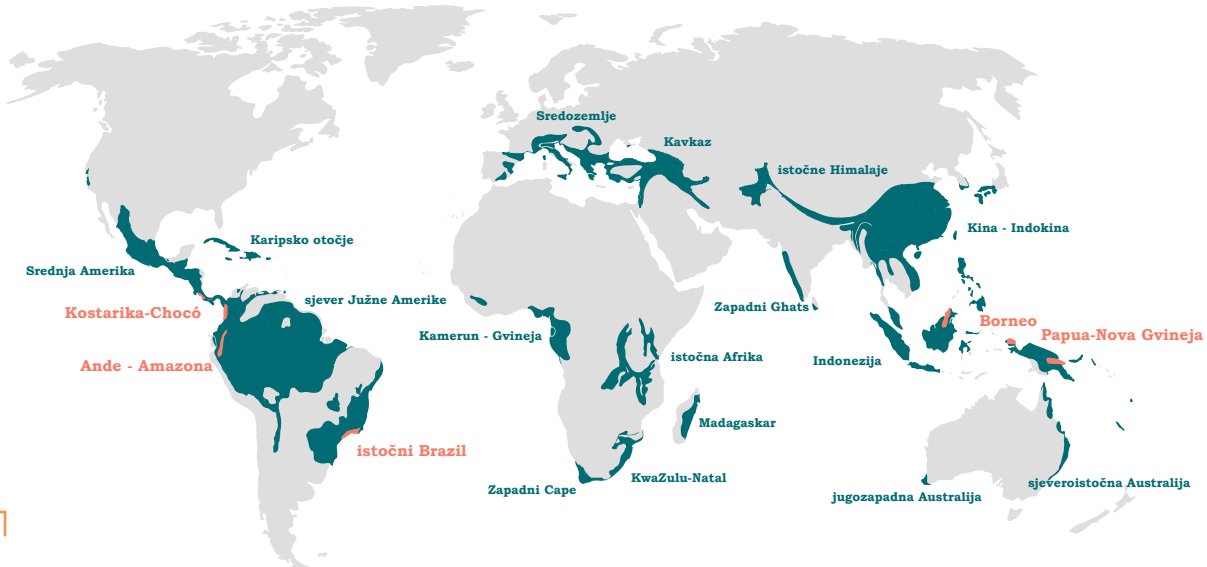


Slika 3.2. Zastupljenost pojedinih skupina biljnih vrsta **(A)** u svijetu i **(B)** u Republici Hrvatskoj.

Bogatstvo flore određenog područja može se kvantificirati brojem vrsta viših biljaka na 10 000 km^2. Tako su definirane zone bioraznolikosti (engl. *diversity zones*; DZ). Prvoj zoni bioraznolikosti (DZ 1) pripadaju regije u kojima nalazimo manje od 20 vrsta viših biljaka na 10 000 km^2, u drugoj (DZ 2) su one s 20 do 200 vrsta, dok su florom najbogatije regije sedme (2000 do 3000), osme (3000 do 4000), devete (4000 do 5000) i desete zone (DZ 10) s više od 5000 vrsta. Postoji pet regija na svijetu koje spadaju u desetu zonu bioraznolikosti (DZ

10), a to su Kostarika-Chocó (kolumbijski departman u zapadnom dijelu države na granici s Panamom), Ande-Amazona, istočni Brazil, Borneo i Papua-Nova Gvineja (**Slika 3.3**). Na **Slici 3.3** prikazana su i sva područja koja imaju od 2000 do 5000 vrsta (DZ 7 - DZ 9) kojima pripada i Sredozemlje. Regije u kojima nalazimo najmanje biljnih vrsta su, naravno, arktička tundra i pustinje (pustinja Rub' al-Khali, dijelovi Sahare, te planinska pustinja na Tibetanskoj visoravni) jer okolišni uvjeti kao što su niske temperature ili nedostatak oborina znatno ograničavaju rast biljaka. Dok se u pustinji Rub' al-Khali na jugu Arapskog poluotoka može naći tek 37 vrsta viših biljaka na području od 500 000 km^2 (površina Španjolske), pustinja Namib na jugozapadu Afrike, zbog izrazite **georaznolikosti** i oceanskog utjecaja, zanimljiv je izuzetak, s procijenjenih 4500 do 7000 biljnih vrsta na području od 50 000 km^2 od kojih 35 do 50 % pripadaju endemičnim vrstama.

GEORAZNOLIKOST (engl. *geodiversity*) je raznolikost nežive prirode, a čine je raznolikost tla, stijena, minerala, fosila, reljefnih oblika, podzemnih objekata i struktura te prirodnih pojava i procesa koji su ih stvarali kroz geološka razdoblja, a stvaraju ih i danas.



Slika 3.3. Zemljopisna raspodjela zona bioraznolikosti.

Većina se regija desete zone bioraznolikosti (DZ 10), razumljivo, nalazi u tropskom području oko ekvatora, ali i tu postoje izuzeci kao što je porječje rijeke Kongo. Važan čimbenik koji znatno utječe na bogatstvo vrsta svakako je već spomenuta georaznolikost. U planinskim se područjima često okolišni uvjeti znatno mijenjaju na kratkim udaljenostima zbog razlika u nadmorskoj visini te potiču različitu lokalnu prilagodbu biljnih populacija i dovode do specijacije kao što je to slučaj u mnogim od navedenih regija desete (Ande-Amazona, istočni Brazil, Borneo) kao i devete (Kavkaz, Kina-Indokina) zone bioraznolikosti. Obrasci biljnog

bogatstva su, naravno, povezani s osnovnim klimatskim čimbenicima kao što su količina oborina i prosječna godišnja temperatura, no često se zapaženo bogatstvo biljnog svijeta neke regije ne može lako predvidjeti na temelju klimatskih prilika koje danas postoje. Stoga je potrebno uzeti u obzir geološku povijest određene regije kao i stabilnost klimatskih prilika tijekom minulih razdoblja.

Priča o Teutinom zvončiću: Kako je otkrivena dosad nepoznata biljna vrsta

Porodici zvončića (Campanulaceae) pripada čak 20 endemičnih vrsta Republike Hrvatske uključujući Tommasinijev zvončić (*Campanula tommasiniana*), stenoendem planine Učke i dalmatinsko zvonce (*Edraianthus dalmaticus*), endem krških polja Dalmacije i susjednih područja u Bosni i Hercegovini. Unutar roda *Campanula* nalazimo i **seriju** (lat. *series*; engl. *series*) *Garganicae* (*Campanula* ser. *Garganicae*) koja se sastoji gotovo isključivo od endemičnih svojti otkrivenih u Italiji (*C. reatina*, *C. garganica* ssp. *garganica*), Hrvatskoj (*C. cremnophila*, *C. fenestrellata* ssp. *fenestrellata*, *C. fenestrellata* ssp. *istriaca*, *C. portenschlagiana*, *C. poscharskyana*, *C. teutana*), Albaniji (*C. aureliana, C. comosiformis, C. skanderbegii*), Albaniji i Sjevernoj Makedoniji (*C. fenestrellata ssp. debarensis*) te Grčkoj (*C. garganica ssp. cephallenica*, *C. garganica ssp. acarnanica*).

SERIJA (lat. *series*; engl. *series*) je taksonomska kategorija koja je smještena ispod roda (lat. *genus*; engl. *genus*), a iznad vrste (lat. *species*; engl. *species*).

Godine 2009. profesor Sandro Bogdanović, botaničar sa Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, otkrio je na sjevernoj strani otoka Visa u blizini sela Oključna populaciju dotad nepoznate vrste zvončića (**Slika 3.4**). Zvončići su rasli na golim i nepristupačnim liticama vapnenačkih stijena iznad ulaza u Kraljičinu špilju koja je ime dobila po ilirskoj kraljici Teuti. Morfološke su analize pokazale da se novootkrivena vrsta jasno razlikuje od Portenšlagovog zvončića (*C. protenschlagiana*) koji raste u srednjoj Dalmaciji, te na Braču, Hvaru i Korčuli. Sjemenke navedenih vrsta analizirane su i pretražnom elektronskom mikroskopijom (engl. *scanning electron microscopy*; SEM) pri čemu su utvrđene znatne razlike u mikromorfologiji sjemene ljuske.

U svrhu provedbe filogenetske analize sekvencirani su ulomci unutrašnje transkribirajuće razmaknice (engl. *Internal transcribed spacer*; ITS) kao i ulomak *trn*L-*trn*F koji se nalazi unutar Taberletove regije kloroplastne DNA (cDNA). Navedeni se ulomci često koriste u filogenetskim istraživanjima jer predstavljaju nekodirajuće regije koje se nalaze između jezgrinih gena koji kodiraju ribosomalnu RNA (u slučaju unutrašnje transkribirajuće razmaknice) odnosno kloroplastnih gena *trn*L i *trn*F. Sekvence gena pritom su vrlo konzervirane, te su stoga idealne za odabir mjesta početnica (engl. *primer*) u svrhu umnažanja tih regija pomoću lančane reakcije polimerazom (engl. *polymerase chain reaction*; PCR), dok nekodirajuće

regije u pravilu pokazuju visoku varijabilnost između različitih svojti. Sekvencirani su ulomci 34 svojte, uključujući zvončiće serije *Garganicae* (*Campanula* ser. *Garganicae*), 12 drugih vrsta roda *Campanula*, kao i šest vrsta srodnih rodova (*Asyneuma*, *Petromarula*, *Physoplexis*, *Phyteuma*). Kao uljez (engl. *outgroup*) koji je poslužio za zakorjenjivanje filogenetskog stabla, izabrana je vrsta *Trachelium caeruleum.*



Slika 3.4. Teutin zvončić (*Campanula teutana*) iznad ulaza u Kraljičinu špilju na otoku Visu.

Filogenetska analiza provedena je koristeći uobičajene metode izrade filogenetskog stabla kao što su metoda maksimalne štedljivosti (engl. *maximum parsimony method*), maksimalne vjerodostojnosti (engl. *maximum likelihood method*) i Bayesovska metoda (engl. *Bayesian method*). Na filogenetskom se stablu jasno vidjelo da dva uzorka novootkrivene vrste čine zasebnu skupinu, a podvrsta *C. fenestrellata* ssp. *debarensis* iz Sjeverne Makedonije joj je bila najsrodnija.

U znanstvenom radu objavljenom u časopisu *Phytotaxa* profesor Sandro Bogdanović dao je iscrpan morfološki opis vrste; uključujući i ključ za razlikovanje hrvatskih svojti zvončića serije *Garganicae*, opisao nalazište, naveo rezultate morfološke i filogenetske analize, te predložio ime novootkrivene vrste – Teutin zvončić (*Campanula teutana*), u čast ilirske kraljice Teute koja je vladala istočnojadranskom obalom od 231. do 227. g. pr. n. e. No, to je bio tek početak. Istražujući populacije zvončića serije *Garganicae* u Albaniji, profesor

Bogdanović otkrio je i dotad nepoznati Skenderbegov zvončić (*C. skanderbegii*), otkriven podno Skenderbegove utvrde (Gjergj Kastrioti Skënderbeu, 1405. – 1468.; albanski junak) u gradu Kruja kao i Zlatkov zvončić (*C. aureliana*) na planini Tomorr (Mali i Tomorrit) kojeg je imenovao po svojim kolegama profesorima Zlatku Liberu i Zlatku Šatoviću, jer se epitet vrste, *aureliana*, odnosi na latinsko ime Aurelius, odnosno na hrvatskom – Zlatko. Daljnjom analizom hrvatskih zvončića, na samom jugu poluotoka Pelješca, kao i na Elafitskim otocima Olipi i Jakljanu profesor Bogdanović otkrio je još jednu nepoznatu endemičnu vrstu nazvanu pelješkim zvončićem (*C. cremnophila*). Sve su navedene vrste kao i njihova imena danas prihvaćene i od strane međunarodne znanstvene zajednice i mogu se naći u uglednim botaničkim bazama podataka kao što je POWO (*Plants of the World Online*), IPNI (*International Plant Names Index*) i WCVP (*The World Checklist of Vascular Plants*).

3.2 Endemizam

Kao što je već rečeno, bogatstvo flore određenog područja može se kvantificirati brojem vrsta viših biljaka na 10 000 km^2. Međutim, biljne se vrste međusobno mogu znatno razlikovati s obzirom na veličinu **areala**. Vrste koje imaju znatno ograničenu rasprostranjenost nazivamo **endemima** (engl. *endemic species*; *endemic*). S obzirom na to da su endemične vrste specifične samo za jednu regiju, obično su od posebnog interesa za zaštitu. Nasuprot su endemima kozmopoliti (engl. *cosmopolitan species*) – vrste široke rasprostranjenosti.

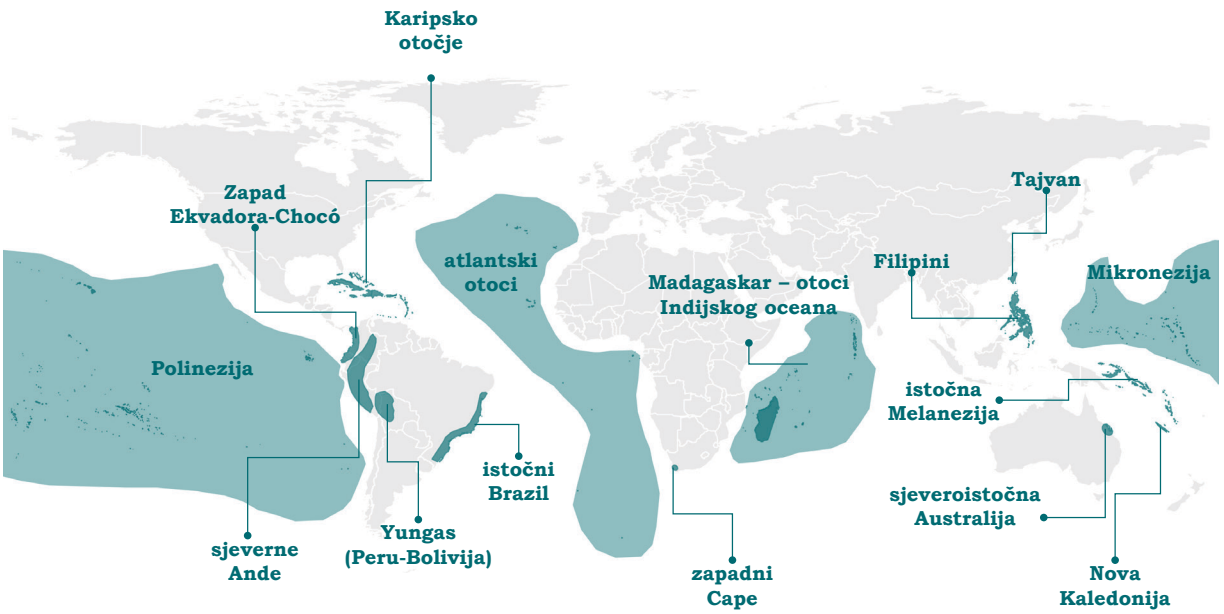
AREAL (engl. *distribution range*) je područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne vrste.

ENDEM (engl. *endemic species*; *endemic*) je vrsta ograničene rasprostranjenosti.

Imajući u vidu ne samo broj vrsta već i njihovu rasprostranjenost, razlike u odnosu kvantitete (broja vrsta) i kvalitete vrsta (u smislu endemizma) nekog područja mogu se opisati na temelju primjera usporedbe njemačke savezne pokrajine Tiringije i američke savezne države Havaji. Dok je Tiringija središnja njemačka pokrajina poznata pod nazivom Zeleno srce Njemačke (njem. *Das grüne Herz Deutschlands*), Havaji, poznati kao Pacifički raj (engl. *Paradise of the Pacific*), vulkansko su otočje koje se nalazi preko 3000 km od najbližeg kontinenta. Obje regije imaju sličnu površinu (oko 16 000 km^2), a Tiringija ima nešto veći broj autohtonih biljnih vrsta (1570) od Havaja (1140). Međutim, u Tiringiji ne nalazimo ni jednu endemičnu vrstu, dok je na Havajima čak 997 vrsta endemično (87,5 %).

Na svjetskoj se razini bogatstvo endema (engl. *endemic richness*; ER) može kvantificirati procjenom broja endemičnih vrsta viših biljaka na 10 000 km^2. U tu je svrhu svijet podijeljen na 90 biozemljopisnih regija od kojih je 14 otočnih, a 76 kontinentalnih. Oceanske otočne skupine analizirane su odvojeno od kontinentalnih, dok su otoci s prevladavajućom kontinentalnom florom pridruženi kontinentalnim regijama kao npr. u slučaju Sredozemnih

otoka kao i Britanskog otočja. Analiza je pokazala da na svijetu postoji 14 regija u kojima bogatstvo endema prelazi 200: 1. Nova Kaledonija, 2. Zapadni Cape, 3. Polinezija i Mikronezija, 4. Atlantski otoci, 5. sjeveroistočna Australija, 6. Karipsko otočje, 7. istočna Melanezija, 8. Tajvan, 9. sjeverne Ande (Kolumbija-Ekvador), 10. istočni Brazil, 11. Filipini, 12. zapad Ekvadora-Chocó, 13. Yungas (Peru-Bolivija), te 14. Madagaskar i otoci Indijskog oceana (**Slika 3.5**). Regija najbogatija endemima francuski je prekomorski teritorij Nova Kaledonija kojeg čini pacifičko otočje smješteno 1210 km istočno od obale australijskog kontinenta, za koju je bogatstvo endema procijenjeno na ER = 1350. Nešto manje bogatstvo nalazimo na pacifičkim (Polinezija i Mikronezija; ER = 680) i atlantskim otocima (ER = 650). Od 14 regija najbogatijih endemima, osam ih čine otočne regije. Svih 14 otočnih regija čini samo 3,6 % ukupne kopnene površine, a u njima raste 26,1 % ukupnog broja vrsta viših biljaka. Bogatstvo endema u otočnim je regijama 9,5 puta veće od onog u kontinentalnim regijama: ER = 172,3 u otočnim naprema ER = 18,2 u kontinentalnim regijama. Od kontinentalnih se regija naročito ističe južnoafrička provincija Zapadni Cape koja je druga endemima najbogatija regija u svijetu s ER = 771,4. Široki je poluotok Cape sa svojstvenim Sredozemnim tipom klime okružen s tri strane oceanima, dok se na sjeveru nalazi pustinjsko područje, tako da se izuzetno biljno bogatstvo navedene regije često pripisuje biozemljopisnim i evolucijskim procesima svojstvenima otocima. Slično je objašnjenje za visoko bogatstvo endema na sjeveroistoku Australije u regiji tropskih kišnih šuma na obalnom području australske države Queensland (ER = 380). Tropska klima i georaznolikost područja razlozi su visokog bogatstva endema sjevernih Anda koje se protežu od Venezuele preko Kolumbije do Bolivije (ER = 300), regije Yungas na istočnim obroncima Anda u Peruu i Boliviji (ER = 210,4) kao i područje atlantskih obalnih šuma u istočnom Brazilu (ER = 300).

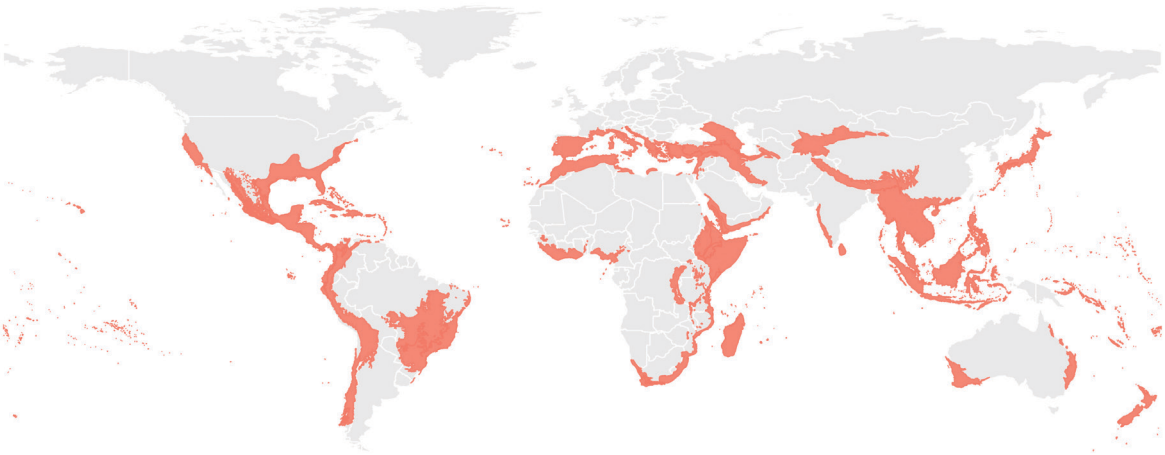


Slika 3.5. Zemljopisna raspodjela područja izrazito bogatih endemičnim biljnim vrstama.

U svrhu uspostave međunarodno priznatih prioriteta u očuvanju bioraznolikosti na našem planetu definirane su **vruće točke bioraznolikosti** (engl. *biodiversity hotspots*; **Slika 3.6**). Na temelju mnogobrojnih istraživanja bogatstva endemičnih biljnih vrsta kao i procjena

ugroženosti staništa uspostavljena su dva jasna kvantitativna kriterija koja neka regija mora ispunjavati ne bi li bila uključena na popis vrućih točaka bioraznolikosti (broj endemičnih vrsta i postotak gubitka površine izvornog staništa).

VRUĆA TOČKA BIORAZNOLIKOSTI (engl. *biodiversity hotspot*) regija je u kojoj možemo naći najmanje 1500 endemičnih vrsta viših biljaka, a izgubila je najmanje 70 % površine svog izvornog staništa.



Sjeverna Amerika	Južna Amerika	Afrika	Eurazija	Australija i Oceanija
	Atlantske šume	Afrički rog	Sredozemlje	Filipini
		Gvinejske šume	Himalaje	Jugozapadna Australija
Kalifornijska floristička regija	Cerrado	Istočna Afromontana	Indo-Burma	Nova Kaledonija
	Karipski otoci	Kapska floristička regija	Iransko-anatolijska regija	Novi Zeland
		Madagaskar i otoci Indijskog oceana	Japan	Polinezija-Mikronezija
Sjevernoamerička obalna nizina	Tropske Ande	Maputaland-Pondoland-Albany	Kavkaz	šume istočne Australije
Srednja Amerika	Tumbes-Chocó-Magdalena	obalne šume istočne Afrike	otoci istočne Melanezije	Sundsko otočje
		Succulent Karoo	planine jugoistočne Kine	Wallacea
šume hrasta i bora planine Sierra Madre	Valdivijske šume		planine srednje Azije	
			Zapadni Ghats i Sri Lanka	

Slika 3.6. Svjetske vruće točke bioraznolikosti.

Navedene je kriterije uspostavio britanski ekolog Norman Myers (1934. – 2019.), te 1988. godine opisao 10 vrućih točaka bioraznolikosti. Daljnjim istraživanjima, već je 1990. godine utvrđeno postojanje 18 vrućih točaka, 2000-te 25, 2011-te 35, a 2016. je godine Sjevernoamerička obalna nizina bila proglašena 36-tom vrućom točkom bioraznolikosti. Površina svih 35 regija (bez Sjevernoameričke obalne nizine) zajedno iznosi 23,7 milijuna km^2 ili 15,9 % kopnene površine Zemlje. Više od 85 % površine staništa svih vrućih točaka dosad je uništeno tako da netaknuta izvorna staništa danas iznose svega 3,4 milijuna km^2 ili tek 2,3 % kopnene površine Zemlje. S druge strane, u vrućim točkama nalazimo preko 152 000 endemičnih vrsta viših biljaka što čini preko 50 % ukupnih endema na svijetu. U tim regijama obitava čak 22 939 vrsta kopnenih kralježnjaka što čini 77 % ukupnog broja vrsta kopnenih kralješnjaka u svijetu, od kojih 10 600 nalazimo samo u jednoj vrućoj točki. Vegetacija navedenih regija u opasnosti je od nestajanja, kako zbog klimatskih promjena tako i zbog agroekonomskih promjena uzrokovanih demografskim pritiskom. Većina se vrućih točaka nalazi u tropskom području (14) dok ih je 11 u suptropskom, kao i u umjerenom području.

Jedna je od vrućih točaka bioraznolikosti i Sredozemlje koje je po broju endemičnih vrsta treća vruća točka najbogatija endemima; nakon tropskih Andi i Sundskog otočja (Malajsko otočje koje čine otoci Sumatra, Java, Borneo, Sulawesi i niz manjih otoka). U Sredozemlju nalazimo preko 13 000 endemičnih vrsta, a gotovo se svake godine otkrije i poneka nova, još nepoznata biljna vrsta. Smatra se da su uzroci visoke bioraznolikosti Sredozemlja prvenstveno njegov smještaj između dvije velike kopnene mase, Eurazije i Afrike, ali i izrazita topografska raznolikost s razlikama u nadmorskim visinama od površine mora do 4165 m n.v. na zapadu (gorje Atlas, Maroko) i 3756 m n.v. na istoku (Taursko gorje, Turska). Nadzorom, analizom i očuvanjem vrućih točaka bioraznolikosti bavi se niz međunarodnih organizacija za očuvanje prirode kao što su *Conservation International* (Arlington, SAD), Partnerski fond za kritične ekosustave (*Critical Ecosystem Partnership Fund*; CEPF, Arlington, SAD) i Svjetska organizacija za zaštitu prirode (*World Wide Fund for Nature*; WWF, Gland, Švicarska).

Definiranje endema ovisi o zemljopisnom ili geopolitičkom području i dobiva smisao tek kada se navede na koje se područje odnosi. Uzrok endemizma može biti taj da je svojta evoluirala u određenom području i nije se nikada proširila na susjedna područja ili je svojta prvotno imala veći primarni areal koji je naknadno smanjen. Endemične vrste ili podvrste smatraju se najznačajnijom sastavnicom svake flore.

S obzirom na veličinu njihovog areala te odnos areala i nacionalnih granica, hrvatski endemi klasificirani su u tri okvirno definirane skupine: stenoendemi (svojta vrlo ograničenog areala), endemi (veći areal od stenoendema) te subendemi (veći areal od endema):

(A) stenoendem: svojta ograničena na maleno područje isključivo unutar granica Hrvatske; ukupna rasprostranjenost rijetko prelazi 4000 km^2. Primjeri su stenoendemičnih vrsta velebitska degenija (*Degenia velebitica*, Brassicaceae), rasprostranjena samo na Velebitu i Maloj Kapeli, kao i istarski kukurijek (*Helleborus multifidus* ssp. *istriacus*, Ranunculaceae) koji raste samo na istarskom poluotoku.

(B) endem: svojta rasprostranjena većim dijelom svog areala unutar granica Hrvatske, a manjim može prijeći u neku od susjednih zemalja; ukupna rasprostranjenost rijetko prelazi 40 000 km^2. Endemične su vrste hrvatska gušarka (*Cardaminopsis croatica*, Brassicaceae) i hrvatski klinčić (*Dianthus giganteus* ssp. *croaticus*, Caryophyllaceae) koje su uz Hrvatsku rasprostranjene i na području Bosne i Hercegovine.

(C) subendem: odnosi se na svojte rasprostranjene većim dijelom svog areala unutar jedne ili nekoliko susjednih zemalja, a manjim dijelom dolazi u Hrvatskoj. Areali ovakvih vrsta mogu zauzeti i više stotina tisuća km^2. Tako krški kukurijek (*Helleborus multifidus,* Ranunculaceae) nalazimo na području Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Srbije, a hrvatsku peruniku (*Iris croatica*, Iridaceae) u Hrvatskoj i Sloveniji.

U Republici Hrvatskoj ukupno su zabilježene 394 endemične svojte (vrste i podvrste), što je 7,5 % ukupnog broja biljnih vrsta, a krajem 2022. godine postoji i 29 dvojbenih endema. S obzirom na taksonomsku kategoriju, broj je endemičnih vrsta 283, a podvrsta 111. Broj je endema i subendema 274, a stenoendema 110. Deset endemima najbogatijih porodica (Asteraceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Cichoriaceae, Ranunculaceae, Orchidaceae, Campanulaceae, Apiaceae i Schrophulariaceae) sadrži 68 % svih endemičnih

svojti. S obzirom na svoju površinu, Hrvatska je endemima izrazito bogata, te uz Albaniju, Sjevernu Makedoniju, Bugarsku i Grčku predstavlja središte europskog endemizma. Na temelju 25 000 nalaza endemičnih svojti, unutar teritorija Republike Hrvatske utvrđeno je pet centara endemizma: Istra (Učka, Ćićarija); Kvarnerski otoci, Velebit, Biokovo te pučinski otoci viškog i lastovskog arhipelaga.

Priča o velebitskoj degeniji: Kako utvrditi stanje populacija?

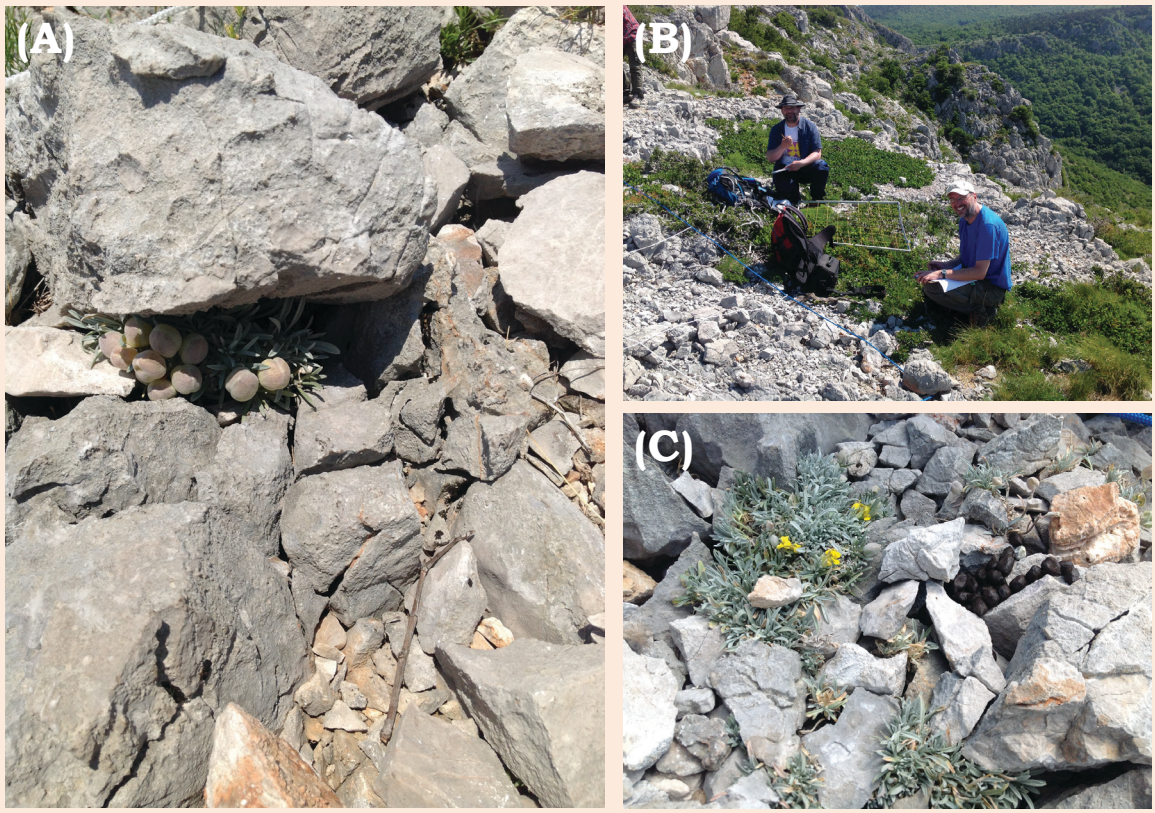
Velebitsku je degeniju (*Degenia velebitica*) otkrio mađarski biolog i botaničar Árpád von Degen (1866. – 1934.) 1907. godine u podnožju vrha Kuk navrh košanice Pavelić Plane u Šugarskoj dulibi, krškoj dolini na području južnog Velebita na 1304 m n.v. Isprva je zaključio da je naišao na novu vrstu roda gromotulja (*Alyssum*) i gromotuljki (*Alyssoides* syn. *Vesicaria*), a naknadnom morfološkom analizom svrstao ju je endemičnom sjevernoameričkom rodu *Lesquerella* (danas *Physaria*) i nazvao *Lesquerella velebitica*. Austrijski liječnik i botaničar August von Hayek (1871. – 1928.) zaključio je da se radi o vrsti dotad nepoznatog monotipskog roda kojeg je Degenu u čast prozvao *Degenia*, a vrstu – *Degenia velebitica*.

Velebitska je degenija jedna od najpoznatijih stenoendema hrvatske flore i njezini su žuti cvjetovi jedni od dobro znanih simbola Republike Hrvatske. Nešto je manje poznat izgled njenih plodova – okruglastih, nadutih komuščica srebrnastosive boje (**Slika 3.7A**). Tipično joj je stanište točilo, rastresita nakupina kamenja odronjenog od većih gromada stijena. Točilarke, biljke koje su prilagođene tom staništu, odlikuju se dugim i jakim korijenom. Osim u Šugarskoj dulibi na južnom Velebitu, velebitska je degenija otkrivena i podno Prikinutog brda na srednjem Velebitu, a 1999. godine i u Tomišinoj dragi na padinama Velikog vrha (Velika Kapela) u blizini mjesta Bile kraj Novog Vinodolskog.

Cilj znanstvenog istraživanja započetog 2015. godine bio je utvrditi rasprostranjenost, procijeniti brojnost i analizirati genetsku raznolikost i strukturu populacija velebitske degenije. Potvrđena su tri nalazišta: Tomišina draga, Prikinuto brdo i Šugarska duliba. U Šugarskoj dulibi utvrđena su tri nepovezana podlokaliteta (Krivi kuk, Krug i Pavanovka), dok na području Pavelić plane, nalazištu na kojem je Degen prvi put uočio i opisao novootkrivenu biljnu vrstu (lat. *locus classicus*) nije pronađena ni jedna biljka velebitske degenije.

Površina pojavljivanja (engl. *area of occupancy*; AOO) velebitske degenije na svakom je podlokalitetu procijenjena obilaženjem areala i bilježenjem zemljopisnih koordinata rubnih jedinki uporabom GPS uređaja (Globalni položajni sustav; engl. *Global Positioning System*). Broj jedinki svake populacije procijenjen je na temelju pet standardnih ploha kvadratnog oblika dimenzija 5 × 5 m (25 m^2; **Slika 3.7B**). Istodobno je prikupljen i biljni materijal za ekstrakciju DNA i provedbu genetske analize pomoću biljega AFLP (polimorfizam dužine umnoženih ulomaka; engl. *Amplified Fragment Length Polymorphism*).

Procijenjeno je da je ukupna površina pojavljivanja velebitske degenije 48 560 m^2, te da postoji nešto više od 37 000 biljaka. Pojedini su se podlokaliteti znatno razlikovali po površini, broju biljaka kao i gustoći (**Tablica 3.1**). Najveću površinu zauzimala je populacija na podlokalitetu Tomišina draga na kojem je procijenjen i najveći broj biljaka. To je nalazište otkriveno najkasnije, gotovo 100 godina nakon Degenovog otkrića u Šugarskoj dulibi. Po mnogočemu je Tomišina draga specifična – najudaljenija je od svih ostalih nalazišta, jedino je nalazište koje je na nadmorskoj visini znatno manjoj od 1000 m n.v. i nalazi se relativno blizu naseljenog mjesta, stoga je vidljiv antropogeni utjecaj (**Slika 3.7C**).



Slika 3.7. Velebitska degenija (*Degenia velebitica*) na nalazištu Tomišina draga: **(A)** plod (komušica), **(B)** Prof. dr. sc. Toni Nikolić i prof. dr. sc. Boštjan Surina utvrđuju brojnost populacije, **(C)** Dokaz antropogenog utjecaja: velebitska degenija (*Degenia velebitica*) i ovčji brabonjci.

Jedno je od mogućih objašnjenja to da je prije posljednjeg ledenog doba, odnosno posljednjeg glacijalnog maksimuma (*Last Glacial Maximum*; LGM; 23 000. – 18 000. g. BP) velebitska degenija zauzimala znatno veće, kontinuirano područje. Dok su populacije Šugarske dulibe (P3, P4 i P5) zadržale znatnu genetsku raznolikost izvorne populacije; populacije P1 i P2 ostaci su izoliranih, fragmentiranih podpopulacija koje su uslijed brzog smanjenja veličine populacije prošle kroz genetsko usko grlo (engl. *genetic bottleneck*; **vidi potpoglavlje 7.1**). Obje su populacije (P1 i P2) očito preživjele razdoblje glacijacije, te nakon zatopljenja u holocenu našle odgovarajuću ekološku nišu i uspješno se razmnožile. Međutim, bez obzira na brojnost, genetska je analiza pokazala visoku srodnost jedinki navedenih populacija koja je vjerojatno uzrokovana ograničenim brojem predaka koji su preživjeli ledeno doba. Ta se pojava naziva učinkom osnivača (engl. *founder effect*).

Br.	Podlokalitet	Nadmorska visina (m n.v.)	Površina (m^2)	Broj biljaka (n)	Gustoća (n/m^2)
P1	Tomišina draga	313 – 461	44 600	24 175	0,54
P2	Prikinuto brdo	1167 – 1185	1770	6240	5,33
P3	Krivi kuk	1260 – 1279	860	3750	4,36
P4	Krug	1241 – 1289	1800	2916	1,62
P5	Pavanovka	1297 – 1313	130	231	1,77

Tablica 3.1. Površina, brojnost i gustoća velebitske degenije (*Degenia velebitica*) na pet poznatih podlokaliteta.

Razlozi za zabrinutost u vezi budućnosti naše najpoznatije endemične biljne vrste višestruki su jer je tijekom istraživanja uočen niz negativnih trendova. Tipična staništa velebitske degenije, točila, postaju sve manje gibljiva što omogućava naseljavanje drugih biljnih vrsta koje povećavaju obraštaj, smiruju teren i uspješno konkuriraju velebitskoj degeniji. Pojava drvenastih vrsta upućuje na duži izostanak paše i početak **ekološke sukcesije** prema biljnoj zajednici (fitocenozi) uskolisne šašike (*Sesleria juncifolia*). To je najvjerojatniji razlog nestanka velebitske degenije s podlokaliteta Pavelić plana, no nije moguće isključiti i ilegalno sakupljanje. Rezultati genetskih istraživanja podjednako zabrinjavaju. Za sjeverozapadne populacije (P1 i P2) svojstvena je vrlo niska genetska raznolikost, dok se genetski raznolikije populacije Šugarske dulibe (P3, P4 i P5) sastoje od znatno manjeg broja biljaka.

EKOLOŠKA SUKCESIJA (engl. *ecological succession*) je postupan slijed izmjena vrsta i životnih zajednica (biocenoza) određenog područja.

3.3 Procjena ugroženosti i zaštita biljnih vrsta

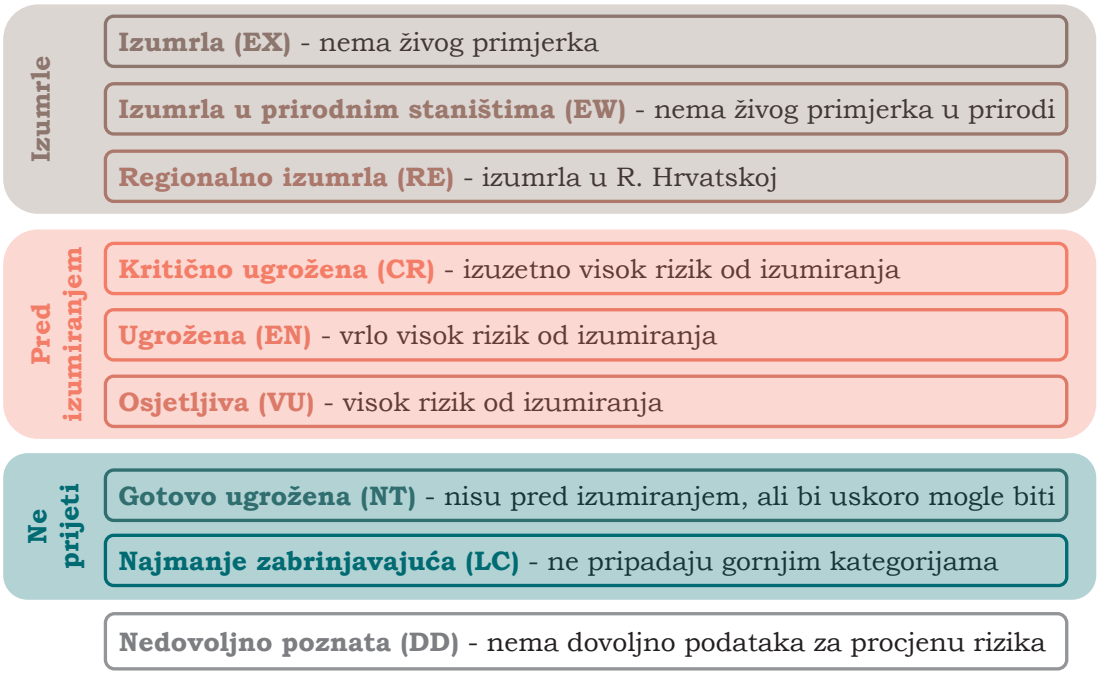
Gubitak bioraznolikosti predstavlja jedan od najvećih svjetskih problema današnjice dok istovremeno raste svijest o bioraznolikosti kao ključnom čimbeniku koji omogućava opstanak čovječanstva. Uzroci smanjenja bioraznolikosti odnosno pojave **genetske erozije** (engl. *genetic erosion*) opisani su u **potpoglavlju 7.3**.

Međunarodna udruga za zaštitu prirode (*International Union for Conservation of Nature*; IUCN) osnovana 1948. godine s ciljem poticanja međunarodne suradnje u svrhu očuvanja bioraznolikosti, 1964. godine utemeljila je Crveni popis ugroženih vrsta (*The IUCN Red List of Threatened Species*). Crveni popis ubrzo je postao najobjektivniji i najopsežniji izvor informacija o globalnom stanju bioraznolikosti jer je uspostavom jasnih kriterija ponukao znanstvenike i

stručnjake diljem svijeta da analiziraju i kontinuirano prate stanje bioraznolikosti određenog područja na temelju općeprihvaćene metodologije.

Procjena ugroženosti pojedinih vrsta provodi se na temelju kriterija koji se dijele u pet skupina: (A) Smanjivanje broja jedinki u populaciji, (B) Smanjivanje areala, (C) Brojnost malih populacija (procijenjena na < 250 jedinki), (D) Izuzetno male i ograničene populacije (< 50 jedinki), (E) Vjerojatnost izumiranja najmanje 50 % vrsta u prirodnim staništima u idućih 10 godina ili 3 generacije.

Na temelju rezultata analize vrste se svrstavaju u kategorije ugroženosti (**Slika 3.8**). Kategorije kojima pripadaju vrste koje više nisu prisutne u određenom području mogu biti: Izumrla (engl. *extinct*; EX), Izumrla u prirodnim staništima (engl. *Extinct in the Wild*; EW) i Regionalno izumrla (engl. *Regionally Extinct*; RE). Ugrožena se vrsta ovisno o veličini rizika od izumiranja kategorizira kao: Kritično ugrožena (engl. *Critically Endangered*; CR), Ugrožena (engl. *Endangered*; EN) ili Osjetljiva (engl. *Vulnerable*; VU). Ostale kategorije obuhvaćaju vrste kojima zasad ne prijeti izumiranje, a to su: Gotovo ugrožena (engl. *Near Threatened*; NT) i Najmanje zabrinjavajuća (engl. *Least Concern*; LC). Ukoliko nije prikupljeno dovoljno informacija za pouzdanu procjenu stanja, vrsta se označava kao Nedovoljno poznata (engl. *Data Deficient*; DD).



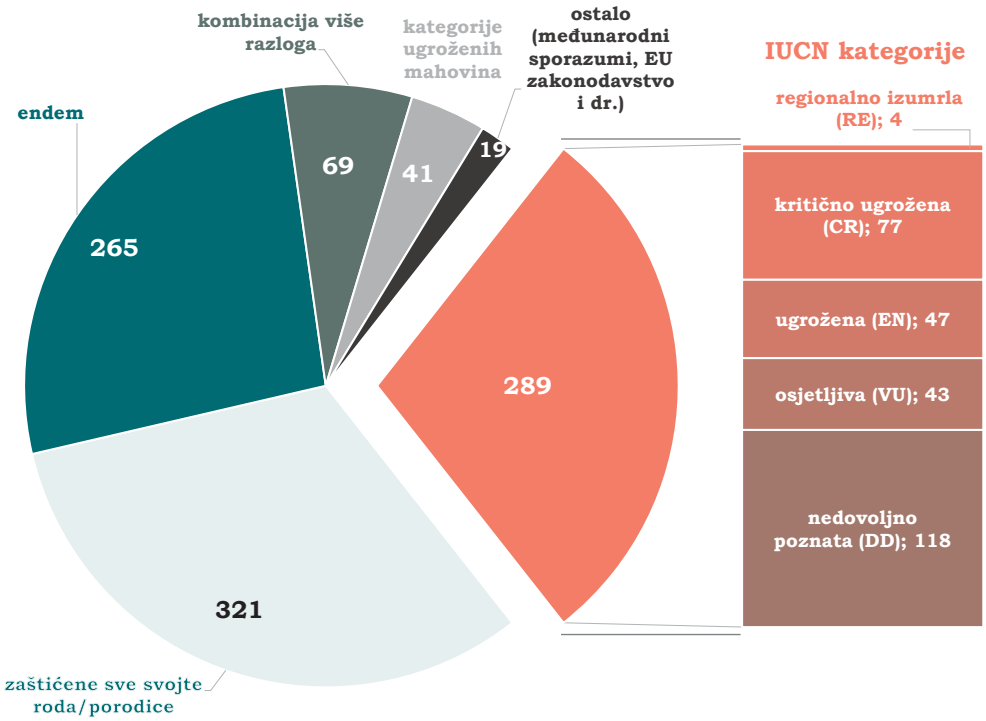
Slika 3.8. Kategorije ugroženih vrsta prema Međunarodnoj udruzi za zaštitu prirode (*International Union for Conservation of Nature*; IUCN).

Crveni popis ugroženih vrsta Međunarodne udruge za zaštitu prirode (IUCN) u srpnju 2023. godine sadržavao je informacije o 62 664 biljne vrste od kojih je 5336 bilo označeno kao kritično ugroženo (CR), 10 202 kao ugroženo (EN) i 9376 kao osjetljivo (VU). Broj analiziranih vrsta je, naravno, znatno manji od ukupnog broja opisanih biljnih vrsta koji je potkraj 2022. godine iznosio 382 294 (**vidi poglavlje 3.1**) tako da je broj ugroženih biljnih vrsta vrlo vjerojatno

znatno veći. Kritično ugrožene, ugrožene i osjetljive vrste čine gotovo 40 % svih procijenjenih vrsta, ali se pritom mora imati na umu da prioritet prilikom procjene imaju one vrste za koje unaprijed postoji indikacija da su ugrožene.

Danas gotovo da i nema područja na Zemlji na kojem flora nije ugrožena ljudskim djelovanjem, pa tako nije pošteđena niti flora Republike Hrvatske. Nakon posljednjeg tiskanog izdanja „*Crvene knjige vaskularne flore Hrvatske*" objavljenog 2005. godine, pokrenut je projekt *Crvena knjiga Hrvatske On-Line* u sklopu postojeće javno dostupne baze *Flora Croatica Database* (FCD). Analiza je provedena prema aktualnim kriterijima i smjernicama Međunarodne udruge za zaštitu prirode (IUCN) za njihovu primjenu na nacionalnoj razini, a podaci se redovito ažuriraju. U 2023. godini, od 812 analiziranih svojti izumrle su 234 (kategorije EX, EW i RE), a pred izumiranjem ih je bilo 228; od čega 94 kritično ugrožene (CR), 62 ugrožene (EN) i 72 osjetljive (VU).

Biljne vrste u Republici Hrvatskoj zaštićene su Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 114/13; NN 73/16) koji u Prilogu I. sadrži popis strogo zaštićenih biljnih vrsta odnosno svojti, jer su katkad zaštićene samo pojedine podvrste određenih vrsta. Strogo zaštićenim vrstama proglašavaju se zavičajne divlje vrste koje su: (1) ugrožene (kategorije RE, CR, EN, VU i DD), (2) usko rasprostranjeni endemi i (3) divlje vrste za koje je takav način zaštite propisan propisima EU kojima se uređuje očuvanje divljih vrsta ili međunarodnim ugovorima kojih je Republika Hrvatska stranka. Strogo zaštićene vrste zabranjeno je brati, rezati, sjeći, iskopavati, sakupljati ili uništavati u njihovu prirodnom području rasprostranjenosti. Pravilnikom iz 2016. godine zaštićena je ukupno 691 svojta: 49 svojti mahovina (Bryophyta), 12 svojti papratnjača (Pteridophyta) i 630 svojti sjemenjača (Spermatophyta), a razlozi zaštite prikazani su na **Slici 3.9**.



Slika 3.9. Razlozi zaštite biljnih svojti u Republici Hrvatskoj.

U svrhu učinkovite provedbe mjera zaštite potrebno je provoditi i kontinuirani nadzor (praćenje, monitoring) stanja populacija strogo zaštićenih biljnih svojti. Postupak nadzora obično uključuje ekozemljopisni pregled rasprostranjenosti populacija, te procjenu stanja populacija i staništa, kao i analizu bioraznolikosti na morfološkoj (opis i procjena svojstava) i genetskoj razini (genetska raznolikost i struktura populacija kao što je to bilo opisano u *Priči o velebitskoj degeniji: Kako utvrditi stanje populacija?* (**vidi potpoglavlje 3.2**). Velebitska je degenija (*Degenia velebitica*) naš stenoendem, a istodobno spada u ugrožene vrste (EN) i nalazi se na popisu strogo zaštićenih biljnih vrsta. Istodobno, sva su poznata nalazišta velebitske degenije (osim Tomišine drage) unutar Parka prirode Velebit te su tako i prostorno zaštićena. S druge strane, sredozemno je smilje (*Helichrysum italicum*) široko rasprostranjeno, kako u Republici Hrvatskoj tako i po cijelom Sredozemlju, i malo je vjerojatno da mu prijeti opasnost od izumiranja. Naravno, to ne znači da određene mjere zaštite te vrijedne ljekovite i aromatične biljne vrste nisu potrebne, o čemu govori *Priča o sredozemnom smilju: Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja?*

Priča o sredozemnom smilju: Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja?

Prekomjerno sakupljanje biljnog materijala za upotrebu u ljekovite svrhe jedan je od mogućih razloga ugroženosti pojedinih biljnih vrsta. Prema Međunarodnoj udruzi za zaštitu prirode (IUCN) u tu skupinu spadaju biljne vrste kao što su ljekoviti nadlišak (mandragora; *Mandragora officinarum*), zimzelena medvjetka (*Arctostaphylos uva-ursi*), gorska moravka (arnika; *Arnica montana*), žuti srčanik (*Gentiana lutea*) i jesenski gorocvijet (*Adonis annua*). Prirodne populacije navedenih biljnih vrsta ugrožene su prekomjernim sakupljanjem i danas su one u Hrvatskoj strogo zaštićene biljne vrste te je prikupljanje moguće samo u svrhu znanstvenih istraživanja.

Slična je sudbina gotovo zadesila i sredozemno smilje (*Helichrysum italicum*), višegodišnju vrstu iz porodice glavočika (Asteraceae) koja je rasprostranjena na kršu i krškim pašnjacima mediteranske obale i otoka. U svom nadzemnom dijelu sredozemno smilje sadrži eterično ulje koje ima protuupalno, antioksidativno te antimikrobno djelovanje. Eterično ulje sredozemnog smilja nalazi svoju primjenu u farmaceutskoj, kozmetičkoj i prehrambenoj industriji. Daleko je najpoznatije djelovanje u regeneraciji kože zbog čega su mnoge kozmetičke tvrtke razvile linije za njegu kože temeljene na eteričnom ulju sredozemnog smilja. Za izdvajanje eteričnog ulja nadzemni dio biljke prikuplja se u punoj cvatnji. Sadržaj ulja izrazito je nizak, a kreće se od 0,01 do 0,10 %. Za jednu litru ulja potrebno je oko 700 kg biljnog materijala. Sredozemno smilje kao samonikla biljna vrsta na području jadranske obale i otoka ima dugu tradiciju primjene u kućanstvima, ali i prikupljanja u ruralnim zajednicama kao dodatnog izvora prihoda za lokalno stanovništvo.

Znatan porast zanimanja za sredozemnim smiljem u prva dva desetljeća 21. stoljeća potaknula je velika potražnja od svjetske kozmetičke i farmaceutske industrije te posljedično

i visoka otkupna cijena biljnog materijala i eteričnog ulja. U razdoblju od 2008. do 2012. od svih samoniklih biljnih vrsta koje su prikupljane u svrhu korištenja u komercijalne svrhe u Hrvatskoj, najviše je bilo prikupljeno sredozemnog smilja (94 %). U tom razdoblju, a i u narednih nekoliko godina organiziran je otkup znatnih količina sredozemnog smilja, a otkupna cijena je u 2014. dosegla i tri eura po kilogramu svježe biljne mase, a cijena litre ulja i do 1800 eura, a u pojedinim slučajevima i do 3000 eura.

Sakupljanje biljnih vrsta, pa tako i sredozemnog smilja, za korištenje u komercijalne svrhe, u Republici Hrvatskoj bilo je regulirano Pravilnikom o sakupljanju zaštićenih samoniklih biljaka u svrhu prerade, trgovine i drugog prometa (NN 154/08). Temeljem navedenog Pravilnika, za prikupljanje sredozemnog smilja bilo je potrebno ishoditi dozvolu nadležnog Ministarstva, a na temelju izdane dozvole bile su propisane i dozvoljene kvote za prikupljanje (**vidi potpoglavlje 7.3**). Međutim, na području Hrvatske veliki broj ilegalnih sakupljača smilja prikupljao je znatno veće količine od dozvoljenih, čupajući čitave biljke iz korijena, što je dovelo do potpunog uništenja prirodnih staništa, posebice onih na području Kvarnerskih otoka. Uz dozvolu za sakupljanje, nadležno tijelo od 2012. godine propisuje i vremensko razdoblje u kojem je ono dozvoljeno. Tako je 2012. godine bilo dozvoljeno prikupljanje od 1. svibnja do 1. kolovoza na području Dubrovačko-neretvanske županije i na otocima Splitsko-dalmatinske, Šibensko-kninske i Zadarske županije, a na ostalim područjima od 1. lipnja do 10. kolovoza. U 2014. godini dozvoljeno vremensko razdoblje prikupljanja korigirano je s nešto kasnijim početkom, od 1. lipnja do 1. kolovoza u prethodno spomenutim županijama, a na ostalim područjima od 15. lipnja do 15. kolovoza. Velika devastacija prirodnih populacija dogodila se i u 2014. godini te je u cilju njihove zaštite Državni zavod za zaštitu prirode na zahtjev Ministarstva zaštite prirode i okoliša izradio posebnu stručnu podlogu sa smjernicama za održivo sakupljanje smilja u 2015. godini. Temeljem te stručne podloge sakupljanje sredozemnog smilja na Kvarnerskim otocima (Krk, Rab, Cres, Lošinj i Pag) bilo je zabranjeno, a na ostalim područjima vremenski ograničeno. Propisani su i uvjeti sakupljanja na dozvoljenim lokalitetima i u dopuštenom razdoblju. Grmove smilja bilo je dozvoljeno sakupljati samo ako je 30 do 50 % grmova u punom cvatu, na način da se bar 1 cm zeljastog dijela stabljike ostavi na grmu. Bilo je dopušteno ubrati najviše 2/3 pojedinog grma u punom cvatu, a berbu je trebalo provoditi isključivo ručnim, vrtlarskim škarama. Ovim se odredbama u određenoj mjeri uspjelo regulirati prikupljanje smilja iako, je i dalje postojao veliki broj ilegalnih berača i otkupljivača koji se nisu pridržavali propisanih mjera.

Istovremeno, od 2013. godine podižu se veći nasadi smilja na području Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Ulaskom u puni rod u trećoj godini uzgoja u znatnoj se mjeri zadovoljava tržišna potražnja te se smanjuje i otkupna cijena prikupljenog biljnog materijala, a posljedično i iskorištavanje prirodnih populacija. Smilje se i dalje s prirodnih staništa sakuplja u komercijalne svrhe i za vlastitu upotrebu u kućanstvima, ali u znatno manjoj mjeri. Godine 2023. još uvijek je na snazi Pravilnik o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta (NN 114/17) koji propisuje izradu Stručne podloge kojom se određuju posebne mjere upravljanja i zaštite pojedinih vrsta ili skupina vrsta, pa tako i sredozemnog smilja (**vidi potpoglavlje 7.3**).

U svrhu osmišljavanja učinkovitih mjera zaštite prirodnih populacija sredozemnog smilja potrebno je analizirati genetsku i biokemijsku raznolikost kao i populacijsku strukturu navedene vrste. S tim je ciljem dr. sc. Tonka Ninčević Runjić, djelatnica Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu uzorkovala 18 prirodnih populacija sredozemnog smilja i postavila poljske pokuse na pokušalištu Instituta kao i na pokusnom polju u Vojniću Sinjskom (**Slika 3.10**). Analiza genetske raznolikosti provedena je pomoću biljega AFLP

(polimorfizam dužine umnoženih ulomaka; engl. *Amplified Fragment Length Polymorphism*), a kemijski sastav eteričnog ulja istraživanih populacija određen je plinskom kromatografijom s masenom spektrometrijom (engl. *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*, GC-MS). Genetskom je analizom utvrđeno postojanje dvaju zemljopisno odvojenih genetskih skupina. Analizom biokemijske raznolikosti utvrđene su značajne razlike između populacija u devet spojeva eteričnog ulja (limonen, linalool, nerol, neril acetat, trans kariofilen, neril propanoat, α-kurkumen, β-selinen i δ-selinen) na temelju kojih je multivarijatnim analizama utvrđeno postojanje tri kemotipa. Na temelju rezultata istraživanja dr. sc. Tonka Ninčević Runjić uspješno je 2020. godine obranila doktorsku disertaciju pod nazivom „Genetska i biokemijska raznolikost smilja (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don)" na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. U tijeku su i daljnja istraživanja genetske i biokemijske raznolikosti sredozemnog smilja u Republici Hrvatskoj.



Slika 3.10. Dr. sc. Tonka Ninčević Runjić, djelatnica Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša, Split na pokusnom polju sredozemnog smilja (*Helichrysum italicum*) u Vojniću Sinjskom.

4

SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: UNUTARVRSNA RAZNOLIKOST

4.1 Biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu

4.2 Analiza biljnih genetskih izvora

4.3 Razlozi za očuvanje biljnih genetskih izvora

Priča o krumpiru: Opasnost od genetske ranjivosti

Priča o Normanu Borlaugu: Podrijetlo gena Zelene revolucije

Priča o „kaktusu“ *Hoodia*: Tradicijsko znanje i biogusarstvo

Uvod

Uz raznolikost ekosustava i raznolikost vrsta, bioraznolikost našeg planeta ogleda se i u unutarvrsnoj raznolikosti. Unutar svake biljne vrste postoje brojne razlike između pojedinih jedinki koje se mogu utvrditi kako na fenotipskoj, tako i na genotipskoj razini. Kao što je to bilo navedeno u prethodnim poglavljima, raznolikost ekosustava prvenstveno je predmet izučavanja ekologa, dok se raznolikošću biljnih vrsta bave botaničari. Unutarvrsna raznolikost samoniklih populacija divljih biljnih vrsta zanima populacijske genetičare. Analizom raznolikosti kulturnih biljnih vrsta bave se brojni znanstvenici i stručnjaci s područja očuvanja biljnih genetskih izvora. Nastanak te znanstvene discipline bio je izravno potaknut praktičnim potrebama oplemenjivača bilja i tu je, bez sumnje, bio najzaslužniji ruski biolog, genetičar i oplemenjivač Nikolaj Ivanovič Vavilov (1887. – 1943.) jedan od prvih znanstvenika koji je isticao važnost prikupljanja i analize biljnih genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta u svrhu oplemenjivanja (**vidi potpoglavlje 8.1**). Što su zapravo biljni genetski izvori (često nešto uže definirani kao biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu), na koji bismo ih način trebali analizirati i zašto ih je uopće potrebno očuvati, tema je ovog poglavlja.

4.1 Biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu

Unutarvrsna je raznolikost genetska raznolikost određene biljne vrste nastala prirodnim, odnosno i prirodnim i umjetnim odabirom. Stoga su **biljni genetski izvori** (biljni genetski resursi; engl. *plant genetic resources*) definirani kao sveukupnost unutarvrsne raznolikosti određene biljne vrste, te se općenito smatra da predstavljaju bogatstvo našeg planeta koje bi se trebalo iskorištavati na održiv način kao i ostala prirodna bogatstva, kao što su tlo (uključujući i rudna bogatstva) i voda.

U smislu upotrebne vrijednosti biljnih genetskih izvora u prehrani i poljoprivredi unutarvrsna raznolikost često se definira ponešto uže kao **„biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu"** (engl. *plant genetic resources for food and agriculture;* PGRFA) ističući pritom praktičnu stranu unutarvrsne raznolikosti prvenstveno kulturnih, a potom i divljih biljnih svojti na način da: „Biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu označavaju bilo koji genetski materijal biljnog podrijetla koji ima sadašnju ili potencijalnu vrijednost u prehrani i poljoprivredi." Navedena se definicija spominje u Međunarodnom ugovoru o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; **vidi potpoglavlje 11.1**) kojeg je predložilo Povjerenstvo za genetske izvore za prehranu i poljoprivredu (*Commission on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; CGRFA) Organizacije za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (*Food and Agriculture Organization*; FAO). Navedeni ugovor stupio je na snagu 2004. godine, a Republika Hrvatska mu je pristupila 2009. godine.

BILJNI GENETSKI IZVORI (biljni genetski resursi; engl. *plant genetic resources*) predstavljaju sveukupnost unutarvrsne raznolikosti određene biljne vrste.

BILJNI GENETSKI IZVORI ZA PREHRANU I POLJOPRIVREDU (engl. p*lant genetic resources for food and agriculture*; PGRFA) genetski su materijal biljnog podrijetla koji ima sadašnju ili potencijalnu vrijednost u prehrani i poljoprivredi.

Temeljne informacije potrebne za analizu i očuvanje biljnih genetskih izvora točna su botanička identifikacija, oplemenjivački status i zemljopisno podrijetlo biljnog materijala. Poznavanje oplemenjivačkog statusa (divlji ili kulturni biljni materijal) nužan je preduvjet za osmišljavanje programa očuvanja o čemu će biti više riječi u poglavljima **5. Struktura biljnih genetskih izvora: Kultivirani biljni materijal** i **6. Struktura biljnih genetskih izvora: Divlji biljni materijal**.

Dok je kod divljeg biljnog materijala presudno raspolagati informacijama o zemljopisnom podrijetlu i ekološkim svojstvima nalazišta uzorkovanih populacija, kod kultiviranog biljnog materijala temeljna je informacija ime kultivara.

Kultivar [engl. *cultivar* (*cultivated variety*); kultivirani varijetet] skupina je biljaka nastalih oplemenjivanjem na određeno svojstvo ili skup svojstava; koja je različita, ujednačena i postojana u svojim svojstvima, te ta svojstva zadržava ukoliko se razmnaža na primjeren način (**vidi potpoglavlje 5.1**). Sinonim je riječi kultivar sorta (njem. *Sorte*) i oba se naziva redovito koriste kako u znanosti, tako i u službenim dokumentima Republike Hrvatske. Prema

Međunarodnom kodeksu nomenklature kultiviranog bilja (*International Code of Nomenclature for Cultivated Plants*; ICNCP) Međunarodnog društva za hortikulturne znanosti (*International Society for Horticultural Science*; ISHS) kultivari se pišu velikim početnim slovom u jednostrukim navodnicima. Tako je npr. *Olea europaea* 'Oblica' (ili samo 'Oblica') jedini dozvoljen način pisanja našeg najraširenijeg kultivara (sorte) maslina, a neki od starijih načina pisanja kao što su cv. Oblica, var. Oblica ili „Oblica" više se ne bi trebali koristiti, iako se i ti načini često sreću i u radovima objavljenima u uglednim znanstvenim časopisima.

4.2 Analiza biljnih genetskih izvora

Analiza raznolikosti biljnih genetskih izvora pruža informacije koje su nužno potrebne u svrhu njihovog očuvanja i buduće upotrebe. Raznolikost se može analizirati na tri temeljne razine: (1) morfološkoj, (2) agronomskoj i (3) genetskoj.

(1) Raznolikost na morfološkoj razini: Ukoliko želimo opisati i razlikovati prikupljene uzorke određene biljne vrste, to možemo provesti na temelju različitih morfoloških svojstava. Te se analize obično provode prilikom prikupljanja i služe za preliminarnu identifikaciju te razvrstavanje prikupljenog biljnog materijala u određene skupine (**vidi potpoglavlje 12.2**). Međutim, navedena svojstva po svojoj prirodi mogu biti kvalitativna ili kvantitativna. Kvalitativna su svojstva sva lako uočljiva fenotipska svojstva biljke. Ta se svojstva obično dijele u kategorije (npr. svojstvo: boja cvijeta; kategorije: crven, bijeli, plavi) i pretpostavka je da su pod utjecajem jednog ili manjeg broja gena. Kvantitativna svojstva u pravilu pokazuju kontinuiranu raspodjelu i potrebno ih je izmjeriti (npr. svojstvo: visina biljke – mjera: cm; svojstvo: broj klasova po biljci – mjera: broj; svojstvo: prinos – mjera: kg/ha). Općenita je pretpostavka da su kvantitativna svojstva pod utjecajem većeg broja gena manjeg učinka i da često pokazuju značajnu interakciju s okolišnim uvjetima. Stoga, kvantitativna morfološka svojstva nisu pogodna za preliminarnu identifikaciju i utvrđuju se nakon provedbe poljskih pokusa.

(2) Raznolikost na agronomskoj razini: Raznolikost prikupljenog biljnog materijala na agronomskoj razini moguće je analizirati postavljanjem poljskih pokusa, po mogućnosti na više lokacija tijekom više godina kako bi se utvrdio i učinak interakcije između genotipa i okoliša (engl. *genotype–environment interaction*; G × E). Agronomska svojstva prvenstveno uključuju svojstva prinosa i njegovih sastavnica, svojstva otpornosti na biotičke i abiotičke stresove, te svojstva kakvoće. Budući da se u većini slučajeva radi o kvantitativnim svojstvima, tek je nakon niza provedenih poljskih pokusa moguće utvrditi njihovu raznolikost te procijeniti gospodarsku vrijednost određenog genotipa.

(3) Raznolikost na genetskoj razini: Genetska raznolikost kao i srodstveni odnosi između kultivara mogu se utvrditi upotrebom molekularnih biljega ili sekvenciranjem određenih ulomaka, odnosno cjelokupnog genoma. U tu je svrhu razvijeno mnoštvo različitih sustava biljega, a danas se najčešće koriste mikrosatelitni biljezi i biljezi SNP. Mikrosatelitni biljezi (engl. *microsatellite markers*) ili ponavljajuće jednostavne sekvence (engl. *simple sequence repeats*; SSR) temelje se na umnažanju kratkih ulomaka DNA u kojima se nalazi svojstveni ponavljajući motiv sastavljen obično od jednog do šest nukleotidnih baza. Biljezi SNP (engl.

single nucleotide polymorphism; polimorfizam pojedinačnog nukleotida ili jednonukleotidni polimorfizam) predstavljaju supstitucije pojedinačnog nukleotida na specifičnoj poziciji u genomu, a moguće ih je detektirati pomoću različitih metoda sekvenciranja sljedeće generacije (engl. *next generation sequencing*; NGS). Isto tako, moguće je sekvencirati i usporediti određene ulomke jezgrinog ili kloroplastnog genoma u svrhu analize filogenetskih odnosa između jedinki, a brzi razvitak metoda sekvenciranja sljedeće generacije omogućio je i sastavljanje sekvenci cjelokupnog genoma na brz i relativno jeftin način.

4.3 Razlozi za očuvanje biljnih genetskih izvora

Zašto bismo zapravo trebali očuvati bioraznolikost našeg planeta? Ovako postavljeno pitanje s jedne se strane može shvatiti kao etičko (Je li Čovjeku dano to pravo da iskorištava sve biljne i životinjske vrste koje postoje na ovom planetu do razine njihovog potpunog istrebljenja? Je li moralno uništavati prirodu i njenu bioraznolikost?), ili pak pragmatično (Koja je praktična korist od očuvanja bioraznolikosti?). Razmatranje etičkih pitanja nije u djelokrugu ovog udžbenika, i to ostavljamo čitateljima na razmišljanje. S druge strane, pragmatičan pristup iziskuje navođenje vrijednosti biljnih genetskih izvora i njihove koristi za boljitak čovječanstva. Vrijednost biljnih genetskih izvora možemo podijeliti na: (1) sadašnju, (2) buduću i (3) potencijalnu vrijednost.

(1) Sadašnja vrijednost biljnih genetskih izvora ogleda se (1a) u održavanju stabilnosti poljoprivrednih sustava, (1b) u izbjegavanju hiperprodukcije kao i (1c) u smanjenju opasnosti od genetske ranjivosti (engl. *genetic vulnerability*; **vidi potpoglavlje 7.2**).

(1a) Održavanje stabilnosti poljoprivrednih sustava: Održavanje stabilnosti poljoprivredne proizvodnje važno je kako na lokalnoj, tako i na nacionalnoj, kao i globalnoj razini. Usprkos napretku znanosti i struke poljoprivredna je proizvodnja pod utjecajem mnogih okolišnih čimbenika čije se djelovanje često ne može niti predvidjeti niti spriječiti. Ukoliko se proizvodnja temelji na ograničenom broju kultivara ograničenog broja kulturnih biljnih vrsta nepredviđeni biotički i abiotički stresovi mogu dovesti do potpunog izostanka prinosa, pa tako i prihoda od poljoprivrede. Uzgojem genetski različitih kultivara kao i većeg broja kulturnih biljnih vrsta, gubici uzrokovani smanjenjem prinosa određenog kultivara ili kulture mogu se nadomjestiti prinosom drugih. Smatra se da čak 50 % poljoprivrednih proizvođača u svijetu čine siromašni seljaci koji se bave poljoprivredom u neprikladnim agroekološkim uvjetima, uz nisku razinu agrotehnike i s ograničenim financijskim sredstvima i mogućnostima za kupnju certificiranog sjemena modernih, visokoprinosnih kultivara. Takva poljoprivredna proizvodnja često je u opasnosti od biotičkih (npr. epidemije bolesti i štetnika) kao i abiotičkih (npr. suše, poplave) stresova. Uzgojem raznolikih tradicijskih kultivara i većeg broja kulturnih biljnih vrsta moguće je smanjiti rizik od potpunog izostanka bilo kakvog prihoda.

(1b) Izbjegavanje hiperprodukcije: Usprkos neriješenom problemu gladi u svijetu u visokorazvijenim je zemljama proizvodnja glavnih poljoprivrednih kultura prevelika. U uvjetima hiperprodukcije manji proizvođači često ne mogu biti konkurentni velikim, specijaliziranim gospodarstvima. U svrhu prevladavanja navedenog stanja poljoprivredne politike brojnih zemalja nastoje poticati diverzifikaciju poljoprivredne proizvodnje kako na lokalnoj, tako i na

regionalnoj i nacionalnoj razini. Diverzifikacija proizvodnje može se postići uvođenjem većeg broja kultiviranih biljnih vrsta u poljoprivrednu proizvodnju, kao i uvođenjem većeg broja specifičnih kultivara prilagođenih specifičnim lokalnim agroekološkim uvjetima, specifičnom tipu proizvodnje (npr. ekološka proizvodnja) ili pak specifične namjene (npr. autohtoni proizvodi, biogorivo).

(1c) Smanjenje opasnosti od genetske ranjivosti: Sadašnja se vrijednost biljnih genetskih izvora ogleda i u smanjenju opasnosti od **genetske ranjivosti** (engl. *genetic vulnerability*).

GENETSKA RANJIVOST (engl. *genetic vulnerability)* stanje je uzrokovano širokim uzgojem određene kulturne biljne vrste koja je ujednačeno osjetljiva na biotičke i abiotičke stresove, te tako predstavlja potencijalnu opasnost zbog mogućnosti znatnog smanjenja prinosa.

Smatra se da je moderna poljoprivredna proizvodnja ranjiva jer se odvija na vrlo velikim površinama; često je prati monokulturna proizvodnja ili vrlo uzak plodored, a u proizvodnji se koristi ograničen broj vrlo srodnih kultivara koji su genetski vrlo ujednačeni. Da genetska ranjivost nije problem koji će trebati rješavati neke buduće generacije, dovoljno govori tragičan događaj u irskoj povijesti koji je opisan u *Priči o krumpiru*.

Priča o krumpiru: Opasnost od genetske ranjivosti

Rod *Solanum* uključuje preko 1500 biljnih vrsta. Tri su kulturne vrste roda *Solanum* vrlo raširene u uzgoju – krumpir (*S. tuberosum*), rajčica (*S. lycopersicum*) i patlidžan (*S. melongena*); a postoji i niz manje značajnih kultiviranih vrsta koje su uglavnom gomoljaste kulture, te ljekovite i ukrasne vrste. Krumpir spada u sekciju *Petota* roda *Solanum* koja se sastoji od preko 190 gomoljastih vrsta rasprostranjenih od jugozapada SAD-a do južnog Čilea. Taksonomija sekcije *Petota* vrlo je zamršena jer postoje mnogi međuvrsni križanci, a česta je i pojava poliploidije. Osnovni je broj kromosoma $x = 12$, a u sekciji *Petota* nalazimo niz auto- i alopoliploidnih vrsta, od diploidnih ($2n = 2x = 48$) do heksaploidnih ($2n = 6x = 72$).

Pretpostavljeni divlji preci krumpira pripadaju kompleksu vrsta *S. brevicaule* kojeg čini dvadesetak morfološki vrlo sličnih vrsta rasprostranjenih od središnjeg Perua do sjevera Argentine. Smatra se da je krumpir udomaćen u srednjem holocenu na jugu Perua (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande; **vidi potpoglavlje 8.2**) o čemu govore ostaci kultiviranog krumpira na arheološkom nalazištu u kanjonu Chilca, južno od Lime, glavnog i najvećeg grada Perua.

Unutar sekcije *Petota* udomaćene su četiri gomoljaste kulture od kojih je najznačajniji

krumpir (*S. tuberosum*). Krumpir se dijeli na dvije skupine kultivara (engl. *cultivar groups*): (1) skupina Andigenum (Andska skupina; po prijašnjoj nomenklaturi *S. tuberosum* ssp. *andigenum*) i (2) skupina Chilotanum (Čileanska skupina; po prijašnjoj nomenklaturi *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*). Skupina Andigenum obuhvaća diploidne, triploidne i tetraploidne kultivare podrijetlom s Andske visoravni od Venezuele do Argentine, a skupina Chilotanum isključivo tetraploidne kultivare podrijetlom iz srednjeg i južnog Čilea, te otoka Chiloé nastale križanjem kultivara skupine Andigenum s divljom vrstom *S. berthaultii*. Ostale udomaćene vrste, *S. ajanhuiri* (diploid), *S. juzepczukii* (triploid) i *S. curtilobum* (pentaploid), nastale su križanjem udomaćenih tipova s različitim divljim vrstama, a uzgajaju se gotovo isključivo na višim nadmorskim visinama (3700 do 4100 m n.v.) u sjevernom Peruu i središnjoj Boliviji (**Slika 4.1**).



Slika 4.1. Raznolikost peruanskih tradicijskih kultivara krumpira iz kolekcije Međunarodnog centra za krumpir (*The International Potato Centre; CIP*) u Limi, Peru.

Prvi zapis o krumpiru u Europi potječe iz 1567. godine s Kanarskih otoka. Već 1573. godine uzgaja se u okolici Seville u Španjolskoj. Godine 1596. švicarski botaničar Gaspard Bauhin (1560. – 1624.) daje prvi botanički opis vrste. Početkom XVII. st. krumpir se uzgaja u istočnoj Francuskoj i Pruskoj, a od 1640. godine i u Velikoj Britaniji. Usprkos čestim pojavama gladi, uzgoj te izuzetno prehrambeno vrijedne kulture sporo se širio po Europi. Nenaviknuti na gomoljaste kulture, žitelji Starog svijeta isprva su se klonili krumpira, vjerujući da uzrokuje gubu i kugu, a ako ništa od toga onda da bar zaglupljuje.

Biljni materijal koji se uzgaja u Europi potječe iz više različitih introdukcija krumpira iz obje skupine kultivara. U početku prevladavaju krumpiri iz skupine Andigenum, a od XIX. st. iz skupine Chilotanum. Gotovo svi moderni kultivari krumpira pripadaju skupini Chilotanum

i tetraploidni su ($2n = 2x = 48$). Isto tako, svi su moderni kultivari krumpira zapravo međuvrsni križanci jer je tijekom oplemenjivanja korišteno čak petnaestak divljih vrsta krumpira sekcije *Petota* u svrhu prijenosa poželjnih gena u kulturni krumpir.

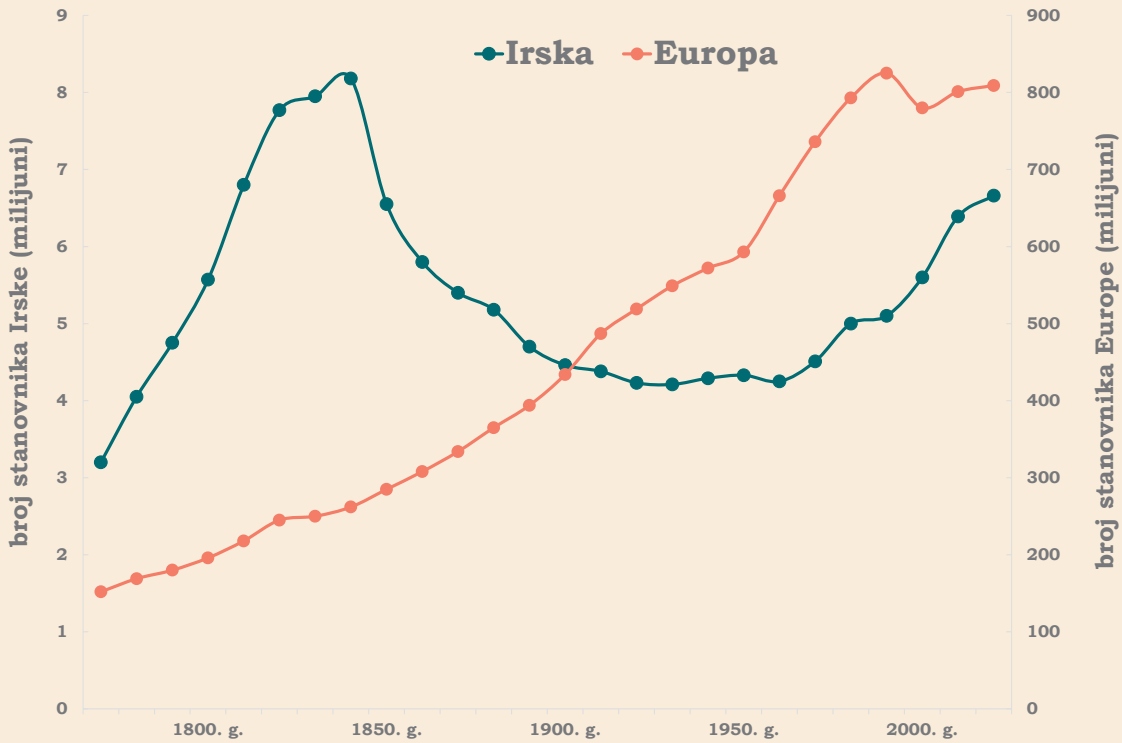
Na Irskom se otoku krumpir uzgaja od XVII. stoljeća, a tijekom XVIII. i XIX. st. postaje glavna prehrambena kultura. Pšenica je služila za plaćanje rente zemljoposjednicima, dok su se brojni siromašni seljaci prehranjivali krumpirom. Proizvodnja se uglavnom temeljila na tradicijskom kultivaru poznatom pod imenom 'Irish Lumper'. Godine 1845. dolazi do pojave plamenjače krumpira na koju je navedeni kultivar bio vrlo osjetljiv. Imajući na umu da se krumpir uzgajao na velikim površinama, da nisu bila poznata zaštitna sredstva, te da nije bilo izvora genetske otpornosti, bolest se brzo proširila po Irskoj izazvavši tragičnu epidemiju. Razmjeri epidemije poznate pod nazivom *Velika glad u Irskoj* (engl. *Great Famine*; irski *an Gorta Mór*; 1845. – 1850.; **Slika 4.2**) mogu se iščitati iz popisa stanovništva: 1841. godine na Irskom su otoku živjela 8 175 124 stanovnika, dok je 1851. godine broj stanovnika pao na 6 552 385. Smatra se da je tijekom desetak godina preko 1 500 000 ljudi umrlo od gladi i bolesti, a isto toliko emigriralo iz Irske, većinom u SAD i Englesku (**Slika 4.3**).



Slika 4.2 Spomenik žrtvama gladi (engl. *Famine Memorial*) u Dublinu, Irska koji je u znak sjećanja na *Veliku glad u Irskoj* (engl. *Great Famine*; 1845. – 1850.) izradio irski kipar Rowan Gillespie (r. 1953.).

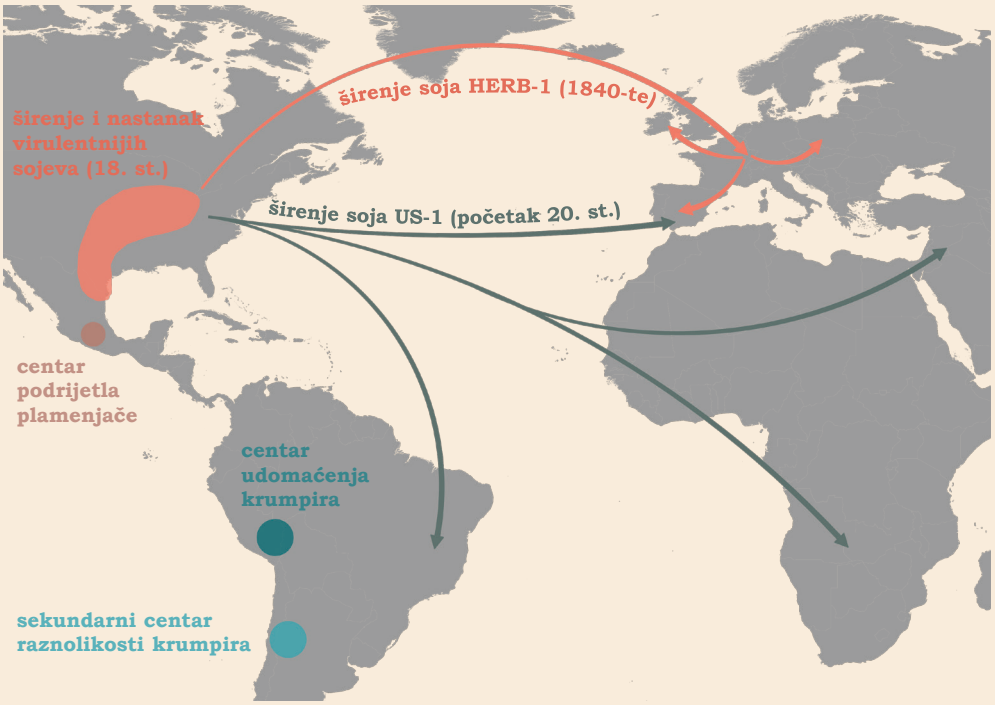
Uzročnik je plamenjače ili krumpirove plijesni gljiva *Phytophthora infestans* koja izaziva nekrotične pjege na listu kao i površinsku zarazu gomolja. Pretpostavlja se da je centar

podrijetla uzročnika plamenjače krumpira dolina Toluca u Meksiku u kojoj je *Phytophthora infestans* prešla s divljih vrsta roda *Solanum* na kulturni krumpir. Soj odgovoran za *Veliku glad u Irskoj* vjerojatno je nastao u XVIII. st. u SAD-u. Naknadno se proširio po Europi i uzrokovao znatne štete, iako ne toliko katastrofalne kao u Irskoj, jer se krumpir uzgajao na manjim i izoliranijim parcelama, postojalo je više genetski različitih tradicijskih kultivara, a i ovisnost o krumpiru kao glavnoj prehrambenoj kulturi bila je manje izražena. Navedeni se soj vjerojatno zadržao pedesetak godina i smatra se da danas više ne postoji. Pretkom današnjih sojeva smatra se soj US-1, također podrijetlom iz SAD-a (**Slika 4.4**).



Slika 4.3. Kretanje broja stanovnika irskog otoka i Europe od XVII. do XXI. stoljeća.

Stoga se pretpostavlja da je uzrok *Velike gladi u Irskoj*: (1) pojava novog soja uzročnika bolesti, (2) uzgoj vrlo malog broja genetski srodnih kultivara jednake osjetljivosti na patogena, (3) visoka genetska ujednačenost unutar kultivara (potencirana vegetativnim razmnažanjem krumpira), te (4) velike površine pod istom kulturom (relativno male, ali povezane parcele). Pojavu novog štetnika ili patogena teško je predvidjeti, no preostala tri uzroka smatraju se jasnim simptomima genetske ranjivosti, stanja koje može dovesti do znatnog smanjenja prinosa. Katastrofalne posljedice genetske ranjivosti donekle je moguće spriječiti uzgojem većeg broja kulturnih biljnih vrsta kao i uzgojem genetski različitih kultivara, strogim pridržavanjem plodoreda, te redovitim praćenjem evolucije štetnika i patogena. Stoga se sadašnja vrijednost biljnih genetskih izvora koja proizlazi iz uzgoja većeg broja genetski različitih tradicijskih i/ili modernih kultivara ogleda i u smanjenju opasnosti od genetske ranjivosti.



Slika 4.4. Nastanak i širenje sojeva gljive *Phytophthora infestans*, uzročnika plamenjače ili krumpirove plijesni.

(2) Buduća vrijednost biljnih genetskih izvora ogleda se u mogućnostima njihove upotrebe u oplemenjivačkim programima. Oplemenjivanje bilja mora odgovoriti ne samo na današnje već i buduće izazove kao što su evolucijske promjene uzročnika bolesti kao i štetnika, klimatske promjene, promjene poljoprivredne prakse, kao i promjene u ukusima potrošača i potrebama industrije. Za učinkovit oplemenjivački program potrebna je široka raznolikost ishodišnog biljnog materijala kao potencijalnih izvora gena za poželjna svojstva. Razvitkom moderne poljoprivrede u proizvodnju se uvode brojni moderni, visokoprinosni kultivari koji polako istiskuju iz uzgoja tradicijske kultivare. Moderni su kultivari, bez sumnje, temelj napretka poljoprivredne proizvodnje. Međutim, nestajanjem tradicijskih kultivara dolazi do **genetske erozije** (engl. *genetic erosion*; **vidi potpoglavlje 7.3**), odnosno gubitka određenih gena (alela) koji bi mogli biti poželjni u budućim oplemenjivačkim programima. Tako su npr. geni patuljastosti (u literaturi se spominje i kao patuljavost) pšenice (engl. *reduced height genes*; *Rht*) porijeklom iz korejskog tradicijskog kultivara 'Anjeun baengyi mil' bili presudni za najveći napredak u oplemenjivanju pšenice koji je opisan u *Priči o Normanu Borlaugu: Podrijetlo gena Zelene revolucije*.

GENETSKA EROZIJA (engl. *genetic erosion*) smanjenje je genetske raznolikosti određene vrste. U užem smislu odnosi se na gubitak alela u populacijama određene vrste, dok se u širem smislu odnosi na gubitak tradicijskih kultivara i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta.

Priča o Normanu Borlaugu: Podrijetlo gena Zelene revolucije

Norman Borlaug (1914. – 2009.) bio je američki agronom i oplemenjivač, poznat kao „otac Zelene revolucije", te dobitnik Nobelove nagrade za mir 1970. godine (**Slika 4.5**). Zelena revolucija (engl. *Green revolution*), koja se naziva i Trećom agrikulturnom revolucijom (**vidi poglavlje 7**) naziv je za niz promjena u poljoprivrednoj proizvodnji (1940. – 1970.) koje su se dogodile naročito u nerazvijenim zemljama Amerike, Azije i Afrike i dovele do znatnog povećanja prinosa poljoprivrednih kultura.

Borlaug je rođen u mjestu Saude, Iowa, SAD. Odrastajući na očevoj farmi tijekom *Velike gospodarske krize* (engl. *Great Depression*; 1929. – 1933.) koja je zahvatila gotovo sve grane gospodarstva SAD-a, a upravo katastrofalno djelovala na poljoprivredu, Borlaug je vrlo rano spoznao što je glad i očaj koje su tijekom povijesti često pratile poljoprivrednike.

Nakon diplome (1937.) i doktorata (1942.) radi kao mikrobiolog Zaklade DuPont de Nemours, Inc. (1942. – 1944.), a godine 1944. postaje voditeljem programa suradnje za istraživanja i proizvodnju pšenice u Meksiku kojeg su zajednički financirali meksička Vlada i Rockefellerova zaklada.

Tih su godina meksički seljaci bili na rubu gladi, prinosi pšenice bili su vrlo niski i stagnirali su, a više od 50 % pšenice uvozilo se. Borlaug je započeo intenzivan rad na osuvremenjivanju agrotehničkih metoda i oplemenjivanju pšenice koji je rezultirao senzacionalnim rastom prinosa i proizvodnje pšenice u Meksiku.

Šezdesetih godina postavlja prve pokuse s pšenicom u Indiji i tako započinje uvođenje suvremene agrotehnike i visokoprinosnih kultivara pšenice u Indiju i Pakistan. Godine 1964. postaje direktorom novoosnovanog Međunarodnog centra za oplemenjivanje kukuruza i pšenice, El Batán, Meksiko (*International Maize and Wheat Improvement Center*; CIMMYT; **vidi potpoglavlje 10.3**) i na toj poziciji ostaje sve do umirovljenja 1979. godine.

Borlaugov odgovor na probleme u poljoprivrednoj proizvodnji u Meksiku bio je, kada se to razmotri iz današnje perspektive, prilično jednostavan i mogao bi se sažeti u tri točke: (1) Modernizacija agrotehničkih mjera: Uvođenje moderne mehanizacije, mineralne gnojidbe, kemijskih sredstava za zaštitu i navodnjavanja, (2) Uvođenje modernih, visokoprinosnih kultivara: Oplemenjivanje visokoprinosnih kultivara adaptiranih na ciljane agroekološke uvjete, razvitak sjemenarstva i opskrbe seljaka certificiranim sjemenom registriranih modernih kultivara, te (3) Razvitak poljoprivredne savjetodavne službe: Sustavno praćenje i rješavanje problema u proizvodnji.

Borlaug je postao cijenjen prvenstveno po uspostavi sveobuhvatnog oplemenjivačkog programa koji je uključivao stvaranje kolekcije biljnih genetskih izvora pšenice iz cijelog svijeta, te provedbu izuzetno velikog broja križanja i odabira u ranim generacijama potomstva. Pritom je uveo metodu poznatu pod nazivom „*shuttle breeding*" koja je uključivala sjetvu oplemenjivačkih generacija dvaput godišnje u svrhu ubrzavanja procesa oplemenjivanja i uspostave široke adaptabilnosti odabranog materijala. Za proljetnu sjetvu izabrao je pokusna

polja u gradu Toluca i u naselju Chapingo blizu grada Texcoco de Mora, u središnjem Meksiku, na visoravnima (2500 metara nadmorske visine), ne bi li ujesen iste godine posijao požnjeveno sjeme u dolini Yaqui blizu grada Ciudad Obregón, u sjevernom Meksiku, uz pacifičku obalu (39 m n.v.). Odabirom poželjnih genotipova u dvije klimatski i edafski različite okoline želio je stvoriti kultivare koji su prilagođeni na različite uvjete; otporni na široki spektar različitih sojeva patogena i neosjetljivi na fotoperiod (dužinu dana). I to mu je, uglavnom, i uspjelo.



Slika 4.5. Američki agronom i oplemenjivač Norman Borlaug (1914. – 2009.) snimljen 1970. godine na pokušalištu pšenice u Meksiku.

Međutim, pritom se pojavio i prilično neočekivan problem. Novonastali kultivari imali su znatno veći prinos od tradicijskih, te je uočeno da se stabljike pšenice sve više povijaju pod masom sjemena u klasu. Uz navodnjavanje i obilatu mineralnu gnojidbu često je dolazilo do polijeganja usjeva i znatnog gubitka prinosa.

Bourlag je rješenje vidio u smanjenju visine stabljike pšenice. Naime, otkrio je japanski kultivar 'Norin 10', kratke i čvrste stabljike te započeo niz križanja u svrhu prijenosa gena patuljastosti u svoj genetski materijal. Tako su nastale jedne od prvih polupatuljastih (engl. *semi-dwarf*) pšenica koje su istodobno bile i visokoprinosne i otporne na polijeganje, te pogodne

za intenzivan uzgoj uz navodnjavanje i obilnu mineralnu gnojidbu. Danas su gotovo svi moderni kultivari pšenice polupatuljastog tipa (iako ne nužno iz istog genetskog izvora kojeg je koristio Bourlag): posjeduju gene patuljastosti (engl. *reduced height genes*; *Rht*), otporni su na polijeganje, te stoga imaju znatno povećan žetveni indeks (engl. *harvest index*) definiran kao udio poljoprivrednog prinosa u ukupnoj biološkoj masi.

Istraživanjem povijesnih izvora utvrđeno je da su se u Koreji od IV. st. n. e. uzgajale patuljaste pšenice, a korejski tradicijski kultivar 'Anjeun baengyi mil' pretpostavljeni je donor gena patuljastosti kojeg je i Borlaug koristio. Korejske su se patuljaste pšenice uzgajale i u Japanu od XIX. st., a 'Daruma' je jedan od najpoznatijih japanskih tradicijskih kultivara patuljastog rasta. 'Daruma' je bio jedan od roditelja japanskog modernog kultivara 'Norin 10', kojeg je američki oplemenjivač Orville Vogel (1907. – 1991.) koristio u oplemenjivanju, te je 1949. godine registrirao prvi američki kultivar polupatuljastog tipa pod imenom 'Gaines'. Poznato je da je Norman Bourlag razmjenjivao oplemenjivačke linije s Vogelom i tako došao do kultivara 'Norin 10' kojeg je upotrijebio u brojnim križanjima.

Zelena revolucija pokazala je kako promjena poljodjelske prakse dovodi do velikih izazova u oplemenjivanju bilja. Teško je predvidjeti koja će se biljna svojstva pokazati potrebnima u budućim programima oplemenjivanja. Za učinkovit oplemenjivački program potrebna je široka raznolikost ishodišnog biljnog materijala i nužno je očuvanje tradicijskih kultivara kao mogućih donora poželjnih gena za buduće oplemenjivačke programe.

S druge strane, smatra se da je upravo Zelena revolucija dovela do nestanka brojnih tradicijskih kultivara. Zbog brzog prijelaza na moderne kultivare, tradicijski kultivari bili su istisnuti iz proizvodnje i mnogi su pritom netragom nestali. Ironijom sudbine, Zelenu revoluciju omogućio je baš taj, gotovo zaboravljeni, korejski tradicijski kultivar 'Anjeun baengyi mil'.

(3) Potencijalna vrijednost biljnih genetskih izvora leži u činjenici da postoje brojne biljne vrste koje posjeduju još nedovoljno istražena, ali potencijalno vrijedna svojstva. Smatra se da postoji mnogo kultiviranih biljnih vrsta koje bi se mogle koristiti i u neke druge svrhe od uobičajenih (npr. biogorivo, funkcionalna hrana, biosinteza aktivnih spojeva). Isto tako postoje brojne korisne biljne vrste čija su svojstva poznata lokalnim ljudskim zajednicama, ali nisu općepoznata niti su njihova svojstva analizirana na znanstveno utemeljen način. Na kraju, vrlo vjerojatno postoji velik broj potencijalno upotrebljivih biljnih vrsta koje nam još uvijek nisu poznate (npr. biljne vrste mogu sadržavati još nepoznate aktivne tvari čija se moguća upotreba u medicini i farmaciji tek treba utvrditi).

Lokalne ljudske zajednice posjeduju i čuvaju tradicijsko znanje o upotrebi određenih biljnih vrsta u brojne svrhe. To znanje predstavlja nematerijalno bogatstvo koje u današnjem svijetu nije dovoljno priznato niti zaštićeno. Stoga, često dolazi do pojave **biogusarstva** (engl. *biopiracy*).

BIOGUSARSTVO (engl. *biopiracy*) komercijalno je iskorištavanje biljnih genetskih izvora i tradicijskih znanja lokalnih ljudskih zajednica od strane tehnološki naprednih zemalja ili tvrtki bez pristanka i pravične naknade ljudima (pleme/narod) na čijem je teritoriju biološki materijal izvorno otkriven, odnosno korišten.

Dr. sc. Vandana Shiva (r. 1952.), indijska fizičarka i aktivistkinja (zaštita okoliša, prehrambeni suverenitet, ekofeminizam, antiglobalizacija/alterglobalizacija) u knjizi *„Zaštititi ili opljačkati?: Razumijevanje Prava intelektualnog vlasništva“* (*„Protect or Plunder?: Understanding Intellectual Property Rights“*) objavljenoj 2001. godine definirala je biogusarstvo na sljedeći način: „Biogusarstvo se odnosi na upotrebu sustava zaštite intelektualnog vlasništva u svrhu ozakonjenja isključivog vlasništva i kontrole nad biološkim izvorima i biološkim proizvodima i procesima koji su stoljećima bili korišteni u neindustrijaliziranim kulturama. Patent koji polaže pravo na bioraznolikost i tradicijsko znanje temeljeno na inovacijama, kreativnosti i genijalnosti naroda Trećeg svijeta je čin biogusarstva.“

Kao primjer biogusarstva često se navodi slučaj naroda !Kung opisan u *Priči o „kaktusu“ Hoodia*. U tom slučaju priča ima relativno sretan kraj; što vrlo vjerojatno nije tako u brojnim drugim slučajevima koji su, nažalost, ostali nepoznati široj znanstvenoj javnosti.

Priča o „kaktusu“ *Hoodia*: Tradicijsko znanje i biogusarstvo

Narod !Kung pripada skupini naroda San, poznat i po često posprdnom, politički nekorektnom nazivu Bušmani (engl. *Bushmen*), živi na području Angole, Bocvane, Južnoafričke Republike i Namibije, i već tisućljećima koriste vrstu *Hoodia gordonii* za smanjenje osjećaja gladi tijekom dugotrajnih lovačkih pohoda **(Slika 4.6)**. Pritom vrijedi spomenuti da je usklični (!) oznaka jednog od „coktajućih” suglasnika ili „klikova” (engl. *click consonant*) koji nastaje naglim odmicanjem jezika od nepca, a zaštitni je znak kojsanske (engl. *Khoisan*) porodice jezika.

Vrsta *Hoodia gordonii* nije zapravo kaktus jer ne pripada porodici kaktusovki (Cactaceae) koja obuhvaća preko 2000 većinom bodljikavih vrsta podrijetlom iz Amerike, već porodici zimzelenovki (Apocynaceae) zajedno s malim zimzelenom (*Vinca minor*) i oleandrom (*Nerium oleander*) koje možemo naći i u hrvatskoj flori. *Hoodia gordonii* bodljikava je sukulentna biljka, zadebljale sivozelene do sivosmeđe stabljike, a cvate velikim mesnatocrvenim do crvenoljubičastim cvjetovima. Cvjetovi šire neugodan miris nalik raspadajućem mesu koji privlači muhe radi oprašivanja. Područje je prirodne rasprostranjenosti vrste *Hoodia gordonii* Južnoafrička Republika i Namibija i uglavnom raste u pustinji Kalahari na pješčanim i kamenitim neplodnim tlima, a može preživjeti i ekstremne vrućine (> 40 °C). Naročito je brojna u Prekograničnom parku |Ai-|Ais / Richtersveld (*|Ai-|Ais / Richtersveld Transfrontier Park*) u kojem se može naći jedna trećina od oko 10 000 sukulentnih vrsta našeg planeta. Uz brojne vrste porodice zimzelenovki (Apocynaceae) u parku rastu vrste iz čak 50 od 160 rodova porodice čupavica (Aizoaceae). Park se nalazi na području Namibije (|Ai-|Ais) i Južnoafričke

republike (Richtersveld). Pritom je okomita crta (ǀ) u nazivu parka ǀAi-ǀAis oznaka jednog od „coktajućih" suglasnika kojsanske porodice jezika.



Slika 4.6. Vrsta *Hoodia gordonii* u Prekograničnom parku ǀAi-ǀAis / Richtersveld (ǀAi-ǀAis / Richtersveld Transfrontier Park).

Prvi zapis o tradicijskoj upotrebi navedenog „kaktusa" potječe iz 1932. godine. Pripadnici naroda !Kung odrezali bi mesnatu stabljiku, ogulili je i tako se riješili bodljika te je grickali kao svježi krastavac ne bi li utažili osjećaj žeđi i gladi loveći brzonoge antilope (*Oryx gazella*) po pustinji Kalahari.

Znanstvenici Južnoafričkog vijeća za znanstvena i industrijska istraživanja (*South African Council of Scientific and Industrial Research*; CSIR) prva su istraživanja na „kaktusu" *Hoodia* objavili 1963. godine. Uočeno je da laboratorijske životinje hranjene ekstraktom „kaktusa" *Hoodia* gube apetit i smanjuju tjelesnu masu, dok bilo kakav toksični učinak nije primijećen. Usprkos nastojanjima, tijekom šezdesetih godina nisu bili u mogućnosti izolirati niti identificirati aktivnu tvar koja bi bila uzrokom primijećene pojave, te su istraživanja uskoro obustavljena.

Tijekom osamdesetih godina prošlog stoljeća istraživanja su ponovno započeta. Suvremenim analitičkim metodama kao što je nuklearna magnetna rezonancija (engl. *nuclear magnetic resonance*; NMR) znanstvenicima je ovaj put pošlo za rukom identificirati aktivnu tvar te je 1995. godine CSIR patentirao glikozid P57 kao potencijalni lijek za pretilost (anoreksik; engl. *appetite suppressant*). U svrhu daljnjih kliničkih istraživanja i moguće komercijalizacije, CSIR 1997. godine prodaje licenciju (pravo iskorištavanja patenta) britanskoj farmaceutskoj

tvrtki *Phytopharm*, a već 1998. godine američka farmaceutska tvrtka *Pfizer* kupuje licenciju na P57 za 32 milijuna dolara.

Južnoafričko vijeće naroda San (*South African San Council*; SASC) u ime skupine naroda San 2001. godine podiže tužbu protiv CSIR-a za biogusarstvo (engl. *biopiracy*) tvrdeći da je njihovo tradicijsko znanje ukradeno i da je CSIR prekršio odredbe Konvencije o biološkoj raznolikosti (engl. *Convention of Biological Diversity*; CBD; **vidi uvod poglavlja 2**) o „pravednoj i ravnomjernoj raspodjeli dobrobiti koja proizlazi iz upotrebe genetskih izvora".

Taj je slučaj postao svjetski poznat i otvorio mnoga pitanja u vezi obeštećenja za upotrebu tradicijskog znanja: Tko bi zapravo trebao biti obeštećen? Čovjek koji je izvorno podijelio informaciju o tradicijskoj upotrebi „kaktusa" *Hoodia*? Njegovi nasljednici? Njegovo pleme/narod? Skupina naroda San? Države u kojima narod San živi?

S druge strane, ogroman je kapital uložen u istraživačku infrastrukturu, te u dugotrajne, često i neizvjesne analize radi komercijalizacije određenog farmaceutskog proizvoda koji pripadnicima naroda !Kung nije bio niti je mogao biti na raspolaganju. Dioničari multinacionalnih tvrtki zahtijevaju profit i ukoliko uvide da će izostati, kapital se na burzama gotovo trenutno može preusmjeriti na neki profitabilniji portfelj. O tom protoku kapitala danas ovise gospodarstva svih zemalja svijeta, pa na tom temelju počiva i međunarodna politika, a narod !Kung tamo zasigurno nema pristupa.

Konačno, nakon dugotrajnih pregovora, 2002. godine potpisan je Memorandum o razumijevanju između CSIR i SASC kojim se priznaju prava skupine naroda San. CSIR se pritom obvezao predati SASC određeni postotak od licencije radi financiranja obrazovnih programa, računalnih tečajeva, te razvitka programa uzgoja „kaktusa" *Hoodia* u pustinji Kalahari, što bi omogućilo zapošljavanje pripadnika skupine naroda San. Navedeni je ugovor jedan od prvih takvih ugovora u svijetu.

5

STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: KULTIVIRANI BILJNI MATERIJAL

5.1 Moderni kultivari

Priča o pšenici:
Koje su posljedice modernog oplemenjivanja pšenice?

5.2 Tradicijski kultivari

Priča o maslini: Homonimija, sinonimija i unutarsortna raznolikost tradicijskih kultivara

5.3 Oplemenjivački i genetski materijal

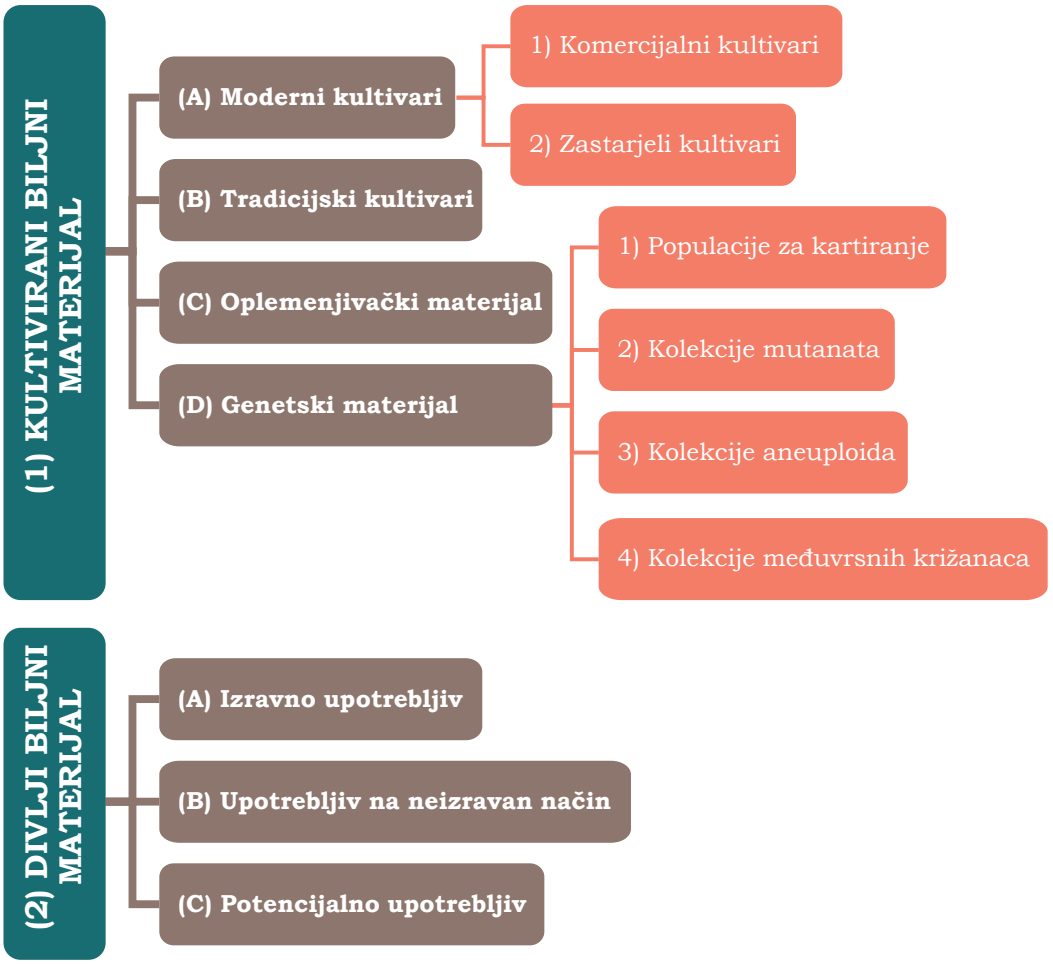
Priča o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima

Uvod

Pod strukturom biljnih genetskih izvora podrazumijevamo kategorije biljnih genetskih izvora, odnosno tipove **biljne germplazme** (engl. *plant germplasm*). Biljne genetske izvore čini raznovrstan biljni materijal koji se međusobno razlikuje po udomaćenju (kultivirani ili divlji biljni materijal), oplemenjivačkom statusu (moderni ili tradicijski kultivari, oplemenjivački i genetski materijal) ili načinu upotrebe (izravna ili neizravna upotreba divljih biljnih vrsta) (**Slika 5.1**). Prilikom izbora strategije očuvanja, opisa i procjene svojstava kao i regeneracije od presudne je važnosti poznavanje kategorije biljnih genetskih izvora kojoj određeni biljni materijal pripada (**vidi potpoglavlje 10.1**).

BILJNA GERMPLAZMA (engl. *plant germplasm*) naziv je za biljni materijal kao što su sjeme, biljna tkiva ili cijele biljke koji se čuva u svrhu oplemenjivanja i znanstvenih istraživanja (sinonim: biljni genetski izvori).

Kultivirani biljni materijal obuhvaća biljni materijal koji je čovjek uzgojio, što u pravilu znači da se radi o biljnoj vrsti koja je prošla proces udomaćenja (domestikacija; engl. *domestication*), pa se pritom uglavnom radi o kulturnoj biljnoj vrsti, odnosno kulturi (engl. *crop*). Poljoprivredna kultura ili samo kultura uobičajen je naziv za kulturne biljne vrste koji potječe od latinske riječi *cultura* koji je prvenstveno označavao obradu zemlje, odnosno uzgoj biljaka. Nazivi kao što su kulturne biljne vrste ili kulturni tipovi odnose se na one vrste ili genotipove koji su udomaćeni, za razliku od divljih vrsta i tipova. Antonim kulturne biljne vrste stoga nije, nekulturna, već divlja ili samonikla biljna vrsta. Sljedeća je jezična nedoumica razlika između kulturnog i kultiviranog bilja. Kao što je već bilo rečeno, kulturne su biljne vrste sve one koje su udomaćene, dok se pod kultiviranima smatraju one koje su uzgojene, odnosno one koje se uzgajaju na određenom području. Uljna palma (*Elaeis guineensis*) bez sumnje je kulturna (udomaćena) biljna vrsta, ali se ne kultivira (uzgaja) u Republici Hrvatskoj, a sredozemno se smilje (*Helichrysum italicum*) kod nas kultivira (uzgaja), iako je ishodišni biljni materijal za zasnivanje usjeva uglavnom prikupljen u prirodi, odnosno nije udomaćen.



Slika 5.1. Struktura biljnih genetskih izvora.

Temeljna je jedinica u analizi kultiviranog biljnog materijala **kultivar** (engl. *cultivar*) odnosno sorta. Postoje različiti tipovi kultivara koji ovise o temeljnim životnim svojstvima biljnih vrsta kao što je način prirodnog razmnožavanja (generativno ili vegetativno) i oplodnje (stranooplodna ili samooplodna biljna vrsta) kao i uobičajenom načinu razmnažanja biljnog materijala kojeg provodi čovjek. Pritom se način razmnažanja može, ali i ne mora podudarati s prirodnim načinom razmnožavanja određene biljne vrste. Tako se npr. maslina (*Olea europaea*) u prirodi razmnožava generativno (sjemenom), dok se razmnažanje biljnog materijala masline provodi ukorjenjivanjem reznica i uzgojem sadnica. S druge strane, krumpir (*Solanum tuberosum*) se u prirodi razmnožava isključivo na vegetativan način; tako da na gomoljima tvori izboje (okca) iz kojih se razvijaju nove biljke, a isti se postupak koristi u razmnažanju biljnog materijala. Svojstva četiriju osnovnih tipova kultivara (linijski kultivar, kultivar slobodne oplodnje, hibridni kultivar, klonski kultivar) navedena su u **Tablici 5.1**.

KULTIVAR [engl. *cultivar* (*cultivated variety*), *variety*; kultivirani varijetet] skupina je biljaka nastalih oplemenjivanjem na određeno svojstvo ili skup svojstava; koja je različita, ujednačena i postojana u svojim svojstvima, te ta svojstva zadržava ukoliko se razmnaža na primjeren način. Sinonim je riječi kultivar sorta (njem. *Sorte*, tal. *sorta*, lat. *sors*).

Tablica 5.1. Osnovni tipovi kultivara.

Tip kultivara	Engleski naziv	Primjer kulture	Način razmnažanja i oplodnje	Način razvitka kultivara	Stupanj heterozigotnosti jedinki	Ujednačenost jedinki unutar kultivara
linijski kultivar	*pure-line cultivar*	krušna pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*)	generativno razmnažanje / samooplodna	sjeme dobiveno samooplodnjom jedne jedinke	visoka homozigotnost jedinki	genetski gotovo identične
kultivar slobodne oplodnje	*open-pollinated cultivar*	luk (*Allium cepa*)	generativno razmnažanje / stranooplodna	sjeme dobiveno križanjem genetski različitih jedinki	uglavnom heterozigoti	fenotipski ujednačene, no genetski različite
hibridni kultivar	*hybrid cultivar*	kukuruz (*Zea mays*)	generativno razmnažanje / obično stranooplodna, ali može biti i samooplodna	sjeme F1 generacije iz križanja homozigotnih inbred linija	potpuni heterozigoti	genetski identične
klonski kultivar	*clonal cultivar*	vinova loza (*Vitis vinifera*)	vegetativno razmnažanje	vegetativno: potomstvo jedne jedinke	uglavnom heterozigoti	genetski identične

5.1 Moderni kultivari

Moderni su kultivari (engl. *modern cultivar*) temelj suvremene poljoprivredne proizvodnje. Nastali su vrijednim radom oplemenjivača u okviru oplemenjivačkih tvrtki i prošli su određen postupak ispitivanja kojeg u pravilu provode nacionalna povjerenstva za priznavanje novonastalih kultivara. Stoga su njihova osnovna morfološka i agronomska svojstva uglavnom poznata. Također je poznat i postupak oplemenjivanja koji je primijenjen prilikom njihovog razvitka kao i ishodišni materijal koji je bio upotrijebljen, odnosno, poznatog su rodoslovlja (pedigre; engl. *pedigree*). Moderne kultivare možemo podijeliti na **komercijalne** i **zastarjele**.

MODERNI KULTIVAR (engl. *modern cultivar, modern variety, high-yielding variety*; HYV) kultivar je koji je nastao planski, procesom sustavnog oplemenjivanja bilja.

KOMERCIJALNI KULTIVAR (engl. *commercial cultivar*) moderni je kultivar koji je upisan u važeću nacionalnu sortnu listu. Certificirano sjeme komercijalnog kultivara dostupno je na tržištu i poznat mu je održivač – odnosno sjemenska tvrtka registrirana za proizvodnju sjemena navedenog kultivara.

ZASTARJELI KULTIVAR (engl. *obsolete cultivar*) moderni je kultivar koji se više ne pojavljuje na tržištu sjemena jer više nije na važećoj sortnoj listi i nema registriranog održivača. Mnogi se zastarjeli kultivari često koriste u oplemenjivanju kao izvori određenih gena za poželjna svojstva.

S ciljem zaštite oplemenjivačkih prava kao oblika intelektualnog vlasništva 1961. godine u Parizu je osnovana Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih kultivara (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants*; UPOV), kojoj je danas sjedište u Ženevi (Švicarska). Osnovana je na temelju tada potpisane Međunarodne konvencije o zaštiti novih biljnih kultivara (*International Convention for the Protection of New Varieties of Plants*), a Republika Hrvatska član je UPOV-a od 2001. godine.

Upis sorti na sortnu listu – odnosno registracija kultivara u Republici Hrvatskoj uređena je Zakonom o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja (NN 110/21) i brojnim pripadajućim pravilnicima (**vidi potpoglavlje 11.2**). Tim je Zakonom regulirana proizvodnja, stavljanje na tržište te uvoz poljoprivrednog reprodukcijskog materijala; priznavanje i održavanje sorti, nadležnost pojedinih tijela te inspekcijski nadzor. Cilj je Zakona provedba jedinstvenog sustava sjemenarstva i rasadničarstva. Priznavanje sorti provodi se (1) na temelju gospodarske vrijednosti (engl. *value for cultivation and use*; VCU) koja se utvrđuje ispitivanjem sorti u pokusnom polju i laboratoriju, kao i (2) utvrđivanjem različitosti (engl. *distinctness*), ujednačenosti (engl. *uniformity*) i postojanosti (engl. *stability*) poznatim pod nazivom DUS ispitivanje (engl. *DUS testing*).

DUS ispitivanje provodi se na temelju *Vodiča za provođenje testova različitosti, ujednačenosti i postojanosti* (*Test Guidelines* /TG/; *Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability*) koji izdaje organizacija UPOV. Danas postoji više od 300 specifičnih vodiča za različite biljne vrste – odnosno skupine vrsta koji se sastoje od popisa

uglavnom lako uočljivih morfoloških svojstava važnih za identifikaciju kultivara pojedinih biljnih vrsta. Različitost, ujednačenost i postojanost kultivara definirana je na sljedeći način:

(1) Kultivar (sorta) smatra se „različitim" ukoliko se jasno razlikuje u jednom ili više bitnih svojstava od bilo kojeg drugog kultivara koji je općepoznat na dan podnošenja zahtjeva za priznavanje.

(2) Kultivar se smatra „ujednačenim" ukoliko je dostatno ujednačen u svim bitnim svojstvima uzimajući u obzir određene varijacije koje se mogu očekivati zbog načina njegovog razmnažanja.

(3) Kultivar se smatra „postojanim" ukoliko zadržava bitna svojstva tijekom generacija razmnožavanja ili na kraju svakog ciklusa razmnažanja.

Uključivanjem u Sortnu listu Republike Hrvatske dozvoljena je proizvodnja i prodaja sjemena i sadnog materijala navedenog kultivara. Za provedbu postupka priznavanja kultivara u Republici Hrvatskoj zadužen je Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo pri Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu (HAPIH). Priznavanje kultivara na razini Europske unije regulirano je putem *Zajedničkog kataloga sorata poljoprivrednih biljnih vrsta* (*Common catalogue of varieties of agricultural plant species*) koji objedinjuje nacionalne sortne liste zemalja članica EU. Tako se kultivar upisan u nacionalnu sortnu listu izravno uključuje u Zajednički katalog na temelju kojeg je dozvoljena prodaja sjemena i sadnog materijala navedenog kultivara u Europskoj uniji.

Modernim kultivarima svojstven je visok prinos i kakvoća, kao i otpornost na glavne bolesti i štetnike, što su i glavni ciljevi većine oplemenjivačkih programa. Isto tako, oplemenjivačke i sjemenarske tvrtke garantiraju visoku genetsku ujednačenost (engl. *genetic uniformity*) unutar kultivara jer to zahtijevaju svi sudionici poljoprivredno-prehrambenog procesa: proizvođači zahtijevaju da određeni kultivar ujednačeno niče, cvate i donosi plod, prerađivačima trebaju primarni poljoprivredni proizvodi ujednačene kakvoće; dok potrošači očekuju nepromjenjivu kakvoću finalnih proizvoda.

S druge strane, moguće su posljedice oplemenjivanja i visoka genetska srodnost (engl. *genetic relatedness*) između modernih kultivara. Stara, pomalo cinična, oplemenjivačka izreka kaže: „Križaj najboljeg s najboljim i nadaj se najboljem" (engl. „*cross the best with the best, and hope for the best*"). Stoga, intenzivno oplemenjivanje koje se uglavnom temelji na odabiru iz križanja modernih kultivara nužno dovodi do visoke genetske srodnosti između postojećih kultivara. Budući da je preduvjet za provedbu uspješnih, održivih oplemenjivačkih programa široka raznolikost ishodišnog biljnog materijala, kontinuirano je križanje „najboljeg s najboljim" na svjetskoj razini pogubna strategija i mnogi se znanstvenici pribojavaju da će takve prakse na duži rok nužno dovesti do stagnacije napretka u oplemenjivanju zbog suženja **genetskog zaleđa** (engl. *genetic background*). Primjer analize genetske raznolikosti kultivara nastalih tijekom dugogodišnjeg oplemenjivačkog programa prikazan je u *Priči o pšenici: Koje su posljedice modernog oplemenjivanja pšenice?*

GENETSKO ZALEĐE (engl. *genetic background*) obuhvaća specifične genotipove svih gena unutar genoma koji mogu na bilo koji način biti u interakciji s genima od interesa u oplemenjivanju te tako mogu utjecati na fenotip svojstava koje se želi poboljšati tijekom procesa oplemenjivanja (poželjna svojstva).

Priča o pšenici:
Koje su posljedice modernog oplemenjivanja pšenice?

Dr. sc. Krešimir Dvojković oplemenjivač je pšenice zaposlen na Poljoprivrednom institutu Osijek (PIO), na Odjelu za oplemenjivanje i genetiku strnih žitarica (**Slika 5.2**). Tijekom svog dosadašnjeg rada kreirao je 73 kultivara ozime pšenice priznatih u Republici Hrvatskoj, prvenstveno kao koautor s prof. dr. sc. Georgom Dreznerom, a zatim i kao autor. I prije ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju 25 mu je kultivara bilo priznato kroz službena DUS ispitivanja i u inozemstvu (Kosovo, Moldavija, Rumunjska, Sjeverna Makedonija, Slovenija, Srbija, Turska, Ukrajina). Nakon ulaska u Europsku uniju kultivari dr. sc. Dvojkovića siju se (kako u pokusnoj tako i u široj proizvodnji) u Bugarskoj, Italiji, Maroku, Slovačkoj, Švicarskoj i Uzbekistanu.



Slika 5.2.
Dr. sc. Krešimir Dvojković na pokušalištu Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO).

Cilj istraživanja njegove doktorske disertacije pod naslovom „Analiza genetske raznolikosti hrvatskih kultivara pšenice“ koju je obranio 2009. godine, bio je utvrditi dolazi li do smanjenja genetske raznolikosti kultivara krušne pšenice (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.) nastalih tijekom dugogodišnjeg oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek.

Naime, moderni kultivari pšenice rezultat su intenzivnog oplemenjivanja, pri čemu su glavni ciljevi povećanje prinosa i kakvoće. Genetska raznolikost i visoka prosječna vrijednost svojstava roditelja u križanjima, preduvjet su za uspješnost oplemenjivačkih programa. Kontinuirano korištenje najboljih, ali vrlo često i genetski srodnih roditelja može voditi k suženju genetskog zaleđa, te tako onemogućiti daljnji napredak u oplemenjivanju.

Dr. sc. Dvojković prikupio je i analizirao 122 kultivara pšenice od kojih su 98 bili domaći, a 24 inozemni kultivari, često korišteni u oplemenjivačkim programima u Republici Hrvatskoj. Oplemenjivački program pšenice Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) bio je zastupljen sa 74 kultivara priznatih u razdoblju od 1936. do 2008. godine. U molekularnoj analizi koristio je 45 mikrosatelitnih biljega (engl. *microsatellite markers*), ravnomjerno raspodijeljenih po genomu pšenice. Krušna je pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.) heksaploid koji posjeduje tri genoma (A, B i D); osnovni je broj kromosoma svakog od tri genoma $x = 7$, a svaki je krak kromosoma bio zastupljen s najmanje po jednim mikrosatelitnim biljegom (3 genoma × 7 kromosoma × 2 kraka = 42; **vidi potpoglavlje 8.2**).

Kultivare je razvrstao u pet vremenskih razdoblja ovisno o vremenu njihovog priznavanja, te izračunao alelno bogatstvo i gensku raznolikost kultivara unutar svake vremenske skupine. Budući da prosječan broj alela mikrosatelitnih lokusa u skupini kultivara uvelike ovisi o veličini uzorka i nije moguća usporedba između uzoraka različitih veličina, u tu je svrhu izračunao alelno bogatstvo (engl. *allelic richness*; N_{ar}), svođenjem prosječnog broja alela na jedinstvenu veličinu uzorka. Genska raznolikost ili očekivana heterozigotnost (engl. *gene diversity*; *expected heterozygosity*; H_E) uobičajeno je mjerilo raznolikosti populacija ili skupina kultivara za izračun kojeg je (osim broja alela) važna i njihova učestalost, jer rijetki aleli ne doprinose puno rastu vrijednosti H_E. Razlike u vrijednostima N_{ar} i H_E između vremenskih skupina kultivara testirao je pomoću neparametrijskog testa po Kruskalu i Wallisu.

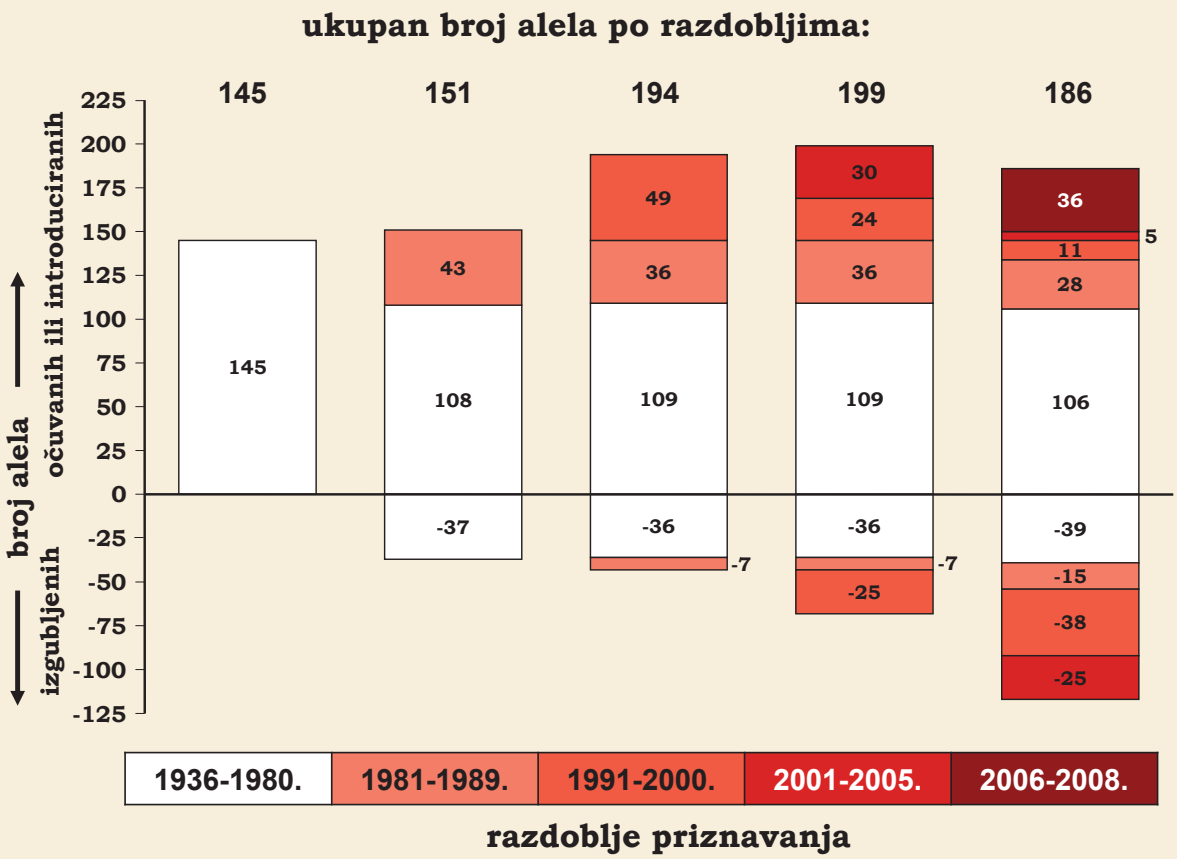
Na temelju genetske analize utvrđeno je da se ni alelno bogatstvo (N_{ar}) niti genska raznolikost (H_E) nije smanjila tijekom dugogodišnjeg oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) (**Tablica 5.2**).

Br.	Razdoblje	*n*	N_{ar}	H_E
1.	1936. – 1980.	7	3,135	0,556
2.	1981. – 1989.	10	3,055	0,539
3.	1991. – 2000.	26	3,214	0,564
4.	2001. – 2005.	19	3,448	0,588
5.	2006. – 2008.	12	3,541	0,604
	Ukupno	74	3,657	0,57
	P(KW)*		$0,165^{ns}$	$0,233^{ns}$

Tablica 5.2. Broj uzoraka (n), alelno bogatstvo (N_{ar}) i genska raznolikost (H_E) kultivara Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) po vremenskim razdobljima priznavanja.

*P(KW) - signifikantnost razlika u vrijednostima N_{ar} i H_E između vremenskih razdoblja na temelju testa po Kruskalu i Wallisu (*ns* - nesignifikantna razlika; *not significant*)

Na **Slici 5.3** prikazan je ukupan broj alela (N_a) skupina kultivara Poljoprivrednog instituta Osijek priznatih tijekom pet vremenskih razdoblja. Ukupan broj alela prikazan je u različitim bojama ovisno o tome jesu li pojedini aleli izgubljeni ili očuvani iz prethodnih razdoblja, ili su pak introducirani tijekom tog razdoblja. Tijekom svakog, osim posljednjeg razdoblja priznavanja (2006. – 2008.), broj introduciranih alela bio je veći od broja izgubljenih tako da je ukupan broj alela u skupinama kultivara kontinuirano rastao.



Slika 5.3. Promjene u broju alela po skupinama kultivara pšenice Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) tijekom pet vremenskih razdoblja priznavanja.

Analiza dugotrajnog oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) pokazala je da nije došlo do signifikantnog sužavanja genetskog zaleđa. Razlog je tome dobro osmišljen oplemenjivački program uz stalno uvođenje novih, nesrodnih kultivara kao roditelja u križanjima, tako da je alelno bogatstvo zadržano usprkos kontinuiranom odabiru koji je rezultirao znatnim povećanjem prinosa i kakvoće novostvorenih kultivara.

5.2 Tradicijski kultivari

Za razliku od modernih kultivara, tradicijski kultivari nisu nastali u okviru određenog oplemenjivačkog programa pod kojim se obično podrazumijeva određen planski, sustavan i znanstven pristup stvaranju novih kultivara. Smatra se da su nastali višestoljetnim svjesnim ili pak manje svjesnim odabirom poljoprivrednika uz znatan utjecaj prirodnog odabira uvjetovanog prvenstveno klimatskim prilikama i sastavom tla u regiji u kojoj su razvijeni. **Tradicijski kultivari** (engl. *landrace*; *farmers' variety*) poznati su pod mnogim sinonimima te se nazivaju i **lokalnim populacijama** (engl. *local population*), **ekotipovima** (engl. *ecotype*), **primitivnim varijetetima** (engl. *primitive variety*), a kod nas se uobičajeno nazivaju starim ili domaćim sortama.

TRADICIJSKI KULTIVAR (engl. *landrace*) je kultivar nastao svjesnim ili pak manje svjesnim odabirom poljoprivrednika uz znatan utjecaj prirodnog odabira.

Obično se pretpostavlja da su tradicijski kultivari adaptirani na lokalne klimatske i edafske uvjete, kao i na tradicijsku agrotehniku. Za razliku od modernih kultivara, često nisu ujednačeni ni na genotipskoj ni na fenotipskoj razini. Stoga je i njihova morfološka svojstva teže precizno opisati, pa ih je teže i razlikovati. Obično imaju niže prinose od modernih kultivara i često su neprikladni za uzgoj u uvjetima moderne poljoprivrede. Na temelju današnjih standarda, često su i niže kakvoće, ali mogu imati određena svojstva kakvoće koja bi mogla postati zanimljivima u budućnosti. Isto tako, često su osjetljivi na određene bolesti i štetnike koji su problem u današnjoj intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji (uspješno riješen oplemenjivanjem otpornih modernih kultivara), ali istodobno su i mogući izvor otpornosti na neke druge bolesti i štetnike koji bi mogli postati problem u budućnosti.

Razvitkom oplemenjivanja i uvođenja modernih, visokoprinosnih kultivara u poljoprivrednu proizvodnju svuda u svijetu dolazi do postupne zamjene tradicijskih kultivara modernima. Nestanak tradicijskih kultivara najviše se osjetio kod kultura kod kojih je započeo intenzivan rad na oplemenjivanju (žitarice, mahunarke, povrće), dok se npr. kod vinove loze (*Vitis vinifera*) i masline (*Olea europaea*) uzgoj još uvijek temelji na tradicijskim kultivarima. Smatra se da je nestanak tradicijskih kultivara jedan od najvažnijih uzroka genetske erozije (engl. *genetic erosion*), odnosno smanjenja genetske raznolikosti kultiviranih biljnih vrsta (**vidi potpoglavlje 7.3**).

Postupak registracije tradicijskih kultivara, odnosno upis na sortnu listu koji omogućava njihovu zaštitu, često je praćen poteškoćama prilikom utvrđivanja njihove različitosti, ujednačenosti i postojanosti (DUS ispitivanja; **vidi potpoglavlje 5.1**). Zbog genotipske i fenotipske neujednačenosti, teško je utvrditi jasna razlikovna svojstva tradicijskih kultivara, a postoji i problem priznavanja vlasništva nad tradicijskim kultivarima kojima oplemenjivač, po definiciji, nije poznat.

Stoga se prema Zakonu o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja, tradicijski kultivari mogu upisati u Sortnu listu Republike Hrvatske kao **čuvane sorte** (engl. *conservation variety*). Čuvanom se sortom smatra domaća sorta koja nije bila predmet

sustavnog oplemenjivanja ili je pak oplemenjena prije više od 15 godina, a održava se i proizvodi u Republici Hrvatskoj. Isto tako, čuvanom se sortom mogu smatrati i udomaćene sorte, odnosno starije sorte stranog podrijetla koje su se proizvodile u Republici Hrvatskoj više od 15 godina, te se i dalje održavaju i proizvode u Republici Hrvatskoj. Za razliku od redovitog postupka koji vrijedi u slučaju novonastalih kultivara, za stavljanje čuvane sorte na Sortnu listu Republike Hrvatske dovoljne su informacije o opisu sorte, rezultati neslužbenog ispitivanja kao i znanja stečena kroz praktično iskustvo tijekom uzgoja, umnažanja i korištenja, te postojanje najmanje jednog registriranog održivača. Sjeme čuvane sorte mora biti proizvedeno u regiji podrijetla i smije se staviti na tržište samo u toj regiji, s tim da se pod regijom podrijetla za čuvane sorte smatra cijeli teritorij Republike Hrvatske. Također postoji i kvantitativno ograničenje. Sjeme čuvane sorte ne smije se stavljati na tržište u količini većoj nego što je dostatno za sjetvu površine koja ne prelazi 0,5 % površine koja se sije u jednoj godini tom biljnom vrstom ili maksimalno u količini sjemena potrebnoj za sjetvu 100 ha. Primjeri tradicijskih kultivara koji su upisani u Sortnu listu Republike Hrvatske kao čuvane sorte prikazani su u **Tablici 5.3**.

ČUVANA SORTA (engl. *conservation variety*) tradicijski je kultivar poznatog održivača koji je upisan u Sortnu listu Republike Hrvatske.

Iako uzgoj vinove loze (*Vitis vinifera*) i masline (*Olea europaea*) još uvijek počiva na tradicijskim kultivarima i tu postoji opasnost od genetske erozije; jer se u proizvodnji šire nadaleko poznati i cijenjeni inozemni (vinova loza: 'Chardonnay', 'Pinot', 'Sauvignon'; maslina: 'Arbequina', 'Frantoio', 'Picholine') ili domaći tradicijski kultivari (vinova loza: 'Graševina', 'Malvazija istarska', 'Plavac mali crni'; maslina: 'Oblica', 'Buža', 'Lastovka'), koji istiskuju nedovoljno poznate lokalne tradicijske kultivare. Problemi prilikom identifikacije tradicijskih kultivara opisani su u *Priči o maslini: Homonimija, sinonimija i unutarsortna raznolikost tradicijskih kultivara.*

Tablica 5.3. Primjeri tradicijskih kultivara upisanih na Sortnu listu Republike Hrvatske kao čuvane sorte.

Br.	Naziv čuvane sorte	Biljna vrsta
1.	'Brački jabučar'	rajčica (*Solanum lycopersicum*)
2.	'Domaći lišćar'	peršin (*Petroselinum crispum*)
3.	'Istarski crveni'	češnjak (*Allium sativum*)
4.	'Ludbreški hren'	hren (*Armoracia rusticana*)
5.	'Podravkin bijeli'	pastrnjak (*Pastinaca sativa*)
6.	'Slavonski ljubičasti'	luk (*Allium cepa*)
7.	'Slavonski zeleni'	grah (*Phaseolus vulgaris*)
8.	'Varaždinski kupus'	kupus (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*)
9.	'Virovitičanka'	paprika (*Capsicum annuum* var. *grossum*)
10.	'Zagrebačka kristal ljetna'	salata (*Lactuca sativa*)

Priča o maslini: Homonimija, sinonimija i unutarsortna raznolikost tradicijskih kultivara

Maslina (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *europaea*) je udomaćena na području istočnog Sredozemlja (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec) najkasnije oko 5000 godina pr. n. e. Odabirom poželjnih jedinki divljih maslina (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *sylvestris*) koje su se odlikovale krupnoćom ploda, količinom ulja i/ili rodnošću nastali su brojni tradicijski kultivari. Populacije divljih maslina još uvijek postoje u mnogim zemljama Sredozemlja i predstavljaju biljne genetske izvore koji nisu dovoljno analizirani. Pritom možemo razlikovati izvorne divlje masline (*oleastri*) i feralne tipove (*olivastri*) koji su nastali križanjem divljih i kulturnih maslina ili su pak sjemenjaci kulturnih maslina. Genetskom je analizom utvrđeno da izvorne divlje masline možemo naći na Pagu, Hvaru i Lastovu, dok su na Pelješcu većinom prisutni feralni tipovi. I brijunske su masline uglavnom feralnog tipa, a vjerojatno su nastale spolnim razmnažanjem introduciranih kultivara.

Oplemenjivački programi koji teže razvitku novih, modernih kultivara masline u posljednjih su se četrdesetak godina počeli razvijati u Italiji, Izraelu i Španjolskoj. Budući da se maslina razmnaža vegetativno, oplemenjivački su se programi uglavnom temeljili na **klonskoj selekciji** (engl. *clonal selection*), no pritom su započeta i ciljana križanja kao i odabir poželjnih genotipova unutar potomstva. Najpoznatiji su moderni kultivari dobiveni križanjem i odabirom pogodnih genotipova za uzgoj u gustom sklopu kao 'Lecciana' (roditelji: 'Arbosana' × 'Leccino'), 'Oliana' (roditelji: 'Arbequina' × 'Arbosana') i 'Sikitita' (roditelji: 'Picual' × 'Arbequina'). Svi navedeni kultivari razvijeni su za superintenzivne sustave uzgoja u kojima je gustoća sklopa od 550 do 2200 stabala po hektaru, za razliku od intenzivnih u kojima je gustoća sklopa od 250 do 500 stabala/ha ili tradicijskih sustava uzgoja s do 250 stabala/ha. Uz upotrebu prikladnih kultivara, superintenzivni sustavi uzgoja podrazumijevaju visok stupanj mehaniziranosti svih agrotehničkih operacija — poput rezidbe i berbe, uz preporučeno navodnjavanje.

KLONSKA SELEKCIJA (engl. *clonal selection*) postupak je odabira genotipova unutar kultivara kod kojih je zbog mutacija došlo do poželjnih promjena u nekima od gospodarski važnih svojstava. Klonska se selekcija provodi kod vrsta vegetativnog razmnažanja kao što su vinova loza i maslina.

Međutim, tradicijski su kultivari, bez sumnje, još uvijek temelj uzgoja maslina u svijetu. Smatra se da ih postoji više od 1200 ili 5000, ovisno o autoru, a čuvaju se u stotinjak poljskih kolekcija diljem maslinarskih zemalja Sredozemlja. Najstarija i najveća svjetska kolekcija nalazi se u Kordobi (Španjolska; **vidi potpoglavlje 10.1**), a slične su kolekcije naknadno uspostavljene u Marakešu (Maroko) i Izmiru (Turska).

U okviru Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za

hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj (**vidi potpoglavlje 11.3**) tradicijski se kultivari masline čuvaju u nizu poljskih kolekcija smještenih u Splitu i Kaštel Starom (Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split), Poreču (Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč), Vodnjanu (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet), Dubrovniku (Sveučilište u Dubrovniku, Zavod za mediteranske kulture) i Kaštel Štafiliću (Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za voćarstvo i povrćarstvo).

Prilikom analize tradicijskih kultivara maslina nužno se javljaju problemi (1) homonimije (engl. *homonymy*), (2) sinonimije (engl. *synonymy*) i (3) unutarsortne raznolikosti (engl. *intra-cultivar variability*; *intravarietal variability*), koji otežavaju točnu identifikaciju i odabir biljnog materijala u svrhu daljnjeg razmnažanja.

(1) Homonimija (engl. *homonymy*): Tradicijsko imenovanje kultivara uglavnom se temeljilo na jasnim morfološkim svojstvima ('Crnica'), toponimima ('Jeruzalemka', 'Šoltanka', ali ne i 'Lastovka' koja je ime dobila po grančicama s plodom koje sliče krilima lastavice) ili praktičnoj upotrebi ('Uljarica') određenog kultivara, pa su tako slučajevi homonimije vrlo česti u svim maslinarskim regijama. Po bjelkastosivoj boji naličja lista uz slovensku su 'Istrsku belicu' i hrvatsku 'Bjelicu', imenovani i talijanski kultivari 'Bianchera' i 'Biancolilla', španjolski 'Blanqueta', portugalski 'Branquita de Elvas' i alžirski 'Blanquette de Gastu', a po okruglastom je plodu uz naš najraširenija kultivar 'Oblicu' dobio ime i sirijski kultivar 'Doebli', turski 'Yuvarlik', talijanski 'Tonda di Cagliari', španjolski 'Redondilla de Logroño', portugalski 'Redondil', marokanski 'Ronde de la Ménara' i alžirski 'Ronde de Meliana'.

HOMONIMIJA (engl. *homonymy*) je postojanje istih (ili sličnih) naziva za genetski različite tradicijske kultivare.

(2) Sinonimija (engl. *synonymy*): Diljem Sredozemlja jednako je česta i pojava sinonimije jer su se širenjem uzgoja određenih kultivara u nove regije njihova imena često mijenjala i/ili prilagođavala različitim jezicima. U okviru Svjetske banke germplazme maslina provedena je genetska analiza 1273 kultivara iz 29 zemalja pomoću **EST-SNP biljega** (engl. *EST-SNP markers*) i utvrđeno je postojanje 668 različitih genotipova. U skupinu genetski identičnih, sinonimnih kultivara 'Baladi' imenovanu po istoimenom libanonskom kultivaru, uključeno je čak 86 kultivara podrijetlom iz različitih regija Jordana, Sirije, Turske i Cipra. Stoga se tu zapravo radi o jednom kultivaru s 86 imena. Zemljopisno je najraširenija bila skupina kultivara imenovana po sirijskom kultivaru 'Safrawi' koja je obuhvaćala 17 kultivara, od Jordana ('Kanabisi'), preko Libanona ('Dal'), Turske ('Dilmit'), Grčke ('Throubolia'), Albanije ('Marksi') i Italije ('Grossolana'), pa sve do Španjolske ('Cirujal').

SINONIMIJA (engl. *synonymy*) je postojanje različitih naziva za genetski identične tradicijske kultivare.

EST-SNP BILJEZI (engl. *EST-SNP markers*) jedan su od brojnih sustava molekularnih biljega SNP [engl. *single-nucleotide polymorphism (SNP) markers;* polimorfizam pojedinačnog nukleotida ili jednonukleotidni polimorfizam], koji su utvrđeni na temelju eksprimiranih nukleotidnih sljedova (EST; engl. *expressed sequence tags*).

(3) Unutarsortna raznolikost (engl. *intra-cultivar variability*): Budući da se maslina uzgaja isključivo vegetativnim razmnažanjem, bilo bi za očekivati da se određeni kultivar u uzgoju pojavljuje kao klon kojeg čine genetski potpuno identična stabla. Međutim, brojna su istraživanja pokazala da to i nije uvijek tako, te da se čak i u istom masliniku mogu naći genetski (donekle) različite jedinke koje se smatraju istim kultivarom.

UNUTARSORTNA RAZNOLIKOST (engl. *intra-cultivar variability*; *intravarietal variability*) je postojanje različitih genotipova unutar određenog kultivara biljne vrste koja se razmnaža vegetativno. Unutarsortna raznolikost temelj je za provedbu klonske selekcije.

U svrhu analize homonimije, sinonimije i unutarsortne raznolikosti tradicijskih kultivara maslina istočnog Jadrana prikupljeni su uzorci 190 stabala maslina kultivara iz Slovenije (SVN: 'Istrska belica', 'Črnica'), Hrvatske (HRV: 'Bjelica', 'Crnica') i Crne Gore (MNE: 'Žutica', 'Crnica') koji nose ista ili slična imena. Pritom valja napomenuti da pridjev „istarska" na slovenskom jeziku glasi „istrska" tako da se u nazivu 'Istrske belice' ne radi o slovnoj pogrešci na što bi većina govornika hrvatskog jezika odmah posumnjala. Kao **uljez** (engl. *outgroup*) pomoću kojeg je zakorijenjeno filogenetsko stablo izabrana je 'Perišićeva mastrinka', stablo masline iz Kaštel Štafilića proglašeno 1990. godine Zaštićenim spomenikom prirode zbog svoje iznimne starosti (**Slika 5.4**). Genotipizacija je provedena na temelju 12 mikrosatelitnih biljega. Nakon analize podataka koja je uključivala izračun matrice genetske udaljenosti i izradu filogenetskog stabla, utvrđeno je postojanje četiri **klada** (engl. *clade*) (**Slika 5.5**).

ULJEZ (engl. *outgroup*) je genetski udaljeniji organizam (ili skupina organizama) koji služi kao referentni genotip prilikom određivanja evolucijskih odnosa unutar analizirane skupine organizama.

KLAD (engl. *clade*) je skupina jedinki (genotipova, svojti) koje imaju zajedničkog pretka (monofiletska skupina, ogranak, rodoslovna linija).

U kladu A nalazila su se sva analizirana stabla 'Istrske belice' (SVN) dok su stabla 'Bjelice' (HRV) i 'Žutice' (MNE) bila smještena u kladu D. Isto tako, stabla 'Crnice' (HRV) i 'Crnice' (MNE) pripadala su kladu B, a stabla 'Črnice' (SVN) kladu C. Prilikom analize utvrđena su tri stabla 'Crnice' (HRV) kao i stablo 'Žutice' (MNE) koja se nisu svrstala zajedno s ostalim stablima navedenih kultivara, iako su se pokazala genetski srodnima. U tim se slučajevima najvjerojatnije radi o sjemenjacima, stablima poteklima iz sjemena dobivenih stranooplodnjom matičnih kultivara koji se po fenotipskim svojstvima od njih znatno ne razlikuju. Sjemenjaci se obično klasificiraju kao feralne masline odnosno, u širem smislu, kao divlje masline.

Navedeni rezultati ukazuju na to da se u slučaju 'Crnice' (HRV) i 'Crnice' (MNE) radi o istom kultivaru, dok su 'Bjelica' (HRV) i 'Žutica' (MNE) sinonimni kultivari. S druge strane 'Istrska belica' (SVN) i 'Bjelica' (HRV) homonimni su kultivari kao i u slučaju 'Črnice' (SVN) i 'Crnice' (HRV/MNE).

Istraživanje je također pokazalo znatne razlike u razinama unutarsortne raznolikosti između analiziranih kultivara. Kod svih 49 analiziranih stabala 'Istrske belice' (SVN) potvrđen

je identičan multilokusni genotip, dok je kod 'Žutice' (MNE) zapaženo 14 genotipova, a kod 'Bjelice' (HRV) devet. Imajući na umu da su 'Bjelica' (HRV) i 'Žutica' (MNE) sinonimni kultivari, ukupan broj različitih genotipova iznosio je 22. Navedeni su se genotipovi razlikovali u jednom do šest alela (ukupan broj alela bio je 24, jer je analiza provedena na temelju 12 mikrosatelitnih lokusa).



Slika 5.4. Dr. sc. Tatjana Klepo, maslinarska stručnjakinja zaposlena u Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu ispred stabla 'Perišićeve mastrinke', Kaštel Štafilić.

Navedeno je istraživanje ukazalo na postojanje različitih razina unutarsortne raznolikosti koje se mogu podijeliti u četiri kategorije ovisno o podrijetlu: (1) Akumulacija somatskih mutacija, (2) Izvorna poliklonalnost, (3) Spolno razmnažanje i (4) Slučajevi homonimije.

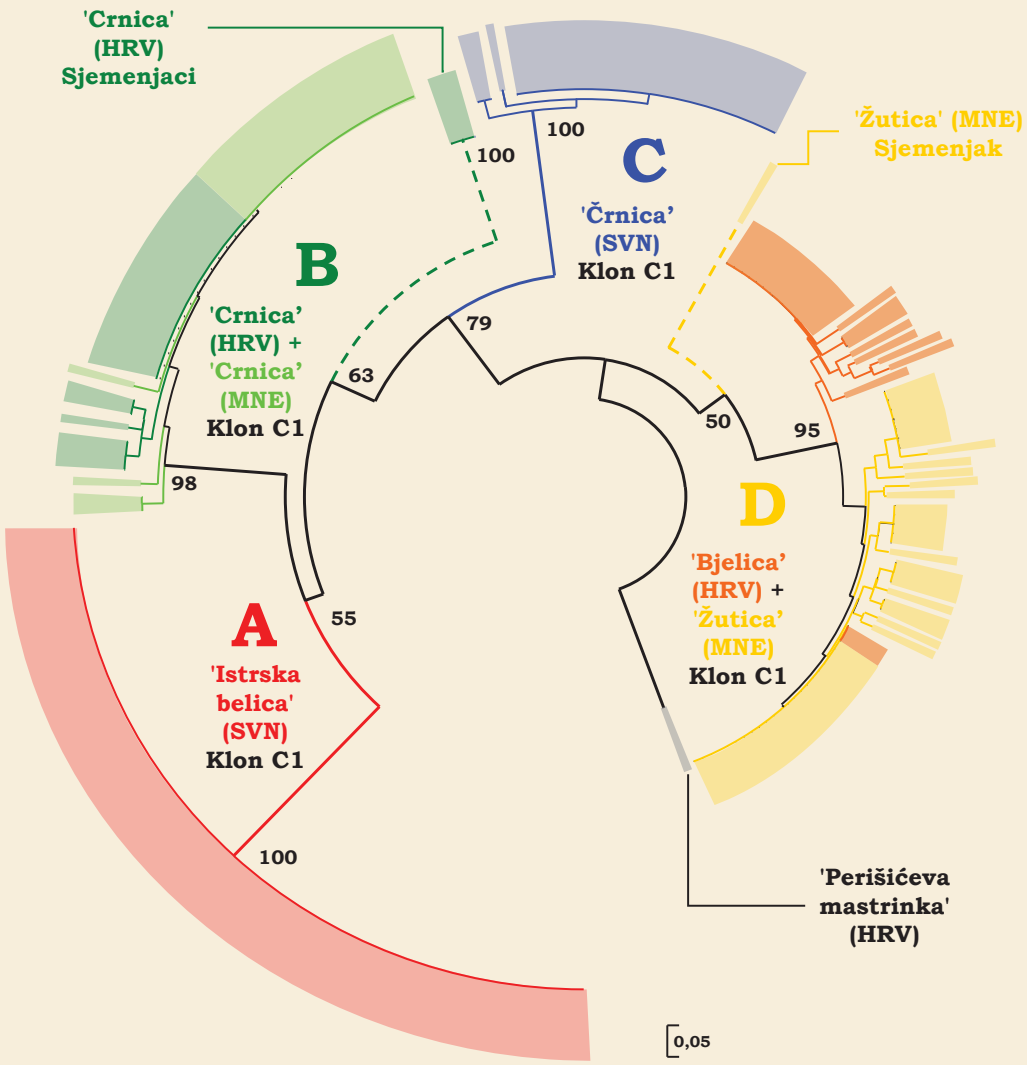
(1) Akumulacija somatskih mutacija: U slučaju 'Črnice' (SVN) kao i 'Crnice' (HRV/MNE) utvrđeni su se klonovi razlikovali u najviše dva alela pa se čini vjerojatnim da je do toga došlo akumulacijom somatskih mutacija tijekom višestoljetnog uzgoja uz kontinuirano vegetativno razmnažanje, kao što je to potvrđeno u slučaju španjolskih kultivara 'Arbequina' i 'Manzanilla de Sevilla'.

(2) Izvorna poliklonalnost: S druge strane, unutarsortna raznolikost 'Bjelice/Žutice' (HRV/MNE) uključuje 22 različita klona koji se razlikuju u jednom do šest alela što nije moguće objasniti somatskim mutacijama iako su i one, bez sumnje, pridonijele zapaženoj raznolikosti. Objašnjenje vjerojatno leži u izvornoj poliklonalnosti navedenog kultivara. Prilikom udomaćenja, pojedinačna stabla odabrana iz populacija divljih maslina bila su međusobno slična po glavnim morfološkim svojstvima i genetski vrlo srodna, ali ne i identična. Izvorna

poliklonalnost određenog kultivara održavana je vegetativnim razmnažanjem genetski donekle različitih klonova kao što je to potvrđeno u slučaju portugalskog kultivara 'Galega vulgar'.

(3) Spolno razmnažanje: Kod kultivara 'Bjelica/Žutica' (HRV/MNE) kao i 'Crnica' (HRV/MNE) potvrđeno je postojanje sjemenjaka koji su se od matičnih kultivara razlikovali u osam do 11 alela. Pojedinačna stabla nastala iz sjemena (sjemenjaci) nakon križanja između kultivara, a isto tako i između kultivara, feralnih (oleastri) i/ili divljih maslina (olivastri) često se mogu naći u mnogim maslinarskim regijama. U tradicijskom maslinarstvu takva pojedinačna stabla nisu bila odstranjivana niti su bila preimenovana, ukoliko su po glavnim fenotipskim svojstvima sličila izvornom kultivaru.

(4) Slučajevi homonimije: U slučaju 'Črnice' (SVN) i 'Crnice' (HRV/MNE) utvrđeno je da se radi o homonimnim kultivarima jer se po svom genotipu vrlo jasno razlikuju.



Slika 5.5. Filogenetsko stablo na temelju podataka mikrosatelitnih biljega 190 uzoraka kultivara maslina iz Slovenije (SVN: 'Istrska belica', 'Črnica'), Hrvatske (HRV: 'Bjelica', 'Crnica') i Crne Gore (MNE: 'Žutica', 'Crnica') koji nose ista ili slična imena. Stablo je zakorijenjeno pomoću uzorka 'Perišićeve mastrinke', Kaštel Štafilić.

Homonimija, sinonimija i unutarsortna raznolikost uvelike otežavaju točnu identifikaciju kultivara maslina. Sociolingvističke analize homonimije i sinonimije na temelju sve preciznijih genetskih podataka mogu pružiti vrlo zanimljiva saznanja o podrijetlu i putevima širenja uzgoja masline tijekom povijesti, a unutarsortna raznolikost ne bi trebala biti preprekom razvitku suvremenog rasadničarstva, već prilikom za uspostavu oplemenjivačkih programa.

5.3 Oplemenjivački i genetski materijal

Moderni oplemenjivački programi uključuju velik broj različitih križanja, razvitak određenog broja generacija nastalih od početnog križanja, te odabir u potomstvu na temelju nekog jasno definiranog oplemenjivačkog kriterija kao što je visok prinos, visoka kakvoća i/ili otpornost na određene bolesti ili štetnike. Nakon višegodišnjih pokusa na više lokacija oplemenjivač odabere najbolje genotipove, te ih odluči predati nacionalnom povjerenstvu za priznavanje novonastalih kultivara. Na temelju rezultata usporednih pokusa povjerenstvo donosi odluku hoće li te genotipove registrirati i upisati na sortnu listu. Pritom se ostali biljni materijal razvijen tijekom oplemenjivačkih programa često održava u kolekcijama **oplemenjivačkog materijala** jer može poslužiti kao vrijedan ishodišni biljni materijal u daljnjim ciklusima križanja i odabira.

Pod **genetskim biljnim materijalom** (engl. *genetic stock collection*) podrazumijevaju se kolekcije raznovrsnog biljnog materijala namijenjenog znanstvenim istraživanjima, no katkad se njegova vrijednost može ogledati i u praktičnom oplemenjivanju u svrhu razvitka novih kultivara. Navedene se kolekcije uglavnom čuvaju u znanstvenim ustanovama i često su dostupne svim zainteresiranim znanstvenicima u svrhu provedbe daljnjih istraživanja. Uobičajeni tipovi specijalnih kolekcija genetskog materijala su: (1) populacije za kartiranje, (2) kolekcije mutanata i (3) citogenetske kolekcije (**Slika 5.6**).

OPLEMENJIVAČKI MATERIJAL (engl. *breeding material*; *breeding lines*; *unregistered lines*) biljni je materijal nastao tijekom procesa oplemenjivanja.

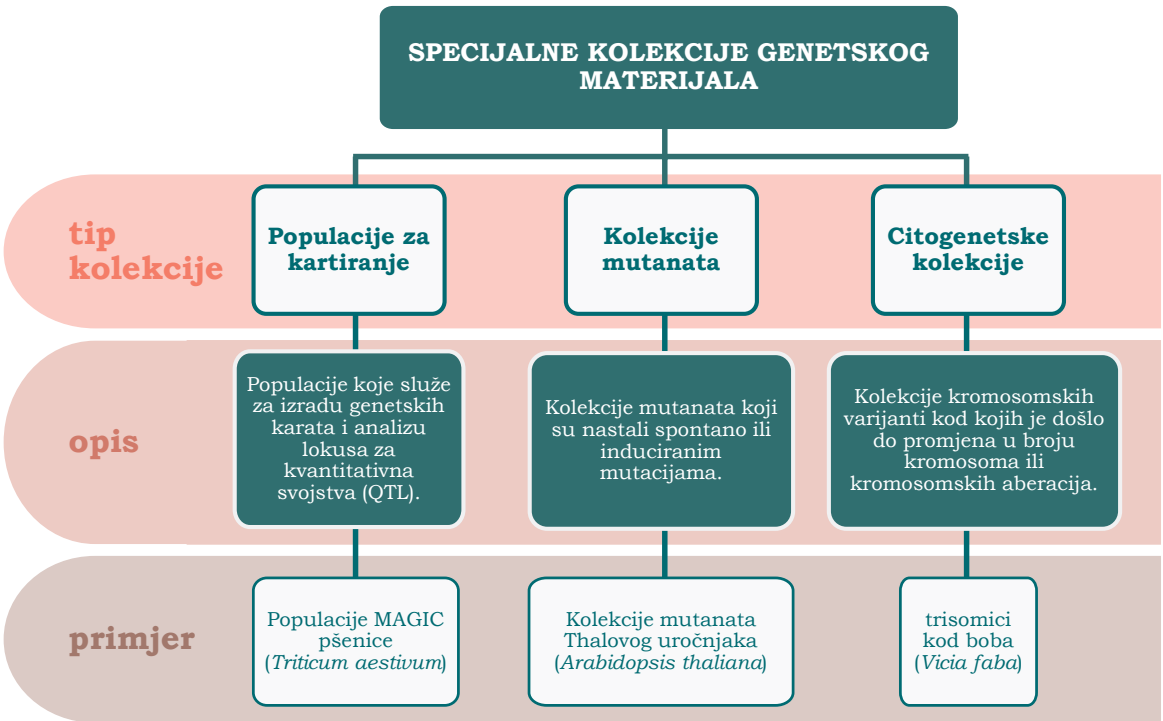
GENETSKI MATERIJAL (engl. *genetic stock collection*) obuhvaća kolekcije raznovrsnog biljnog materijala koje se prvenstveno koriste za znanstvena istraživanja, a ponekad i izravno u oplemenjivanju bilja.

1) Populacije za kartiranje (engl. *mapping populations*) služe za izradu genetskih karata (engl. *genetic mapping*) i analizu lokusa za kvantitativna svojstva (engl. *Quantitative Trait Loci*; QTLs). Populacije za kartiranje kao što su generacija F2 nastala samooplodnjom jedinke generacije F1 (dobivene križanjem homozigotnih roditeljskih linija) ili generacija povratnog križanja (engl. *backcross*; BC) nastala križanjem jedinke generacije F1 s jednom od roditeljskih linija, mogu se koristiti samo tijekom jedne generacije jer u sljedećim generacijama dolazi do razdvajanja gena. S druge strane, populacije za kartiranje kao što su**:** **rekombinantne inbred linije** (engl.

recombinant inbred lines; RILs), **inbred linije povratnog križanja** (engl. *backcross inbred lines*; BILs), **gotovo izogene linije** (engl. *near-isogenic lines*; NILs) te **linije udvostručenih haploida** (engl. *doubled haploid lines*; DHs); sastoje se od homozigotnih biljaka. Navedene se populacije smatraju „besmrtnima" (engl. *immortal populations*) jer kod njih ne dolazi do razdvajanja gena, pa se mogu kontinuirano održavati. Stoga su idealne za postavljanje poljskih pokusa u različitim okolišima, što omogućava analizu interakcije genotip × okoliš (engl. *genotype* × *environment interaction*; G × E). Sve su navedene populacije (RILs, BILs, NILs, DHs) razvijene iz križanja dvaju roditelja te se stoga nazivaju biparentalnima (engl. *biparental populations*). „Besmrtne" populacije mogu se razviti i nakon upotrebe kompleksnijih shema križanja koja uključuju i više od dva roditelja kao što su **napredne generacije dobivene križanjem više roditelja** (engl. *multi-parent advanced generation inter-cross*; MAGIC).

REKOMBINANTNE INBRED LINIJE (engl. *recombinant inbred lines*; RILs) skupina su homozigotnih linija koje su nastale samooplodnjom jedinki generacije F2 upotrebom metode potomstva jedne sjemenke (engl. *single-seed descent*; SSD) tijekom više generacija odnosno ciklusa samooplodnje.

INBRED LINIJE POVRATNOG KRIŽANJA (engl. *backcross inbred lines*; BILs) skupine su homozigotnih linija nastalih samooplodnjom jedinki dobivenih nakon jedne ili više generacija povratnog križanja (engl. *backcross*; BC).



Slika 5.6. Primjeri specijalnih kolekcija genetskog materijala.

GOTOVO IZOGENE LINIJE (engl. *near-isogenic lines*; NILs) skupina su homozigotnih biljaka nastalih s ciljem introgresije gena za poželjna svojstva roditelja donora u genom agronomski prihvatljivog roditelja koji služi kao rekurentni roditelj (recipijent ili primatelj poželjnih gena). Gotovo izogene linije stvorene su nakon ponovljenih povratnih križanja s odabirom onih koje pokazuju određeno poželjno svojstvo, te su gotovo identične rekurentnom roditelju na svim lokusima, osim u regijama koje se nalaze u blizini gena za navedena svojstva.

LINIJE UDVOSTRUČENIH HAPLOIDA (engl. *doubled haploid lines*; DHs) skupina su biljaka nastalih induciranjem haploidnih biljaka, te udvostručenjem njihovih kromosoma čime izravno nastaju potpuno homozigotne dihaploidne linije.

NAPREDNA GENERACIJA DOBIVENA KRIŽANJEM VIŠE RODITELJA (engl. *multi-parent advanced generation inter-cross*; MAGIC) skupina je homozigotnih biljaka nastala samooplodnjom jedinki dobivenih križanjem četiri ili više roditelja.

Primjer: Populacije pšenice MAGIC

U svrhu izrade genetske karte i analize lokusa za kvantitativna svojstva (QTL) pšenice, na Nacionalnom institutu za poljoprivrednu botaniku (*National Institute of Agricultural Botany*; NIAB), Cambridge, Ujedinjeno Kraljevstvo, razvijene su dvije napredne generacije dobivene križanjem više roditelja (engl. *multi-parent advanced generation inter-cross*; MAGIC) poznate pod nazivima MAGIC Elite i MAGIC Diverse.

Budući da su populacije MAGIC razvijene iz križanja više roditelja, one pokazuju znatno veću genetsku i fenotipsku raznolikost od biparentalnih populacija (RILs, BILs, NILs, DHs). Zbog toga se očekuje i veća razina polimorfnosti korištenih molekularnih biljega, te izrada **genetskih karata visoke rezolucije** (engl. *high-density linkage maps*). Više ciklusa međukrižanja između roditeljskih linija uz naknadne cikluse samooplodnje dovode do akumulacije rekombinacijskih događaja što povećava preciznost analize lokusa za kvantitativna svojstva (QTL) i otkrivanja veza između fenotipskog svojstva i gena koji to svojstvo nadziru. Visoka razina fenotipske raznolikosti omogućava analizu većeg broja svojstava korištenjem iste genetske karte.

GENETSKA KARTA VISOKE REZOLUCIJE (engl. *high-density linkage map*) genetska je karta, odnosno karta vezanih gena (engl. *linkage map*) s prosječnom udaljenosti između biljega manjom od dva centiMorgana (cM), visokom pokrivenosti genoma i ravnomjernom raspodjelom biljega po genomu.

Populacija MAGIC Elite temeljila se na osam kultivara osnivača (engl. *founder varieties*). Radilo se o elitnim kultivarima registriranima u razdoblju između 1991. i 2006. godine (‘Alchemy’, ‘Brompton’, ‘Claire’, ‘Hereward’, ‘Rialto’, ‘Robiogus’, ‘Soissons’, ‘Xi19’), koji su se odlikovali nizom poželjnih svojstava kao što su visok prinos, visoka pekarska kakvoća,

ranozrelost, te otpornost na niz različitih bolesti. Korištena shema križanja, poznata pod nazivom „lijevak“ (engl. *funnel crossing scheme*), uključivala je četiri dvosmjerna križanja (kultivar A × B, C × D, E × F i G × H), dva četverosmjerna (križanci AB × CD i EF × GH), te jedno osmosmjerno križanje (dvostruki križanci ABCD × EFGH) koja su ponavljana u različitim kombinacijama dvosmjernih, četverosmjernih i osmosmjernih križanja; jer u slučaju osam kultivara osnivača postoji 28 mogućih kombinacija u F1 generaciji (npr. A × C, B × D, E × G, F × H itd.), te 210 četverosmjernih i 315 osmosmjernih kombinacija. MAGIC Elite populacija nastala je samooplodnjom jedinki proizašlih iz osmosmjernih križanja upotrebom metode potomstva jedne sjemenke (engl. *single-seed descent*) nakon više generacija, odnosno ciklusa samooplodnje.

Na temelju populacije MAGIC Elite ukupna duljina genetske karte iznosila je 5405 centiMorgana (cM) i ukupno je kartiran 18 601 SNP biljeg. Na karti je bilo 4578 jedinstvenih pozicija, jer je u brojnim slučajevima više biljega kartirano na istu poziciju u genomu. Prosječna udaljenost između biljega (odnosno jedinstvenih pozicija biljega na karti) iznosila je 1,63 cM. Navedena je karta korištena u brojnim istraživanjima s ciljem analize lokusa za kvantitativna svojstva (QTL) pšenice. Raspoloživost dovoljne količine sjemena jedinki populacije MAGIC omogućila je analizu modela rasta koji su opisivali kretanje visine i površine nadzemnog dijela biljke, te promjene intenziteta usvajanja vode, kao i tijeka odumiranja lisne mase tijekom vegetacije u kontroliranim uvjetima. Zatim su procijenjeni parametri modela rasta korišteni kao kvantitativna svojstva u identifikaciji gena koji nadziru navedene procese. Isto tako, bilo je moguće analizirati lokuse za kvantitativno svojstvo (QTL) otpornosti na smeđu pjegavost lista (engl. *septoria tritici blotch*; STB), gljivičnu bolest koju uzrokuje vrsta *Zymoseptoria tritici*, tijekom trogodišnjih poljskih pokusa.

Za razliku od populacije MAGIC Elite kod koje su osnivači bili elitni komercijalni kultivari, populacija MAGIC Diverse nastala je međukrižanjima 16 također modernih, ali većinom zastarjelih kultivara pšenice registriranih u razdoblju od 1935. do 2004. godine s ciljem analize genetskih promjena do kojih je došlo tijekom povijesti oplemenjivanja pšenice u Velikoj Britaniji. Šesnaest kultivara osnivača križano je na sličan način kao i prilikom stvaranja populacije MAGIC Elite, ali bez ponavljanja u različitim kombinacijama. Nakon četiri godine međukrižanja (dvosmjerna, četverosmjerna, osmosmjerna i šesnaestosmjerna križanja) razvijeno je 174 šesnaestosmjernih porodica križanaca kada se pristupilo samooplodnji i razvitku homozigotnih linija metodom potomstva jedne sjemenke (engl. *single-seed descent*).

Populacije MAGIC Elite i MAGIC Diverse redovito se održavaju i njihovo je sjeme dostupno svim zainteresiranim znanstvenicima nakon potpisivanja sporazuma o transferu materijala (engl. *Material Transfer Agreement*; MTA) kojim se zabranjuje bilo kakva komercijalna upotreba navedenog biljnog materijala jer je namijenjen za provedbu daljnjih znanstvenih istraživanja, a svi rezultati moraju biti slobodno dostupni. Vrijednost navedenih populacija ne leži samo u činjenici da je sam njihov razvitak iziskivao znatna financijska sredstva kao i rad mnogobrojnih znanstvenika i stručnjaka, već i u tome što su dostupni i svi genotipski podaci dobiveni na temelju analize SNP biljezima, kao i genetske karte koje se mogu slobodno koristiti u identifikaciji gena za kvantitativna svojstva koja primatelj tog materijala odluči analizirati.

(2) Kolekcije mutanata (engl. *mutant collections*) bile su osnovane kako bi čuvale biljni materijal koji pokazuje određena neuobičajena morfološka ili fiziološka svojstva. Takvi su mutanti bili spontani ili pak dobiveni induciranim mutacijama. Pritom se često radilo o jedinkama koje se razlikuju u jednom ili malom broju gena ili genotipskom/fenotipskom svojstvu

uobičajenog za vrstu. Napretkom biotehnoloških metoda, kolekcije mutanata nadopunjavane su jedinkama koje su sadržavale određene strukturne kromosomske aberacije (delecije, duplikacije, inverzije, insercije ili translokacije pojedinih segmenata DNA) kao i populacije nastale postupkom ciljanog induciranja lokalnih lezija u genomu (engl. *Targeting Induced Local Lesions in Genomes*; TILLING). Postupak TILLING obično obuhvaća kemijsku mutagenezu tretiranjem sjemena pomoću etil-metan sulfonata (EMS), te potragu za mutacijama u sljedećoj, M2 generaciji. Na taj je način 2000. godine razvijena kolekcija TILLING Thalovog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*) kao modelnog organizma, a zatim i kolekcije mnogih kulturnih biljnih vrsta; kao što su riža (*Oryza sativa*), kukuruz (*Zea mays*), pšenica (*Triticum aestivum*), soja (*Glycine max*) i rajčica (*Solanum lycopersicum*). Razvitkom tehnika genetske transformacije pomoću bakterije *Agrobacterium radiobacter* (poznata po sinonimu *Agrobacterium tumefaciens* koji danas više nije prihvaćen) stvorene su prve kolekcije insercijskih mutanata koje sadrže transfer-DNA (T-DNA) bakterije na specifičnim mjestima u genomu. T-DNA je regija plazmida *Ti* bakterije koja se prenosi i ugrađuje u genom biljke-domaćina. Takve kolekcije (T-DNA *insertional mutant collections*) sastoje se od jedinki kojima su određeni geni nefunkcionalni zbog postojanja navedenih insercija. Razvijene su kod Thalovog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*), kao i dvoklasićaste koštrive (*Brachypodium distachyon*), modelnog organizma za genetska istraživanja na žitaricama, te kod riže (*Oryza sativa*). Sve navedene kolekcije služe prvenstveno za znanstvena istraživanja u svrhu analize strukture i funkcije gena.

Primjer: Kolekcije Thalovog uročnjaka

Thalov uročnjak (*Arabidopsis thaliana*) jednogodišnja je biljna vrsta iz porodice krstašica (Brassicaceae) koja je odabrana kao modelni organizam za genetska istraživanja biljnih vrsta. Vrsno je ime *thaliana* dobila po njemačkom liječniku i botaničaru Johannesu Thalu (1542. – 1583.) koji ju je prvi opisao, stoga bi ispravan hrvatski naziv bio Thalov a ne Talijin uročnjak (iako se i taj naziv često sreće) jer s Talijom, jednom od devet Muza grčke mitologije nema nikakve veze. Niz je praktičnih razloga zašto je baš ta biljna vrsta odabrana kao biljka-model. Niskog je rasta (20 do 25 cm) što je čini pogodnom za uzgoj u kontroliranim uvjetima u komorama za rast. Nadalje, vegetacijski ciklus joj je vrlo kratak (šest do osam tjedana), samooplodna je, a lako se može križati i u laboratorijskim uvjetima, te može tvoriti i više tisuća sjemenki, jer komuška Thalovog uročnjaka sadrži 30 do 60 sjemenki, a biljka obično ima 50 do 60 komuški. Daljnje prednosti Thalovog uročnjaka tiču se genetike: diploidna je, ima mali broj kromosoma ($2n = 10$) i kratkog je genoma (~135 000 000 parova baza).

Mnoga znanstvena istraživanja, ključna za razvitak genetike, provedena su upravo na Thalovom uročnjaku. Prva genetska karta Thalovog uročnjaka koja je sadržavala 76 morfoloških biljega objavljena je 1983. godine. Godine 1986. provedena je prva uspješna genetska transformacija pomoću bakterije *Agrobacterium tumefaciens*, 1993. izrađena je genetska karta koja je osim klasičnih, morfoloških biljega sadržavala i molekularne biljege RFLP (polimorfizam dužine restrikcijskih ulomaka; engl. *Restriction Fragment Length Polymorphism*; RFLP), a 2000. je po prvi put objavljena sekvenca cjelokupnog genoma određene biljne vrste, i to upravo Thalovog uročnjaka.

Za napredak znanstvenih istraživanja na Thalovom uročnjaku vrlo je važan Centar za biološke izvore Thalovog uročnjaka (*Arabidopsis Biological Resource Center*; ABRC) koji je osnovan na Sveučilištu Ohio (*Ohio State University*), Columbus, SAD, 1991. godine s ciljem čuvanja i održavanja kolekcije prirodnih populacija kao i genetskog materijala te opskrbu znanstvenika sjemenom. Mnogi su znanstvenici shvatili vrijednost postojanja jedinstvenog

centra koji se brine za kontinuirano održavanje biljnog materijala Thalovog uročnjaka te rado doniraju vlastiti biljni materijal na čuvanje nakon provedenih znanstvenih istraživanja. Uz preko 6000 biljaka koje predstavljaju prirodnu raznolikost Thalovog uročnjaka, kolekcija sadrži i preko 50 populacija za kartiranje, tridesetak aneuploidnih jedinki (vidi dalje) te preko 500 000 induciranih mutanata i transgenskih biljaka koji uključuju brojne jedinke nastale postupkom TILLING, kao i preko 40 setova transgenskih insercijskih mutanata (engl. T-DNA *insertional mutants*, vidi gore). Velika je prednost navedenog biljnog materijala i postojanje mnoštva genetskih informacija koje su slobodno dostupne svim zainteresiranim znanstvenicima.

(3) Citogenetske kolekcije (engl. *cytogenetic stock collections*) obično sadrže jedinke kod kojih je došlo do promjene u broju kromosoma (poliploidi, aneuploidi), a često i one koje sadrže određene kromosomske aberacije (delecije, duplikacije, inverzije, insercije ili translokacije pojedinih segmenata DNA). Razvitkom genomike, citogenetika kao posebna grana genetike koja proučava morfologiju kromosoma, pomalo gubi svoju specifičnost te sve više postaje sastavni dio sveobuhvatnih genomskih istraživanja. U današnje su vrijeme citogenetske kolekcije većinom objedinjene s kolekcijama mutanata u sveobuhvatne kolekcije genetskog materijala (engl. *genetic stock collection*). Tipične citogenetske kolekcije su kolekcije **aneuploida** koje se sastoje od specifičnih kromosomskih varijanti određene biljne vrste.

ANEUPLOIDIJA (engl. *aneuploidy*) je kromosomska promjena koja nastaje zbog greške u funkciji diobenog vretena u mejozi i zahvaća pojedine kromosome u setu. Time nastaju gamete koje imaju višak ili manjak jednog ili više kromosoma.

Aneuploidni genotipovi imaju različit broj kromosoma od normalnog ($2n$), svojstvenog za vrstu, kao što su (1) Nulisomici (manjak jednog para kromosoma; $2n - 2$), (2) Monosomici (manjak jednog kromosoma; $2n - 1$), (3) Trisomici (višak jednog kromosoma; $2n + 1$) ili pak (4) Tetrasomici (višak jednog para kromosoma ($2n + 2$). Jedna je od najpoznatijih kolekcija aneuploida serija nulisomika kod krušne pšenice (*Triticum aestivum* var. *aestivum*) koju je 1953. godine opisao američki genetičar i botaničar Ernest R. Sears (1910. – 1991.). Krušna je pšenica heksaploidna vrsta s 42 kromosoma ($2n = 6x = 42$), a nulisomici imaju 40 kromosoma ($2n - 2 = 40$). Sears je, koristeći kultivar 'Chinese Spring', pokazao da je moguće razviti cjelokupnu seriju nulisomika kojima nedostaju različiti parovi kromosoma. Tako je nastala serija od 21 nulisomika pšenice koja je poslužila za različita citogenetska istraživanja.

Primjer upotrebe kolekcije aneuploida u svrhu lokalizacije pojedinih gena na kromosomima opisan je u *Priči o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima.*

Priča o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima

Bob (*Vicia faba*) spada u jednu od najranije udomaćenih biljnih vrsta. Kao i niz drugih mahunarki kao što su grašak (*Pisum sativum*), slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*) i leća (*Lens culinaris*), bob je udomaćen na području Bliskog istoka (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec; **vidi potpoglavlje 8.2**). Po proizvodnji bob je šesta mahunarka u svijetu; nakon graha (*Phaseolus vulgaris*), slanutka (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*), graška (*Pisum sativum*), crnookice (*Vigna unguiculata*) i leće (*Lens culinaris*). Koristi se za ljudsku prehranu, kao i za hranidbu stoke, uklapa se u plodored temeljen na uzgoju žitarica, a po sposobnosti fiksacije atmosferskog dušika smatra se jednom od najučinkovitijih mahunarki.

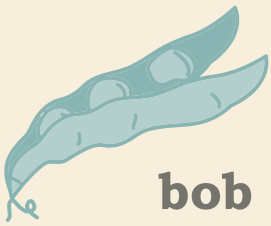
Bob je često korišten u citogenetskim istraživanjima zbog malog broja kromosoma ($2n$ = 12), a izrazito velikog genoma. Naime, duljina genoma boba je oko 13 000 Mpb (mega parova baza), dok je kod graška (*Pisum sativum*) 5000 Mpb ($2n$ = 14), a kod graha (*Phaseolus vulgaris*) tek 620 Mpb ($2n$ = 22).

Sedamdesetih godina prošlog stoljeća u potomstvu biljaka boba tretiranih kemijskim mutagenim sredstvom, etil-metan sulfonatom (EMS), pronađene su **asinaptičke** biljke kojima se potomstvo nakon križanja s diploidnim biljkama većinom sastojalo od normalnih, diploidnih biljaka, ali i trisomičnih. Pritom je izdvojena robusna asinaptička linija (Vf 6) koja je redovito stvarala dva tipa ženskih gameta: normalne haploidne gamete (n), kao i aneupoloidne gamete (n + 1).

ASINAPSA (engl. *asinapsis*) je mejotička nepravilnost pri kojoj tijekom prve mejotičke diobe ne dolazi do potpunog sparivanja homolognih kromosoma što dovodi do slučajne raspodjele kromosoma između gameta. Tako stvorene gamete mogu sadržavati različit broj kromosoma od normalnog haploidnog broja (n).

Križanjem asinaptičke linije Vf 6 s diploidnim biljkama bilo je moguće stvoriti seriju trisomika ($2n$ + 1) za različite kromosome u suvišku. Pritom je iznimka bio trisomik za kromosom 1 koji se rijetko pojavljivao i u pravilu bio potpuno sterilan, vjerojatno zbog genomne neravnoteže uzrokovane prevelikom količinom DNA u ženskim aneuploidnim gametama (n + 1). Zanimljivo je da vjerojatno iz istog razloga nisu nikada primijećene muške aneuploidne gamete, tako da se kromosom u suvišku može prenositi isključivo ženskim gametama. Trisomici za različite kromosome jasno su se morfološki razlikovali od normalnih diploidnih biljaka, pa su npr. trisomici za kromosom 5 imali male i vrlo konkavne listove, a trisomici za kromosom 6 izrazito konveksne listove.

Samooplodnjom trisomičnih F1 biljaka moguće je razviti F2 generaciju koja se sastoji od normalnih diploidnih ($2n$), kao i trisomičnih biljaka ($2n$ + 1). Shema razdvajanja gena trisomične F1 biljke genotipa AAa prikazana je na **Slici 5.7**.



bob (*Vicia faba*)

Ženske gamete ♀

Muške gamete ♂	Normalne haploidne (*n*)	A	A	a	Trisomične (*n* + 1) AA	Aa	Aa
A	AA	AA	Aa	AAA	AAa	AAa
A	AA	AA	Aa	AAA	AAa	AAa
a	Aa	Aa	aa	AAa	Aaa	Aaa

Slika 5.7. Shema razdvajanja gena trisomične F1 biljke boba (*Vicia faba*) genotipa AAa.

Budući da trisomična F1 biljka genotipa AAa tvori normalne, haploidne gamete u omjeru 2A : 1a, razdvajanje gena koji je smješten na kromosomu u suvišku u F2 generaciji, razlikuje se ovisno o tome radi li se o normalnim diploidima ili trisomicima; ali niti u jednom slučaju neće rezultirati mendelovskim razdvajanjem u omjeru 1 AA : 2 Aa : 1 aa. U setu normalnih diploidnih F2 biljaka omjer će biti 4 AA : 4 Aa : 1 aa, a u setu trisomičnih F2 biljaka 2 AAA : 5 AAa : 2 Aaa. Ukoliko pak gen nije smješten na kromosomu u suvišku, za očekivati je da će razdvajanje tog gena biti mendelovsko i u setu normalnih diploidnih, kao i u setu trisomičnih F2 biljaka. Na taj je način, nakon križanja asinaptičke linije Vf 6 s različitim mutantnim linijama, bilo moguće lokalizirati gene za niz monogenskih morfoloških svojstava boba kao što su crvena boja sjemena (engl. *red seed-coat*; gen *r*; kromosom 4), crna boja sjemena (engl. *black seed colour*; gen *Sc*; kromosom 2), determinirani rast (engl. *determinate growth*; gen *ti*; kromosom 5), kao i žuta boja cvijeta (engl. *yellow pigment on flower*; gen *yf*; kromosom 5).

6

STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: DIVLJI BILJNI MATERIJAL

6.1 Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal

Priča o žutom srčaniku: Sakupljati ili uzgajati?

6.2 Divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način

Priča o rajčici: Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju

6.3 Potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal

Priča o Richardu E. Schultesu: Otac moderne etnobotanike

Uvod

Divlji biljni materijal obuhvaća sve biljne svojte koje nisu bile podvrgnute procesu udomaćenja (domestikacija; engl. *domestication*). Smatra se da je od ukupnog broja opisanih biljnih vrsta na našem planetu (382 294, 2022. godine, procjena: više od 500 000; **vidi potpoglavlje 3.1**) Čovjek tijekom povijesti uzgajao njih 7000, a danas se u redovitom uzgoju nalazi tek nekih 1000 biljnih vrsta (**vidi potpoglavlje 9.3**). Međutim, brojne divlje biljne svojte svakako se koriste na različite načine, a pretpostavlja se da postoje i brojne svojte čija su svojstva potencijalno poželjna, ali još uvijek nepoznata.

Divlji biljni materijal, stoga možemo podijeliti prema načinu upotrebe u tri skupine:

(1) Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal obuhvaća divlje biljne vrste koje se izravno koriste iz prirode, ali se ne uzgajaju. Razlog za njihovo očuvanje može biti njihova sadašnja vrijednost koja proizlazi iz korištenja ili buduća vrijednost zbog mogućnosti uvođenja u poljoprivrednu proizvodnju.

(2) Divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način odnosi se na one divlje biljne vrste koje se ne uzgajaju, ali se koriste u oplemenjivanju kulturnih vrsta kao donori poželjnih

gena. Razlog njihova očuvanja leži u budućoj vrijednosti koja proizlazi iz njihove upotrebe u oplemenjivanju bilja.

(3) Potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal čine divlje biljne vrste koje se ne koriste, jer njihova potencijalno poželjna svojstva još uvijek nisu poznata. Razlog za njihovo očuvanje njihova je potencijalna vrijednost – odnosno mogućnost njihove upotrebe nakon provedbe znanstvenih istraživanja.

6.1 Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal

U izravno upotrebljiv divlji biljni materijal ubrajaju se one divlje biljne vrste koje se ne uzgajaju, već se sakupljaju samonikle u prirodi (engl. *wild collection*; *wild gathering*; *wild harvesting*) i izravno koriste. Primjer su takvih vrsta brojne tropske voćne vrste kao i brojne ljekovite i aromatične biljne vrste. Neke biljne vrste koje se izravno koriste nisu nikada bile udomaćene i ne uzgajaju se, no postoje; isto tako, brojne vrste koje se pojavljuju i u uzgoju, iako je većina biljnog materijala na tržištu sakupljana u prirodi.

Postoje brojni objektivni razlozi zašto se određena vrsta ne uzgaja. Katkad se radi o spororastućim biljnim vrstama koje mogu imati dugu fazu vegetativnog rasta ili pak biljnim vrstama koje imaju specijalne zahtjeve u vezi okolišnih uvjeta za normalan rast i razvoj (klima, nadmorska visina, tlo), ili pak, vrlo nisku klijavost sjemena ili osjetljivost na bolesti i štetnike u agrikulturnom okruženju. Za neke biljne vrste **udomaćenje** (domestikacija; engl. *domestication*) također nije isplativo s obzirom da je to dugotrajan i skup proces, jer je potrebno provesti mnogobrojna znanstvena i stručna istraživanja, te obučiti buduće proizvođače. Isto tako, katkad je biljna vrsta vrlo česta u prirodi, a cijena sakupljenog biljnog materijala toliko je niska da uzgoj čini neprofitabilnim. Nadalje, ljudi koji sakupljaju samonikli biljni materijal često nemaju dovoljno financijskih sredstava da bi zasnovali proizvodnju.

UDOMAĆENJE (domestikacija; engl. *domestication*) je uvođenje samonikle biljne vrste u poljoprivrednu proizvodnju.

Postavlja se pitanje treba li sakupljati ili uzgajati biljni materijal, a više je razloga koji idu u prilog poticanja uzgoja. Poticanje uzgoja i ograničavanje sakupljanja jedan je od prioriteta mnogih država s ciljem povećanja prihoda od poljoprivredne proizvodnje. Uzgoj omogućuje točnu botaničku identifikaciju, predvidljiv prinos i ujednačenu kvalitetu uzgojenog biljnog materijala. Temeljem uzgoja moguć je daljnji razvitak trgovinskih odnosa, ugovaranja dugoročnije proizvodnje biljnog materijala garantirane kakvoće i obima. Dugoročniji trgovinski odnosi trebali bi otvoriti put razvitku znanosti i struke, uključujući rad na oplemenjivanju i sjemenarstvu određene kulture, kao i osmišljavanje i izgradnju kapaciteta za doradu i preradu. Shodno tome razvio bi se i državni nadzor nad proizvodnjom, uz mogućnost uspostave sustava poticaja, u svrhu sjetve certificiranog sjemena registriranih kultivara.

Stoga je temeljno pitanje zašto još uvijek postoje brojne biljne vrste koje se ne uzgajaju,

već se sakupljaju u prirodi. Uspostava učinkovite poljoprivredne proizvodnje „nove“ biljne vrste je, kao što je već navedeno, dugotrajan i rizičan pothvat koji iziskuje znatna ulaganja. Dugotrajnije trgovinske odnose često je teško uspostaviti jer cijena na tržištu varira. Povremeno sakupljanje u prirodi važan je izvor zarade najsiromašnijih slojeva društva koji nemaju potrebna financijska sredstava da uspostave proizvodnju. Iako su, u mnogim slučajevima, brojna znanstvena i stručna istraživanja već provedena (na svjetskoj razini), nepostojanje učinkovite savjetodavne službe, kao i opća nezainteresiranost državnih tijela prije provedbu obuke potencijalnih proizvođača, jer se često radi o biljnim vrstama u kojima većina agrarnih ekonomista ne vidi potencijal. Državni nadzor i sustav poticaja često ne postoji ili nije dovoljno razvijen.

Naposljetku se postavlja pitanje što nam onda preostaje. Ukoliko državna tijela nisu u stanju uložiti financijska sredstva u plansko uvođenje određene biljne vrste u poljoprivrednu proizvodnju, sakupljanje je, u mnogim slučajevima, nužno. Međutim, prekomjernim iskorištavanjem može doći do smanjenja raznolikosti odnosno genetske erozije biljnih vrsta (**vidi potpoglavlje 7.3**). Stoga je razvitkom i primjenom pravila za održivo sakupljanje u prirodi moguće izbjeći genetsku eroziju.

Priča o žutom srčaniku: Sakupljati ili uzgajati?

Žuti srčanik (*Gentiana lutea*), poznat i po nazivima kao što su *lincura*, *siništara*, *uho košuće* i *zelje od srca* višegodišnja je zeljasta biljna vrsta, kratkog i debelog podanka koji se grana u dugi, mesnati korijen (*Gentianae radix*). Sadrži gorke glikozide (amarogentin, genciopikrin) koji poboljšavaju probavu (stomahik, digestiv) i osnažuju organizam (tonik, roborans). Koristi se u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji. Na području Alpa, kao i na Balkanskom poluotoku, korijen se žutog srčanika tradicijski koristi u spravljanju likera (njem. *Enzian schnapps*; rakija od lincure).

Tipično su stanište žutog srčanika planinske livade (800 – 2500 m n.v.), a rasprostranjen je od Pirineja, preko Alpa i Apenina do Dinarida. Zabilježene su četiri podvrste žutog srčanika. Podvrsta *lutea* (ssp. *lutea*) raste od Pirineja i zapadnih Alpa do Apenina, a podvrsta *symphyandra* (ssp. *symphyandra*) od istočnih Alpa do Dinarida. Podvrsta *vardjanii* (ssp. *vardjanii*) može se naći na relativno uskom području u jugoistočnim Alpama, a podvrsta *montserratti* (ssp. *montserratti*) isključivo u središnjim Pirinejima.

Uzgoj žutog srčanika još je uvijek vrlo ograničen, tako da se biljni materijal legalno, ali često i ilegalno, sakuplja u prirodi. Budući da se radi o spororastućoj vrsti, a vađenjem korijena biljka se potpuno uništi, potrebno je dugo vremensko razdoblje za potpuni oporavak oštećenih populacija. U mnogim zemljama ima status osjetljive (VU), ugrožene (EN) ili kritično ugrožene (CR) svojte zbog prekomjernog sakupljanja (**vidi potpoglavlje 3.3**). U Hrvatskoj je sakupljanje zabranjeno, po Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske pripada ugroženim svojtama (EN) i

strogo je zaštićena biljna vrsta.

Nakon provedbe znanstvenih istraživanja na žutom srčaniku u španjolskim Pirinejima, uspostavljeni su kriteriji za održivo sakupljanje u prirodi, u svrhu očuvanja bioraznolikosti i stabilnosti ekosustava. Navedenim se kriterijima utvrđuje vrijeme i područje sakupljanja, metoda i intenzitet sakupljanja kao i obveza ponovne sadnje podanaka s vegetativnim pupovima na mjestu sakupljanja u skladu s Međunarodnim standardom za održivo sakupljanje ljekovitog i aromatičnog bilja u prirodi (*International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants*) pripremljenima od strane Ekspertne skupine za ljekovito bilje (*Medicinal Plant Specialist Group*; MPSG) Savjeta za opstanak vrsta (*Species Survival Commission*; SSC) Međunarodne unija za zaštitu prirode i prirodnih resursa (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources; IUCN).*

Žuti srčanik može se uzgajati, no u Europi se uzgaja na samo 150 ha i ne nazire se trend povećanja uzgoja, jer postoje brojni problemi prilikom uzgoja. Sjeme žutog srčanika obično je dormantno i u svrhu poticanja klijanja potrebno je provesti predsjetvene tretmane (npr. stratifikacija sjemena tijekom 2 mjeseca na 2 °C ili tretiranje giberelinskom kiselinom). Najbolji se prinos korijena dobije ukoliko se sade dvogodišnje presadnice, a korijen se vadi u šestoj godini vegetacije. Tijekom prvih dviju godina od presadnje žuti srčanik vrlo sporo raste i velika je opasnost od zakorovljavanja. Korijen se suši na 60 °C, a od četiri kilograma svježeg korijena može se dobiti do jedan kilogram suhog. Djelatnici Instituta za proučavanje ljekovitog bilja „Dr. Josif Pančić“, Beograd, Srbija proveli su niz istraživanja u svrhu odabira najučinkovitijih agrotehničkih mjera (gustoća sadnje, gnojidba, upotreba folija za malčiranje) za uzgoj žutog srčanika te zasnovali pokusnu proizvodnju na planini Tari u zapadnoj Srbiji, na 1000 m n.v. (**Slika 6.1**). U svrhu učinkovite proizvodnje potrebno je provesti brojna dodatna znanstvena i stručna istraživanja. Da bi se odabrao prikladan ishodišni materijal za buduće oplemenjivačke programe potrebno je analizirati genetsku i biokemijsku raznolikost (količina gorkih glikozida u korijenu) prirodnih populacija. Isto tako, potrebno je unaprijediti tehnologiju proizvodnje presadnica te utvrditi optimalnu gnojidbu nasada. Stoga, nije za očekivati da će proizvodnja žutog srčanika zamijeniti sakupljanje u prirodi. Jedino sustavna financijska pomoć državnih institucija može dovesti do znatnijeg porasta proizvodnje.



Slika 6.1. Uzgoj žutog srčanika (*Gentiana lutea*) na planini Tari u zapadnoj Srbiji.

6.2 Divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način

U divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način ubrajaju se biljne vrste koje se ne uzgajaju, ali se koriste u oplemenjivanju kulturnih vrsta kao donori poželjnih gena. Te su vrste u pravilu **divlji srodnici** kulturnih biljnih vrsta (engl. *crop wild relative*; CWR).

DIVLJI SRODNIK (engl. *crop wild relative*; CWR) divlja je biljna svojta koja posjeduje neizravnu uporabnu vrijednost koja proističe iz njene genetske srodnosti s određenom kulturnom biljnom vrstom te se može koristi u oplemenjivanju te kulture kao donor poželjnih gena.

GENSKI SKUP (engl. *gene pool*; zaliha gena) ukupnost je genetske raznolikosti određene kulturne biljne vrste.

S obzirom na mogućnost križanja s određenom kulturnom biljnom vrstom srodne se svojte mogu razvrstati u primarni, sekundari i tercijarni **genski skup** (engl. *gene pool*):

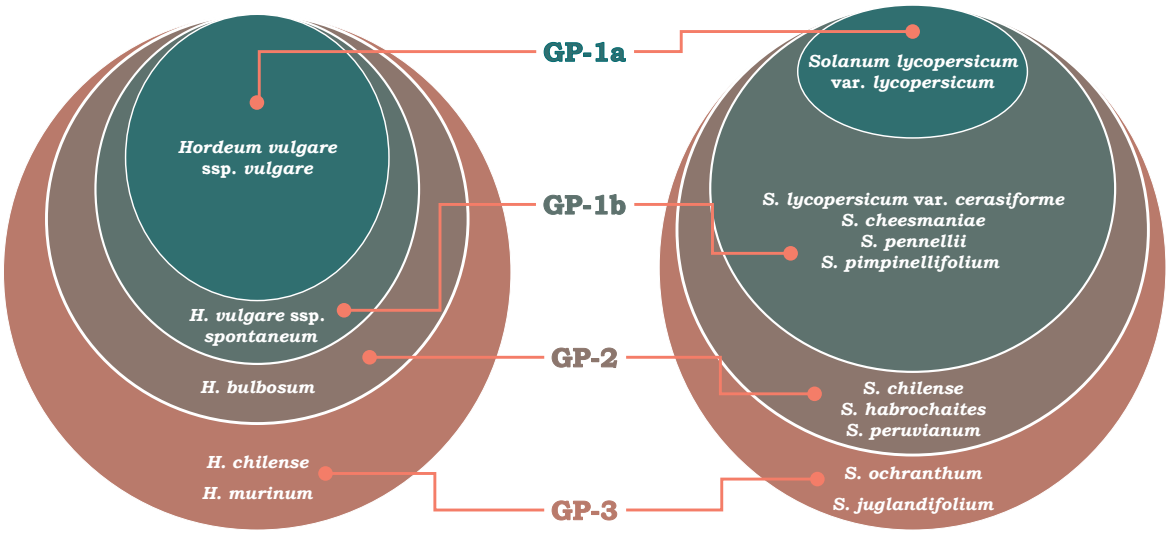
(1) Primarni genski skup (GP-1): U primarni genski skup određene kulturne biljne vrste ubrajaju se svojte koje uglavnom botanički pripadaju toj vrsti. Primarni genski skup može se podijeliti na podskup GP-1a kojem pripada kulturna svojta (uključujući podvrste, moderne i tradicijske kultivare, te oplemenjivački materijal) i podskup GP1b kojem pripadaju divlje svojte kulturne biljne vrste, odnosno njeni divlji preci ili srodnici s kojima se kulturni tipovi mogu križati, jer se to katkad događa i spontano u prirodi ili se pak može lako provesti upotrebom klasičnih metoda križanja.

(2) Sekundarni genski skup (GP-2): Sekundarni genetski skup obuhvaća srodne vrste s kojima se određena kulturna vrsta može križati, ali pritom često dolazi do brojnih nepravilnosti prilikom oplodnje, što može rezultirati nastankom uglavnom sterilnih križanaca. Međutim, upotrebom modernih biotehnoloških metoda (kultura stanica i tkiva; udvostručenje kromosoma) moguće je iskoristiti i genetsku raznolikost svojti sekundarnog genskog skupa u oplemenjivanju dotične kulturne biljne vrste.

(3) Tercijarni genski skup (GP-3): U tercijarni se genski skup ubrajaju taksonomski srodne svojte s kojima se kulturna biljna vrsta može križati, ali nije moguće dobiti životnosposobne križance ili su pak ti križanci potpuno sterilni. Budući da je križanje svojti tercijarnog genskog skupa s kulturnom biljnom vrstom moguće, još uvijek postoji mogućnost da će se daljnjim razvitkom biotehnologije moći iskoristiti i genetska varijabilnost svojti koje pripadaju tom genskom skupu.

Tako se primarni genski skup ječma (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) dijeli na podskup GP-1a koji obuhvaća kulturnu podvrstu (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*), a podskup GP-1b pretpostavljenog divljeg pretka, podvrstu *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* (**Slika 6.2**). Podskupu GP-1a, stoga pripadaju moderni i tradicijski kultivari ječma kao i oplemenjivački materijal, a podskupu GP-1b divlji tip s kojim se kulturni ječam lako križa. U sekundarni se genski skup (GP-2) ječma može svrstati lukovičasti ječam (*Hordeum bulbosum*). Križanjem

kulturnog ječma s lukovičastim u pravilu nastaju haplodni križanci koji posjeduju isključivo kromosome kulturnog ječma, jer tijekom razvitka embrija dolazi do eliminacije kromosoma lukovičastog ječma. U kulturi embrija moguće je uzgojiti biljke koje se tretiraju otopinom kolhicina kako bi došlo do udvostručenja broja kromosoma te nastanka dihaploidnih biljaka, odnosno linija udvostručenih haploida (engl. *double haploid lines*; DHs). Ovaj se postupak često koristi u znanstvenim istraživanjima i praktičnom oplemenjivanju ne bi li se nakon križanja dva kultivara ječma nakon samo jedne generacije dobio set linija udvostručenih haploida koje su potpuno homozigotne, a međusobno se znatno razlikuju, jer predstavljaju različite kombinacije roditeljskih genotipova. Tercijarni genski skup (GP-3) ječma obuhvaća i neke vrste istog roda kao što su *Hordeum murinum* i *Hordeum chilense* s kojima kulturni ječam nije moguće križati. Valja pritom istaknuti da se vrsta *Hordeum chilense* upotrebom biotehnoloških metoda (kultura embrija; tretman kolhicinom) može križati s vrstama roda *Triticum*, pa je tako stvorena nova, hibridna vrsta × *Tritordeum* za koju se pokazalo da ima vrlo visoku pekarsku kakvoću. Križanjem vrste *Hordeum chilense* ($2n = 2x = 14$; $H^{ch}H^{ch}$) s tetraploidnom tvrdom pšenicom (*Triticum turgidum* ssp. *turgidum*; $2n = 4x = 28$; AABB) moguće je kreirati heksaploidne ($2n = 6x = 42$; $AABBH^{ch}H^{ch}$), a križanjem s heksaploidnom krušnom pšenicom (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*; $2n = 6x = 42$; AABBDD) i oktaploidne tritordeume ($2n = 8x = 56$; $AABBDDH^{ch}H^{ch}$).



Slika 6.2. Genski skupovi ječma (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) i rajčice (*Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum*).

Navedena podjela na genske skupove pretpostavlja provedbu sveobuhvatnih istraživanja mogućnosti međuvrsnih križanja koja kod mnogih manje istraživanih kultura nisu provedena. U tom je slučaju klasifikacija srodnih vrsta u **skupine svojti** (engl. *taxon group*) puno praktičnija u svrhu pripreme ishodišnog materijala za buduće programe oplemenjivanja.

SKUPINA SVOJTI (engl. *taxon group*) kategorija je u klasifikaciji svojti na temelju taksonomske srodnosti s određenom kulturnom biljnom vrstom.

Razlikujemo sljedeće skupine svojti:

(1) Prva skupina svojti (TP-1): U prvu skupinu svojti ubrajaju se svojte koje botanički pripadaju određenoj kulturnoj vrsti. Na isti način kao i u slučaju primarnog genskog skupa, podskup TP-1a čini kulturna svojta [kulturna podvrsta (*subspecies;* ssp.) ili kulturni varijetet (*varietas;* var.)], a podskup TP-1b divlje svojte iste vrste.

(2) Druga skupina svojti (TP-2): Drugoj skupini svojti pripadaju vrste iste sekcije (*sectio*; sec.) unutar istog podroda (*subgenus*; subg.).

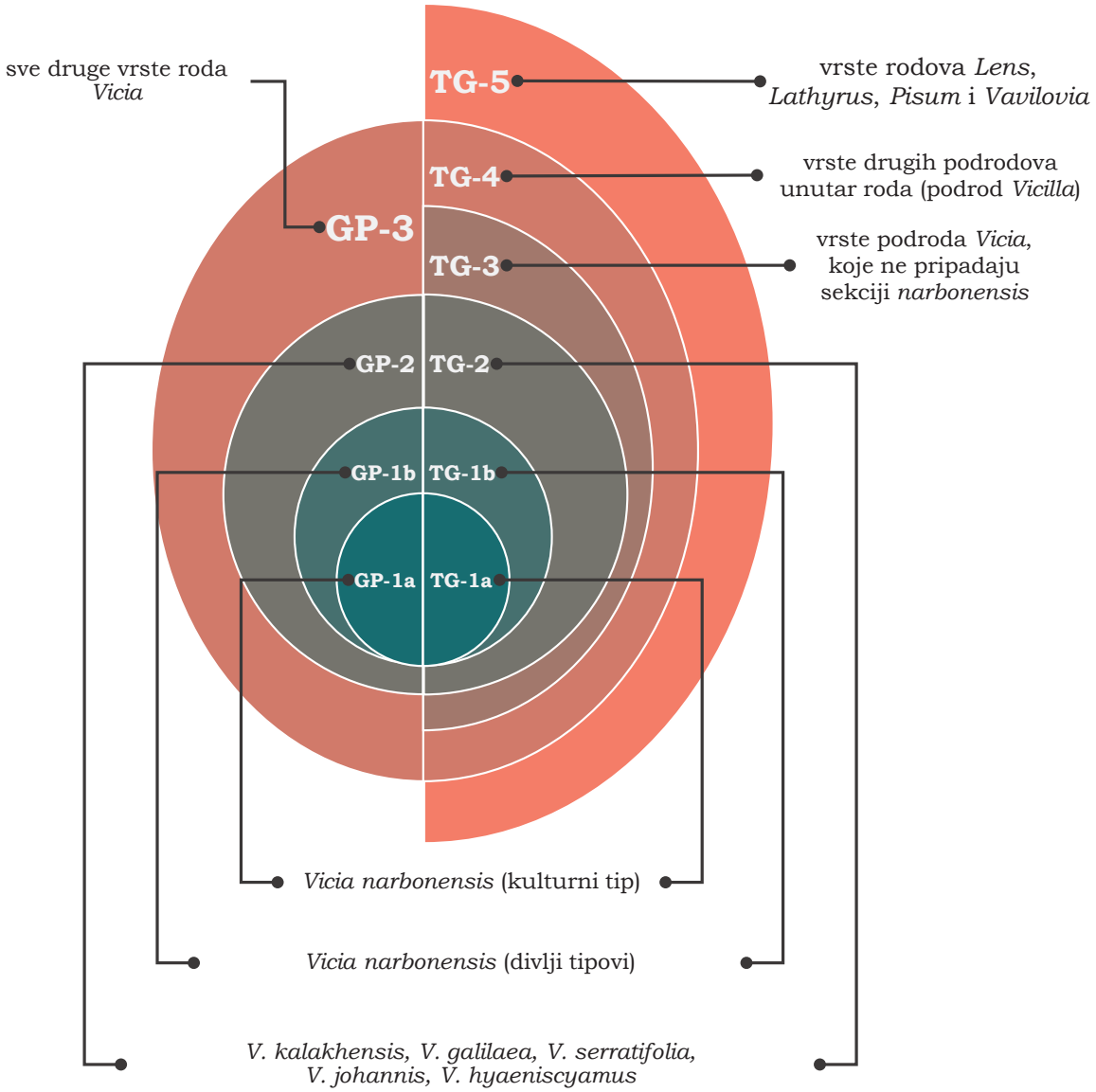
(3) Treća skupina svojti (TP-3): Treća skupina obuhvaća vrste drugih sekcija unutar istog podroda.

(4) Četvrta skupina svojti (TP-4): Četvrtoj skupini svojti pripadaju vrste drugih podrodova unutar istog roda.

(5) Peta skupina svojti (TP-5): Petoj skupini svojti pripadaju vrste drugih rodova unutar porodice.

Na **Slici 6.3** prikazan je odnos skupina svojti i genskih skupova na primjeru mišje grahorice (*Vicia narbonensis*), zapostavljene kulturne krmne mahunarke. U tom slučaju postoji potpuna podudarnost između taksonomskih kategorija važnih za razvrstavanje svojti u skupine kao i genetskih informacija o uspješnosti križanja potrebnih za određivanje genskih skupova. Međutim, postoje brojne kulturne biljne vrste kod kojih se ove dvije klasifikacije ne podudaraju. U svakom slučaju, ukoliko kod određene kulturne biljne vrste mogućnost križanja nije ispitana, svrstavanje u skupine svojti može pomoći prilikom uspostavljanja prioriteta pri očuvanju divljih srodnika kao i osmišljavanja znanstvenih istraživanja u svrhu analize genetske raznolikosti.

Divlji se srodnici često analiziraju i koriste ukoliko nije moguće naći moderni ili tradicijski kultivar koji posjeduje određeno poželjno svojstvo (npr. otpornost na abiotičke i biotičke stresove). Divlji srodnici često pokazuju znatno veću genetsku raznolikosti od kulturne biljne vrste i predstavljaju neprocjenjivo genetsko bogatstvo za buduće oplemenjivačke programe. Nažalost, divlji su srodnici često premalo zastupljeni u kolekcijama biljnih genetskih izvora održavanima *ex situ* u bankama gena. Divlje biljne vrste vrlo je teško održavati zbog niza nepoželjnih svojstava kao što su nizak prinos, niska klijavost sjemena te neujednačeno nicanje i zrioba. Isto tako, često je upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju vrlo zahtjevna, te iziskuje znatno više vremena i truda u usporedbi s oplemenjivanjem koje se temelji na modernim i tradicijskih kultivarima (**vidi potpoglavlje 6.2**). Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju bilja opisana je u *Priči o rajčici*.



Slika 6.3. Odnos genskih skupova i skupina svojti na primjeru mišje grahorice (*Vicia narbonensis* var. *narbonensis*).

Priča o rajčici:
Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju

U *Priči o krumpiru* spomenuli smo da rod *Solanum* čini preko 1500 vrsta. Jedna od njih je i rajčica (*S. lycopersicum*) koja uz dvanaestak srodnih divljih vrsta pripada sekciji *Lycopersicon*. Unutar vrste *S. lycopersicum* opisana su dva botanička varijeteta. Varijetetu *lycopersicum* (*S. lycopersicum* var. *lycopersicum*) pripada kulturna rajčica, dok je varijetet *cerasiforme* (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) trešnjolika rajčica. Pod trešnjolikom rajčicom podrazumijevamo divlje pretke kulturne rajčice koji se još uvijek mogu naći na području Ekvadora i Perua, pradavne tradicijske kultivare kao i feralne tipove, a isto tako i moderne kultivare poznate po engleskom nazivu *cherry tomato*. Valja imati na umu da su moderni kultivari trešnjolike rajčice koje danas nalazimo na tržištu nastali tek u XX. stoljeću, oplemenjivanjem tradicijskih kultivara i križanjima s varijetetom *lycopersicum* (krupnoplodnom kulturnom rajčicom), a neki su sitnoplodni kultivari jednostavno nastali oplemenjivanjem kulturne rajčice.

Pretpostavlja se da je u srednjem holocenu na području Ekvadora i Perua (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande) udomaćenjem vrste *S. pimpinellifolium* nastala trešnjolika rajčica (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) čiji se uzgoj proširio srednjom Amerikom. Daljnjim udomaćenjem trešnjolike rajčice na području Meksika nastala je, nešto kasnije, i podvrsta *lycopersicum* (*S. lycopersicum* var. *lycopersicum*), krupnijeg ploda.

Nakon osvajanja Meksika i uništenja države Azteka, španjolski su konkvistadori 1523. godine rajčice podrijetlom iz tog područja introducirali u Europu. Za razliku od trešnjolike rajčice koja pokazuje izuzetno veliku morfološku i genetsku raznolikost, jer se tijekom tisućljetnog uzgoja na širokom području od Anda do Meksika slobodno križala s nizom divljih biljnih vrsta, rajčica je već tijekom udomaćenja prošla kroz genetsko usko grlo (engl. *genetic bottleneck*; **vidi potpoglavlje 7.1**), a još je jedno usko grlo nastupilo prilikom njenog puta do Europe do koje je stigao samo ograničen broj vrlo srodnih genotipova.

Rajčicu su arapski trgovci u XVI. stoljeću iz Španjolske pronijeli po sjeveru Afrike sve do Egipta, a turski su trgovci proširili njen uzgoj po Bliskom istoku. U XVI. stoljeću portugalski moreplovci donose rajčicu iz Meksika u svoje afričke kolonije, Angolu i Mozambik, a iz Mozambika u XIX. stoljeću stiže do Indije. U istom su stoljeću španjolski moreplovci proširili uzgoj rajčice na Filipinima odakle se uzgoj u XVII. stoljeću širi u Koreju. U Indiji, Kini i Japanu rajčica je poznata tek od XIX. stoljeća. U XVII. stoljeću Španjolci šire uzgoj rajčice po Karipskim otocima. Po Sjevernoj se Americi rajčica širi tek u XVIII. stoljeću s europskim doseljenicima, što je rezultiralo još jednim genetskim uskim grlom.

Prvi opis rajčice načinio je talijanski liječnik i prirodoslovac Pietro Andrea Mattioli (1501. – 1577.) 1544. godine. Rajčice naziva „zlatnim jabukama“ (tal. *pomi d'oro*) imajući vjerojatno na umu rajčice žute boje ploda. Deset godina kasnije, u knjizi na latinskom jeziku, rajčicu i dalje naziva „zlatnom jabukom“ (lat. *mala aurea*), no napominje da postoje i kultivari crvene boje ploda. Od talijanskog naziva *pomodoro* u hrvatskim su dijalektima nastali nazivi kao što su *pomidor*, *pomidora* i *pomidur*, a od austrijskog njemačkog naziva *Paradieser* (hrv. rajski) ili nešto starijeg *Paradiesapfel* (hrv. rajska jabuka) izveden je dijalektalni naziv *paradajz*, kao i prevedenica (kalk), rajčica, koja je ušla u standardni jezik.

Nakon introdukcije u Europu, rajčica se širi kao kuriozitet i uzgaja kao ukrasna biljka, dok se istodobno šire glasine da je otrovna. Od XVII. stoljeća redovito se uzgaja kao povrće u Italiji i Španjolskoj, a tek od XIX. stoljeća osvaja i srednju i sjevernu Europu kao i SAD.

Početkom XX. stoljeća započinje intenzivno oplemenjivanje rajčica, kako u Europi tako i SAD-u. Zbog visoke potražnje i posljedično obilnog profita transfer znanosti u oplemenjivačku praksu kod rajčice je išao nevjerojatnom brzinom tako da na primjeru rajčice možemo pratiti i opći napredak u oplemenjivanju bilja. Godine 1934. gen otpornosti na baršunastu plijesan rajčice uzrokovanu gljivicom *Passalora fulva* uspješno je prenešen iz vrste *S. pimpinellifolium* što se smatra prvim primjerom ciljane upotrebe divljeg srodnika u oplemenjivanju neke kulturne biljne vrste. Iako je rajčica samooplodna kultura, već 1946. godine u SAD-u nastaje prvi hibridni kultivar, 'Single Cross', a danas su svi moderni kultivari za konzumaciju u svježem stanju hibridni kao i većina kultivara za preradu (industrijska rajčica). Rajčica je jedna od prvih kultura koja je ušla u pretpostavljenu četvrtu poljoprivrednu revoluciju (**vidi potpoglavlje 7.1**) obilježenu brzim napretkom molekularne genetike i biotehnologije. Godine 1992. objavljena je prva genetska karta (engl. *linkage map*; *genetic map*) rajčice čime je započela era molekularnog oplemenjivanja bilja (engl. *molecular plant breeding*) kao i provedbe prvih programa selekcije potpomognute biljezima (engl. *Marker-Assisted Selection*; MAS). Godine 1994. registriran je prvi transgenski kultivar rajčice 'Flavr-Savr'™ koji se mogao znatno duže skladištiti (duljina skladištenja; engl. *shelf-life*) od ostalih tada postojećih kultivara. Međutim, krajem XX. st. u potpunosti prestaje komercijalizacija transgenskih kultivara iz mnoštva razloga, uključujući i nesklonost potrošača (naročito Europske unije), skupoću postupka registracije patenata kao i ograničenost postupka transfera gena. Naime, većina komercijalno važnih svojstava rajčice proizvod je djelovanja većeg broja gena. Proces oplemenjivanja rajčice i dalje je jedan od najintenzivnijih u usporedbi s ostalim kulturama. Naime, smatra se da je prosječno zadržavanje određenog kultivara rajčica na tržištu svega pet godina.

Intenzivan uzgoj rajčice, naročito u zaštićenim prostorima, doveo je do mnogih problema u proizvodnji. Zbog sužene genetske osnove kulturne rajčice često se unutar kultiviranog biljnog materijala nisu mogli pronaći geni na određena poželjna svojstva, kao npr. geni otpornosti na bolesti i štetnike. Stoga su oplemenjivači bili prisiljeni genetsku raznolikost, nužnu za oplemenjivanje, potražiti u divljim srodnicima s kojima se rajčica može križati na klasičan način ili uz upotrebu različitih biotehnoloških metoda, te tako prenijeti poželjni gen iz divljeg srodnika u kulturnu biljnu vrstu.

Oplemenjivanje rajčice stoga je izuzetno dobar primjer upotrebe divljih srodnika u oplemenjivanju, jer je najmanje šest vrsta do danas korišteno za rješavanje problema prilikom uzgoja. Tu se prvenstveno radi o svojtama podskupa GP-1b primarnog genskog skupa koje u slučaju rajčice (*S. lycopersicum* var. *lycopersicum*) čine trešnjolika rajčica (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*), te vrste *S. cheesmaniae*, *S. pennellii* i *S. pimpinellifolium* (**Slika 6.2**). Isto tako, u oplemenjivanju rajčice koriste se i vrste kao što su *S. chilense*, *S. habrochaites* i *S. peruvianum* koje pripadaju sekundarnom genskom skupu, a križanje je moguće samo upotrebom modernih biotehnoloških metoda. U **Tablici 6.1** navedena su određena svojstva otpornosti odnosno tolerantnosti za koje je kao donor poželjnih gena korišten određeni divlji srodnik rajčice.

Tablica 6.1.
Divlji srodnici rajčice (*Solanum* spp.)koji se koriste u njenom oplemenjivanju.

Br.	Divlji srodnik	Izvor otpornosti/tolerantnosti	Uzročnik
1.	*S. cheesmaniae*	tolerantnost na slanost	
2.	*S. chilense*	otpornost na sušu	
3.	*S. chilense*	baršunasta plijesan	*Passalora fulva*
4.	*S. chilense*	pepelnica	*Leveillula taurica*
5.	*S. chilense*	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV
6.	*S. habrochaites*	otpornost na hladnoću	
7.	*S. habrochaites*	baršunasta plijesan	*Passalora fulva*
8.	*S. habrochaites*	pepelnica	*Oidium neolycopersici*
9.	*S. habrochaites*	krumpirov virus Y	PVY
10.	*S. habrochaites*	mozaik virus rajčice	ToMV
11.	*S. habrochaites*	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV
12.	*S. pennellii*	otpornost na sušu	
13.	*S. pennellii*	krastavost ploda rajčice	*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*
14.	*S. pennellii*	uvenuće	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*
15.	*S. peruvianum*	baršunasta plijesan	*Passalora fulva*
16.	*S. peruvianum*	plutavost korijena	*Pyrenochaeta lycopersici*
17.	*S. peruvianum*	nematoda gukavosti korijena	*Meloidogyne incognita*
18.	*S. peruvianum*	mozaik virus rajčice	ToMV
19.	*S. peruvianum*	virus pjegavosti i venuća rajčice	TSWV
20.	*S. pimpenilifolium*	bakterijska pjegavost	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*
21.	*S. pimpenillifolium*	krumpirova cistolika nematoda	*Globodera rostochiensis*
22.	*S. pimpinellifolium*	baršunasta plijesan	*Passalora fulva*
23.	*S. pimpinellifolium*	plamenjača	*Phytophtora infestans*
24.	*S. pimpinellifolium*	siva pjegavost lista	*Stemphylium* spp.
25.	*S. pimpinellifolium*	uvenuće	*Verticillium dahliae*
26.	*S. pimpinellifolium*	uvenuće	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*
27.	*S. pimpinellifolium*	virus kovrčavosti lista rajčice	TLCV
28.	*S. pimpinellifolium*	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV

Izvor: Prema Diez i Nuez (2008.) i Peralta i sur. (2008.)

6.3 Potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal

U potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal spadaju one biljne vrste koje se ne koriste, jer njihova potencijalno vrijedna svojstva još uvijek nisu istražena. Pretpostavlja se da postoji velik broj potencijalno upotrebljivih biljnih vrsta koje „čekaju" da se njihova korisna svojstva otkriju. Istraživanja u svrhu otkrivanja potencijalne uporabe divljih biljnih vrsta često se nazivaju **biopotragama** (engl. *bioprospecting*).

BIOPOTRAGA (engl. *bioprospecting*) uključuje potragu, prikupljanje i analizu divljih biljnih vrsta u svrhu komercijalne upotrebe u farmaceutskoj, kemijskoj, poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji. Najčešće se odnosi na prikupljanje i analizu aktivnih tvari biljaka koje se koriste u tradicijskoj medicini lokalnih ljudskih populacija.

Prvi javno objavljeni ugovor o biopotrazi (Merck-INBio *Bioprospecting Agreement*) sklopljen je 1991. godine između tvrtke Merck & Co., Inc., Rahway, New Jersey, SAD, jedne od najvećih svjetskih farmaceutskih tvrtki i Nacionalnog instituta za bioraznolikost (*Instituto Nacional de Biodiversidad*; INBio), Heredia, Kostarika, javnog znanstvenog instituta. U sklopu ugovora o biopotrazi Institut INBio prikupio je uzorke biljaka, kukaca i mikroorganizama na području Kostarike u svrhu analize aktivnih tvari, dok je tvrtka Merck & Co. platila milijun dolara tijekom dvije godine, osigurala opremu i znanstveno usavršavanje osoblja Instituta. U ugovoru je određeno kako se profit od mogućih budućih farmaceutskih proizvoda, koji bi proizašli iz otkrića nekih aktivnih tvari, dijeli. Pri tome treba imati na umu da je Kostarika (španj. *Costa Rica = bogata obala*) država koja se nalazi u najvišoj, desetoj zoni bioraznolikosti (DZ 10) koju karakterizira postojanje preko 5000 biljnih vrsta po 10 000 km^2, kao i veliko bogatstvo endema (> 50 endemičnih biljnih vrsta/10 000 km^2; **vidi potpoglavlje 3.1**). Glavni su izvozni poljoprivredni proizvodi Kostarike banane (*Musa* × *paradisiaca*) i kava (*Coffea arabica)*, a daljnje širenje plantaža nije moguće bez uništavanja tropskih kišnih šuma. Procjene financijskih stručnjaka govore da bi samo 2 % zarade od 20 razvijenih farmaceutskih proizvoda bilo dovoljno da se nadoknadi sav prihod od prodaje banana i kave što je odličan motiv za daljnji razvitak istraživačkih aktivnosti.

Međutim, čest je slučaj da velike biotehnološke i farmaceutske tvrtke komercijalno iskorištavaju biljne genetske izvore kao i tradicijsko znanje bez ikakvog dogovora, pa tako i bez ikakve naknade lokalnim zajednicama na čijem je teritoriju taj biološki materijal izvorno otkriven odnosno korišten. U tom slučaju se ne radi o biopotrazi već o biogusarstvu (engl. *biopiracy*) o čemu je bilo riječi u **potpoglavlju 4.3**. Štoviše, brojni ugovori o biopotragama često nisu proizašli dogovorom između ravnopravnih partnera imajući na umu zlatno pravilo suvremenog, globalnog kapitalizma odavna poznato iz kultnog stripa o „Čarobnjaku iz Ida" (*The Wizard of Id*) koje kaže da tko ima zlato određuje pravilo (engl. *Remember the Golden Rule! Whoever has the gold, makes the rules!*). Stoga je granica između biopotrage i biogusarstva često vrlo tanka.

Znanstveni temelj biopotrage kao i biogusarstva čine istraživanja s područja **etnobotanike** (engl. *ethnobotany*). Cilj je etnobotaničkih istraživanja utvrditi kako određene ljudske zajednice koriste biljke (u prehrani, u hranidbi životinja, u liječenju, za izradu i bojenje odjeće i obuće, u kozmetici, kao alat, kao građevinski materijal, u ritualne svrhe itd.) i što im

te biljke znače u društvenom životu. Znanstveno utemeljena etnobotanička istraživanja nužno su multidisciplinarna, pa uz botaničare i etnologe u njima sudjeluju i arheolozi, biokemičari, ekolozi, lingvisti, povjesničari i sociolozi.

ETNOBOTANIKA (engl. *ethnobotany*; *economic botany*) je znanost koja proučava odnos između ljudskih zajednica i biljaka.

Etnobotanika je prilično mlada znanost, barem po nazivu. Zabilježeno je da je taj naziv prvi upotrijebio američki botaničar John W. Harshberger (1869. – 1929.) na predavanju u Sveučilišnom arheološkom društvu, održanom 1895. godine na Pensilvanijskom sveučilištu (engl. *University of Pennsylvania*) u Philadelphiji, SAD. Godine 1896. navedeno je predavanje objavljeno u znanstvenom časopisu *The Botanical Gazette* pod nazivom *Namjena etnobotanike* (*The Purposes of Ethno-botany*).

Ocem moderne etnobotanike smatra se američki botaničar Richard E. Schultes (1915. – 2001.) kojem je posvećena *Priča* u nastavku ovog poglavlja. Prema Schultesu temeljni su ciljevi etnobotaničkih istraživanja sljedeći:

(1) očuvanje tradicijskog znanja o biljkama i načinima njihove upotrebe,

(2) identifikacija korisnih divljih biljnih vrsta i tradicijskih kultivara koje bi bilo poželjno uzgajati odnosno širiti njihov uzgoj u drugim područjima te

(3) identifikacija i zaštita biljnih vrsta kojima prijeti izumiranje.

Uz etnobotaniku često se spominje i **ekonomska botanika** (engl. *economic botany*), iako se po mnogim autorima smatra njenim sinonimom. S druge strane, neki autori ističu da se pristupi tih dviju znanosti ipak razlikuju. Cilj je etnobotanike objasniti važnost i društvenu funkciju biljnih vrsta u okviru kompleksnog kulturnog sustava određene ljudske zajednice, dok ekonomska botanika želi identificirati biljne vrste koje bi mogle biti korisne za prehranu i poljoprivredu s gledišta suvremene znanosti.

EKONOMSKA BOTANIKA (engl. *economic botany*) znanost je koja proučava svojstva, povijest i način upotrebe te rasprostranjenost gospodarski važnih biljnih vrsta. Mnogi autori naziv ekonomska botanika smatraju sinonimom naziva etnobotanika.

Moderna, multidisciplinarna etnobotanička istraživanja često pokušavaju uključiti znanstvenike svih znanstvenih područja (prirodne znanosti, biomedicina i zdravstvo, tehničke znanosti, biotehničke znanosti, društvene znanosti, humanističke znanosti), jer istovremeno trebaju dati svoj doprinos:

(1) očuvanju bioraznolikosti (provedba ekozemljopisnih pregleda, utvrđivanje statusa ugroženosti biljnih vrsta, nadzor zaštićenih područja, poticanje botaničkih istraživanja, očuvanje tradicijskog botaničkog znanja),

(2) sigurnosti prehrane (poticanje uvođenja zapostavljenih kulturnih biljaka u modernu poljoprivrednu proizvodnju kao i proizvodnje, prerade i prodaje lokalnih tradicijskih kultivara i njihovih karakterističnih proizvoda),

(3) zdravstvenoj zaštiti (poticanje znanstvenih istraživanja u svrhu analize sastava i učinaka ljekovitih biljaka korištenih u tradicijskoj medicini, poticanje upotrebe tradicijskih biljnih preparata),

(4) održivim iskorištavanju šumskog, rudnog i vodnog bogatstva (poticanje održivog prostornog planiranja) i

(5) očuvanju etničkog i nacionalnog identiteta (poticanje zaštite materijalne i nematerijalne baštine lokalnih ljudskih zajednica).

Nedovoljno poštivanje tradicije i običaja lokalnih zajednica te njihove nematerijalne baštine koja uključuje poznavanje i upotrebu biljaka često je bilo predmetom spora tijekom provedbe etnobotaničkih istraživanja. Pripadnici lokalnih zajednica često su se osjećali prevarenima jer su od primjene rezultata istraživanja profitirali mnogi, ali ne i oni koji su tu primjenu omogućili prijenosom određenih tradicijskih znanja (**vidi potpoglavlje 4.3**). Stoga je Međunarodno etnobiološko društvo (*International Society of Ethnobiology*; ISE) objavilo Etički kodeks (ISE *Code of Ethics*) koji nalaže aktivno sudjelovanje lokalnih ljudskih zajednica u svim fazama istraživanja te poštivanje načela reciprociteta, uzajamne koristi i pravedne raspodjele dobrobiti.

U svrhu zaštite **nematerijalne kulturne baštine** (engl. *intangible cultural heritage*) na općoj je skupštini Organizacije Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*; UNESCO) održanoj 2003. godine u Parizu, Francuska usvojena Konvencija o zaštiti nematerijalne kulturne baštine (*Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*). Republika Hrvatska Konvenciju je potvrdila 2005. godine temeljem Zakona o potvrđivanju Konvencije o zaštiti nematerijalne kulturne baštine (NN 5/05).

NEMATERIJALNA KULTURNA BAŠTINA (engl. *intangilbe cultural heritage*) obuhvaća vještine, izvedbe, izričaje, znanja, umijeća, kao i instrumente, predmete, rukotvorine i kulturne prostore koji su povezani s tim, koje zajednice, skupine i u nekim slučajevima pojedinci prihvaćaju kao dio svoje kulturne baštine.

Svrha navedene Konvencije je:

(1) zaštititi nematerijalnu kulturnu baštinu,

(2) osigurati poštivanje nematerijalne kulturne baštine zajednica, skupina i pojedinaca kojih se to tiče,

(3) na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini podići svijest o važnosti nematerijalne kulturne baštine, kao i o osiguravanju uzajamnog uvažavanja te baštine kao i

(4) osigurati međunarodnu suradnju i pomoć.

Tradicijsko poznavanje biljnih vrsta, njihovih svojstava i načina upotrebe, važna je sastavnica nematerijalne kulturne baštine, stoga i identiteta svake ljudske zajednice.

Priča o Richardu E. Schultesu: Otac moderne etnobotanike

Richard E. Schultes (1915. - 2001.), poznat kao „otac moderne etnobotanike“, rođen je u Bostonu, Massachusetts, SAD. Dogodovštine tijekom njegovih etnobotaničkih istraživanja često su uspoređivane s pustolovinama Indiane Jonesa, s tim što je ovaj posljednji – izmišljeni lik.

Schultesove su pustolovine započele već tijekom studija botanike na Sveučilištu Harvard (*Harvard University*) na kojem je diplomirao istražujući ritualnu upotrebu kaktusa pejotl (*Lophophora williamsii;* engl. *peyote*) u starosjedilačkom plemenu Kiowa. Navedeni kaktus sadrži halucinogeni alkaloid meskalin. Doktorat je obranio bilježeći poznavanje i upotrebu biljaka i gljiva starosjedilačkog plemena Mazatec u Meksiku. Cilj mu je pritom bio identificirati biljku poznatu pod nazivom *ololiúqui* kao i gljivu *teonanacatl* koje su smatrane svetima u tradiciji drevnih Azteka i korištene u ritualne svrhe za predviđanje budućih događaja. *Ololiúqui* je uspješno determinirao kao vrstu *Ipomoea corymbosa* (syn. *Turbina corymbosa*) iz porodice slakova (Convolvulaceae) koja sadrži derivate D-lizerginske kiseline, vrlo srodne polusintetskoj psihodeličnoj drogi LSD-u (dietilamid lizerginske kiseline)(**Slika 6.4**). Nažalost, gljivu *teonanacatl* nije uspješno determinirao zaključujući da je riječ o zvonastom smetlištaru (*Panaeolus papilionaceus*), iako je prilikom ekspedicije prikupio i niz gljiva iz roda *Psilocybe* (*P. caerulescens*, *P. cubensis*, *P. mexicana*). Naime, naknadnim se istraživanjima pokazalo



Slika 6.4. *Ololiúqui* (*Ipomoea corymbosa*), sveta biljka drevnih Azteka.

da se naziv *teonanacatl* odnosi na gljive iz roda *Psilocybe* koje sadrže psihodelični alkaloid psilocibin.

Schultes je doktorirao 1941. godine, te prihvatio mjesto znanstvenog suradnika u Harvardskom botaničkom muzeju (*Harvard Botanical Museum*). Iste je godine prvi put posjetio Amazoniju i to u svrhu identifikacije biljnih vrsta koje starosjedilačka plemena koriste u lovu kao otrov na strelicama, poznat pod nazivom *kurare*. Stipendiju mu je omogućilo američko Nacionalno istraživačko vijeće (*National Research Council*; NRC). Iako je već tada bilo poznato da se vjerojatno radi o ekstraktima biljaka kao što su *Chondrodendron tomentosum* i *Strychnos toxifera*, bilo je potrebno istražiti je li stvarno tako i koriste li se i neke druge biljne vrste u istu ili sličnu svrhu. Naime, ekstrakti navedenih biljaka eksperimentalno su se počeli primjenjivati u medicini kao mišićni relaksanti prilikom operacija, a II. svjetski rat je već bio započeo. Schultes je u tu svrhu analizirao upotrebu kurarea kod starosjedilačkog plemena Cofán (ili Kofán) koje živi na području južne Kolumbije i sjeveroistočnog Ekvadora. Pritom je identificirao i dokumentirao više od 70 vrsta koje se koriste u pripremi kurarea. Najčešće su vrste bile upravo iz roda *Chondrodendron* i *Strychnos*, ali i mnogih drugih rodova. Ovisno o namjeni (lov sisavaca, ptica ili riba) koristile su se različite mješavine čak i do 15 različitih vrsta.

Već sljedeće, 1942. godine, Schultes se vraća u Amazoniju. I ova je Schultesova pustolovina bila potaknuta II. svjetskim ratom. Naime, Ministarstvo poljoprivrede SAD-a (*United States Department of Agriculture*) bilo je zabrinuto činjenicom da se preko 95 % svjetske proizvodnje kaučuka temelji na uzgoju kaučukovca (*Hevea brasiliensis*) na plantažama jugoistočne Azije koje su se tada nalazile u područjima pod japanskom okupacijom. Pritom je zanimljivo da kaučukovac potječe iz Južne Amerike, te da je do kraja XIX. stoljeća Brazil imao potpuni monopol nad proizvodnjom prirodnog kaučuka. Stoga su Englezi krajem XIX. stoljeća uzgoj kaučukovca proširili u kolonije Britanskog carstva u jugoistočnoj Aziji (Tajland, Malezija, Indonezija), pri čemu je gotovo potpuno uništena proizvodnja kaučukovca u Brazilu. Tijekom svog boravka u Kolumbiji Schultes je uzorkovao 3500 stabala raznih vrsta roda *Hevea* i prikupio preko 600 000 sjemenki.

Od 1941. do 1953. godine Schultes je putovao po Amazoniji, upoznavao brojna starosjedilačka plemena i bilježio njihov život kao i tradicijsko znanje i upotrebu biljnih vrsta u prehrani, liječenju i ritualima. Prikupio je preko 30 000 herbarskih primjeraka biljnih vrsta od kojih preko 300 dotad nije bilo znanstveno opisano. Od 1953. je godine radio na Sveučilištu Harvard na kojem je 1970. godine postao profesor biologije. Jedan je od osnivača Društva za ekonomsku botaniku (*The Society for Economic Botany*) koje je 2022. godine promijenilo ime u Etnobotaničko društvo (*The Society for Ethnobotany*; SEB). Tijekom 18 godina bio je glavni urednik znanstvenog časopisa *Economic Botany*. Objavio je 16 znanstvenih monografija i preko 450 znanstvenih i znanstveno-popularnih radova. Schultes je već tijekom '50-ih godina prošlog stoljeća upozoravao na poguban utjecaj uništavanja kišnih šuma na život i opstanak starosjedilačkih plemena kao i na očuvanje ogromne bioraznolikosti područja Amazone.

7

TENDENCIJE RAZVITKA MODERNE POLJOPRIVREDE

7.1 Genetsko usko grlo

Priča o soji: Udomaćenje, oplemenjivanje i genetsko usko grlo

7.2 Genetska ranjivost

Priča o kukuruzu: Razlozi epidemije pjegavosti lista kukuruza

7.3 Genetska erozija

Priča o oki, uljuku i mašui: Izgubljene kulture Inka

Uvod

Razvitak poljoprivrede bio je dugotrajan i postupan, te se odvijao različitom brzinom u različitim regijama svijeta. U mnogim regijama čak i danas koegzistira već zastarjela agrotehnička praksa istodobno s primjenom najsuvremenijih metoda ovisno o platežnoj moći poljoprivrednika. Tijekom razvitka poljoprivrede dogodile su se barem četiri korjenite promjene nazvane poljoprivrednim revolucijama počevši s (1) Prvom poljoprivrednom revolucijom tijekom koje su po prvi put udomaćene biljne vrste, preko (2) Druge poljoprivredne revolucije koju je obilježilo uvođenje plodoreda i razvitak poljoprivredne mehanizacije, do (3) Treće poljoprivredne revolucije u kojoj se oplemenjivanje bilja pokazalo ključnim čimbenikom u povećanju prinosa. Devedesetih godina prošlog stoljeća također je došlo do znatnih promjena u poljoprivrednoj proizvodnji zbog brzog razvitka novih, biotehnoloških metoda kao i zbog širenja ideja o ekološkoj poljoprivredi kao alternativi modernoj poljoprivrednoj proizvodnji kakva je stvorena Trećom poljoprivrednom revolucijom. Stoga će Četvrta poljoprivredna revolucija, kojoj upravo svjedočimo, pričekati sljedeće generacije kako bi objasnile na koji se način poljoprivredna proizvodnja zapravo promijenila.

(1) Prva se poljoprivredna revolucija još naziva i Neolitskom revolucijom jer se odvijala tijekom mlađeg kamenog doba (neolitik) koje je u različitim dijelovima svijeta trajalo u razdoblju

od 10 000. do 4500. g. pr. n. e. U tom je razdoblju na mnogim područjima došlo do postupnog prijelaza s lovačkog i sakupljačkog na novi način života koji su karakterizirale poljoprivreda i gradnja trajnih naselja. Prva poljoprivredna revolucija imala je i presudan utjecaj na stanje biljnih genetskih izvora kojima danas raspolaže čovječanstvo. Prvoj poljoprivrednoj revoluciji posvećeno je **Poglavlje 8. Evolucija kulturnih biljnih vrsta: Udomaćenje**.

(2) Druga poljoprivredna revolucija poznata je i kao Britanska poljoprivredna revolucija jer se proširila po gotovo cijelom svijetu putem Britanskog carstva, no značajne su inovacije u poljoprivredi istovremeno ili čak i ranije bile uvedene i u Nizozemskoj. Inovacije koje su uvedene u razdoblju od XVII. do XIX. stoljeća uključivale su uvođenje plodoreda, upotrebu nove poljoprivredne mehanizacije, okrupnjavanje zemljišta, uspostavu nacionalnog tržišta poljoprivrednih proizvoda kao i razvitak transportne infrastrukture (izgradnja cesta i mreža kanala, te od XIX. stoljeća razvitak željezničkog prometa). Pritom se razvila tržišna poljoprivreda i prinosi poljoprivrednih kultura znatno su povećani, ali nije došlo do razvitka oplemenjivanja bilja tako da je na stanje biljnih genetskih izvora Druga poljoprivredna revolucija utjecala samo na posredan način. Smatra se da je Druga poljoprivredna revolucija potaknula Industrijsku revoluciju (XVIII. - XIX. stoljeće) u kojoj je također Velika Britanija igrala presudnu ulogu.

(3) Treća poljoprivredna revolucija ili Zelena revolucija odnosi se na razdoblje '40-ih do '70-ih godina prošlog stoljeća tijekom kojeg je došlo do velikog napretka zbog razvitka oplemenjivačkih programa, te uvođenja kemijskih sredstava za zaštitu bilja i mineralne gnojidbe. Najzaslužnijim za Treću poljoprivrednu revoluciju smatra se američki agronom i oplemenjivač Norman Borlaug (1914. – 2009.) koji se često naziva „ocem Zelene revolucije" (**vidi potpoglavlje 4.3**). Trećom je agrikulturnom revolucijom uspostavljena moderna poljoprivredna proizvodnja kojom je oplemenjivanje bilja dobilo glavnu ulogu u povećanju poljoprivredne proizvodnje. Time su biljni genetski izvori nesumnjivo dobili na važnosti, te su tako potaknuti programi njihovog očuvanja. S druge strane, razvitkom intenzivnog oplemenjivanja i širenjem moderne poljoprivredne proizvodnje došlo je i do nekih neželjenih pojava kao što su genetsko usko grlo, te opasnosti od pojave genetske ranjivosti kao i genetske erozije što je i tema ovog poglavlja.

(4) Četvrta poljoprivredna revolucija: Kako će buduće generacije okarakterizirati i vrednovati promjene koje se događaju u poljoprivredi od '90-ih godina prošlog stoljeća do danas, možemo samo nagađati. U svakom slučaju, vrijeme u kojem živimo obilježavaju dvije pojave koje se katkad smatraju i oprečnima – biotehnološka revolucija i ideja ekološke poljoprivrede. Biotehnološkom revolucijom započela je era molekularnog oplemenjivanja bilja (engl. *molecular breeding*) koje prvenstveno uključuje tehnike i tehnologije koje omogućuju (A) **odabir potpomognut biljezima** (engl. *marker-assisted selection*; MAS) kao i (B) **genetske transformacije** (engl. *genetic transformation*) i **editiranje genoma** (engl. *genome editing*) u svrhu stvaranja novih biljnih kultivara.

Istodobno, razvijeni su i brojni sustavi **ekološke poljoprivrede** (engl. *ecological agriculture*) kao odgovor na širenje intenzivne moderne poljoprivrede koja može imati i štetan utjecaj na okoliš ukoliko se ne poštuju načela **dobre poljoprivredne prakse** (engl. *good agricultural practices*), što je čest slučaj.

ODABIR POTPOMOGNUT BILJEZIMA (engl. *marker-assisted selection*; MAS) tehnika je molekularnog oplemenjivanja prilikom koje se odabir jedinki koje pokazuju određeno poželjno svojstvo provodi na neizravan način koristeći genetski biljeg povezan s navedenim svojstvom.

GENETSKA TRANSFORMACIJA (engl. *genetic transformation*) genetska je promjena uzrokovana prijenosom, ugradnjom i ekspresijom stranog genetskog materijala u određenom organizmu. U oplemenjivanju bilja genetske se transformacije koriste za razvitak genetski preinačenih organizama (genetski modificirani organizam; engl. *genetically modified organism*; GMO) odnosno stvaranje genetski preinačenih kultivara (engl. *genetically modified crops*; GM *crops*).

EDITIRANJE GENOMA (eng. *genome editing*) obuhvaća niz tehnologija koje omogućavaju precizne ciljane izmjene, odnosno prepravke unutar gena ili genoma organizma bez umetanja strane DNA. Jedna od tehnologija editiranja genoma koja najviše obećava poznata je pod imenom CRISPR-Cas9.

EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA (engl. *ecological agriculture, ecological farming*) sustav je poljoprivredne proizvodnje koji ima za cilj proizvodnju hrane primjenom prirodnih tvari (gnojiva i sredstava za zaštitu bilja) i postupaka koji uključuju odgovorno korištenje energije i prirodnih izvora uz održavanje ekološke ravnoteže, bioraznolikosti, plodnosti tla i kvalitete vode. Kao sinonimi se koriste i nazivi kao što su organska (engl. *organic agriculture/farming*) i biološka poljoprivreda (engl. *biological agriculture/farming*).

DOBRA POLJOPRIVREDNA PRAKSA (engl. *good agricultural practices*; GAP) obuhvaća niz načela kojih se valja pridržavati na poljoprivrednom gospodarstvu u svrhu proizvodnje sigurne i zdrave hrane uzimajući pritom u obzir gospodarsku, društvenu i okolišnu održivost takve proizvodnje.

Poljoprivredna proizvodnja proizašla iz Treće poljoprivredne revolucije uz razvitak modernih oplemenjivačkih programa rezultirala je znatnim povećanjem obima proizvodnje kao i prinosa poljoprivrednih kultura, ali i nekim štetnim posljedicama o kojima će u ovom poglavlju biti riječ. Međutim, prije razmatranja štetnih nuspojava modernog načina poljoprivredne proizvodnje potrebno je imati na umu citat iz knjige „Gulliverova putovanja“ (engl. „*Gulliver's Travels*“) irskog književnika Jonathana Swifta (1667. – 1745.) u prijevodu Ise Velikanovića iz 1925. godine:

„...onaj tko stvori, da dva klasa žita ili dva lista trave izrastu na komadu zemlje, gdje je prije rastao samo jedan, zaslužniji je za Čovječanstvo i stvarniju uslugu čini svojoj domovini, nego sva savcata političarska bagra.“

7.1 Genetsko usko grlo

Proces je evolucije pod utjecajem četiri evolucijske sile (engl. *evolutionary forces*) odnosno evolucijskih čimbenika (engl. *evolutionary factors*), a to su: (1) **mutacije**, (2) **migracije**, (3) **odabir** i (4) **genetski otklon**.

MUTACIJA (engl. *mutation*) je promjena u strukturi nasljednog materijala.

MIGRACIJA (engl. *migration*) je proces prijenosa gena (engl. *gene flow*) između populacija.

ODABIR (selekcija; engl. *selection*) je proces koji dovodi do promjene alelnih učestalosti u populaciji uslijed prilagodbe na određene okolišne uvjete (prirodni odabir; engl. *natural selection*) ili pak djelovanjem čovjeka (umjetni odabir; engl. *artificial selection*).

GENETSKI OTKLON (genetski pomak; engl. *genetic drift*) slučajna je promjena alelnih učestalosti u populaciji tijekom generacija.

Odabir kao evolucijski čimbenik može biti prirodan ili umjetan. Prirodni je odabir (engl. *natural selection*) proces koji uzrokuje da nasljedne osobine koje su pogodne za preživljavanje i razmnožavanje postanu češće, a da pritom one štetne postanu rjeđe. Umjetni pak odabir (engl. *artificial selection*) provodi čovjek koji sjeme ili sadni materijal jedinki (koje posjeduju određena poželjna svojstva) koristi za sjetvu/sadnju budućeg usjeva/nasada. Stoga, umjetni odabir predstavlja temelj udomaćenja kao i oplemenjivanja bilja.

Iako je bilo brojnih sličnih pokušaja objašnjenja pojave nevjerojatne raznolikosti živog svijeta na Zemlji, u povijesti su upamćeni engleski prirodoslovci Charles Darwin (1809. – 1882.) i Alfred Russel Wallace (1823. – 1913.) kao prvi koji su spoznali da se tu radi o vrlo jednostavnom procesu – danas poznatom pod nazivom prirodni odabir koji čini temelj evolucije. Taj se proces može (kao i svaki drugi algoritam) sažeti u niz preciznih uputa:

(1) Između jedinki unutar populacije postoji raznolikost u određenom svojstvu.

(2) Svojstvo je genetski uvjetovano. Potomstvo nalikuje roditeljima u navedenom svojstvu.

(3) Raznolikost svojstva povezana je sa sposobnošću organizma da preživi i stvori potomstvo (engl. *fitness*) u određenom okolišu.

(4) Djelovanjem prirodnog odabira mijenja se učestalost alela u populaciji. Promjenom učestalosti alela dolazi do diverzifikacije populacija koja na kraju rezultira i specijacijom, odnosno nastankom novih vrsta.

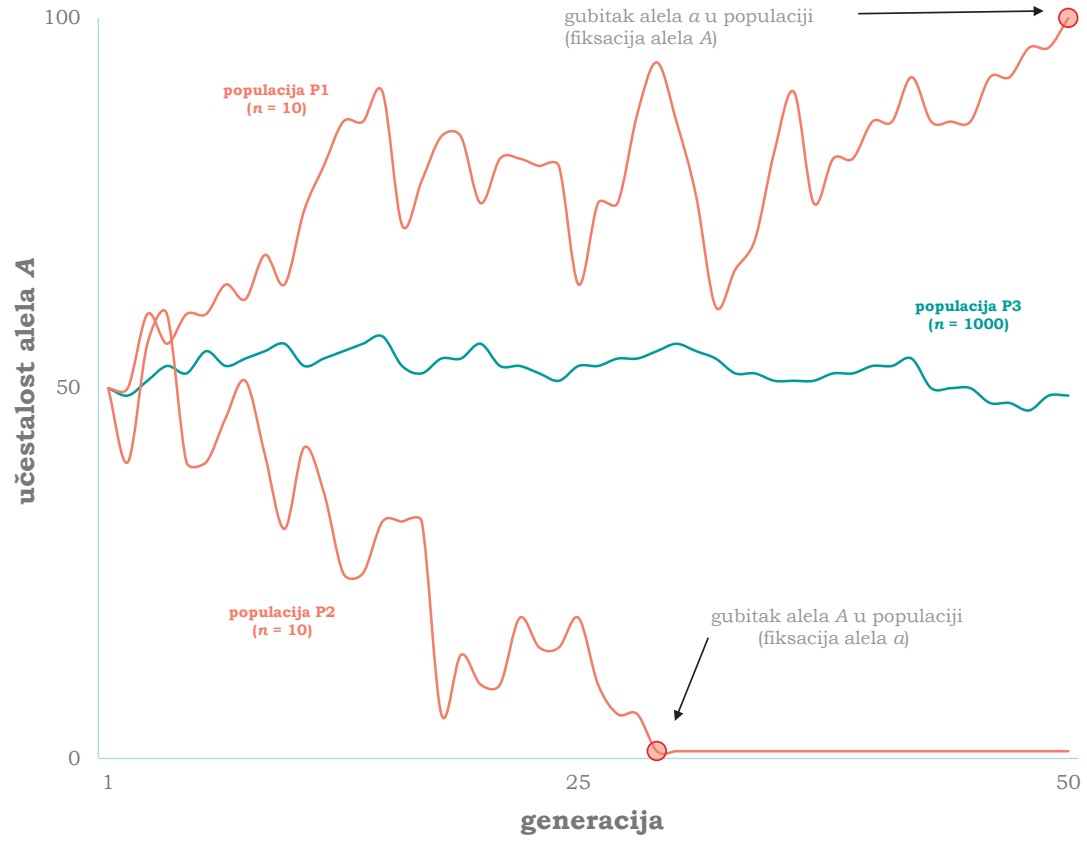
U slučaju umjetnog odabira proces se odvija na sličan način, no kriterij odabira znatno je drugačiji:

(1) Čovjek odabire jedinke koje posjeduju određena poželjna svojstva.

(2) Umjetni odabir nije nužno povezan sa sposobnošću organizma da preživi i stvori potomstvo u prirodnom okolišu. Umjetnim odabirom favorizira se određeno svojstvo (odnosno, jedinke koje to svojstvo ispoljavaju) sukladno čovjekovim potrebama.

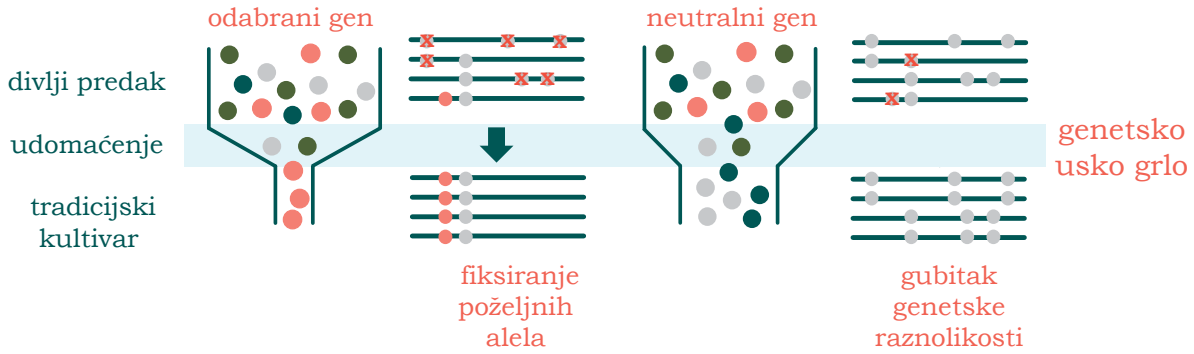
(3) Djelovanjem umjetnog odabira učestalost se alela u izvornoj populaciji mijenja puno brže u odnosu na prirodni odabir.

Uz umjetni odabir, na unutarvrsnu raznolikost kultiviranih biljnih vrsta najviše je utjecao genetski otklon (genetski pomak; engl. *genetic drift*). Budući da je ukupnost alela u određenoj generaciji slučajan uzorak alela prethodne generacije, alelne se učestalosti nepredvidljivo mijenjaju tijekom generacija. Stoga, katkad može doći i do gubitka određenih alela u populaciji. Taj je slučaj izraženiji u malim populacijama, tako da naglo smanjenje veličine populacije može kao posljedicu imati gubitak alela, te time utjecati na znatno smanjenje ukupne genetske raznolikosti (**Slika 7.1**). Ekstreman slučaj genetskog otklona nazivamo **genetsko usko grlo** (engl. *genetic bottleneck*) do kojeg dolazi ukoliko se zbog bilo kojeg razloga broj roditelja koji sudjeluje u tvorbi sljedeće generacije znatno smanji. Smanjena genetska raznolikost zbog visoke srodnost jedinki u populaciji koja je uzrokovana ograničenim brojem predaka naziva se i učinak osnivača (engl. *founder effect*).



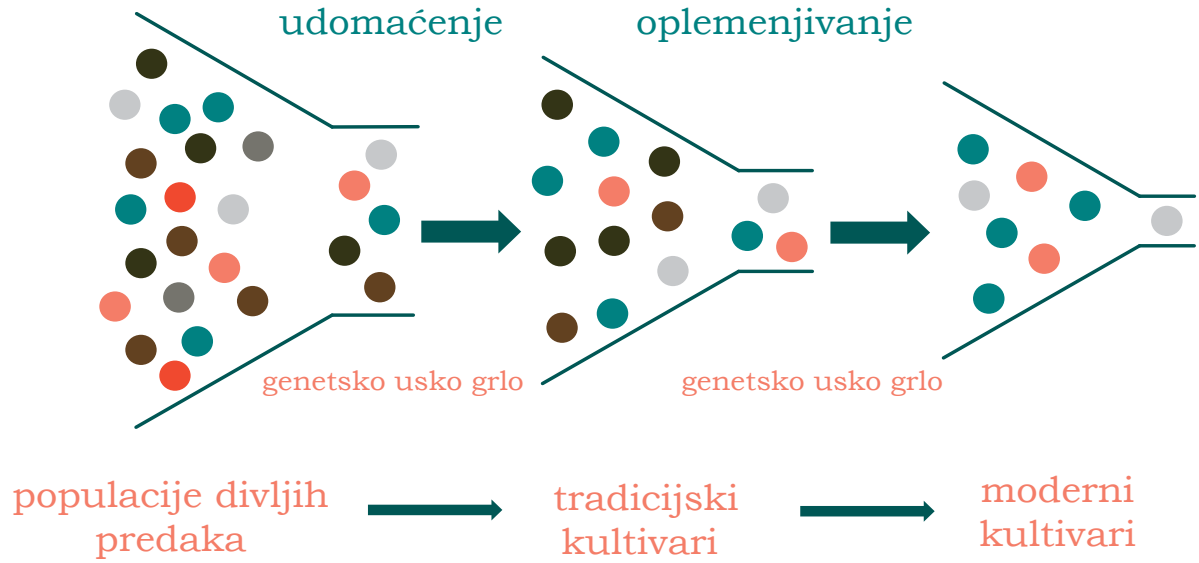
Slika 7.1. Genetski otklon: Prikaz nasumičnih promjena učestalosti alela *A* tijekom generacija u populacijama različitih veličina (n = 10, n = 1000).

Umjetni odabir usmjeren je na određeno poželjno svojstvo te tako utječe na učestalost poželjnih alela gena koji kontroliraju to svojstvo. No, zbog smanjenja veličine populacije uslijed odabira, istovremeno dolazi i do slučajnih promjena alelnih učestalosti i na svim ostalim, neutralnim genima. Stoga je svaki umjetni odabir uvijek praćen i genetskim uskim grlom te smanjenjem genetske raznolikosti (**Slika 7.2**).



Slika 7.2. Utjecaj odabira biljaka koje pokazuju određeno poželjno svojstvo na alelnu raznolikost gena koji nadzire ekspresiju tog svojstva (odabrani gen) kao i gena koji nema utjecaj na to svojstvo (neutralni gen).

Često se može primijetiti da su moderni kultivari međusobno genetski vrlo slični, te da im je ukupna genetska raznolikost niža od one koju nalazimo kod tradicijskih kultivara, dok je pak genetska raznolikost tradicijskih kultivara znatno niža od one koju zamjećujemo u prirodnim populacijama divljih predaka i srodnika. Kultivirane su biljne vrste pošle kroz dva vrlo izražena genetska uska grla: (1) prilikom udomaćenja, te (2) početkom modernog oplemenjivanja (**Slika 7.3**). Stoga je uz povećanje prinosa, kakvoće kao i razine otpornosti na abiotičke i biotičke stresove neizbježna posljedica kontinuiranog oplemenjivanja bilja genetska srodnost između modernih kultivara kao i sužavanje genetske osnove kulturnih biljnih vrsta.

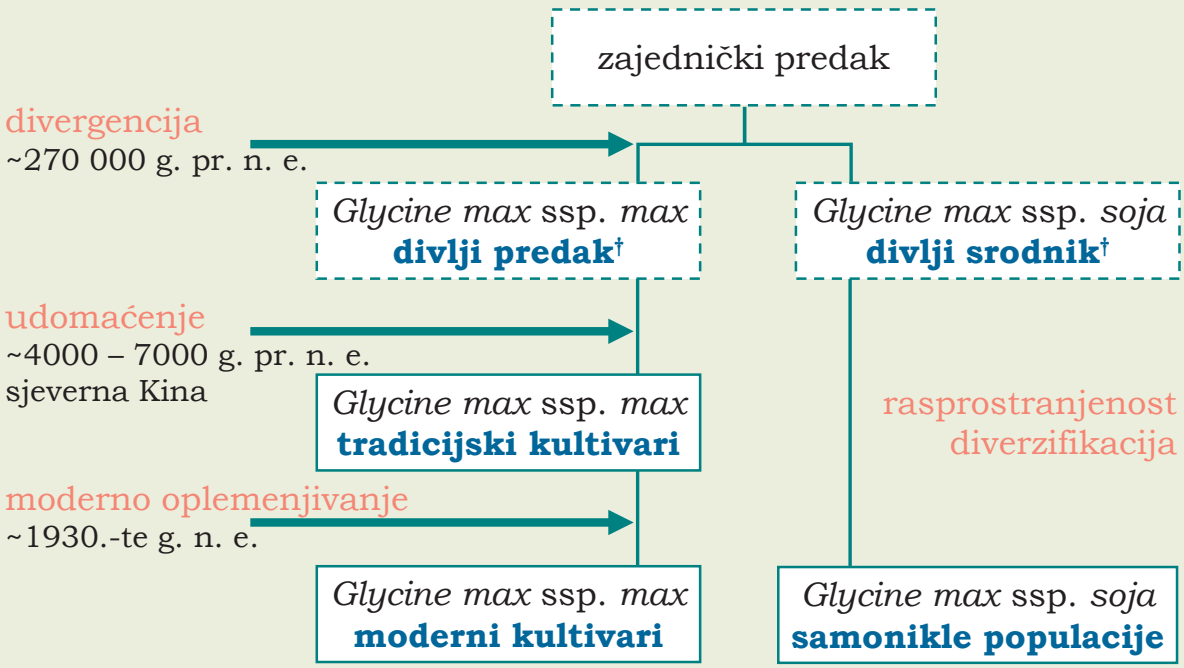


Slika 7.3. Gubitak genetske raznolikosti prilikom udomaćenja kao i tijekom modernog oplemenjivanja bilja.

Priča o soji: Udomaćenje, oplemenjivanje i genetsko usko grlo

Kulturna soja (*Glycine max* ssp. *max*) jednogodišnja je mahunarka iz porodice Fabaceae. Rod *Glycine* dijeli se na dva podroda: podrod *Glycine* i podrod *Soja*. Podrodu *Glycine* pripada niz višegodišnjih vrsta (*G. clandestina*, *G. falcata*, *G. latifolia*, *G. tabacina* i dr.) koje pripadaju tercijarnom genskom skupu kultivirane soje, a rasprostranjene su na širokom području Dalekog istoka (Kina, Filipini, otoci Tihog oceana, Papua Nova Gvineja, Australija).

U podrodu *Soja* nalazimo samo jednu vrstu, *Glycine max*, koja se dijeli na dvije podvrste: *G. max* ssp. *soja* i *G. max* ssp. *max*. Podvrsta *G. max* ssp. *soja* (sinonimi: *G. soja*, *G. ussuriensis*) prirodno je rasprostranjena na području Kine, Koreje, Japana i Rusije, te ima isti broj kromosoma ($2n = 40$) kao i kulturna podvrsta (*Glycine max* ssp. *max*), s kojom se lako križa i daje fertilne križance. Podvrste se morfološki jasno razlikuju jer je *G. max* ssp. *soja* penjačica, ima polegnutu stabljiku s mnogo postranih grana, te sitno sjeme crne boje. Parcijalno je samooplodna biljka, a postotak stranooplodnje varira od 5 do 20 %. Podvrsta *G. max* ssp. *max* ne postoji u prirodi već isključivo u kulturi. Ima znatno nižu, uspravnu stabljiku s manje postranih grana i potpuno je samooplodna (do 1 % stranooplodnje). Uz mnoštvo tradicijskih kultivara koji se još uvijek mogu naći u uzgoju na Dalekom istoku, intenzivnim oplemenjivanjem soje, naročito u SAD-u, Kini i Japanu, nastali su i brojni moderni kultivari, dok je danas najintenzivniji razvitak proizvodnje zabilježen u Južnoj Americi (Brazil, Argentina).

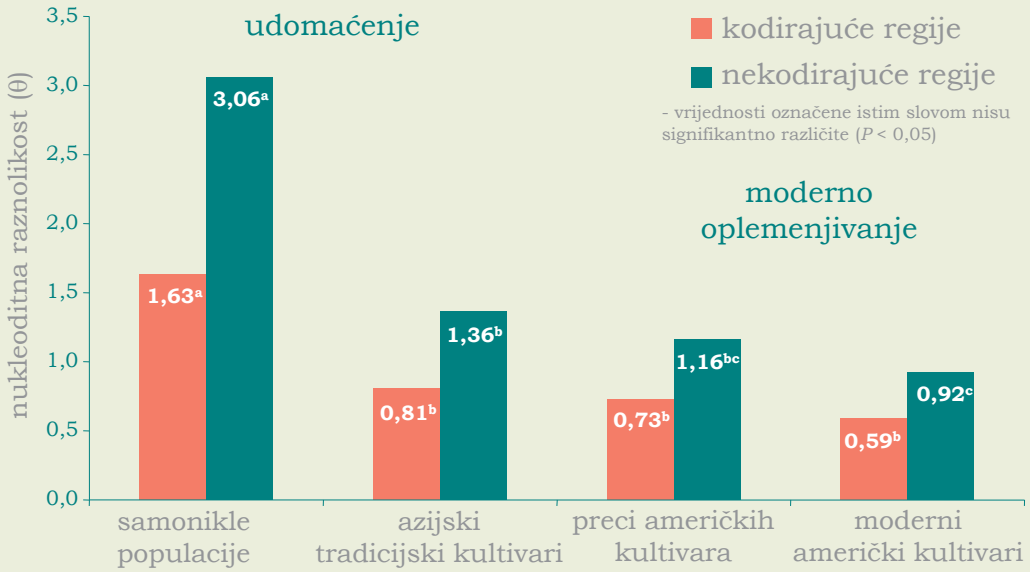


Slika 7.4. Gubitak genetske raznolikosti prilikom udomaćenja kao i tijekom modernog oplemenjivanja soje. († – danas izumrle svojte).

Iako se donedavno smatralo da je *G. max* ssp. *soja* divlji predak kultivirane soje, skorašnjim je molekularnim istraživanjima **(Slika 7.4)** utvrđeno da je do divergencije između podvrsta došlo davno prije udomaćenja (~270 000 g. pr. n. e.), iako divlji predak (*G. max* ssp. *max*) nije nađen u prirodi. Pretpostavlja se da je soja udomaćena između 7000 i 4000 g. pr. n. e. na području sjeverne Kine (centar udomaćenja: 7. Kineska praporna visoravan) kao i na otoku Hokkaido, Japan (centar udomaćenja: 7d. Japansko otočje; **vidi potpoglavlje 8.2**) o čemu govori veliko bogatstvo genetski raznolikih tradicijskih kultivara prilagođenih na vrlo različite klimatske i edafske prilike. Moderno oplemenjivanje soje započelo je '30-ih godina prošlog stoljeća u SAD-u, pa zatim i u Japanu, Kini i mnogim drugim zemljama.

U svrhu istraživanja genetskog uskog grla provedena je genetska analiza 120 genotipova soje razvrstanih u četiri skupine: (1) Samonikle populacije: 26 genotipova *G. max* ssp. *soja* prikupljenih u Japanu, Kini, Koreji i Rusiji, (2) Azijski tradicijski kultivari: 52 genotipa azijskih tradicijskih kultivara (*G. max* ssp. *max*) prikupljenih u Kini, Koreji i Japanu, (3) Preci američkih kultivara: 17 genotipova azijskih tradicijskih kultivara koji su '30-ih godina prošlog stoljeća bili glavni izvor genetske raznolikosti budućih oplemenjivačkih programa u SAD-u, te (4) Moderni američki kultivari: 25 genotipova modernih američkih kultivara iz '80-ih godina prošlog stoljeća.

Umnažanjem 111 ulomaka 102 gena pristupilo se sekvenciranju, poravnavanju sekvenci, te analizi nukleotidne raznolikosti genotipova unutar četiri navedene skupine genotipova, pri čemu je ukupna dužina analizirane sekvence iznosila 53 kpb (tisuća parova baza). Uobičajena je mjera nukleotidne raznolikosti Θ (grčko slovo theta), definirana kao udio polimorfnih mjesta između genotipova koji pripadaju istoj skupini korigiran na veličinu uzorka. Od 53 000 parova baza, 25 genotipova modernih američkih kultivara podudaralo se u 52 956 parova, a razlikovali su se u 44 para, odnosno 0,83 ‰ **(Slika 7.5)**. Navedena je razina nukleotidne raznolikosti (Θ = 0,00083) slična onoj zabilježenoj kod ljudi (Θ = 0,00053-0,00083), no znatno manja od one između modernih inbred linija kukuruza (*Zea mays*; Θ = 0,00627).



Slika 7.5. Usporedba nukleotidne raznolikosti samoniklih populacija (*Glycine max* ssp. *soja*), tradicijskih kultivara i modernih američkih kultivara soje (*Glycine max* ssp. *max*).

Sekvencirani su ulomci podijeljeni na one koji pripadaju kodirajućim (**egzonima**) i nekodirajućim regijama (**intronima**). Utvrđeno je da skupina samoniklih populacija ima signifikantno veću nukleotidnu raznolikost kako na temelju kodirajućih tako i na temelju nekodirajućih regija, od kultivirane soje. Udomaćenje je imalo presudan učinak na smanjenje raznolikosti, jer su azijski tradicijski kultivari zadržali tek 50 % ukupne nukleotidne raznolikosti u usporedbi sa samoniklim populacijama. S druge strane modernim oplemenjivanjem u SAD-u od '30-ih do '80-ih godina prošlog stoljeća ukupna se nukelotidna raznolikost smanjila za 17 % uspoređujući moderne američke kultivare i njihove pretke.

EGZONI (engl. *exon*) su ulomci gena koji kodiraju sintezu bjelančevina.

INTRONI (engl. *intron*) su nekodirajući segmenti unutar gena koji se nalaze između kodirajućih segmenata (egzona).

Na temelju navedenog istraživanja možemo zaključiti da je na raznolikost modernih kultivara soje utjecalo genetsko usko grlo prilikom udomaćenja kao i tijekom modernog oplemenjivanja. Do smanjenja nukleotidne raznolikosti kodirajućih regija tijekom udomaćenja i oplemenjivanja došlo je zbog toga što su odabirani oni genotipovi koji su pokazivali određena poželjna svojstva i time su fiksirani aleli gena koji nadziru ta svojstva. Međutim, pritom je došlo i do smanjenja nukleotidne raznolikosti nekodirajućih regija jer je došlo i do genetskog uskog grla.

7.2 Genetska ranjivost

Kao što je bilo rečeno u *Priči o krumpiru: Opasnost od* ***genetske ranjivosti*** (**vidi potpoglavlje 4.3**), ukoliko se poljoprivredna proizvodnja u određenoj regiji temelji na širokom uzgoju malog broja poljoprivrednih kultura i sije se ograničen broj modernih kultivara koji su genetski srodni, pojava novog soja određenog patogena može rezultirati epidemijom i znatnim smanjenjem prinosa.

GENETSKA RANJIVOST (engl. *genetic vulnerability*) stanje je uzrokovano širokim uzgojem određene kulturne biljne vrste koja je ujednačeno osjetljiva na abiotičke i biotičke stresove, te tako predstavlja potencijalnu opasnost zbog mogućnosti znatnog smanjenja prinosa.

Genetskoj ranjivosti određene kulturne biljne vrste pridonose prvenstveno:

(1) genetska ujednačenost unutar modernih kultivara (engl. *genetic uniformity*) i

(2) genetska srodnost između modernih kultivara (engl. *genetic relatedness*).

Visoka genetska ujednačenost unutar kultivara jedan je od glavnih zahtjeva proizvođača, prerađivača i potrošača, te je stoga cilj svakog modernog oplemenjivačkog programa. Štoviše, prilikom registracije novostvorenog kultivara potrebno je dokazati da je taj kultivar dovoljno ujednačen jer je to jedna od važnih sastavnica DUS ispitivanja (engl. *DUS testing*; **vidi potpoglavlje 5.1**).

Genetska srodnost između kultivara nužna je posljedica modernih oplemenjivačkih programa koji u oplemenjivanju često koriste samo elitnu germplazmu. Naime, oplemenjivači često klasificiraju ishodišni biljni materijal u oplemenjivanju na: (1) elitnu i (2) egzotičnu germplazmu.

(1) Elitna germplazma (engl. *elite germplasm*): Elitnom se germplazmom prvenstveno smatraju moderni kultivari (komercijalni ili zastarjeli), oplemenjivački materijal kao i tradicijski kultivari prilagođeni okolišnim uvjetima u kojima se odvija određeni oplemenjivački program.

(2) Egzotična germplazma (engl. *exotic germplasm*): Egzotična germplazma obuhvaća prvenstveno divlji biljni materijal (divlji preci ili srodnici određene kulturne biljne vrste), ali se često odnosi i na tradicijske kultivare, pa i na moderne kultivare koji nisu prilagođeni okolišnim uvjetima u kojima se odvija određeni oplemenjivački program (prilagođeni su na neka druga, „egzotična" područja). Stoga, praktična podjela na elitnu i egzotičnu biljnu germplazmu ovisi o regiji u kojoj se (ili za koju se) oplemenjivački program odvija.

BILJNA GERMPLAZMA (engl. *plant germplasm*) naziv je za biljni materijal kao što su sjeme, biljna tkiva ili cijele biljke koji se čuva u svrhu oplemenjivanja i znanstvenih istraživanja (sinonim: biljni genetski izvori).

Navedenu su podjelu uspostavili oplemenjivači kukuruza na području Kukuruznog pojasa (*Corn Belt;* **vidi potpoglavlje 8.2**) kojeg je 1956. godine tadašnji potpredsjednik SAD-a, Henry A. Wallace (1888. – 1965.) proglasio „najproizvodnijom agrikulturnom civilizacijom koju je svijet ikada vidio". Vrijedi napomenuti da je spomenuti Henry A. Wallace, američki poljoprivrednik, novinar i političar, 1926. godine utemeljio oplemenjivačku i sjemenarsku tvrtku „Hi-Bred Corn Company" poznatu po modernim, visokoprinosnim hibridima kukuruza čija se proizvodnja brzo proširila u SAD-u. S druge strane, Europski kukuruzni pojas (*European Corn Belt*) nalazi se na području Panonske nizine i obuhvaća područja Hrvatske, Mađarske, Srbije, Rumunjske i Bugarske.

Odnos između podjele ishodišnog materijala na elitnu i egzotičnu germplazmu, te podjele na genske skupove i skupine svojti (**vidi potpoglavlje 5.2**) na primjeru oplemenjivačkog programa na kukuruzu u Republici Hrvatskoj prikazan je u **Tablici 7.1**.

Upotreba egzotične germplazme u oplemenjivačkim programima danas je često vrlo ograničena. Mali je broj komercijalnih oplemenjivačkih programa koji izravno uključuju divlje srodnike ili „egzotične" tradicijske kultivare. Pod pritiskom uprave oplemenjivačkih tvrtki kojima je glavni cilj maksimizirati dobit, učinkovitost oplemenjivača mjeri se brojem novostvorenih kultivara u što kraćem mogućem roku. Stoga, ne začuđuje da se velika većina oplemenjivača drži izreke „križaj najbolje s najboljim, i nadaj se najboljem" (engl. „*cross the best with the best, and hope for the best*") (**vidi potpoglavlje 5.1**).

Tablica 7.1. Približan odnos između podjele ishodišnog materijala na elitnu i egzotičnu germplazmu, te podjele na genske skupove i skupine svojti na primjeru oplemenjivačkog programa na kukuruzu u Republici Hrvatskoj.

elitna i egzotična germplazma (engl. *elite/exotic germplasm*)			
elitna germplazma	**egzotična germplazma**		
genski skupovi (engl. *gene pools*)			
GP-1a		**GP-1b**	**GP-2**
kulturna svojta		divlje svojte s kojima se kulturna svojta može križati	srodne vrste s kojima je određenu kulturnu vrstu moguće križati (uz upotrebu modernih biotehnoloških metoda)
skupine svojti (engl. *taxon groups*)			
TG-1a		**TG-1b**	**TG-2**
kulturna podvrsta		divlje podvrste	vrste roda *Zea*
Zea mays ssp. *mays*	*Zea mays* ssp. *mays*	*Zea mays*	*Zea*
moderni kultivari, oplemenjivački materijal i tradicijski kultivari iz panonske nizine (Europski kukuruzni pojas) ili iz regija približno iste zemljopisne širine	moderni kultivari, oplemenjivački materijal i tradicijski kultivari iz drugih regija	ssp. *huehuetenangensis* ssp. *parviglumis*	*Zea diploperennis* *Zea luxurians* *Zea mexicana* *Zea nicaraguensis* *Zea perennis* *Zea vespertilio*

U križanjima elitne s egzotičnom germplazmom često u potomstvu dolazi do ispoljavanja neželjenih svojstava, jer se povećava vjerojatnost razdvajanja skupina vezanih gena kao i interakcija između gena koji su bitni za prinos. Dobit od upotrebe egzotične germplazme često zahtijeva dugo vremensko razdoblje jer je potrebno provesti brojna povratna križanja (engl. *backcrossing*; BC). Stoga se često u razvijenim zemljama egzotična germplazma koristi u **predoplemenjivanju** (engl. *prebreeding*) u okviru znanstvenih projekata financiranih od strane države na agronomskim fakultetima i institutima, te u nacionalnim bankama biljnih gena. Predoplemenjivanje pritom podrazumijeva sve djelatnosti u svrhu (1) identifikacije

poželjnih svojstava i/ili gena u egzotičnom biljnom materijalu koji se ne može (odnosno nije ga lako) izravno iskoristiti u oplemenjivanju, kao i (2) prijenosa navedenih svojstava u biljni materijal pogodan za daljnje oplemenjivanje. Predoplemenjivanje je tako nužan korak za učinkovitu upotrebu biljnih genetskih izvora u praktične svrhe. Rezultat predoplemenjivanja često su javno dostupne linije koje posjeduju određene gene podrijetlom iz egzotičnog biljnog materijala, a istodobno su genetski dovoljno srodne elitnom biljnom materijalu.

PREDOPLEMENJIVANJE (engl. *prebreeding*) podrazumijeva sve djelatnosti u svrhu identifikacije poželjnih svojstava i/ili gena u egzotičnom biljnom materijalu, kao i prijenos navedenih svojstava u elitni biljni materijal pogodan za daljnje oplemenjivanje.

Imajući u vidu raširenu pojavu genetske ujednačenosti kao i genetske srodnosti modernih kultivara, prilikom analize opasnosti od genetske ranjivosti potrebno je naročito obratiti pažnju na: (1) stupanj ujednačenosti gena za otpornost, (2) raširenost proizvodnje određene kulture ili kultivara kao, i na (3) promjene okolišnih uvjeta i evolucija patogena i štetnika.

(1) Stupanj ujednačenosti gena za otpornost: Od presudne je važnosti za procjenu opasnosti od genetske ranjivosti analiza stanja ujednačenosti gena za otpornost na različite abiotičke i biotičke stresove kod modernih kultivara koji su u uzgoju u određenoj regiji. Kao što je već bilo rečeno, moderni kultivari mnogih biljnih vrsta međusobno su prilično srodni jer se uglavnom temelje na genetski uskoj, elitnoj germplazmi. Isto tako, može se pretpostaviti da većina tih kultivara posjeduje iste gene za otpornost jer je isti biljni materijal bio korišten kao donor tih gena. S druge strane, često postoje različiti mehanizmi koji biljci služe za obranu od uzročnika bolesti i štetnika kao i veći broj gena za otpornost (ili različite razine otpornosti), a nerijetko razlog otpornosti nije niti poznat, pa kultivari mogu biti jednako otporni, ali iz različitih razloga. Štoviše, budući da je moguća i interakcija genotip × okoliš, određeni kultivar može pokazivati zadovoljavajuću razinu otpornosti u nekim okolišima, ali ne nužno i u svima. Sve navedeno znatno otežava pouzdanu procjenu stupnja ujednačenosti gena za otpornost.

(2) Raširenost proizvodnje određene kulture ili kultivara: Intenzivna proizvodnja određene poljoprivredne kulture u nekoj regiji povećava mogućnost evolucije patogena i štetnika te dovodi do nastanka novih patotipova, naročito ako se proizvodnja odvija u monokulturi ili uskom plodoredu uz primjenu sve gušćeg sklopa. Stoga je potrebno kontinuirano nadgledati i analizirati poljoprivrednu proizvodnju ne bi li se utvrdio broj kultura kao i uobičajenih kultivara koji se siju u određenoj regiji. Nadalje, važno je znati poštuje li se plodored i koje se metode koriste u zaštiti bilja.

(3) Promjene okolišnih uvjeta i evolucija patogena i štetnika: Okolišni uvjeti mogu pogodovati razvitku epidemija uobičajenih biljnih bolesti, a prethodno nevažni uzročnici bolesti kao i štetnici mogu postati vrlo opasni. Stoga je nužno pratiti trendove njihove evolucije u svrhu ranog otkrivanja potencijalne opasnosti od epidemije te rane identifikacije novih **patotipova**.

PATOTIP (engl. *pathotype*) je skupina organizama određene vrste patogena (uzročnika biljnih bolesti kao što su prvenstveno virusi, bakterije i gljive) koja se razlikuje od drugih skupina po karakterističnom patogenom utjecaju na niz domaćina (različitih biljnih vrsta kao i različitih genotipova iste biljne vrste).

Priča o kukuruzu: Razlozi epidemije pjegavosti lista kukuruza

Uzgoj se kukuruza (*Zea mays*) temelji na hibridnim kultivarima koji su se pokazali znatno prinosnijima od kultivara slobodne oplodnje (**vidi potpoglavlje 5.1**) zbog iskorištavanja **heterozisa**. U proizvodnji hibridnog sjemena kukuruza potrebno je križati **inbred linije** (engl. *inbred lines*) nastale kontroliranom samooplodnjom do postizanja potpune homozigotnosti. U svrhu osiguranja stranooplodnje prilikom križanja inbred linija, muški se cvat (metlica) mora odstraniti s majčinskih biljaka prije prašenja polena. Zakidanje se metlica (engl. *detasseling*) mora obaviti u kratkom vremenskom razdoblju (7 do 10 dana) i predstavlja velik trošak u proizvodnji sjemena kukuruza.

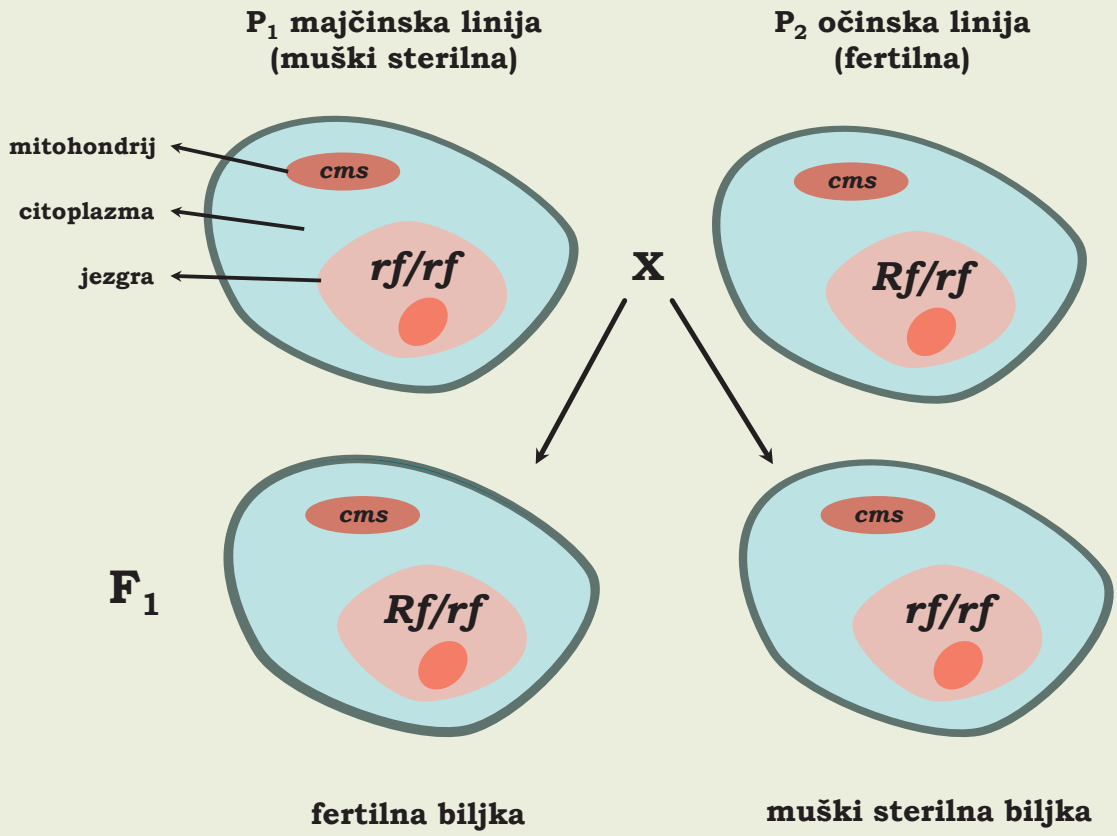
HETEROZIS (engl. *heterosis*) ili hibridni vigor pojava je veće bujnosti F1 generacije u odnosu na roditelje koja se koristi u oplemenjivanju prilikom razvitka hibridnih kultivara za postizanje većih prinosa određene kulturne biljne vrste.

INBRED LINIJA (engl. *inbred line*) homozigotna je linija stranooplodnih kultura nastala kontroliranom samooplodnjom do postizanja potpune homozigotnosti koja se koristi kao roditeljska linija u križanjima radi iskorištavanja heterozisa (engl. *heterosis*) kao npr. kod kukuruza i suncokreta.

CITOPLAZMATSKA MUŠKA STERILNOST (engl. *cytoplasmic male sterility*; *cms*) potpuna je ili djelomična muška sterilnost koja se javlja kod mnogih biljnih vrsta, a uzrokovana je mitohondrijskim i/ili kloroplastnim genima kao i njihovom interakcijom s jezgrinim genima.

Tijekom '50-ih godina prošlog stoljeća u američkoj inbred liniji 'Golden June' primijećena je pojava muški sterilnih biljaka. Navedeni tip sterilnosti nazvan je **citoplazmatskom muškom sterilnosti** (engl. *cytoplasmic male sterility*; *cms*) teksaškog ili T tipa (*cms*-T). Citoplazmatska muška sterilnost T tipa uzrokovana je genom T-*urf13* koji se nalazi u mitohondrijskom genomu te se navedeno svojstvo nasljeđuje majčinski. Muški sterilne biljke tvore zakržljale prašnike te polen koji nije sposoban za oplodnju.

Plodnost potomstva muški sterilnih biljaka može se ponovno uspostaviti uvođenjem gena restorera (engl. *restorer of fertility*; *Rf*) koji se nalaze u jezgrinom genomu. Tako biljke koje imaju muški sterilnu citoplazmu, a istovremeno posjeduju i dominantni alel gena restorera (genotip *Rf*/*Rf* ili *Rf*/*rf*) tvore funkcionalan polen. Time je omogućeno održavanje inbred linija koje su muški sterilne na način da se kao majčinske linije koriste muški sterilne biljke recesivnog genotipa (*cms*, *rf*/rf), a kao očinske muški fertilni heterozigoti za gen restorer (*cms*, *Rf*/*rf*). U F1 generaciji tako se pojavljuju i muški sterilne biljke (*cms*, *rf*/*rf*) kao i muški fertilne (*cms*, *Rf*/*rf*) (**Slika 7.6**). Pritom su brojna istraživanja pokazala da upotreba citoplazmatske muške sterilnosti i odgovarajućeg gena restorera nema negativan utjecaj na prinos niti na bilo koje drugo agronomsko svojstvo.



Slika 7.6. Održavanje muški sterilnih genotipova u svrhu proizvodnje hibridnog sjemena kukuruza bez potrebe za mehaničkim zakidanjem metlica.

Navedeni je sustav omogućio proizvodnju hibridnog sjemena kukuruza bez potrebe za mehaničkim zakidanjem metlica kao i kontinuirano održavanje muški sterilnih (*cms*, *rf*/*rf*) genotipova. Budući da su uštede prilikom sjemenske proizvodnje kukuruza bile znatne, navedenu su praksu brzo prihvatile mnoge sjemenske tvrtke u SAD-u. Tijekom '50-ih i '60-ih godina prošlog stoljeća čak 85 % površina pod kukuruzom bilo je zasijano hibridima s citoplazmatskom muškom sterilnošću T tipa.

Godine 1970. u SAD-u se pojavio novi patotip gljivice *Cochliobolus heterostrophus* (sinonimi: *Bipolaris maydis* i *Helminthosporium maydis*) koja je uzročnik pjegavosti lista kukuruza (engl. *Southern Corn Leaf Blight*) nazvan sojem T za razliku od uobičajenog soja O. Sva ranije provedena istraživanja pokazala su da nema znatnih razlika u otpornosti na bolesti između genotipova s citoplazmnom teksaškog (*cms*-T) i normalnog tipa, pa tako i na otpornost na soj O pjegavosti lista kukuruza. Međutim, novonastali soj T bio je izrazito poguban za sve linije i hibride muški sterilne citoplazme teksaškog tipa. Epidemija je započela na Floridi u

ožujku 1970. godine, brzo se proširila prema sjeveru i zahvatila preko 30 američkih saveznih država. Godišnja se proizvodnja kukuruza u SAD-u smanjila za 15 % i uzrokovala financijski gubitak od jedne milijarde dolara koji bi odgovarao današnjoj vrijednosti od preko 12 milijardi dolara.

Iste je godine u SAD-u osnovano Povjerenstvo za genetsku ranjivost glavnih kultura (*Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops*) Nacionalne akademije znanosti (*National Academy of Science*) u svrhu analize razloga koji su doveli do epidemije te mjera koje bi se trebale poduzeti ne bi li se umanjila opasnost od pojave budućih sličnih katastrofa. Godine 1972. navedeno je Povjerenstvo svoje zaključke i preporuke objavilo u knjizi „Genetska ranjivost glavnih kultura“ („*Genetic vulnerability of major crops*“). Zaključeno je da je razlog epidemije interakcija triju čimbenika: pojava novog patotipa, povoljne vremenske prilike i genetska ranjivost. Da je pojava novog patotipa uz (za njega) povoljne vremenske prilike uzrok epidemije, to je bio prilično očit zaključak, no tada se po prvi put istaknuo i problem genetske ranjivosti. Epidemija je stoga bila uzrokovana širokim uzgojem srodnih hibridnih kultivara jer su gotovo sva područja bila zasijana kukuruzom muški sterilne citoplazme teksaškog tipa. Naknadna analiza raširenosti pojedinih kultivara u proizvodnji u SAD-u pokazala je da se na ukupnoj površini pod kukuruzom od 26,9 milijuna ha, od 197 javno dostupnih inbred linija, njih šest koristilo u stvaranju hibridnih kultivara koji su zauzimali čak 71 % površina. Slično je stanje utvrđeno i kod mnogih drugih glavnih kultura, tako da je kod pšenice, zasijane na površini od 17,9 milijuna ha od 269 registriranih kultivara, njih devet zasijano na 50 % ukupnih površina pod pšenicom.

Zaključak izvješća Povjerenstva stoga je bio: „Ključna je lekcija iz 1970. godine ta da je genetska ujednačenost temelj ranjivosti kultura na epidemije“. Vrijedi napomenuti da se izraz genetska ujednačenost (engl. *genetic uniformity*) pritom prvenstveno odnosio na ujednačenost gena za otpornost/osjetljivost uzrokovanu genetskom srodnošću modernih hibridnih kultivara kukuruza, a ne na genetsku ujednačenost unutar kultivara koja je svakako poželjna, a pritom i neizbježna u slučaju hibridnih kultivara kukuruza.

7.3 Genetska erozija

Smatra se da gotovo svakodnevno dolazi do sve većeg smanjenja genetske raznolikosti na našem planetu, kako na razini broja biljnih vrsta, tako i na unutarvrsnoj razini. Općenito govoreći, **genetska erozija** (engl. *genetic erosion*) označava gubitak alela unutar ili između populacija određene vrste, no češće se pritom ima prvenstveno na umu nestanak tradicijskih kultivara kao i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta.

GENETSKA EROZIJA (engl. *genetic erosion*) smanjenje je genetske raznolikosti određene vrste. U širem se smislu odnosi na gubitak alela u populacijama određene vrste, dok se u užem smislu odnosi na nestajanje tradicijskih kultivara, kao i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta.

Uzroci su nestanka tradicijskih kultivara (1) promjena poljodjelske prakse, te (2) društveno-gospodarske promjene na selu; dok su glavni uzroci nestanka divljih srodnika kulturnog bilja kao uostalom i cjelokupne flore našeg planeta (3) prekomjerno iskorištavanje, (4) uništenje staništa, te (5) promjene okolišnih uvjeta.

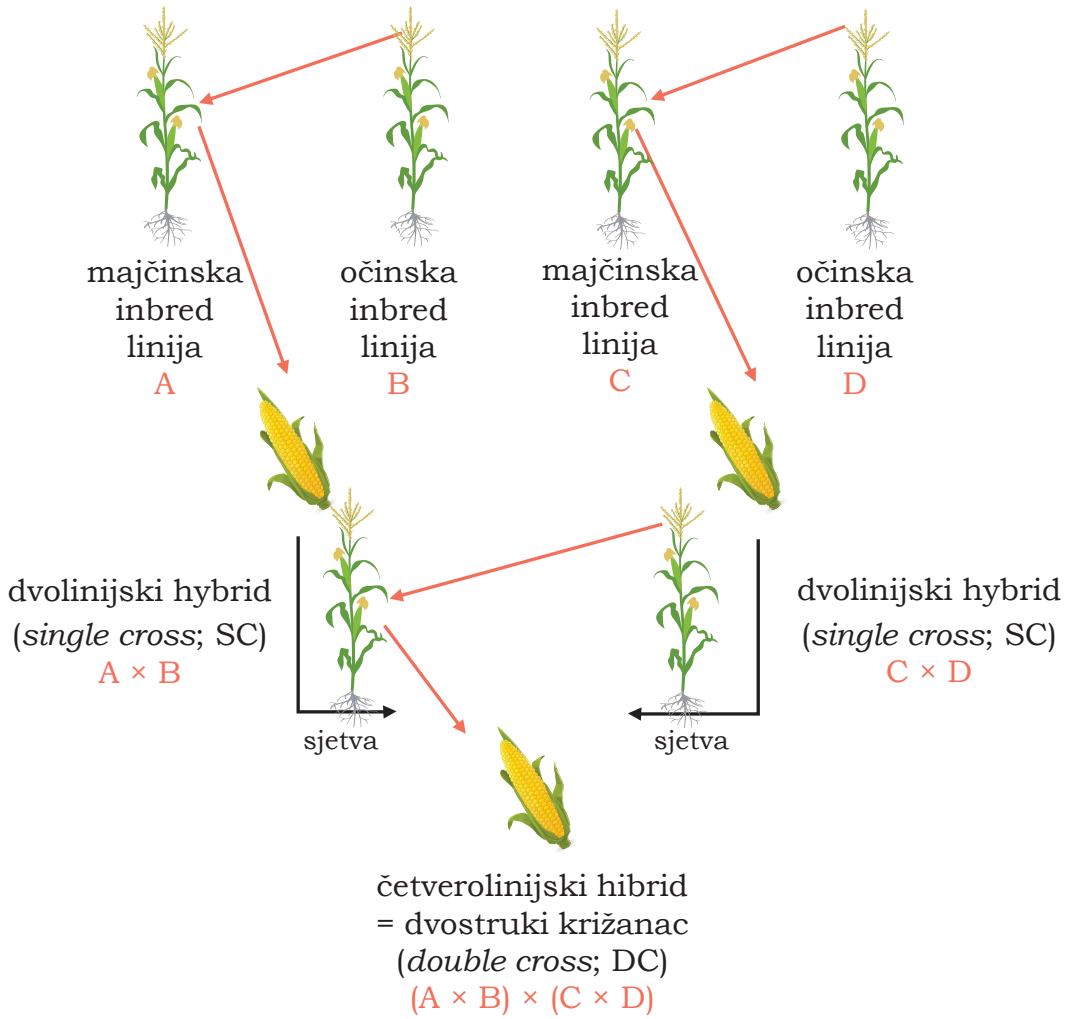
(1) Promjena poljodjelske prakse: Prvenstveni uzroci nestanka tradicijskih kultivara su (1.1) Zamjena tradicijskih kultivara modernima, kao i (1.2) Napuštanje uzgoja tradicijskih lokalnih kultura.

(1.1) Zamjena tradicijskih kultivara modernima predstavlja najvažniji uzrok genetske erozije u svijetu. Tradicijski se kultivari sve manje mogu naći u uzgoju zbog nižeg prinosa od modernih kultivara, nedostupnosti sjemena visoke kakvoće i smanjene mogućnosti prodaje zbog neujednačene kakvoće proizvoda. Istodobno mnoge države aktivno potiču upotrebu certificiranog sjemena registriranih kultivara.

Proces zamjene tradicijskih kultivara modernima bit će objašnjen na primjeru nestanka tradicijskih kultivara kukuruza u SAD-u. Do '30-ih godina prošlog stoljeća proizvodnja kukuruza u SAD-u temeljila se na tradicijskim kultivarima slobodne oplodnje (engl. *open pollinated varieties*; OPV). Otkrićem heterozisa počelo je oplemenjivanje hibridnih kultivara uz razvitak inbred linija. Prvi su hibridni kultivari bili četverolinijski hibridi, odnosno dvostruki križanci (engl. *double cross*; DC) nastali križanjima dvaju dvolinijskih hibrida (jednostruki križanci; engl. *single cross*; SC). Četverolinijski su hibridi dominirali u proizvodnji od '30-ih, pa sve do '60-ih godina prošlog stoljeća kada se uvode prvi dvolinijski hibridi u proizvodnju (**Slika 7.7**). U ranim su fazama stvaranja hibridnih kultivara četverolinijski hibridi dominirali jer su tada dostupne inbred linije tvorile premalo sjemena da bi komercijalna proizvodnja dvolinijskih hibrida bila isplativa. Daljnjim oplemenjivanjem stvorene su znatno prinosnije inbred linije tako da su dvolinijski hibridi potpuno prevladali na tržištu jer je za njihov razvitak dovoljna samo jedna vegetacijska sezona.

Analizom statističkih podataka utvrđeno je da prosječan prinos kukuruza u SAD-u od druge polovine XIX. stoljeća do '30-ih godina prošlog stoljeća nije rastao, a u prosjeku je iznosio oko 2 t/ha. Uvođenjem četverolinijskih hibrida prosječan se prinos od '30-ih do '60-ih udvostručio, a daljnjim oplemenjivanjem i upotrebom dvolinijskih hibrida prosječan je prinos krajem prošlog stoljeća dosegao 10 t/ha. Spektakularan porast prinosa, ujednačenost usjeva, kao i dostupnost sjemena visoke kakvoće potaknuo je poljoprivredne proizvođače da uzgajaju isključivo moderne dvolinijske hibride.

Prije uvođenja hibrida proizvodnja se temeljila na brojnim tradicijskim kultivarima različitog podrijetla. Oni su predstavljali vrlo raznolik genetski materijal, a slobodnom se oplodnjom visoka razina raznolikosti kontinuirano održavala. Inbred linije u svrhu stvaranja hibrida razvijene su samooplodnjom odabranih genotipova postojećih tradicijskih kultivara.



Slika 7.7. Shema križanja inbred linija kukuruza u svrhu stvaranja dvolinijskih (engl. *single cross*; SC) i četverolinijskih (engl. *double cross*; DC) hibrida.

Istraživanje provedeno 1994. godine pokazalo je da je čak 87 % hibridnih kultivara koji su u uzgoju u SAD-u nastalo križanjem inbred linija koje su odabrane iz samo pet tradicijskih kultivara slobodne oplodnje ('Reid Yellow Dent', 'Lancaster Sure Crop', 'Leaming Corn', 'Minnesota 13', 'Northwestern Dent'). Usporedbe radi, 1936. godine znatno je veći broj tradicijski kultivara (96) bio korišten u svrhu razvitka inbred linija, a samo je 23 % hibridnih kultivara bilo proisteklo iz pet navedenih tradicijskih kultivara. Time je došlo do znatne erozije biljnih genetskih izvora kukuruza, jer su se mnogi tradicijski kultivari prestali uzgajati, te ukoliko nisu bili pohranjeni u kolekcijama biljnih genetskih izvora, jednostavno su nestali.

(1.2) Napuštanje uzgoja tradicijskih lokalnih kultura: Uz zamjenu tradicijskih kultivara modernima, genetska erozija mnogih kulturnih vrsta uzrokovana je napuštanjem uzgoja. Do toga dolazi zbog prelaska na proizvodnju profitabilnijih kultura. Zbog širenja tržišne poljoprivrede nužno dolazi do specijalizacije i komercijalizacije poljoprivrednih gospodarstava te tako poljoprivredni proizvođači sve manje uzgajaju **uzdržavajuće kulture** (engl. *subsistence crops*), te prelaze na uzgoj **isplativih kultura** (engl. *cash crops*; **vidi potpoglavlje 9.3**). Gotovo sve države svijeta potiču prelazak na tržišnu poljoprivredu temeljenu na sjetvi certificiranog sjemena registriranih modernih kultivara.

UZDRŽAVAJUĆE KULTURE (engl. *subsistence crops*) kulturne su biljne vrste koje služe za izravnu upotrebu na gospodarstvu, odnosno za vlastite potrebe.

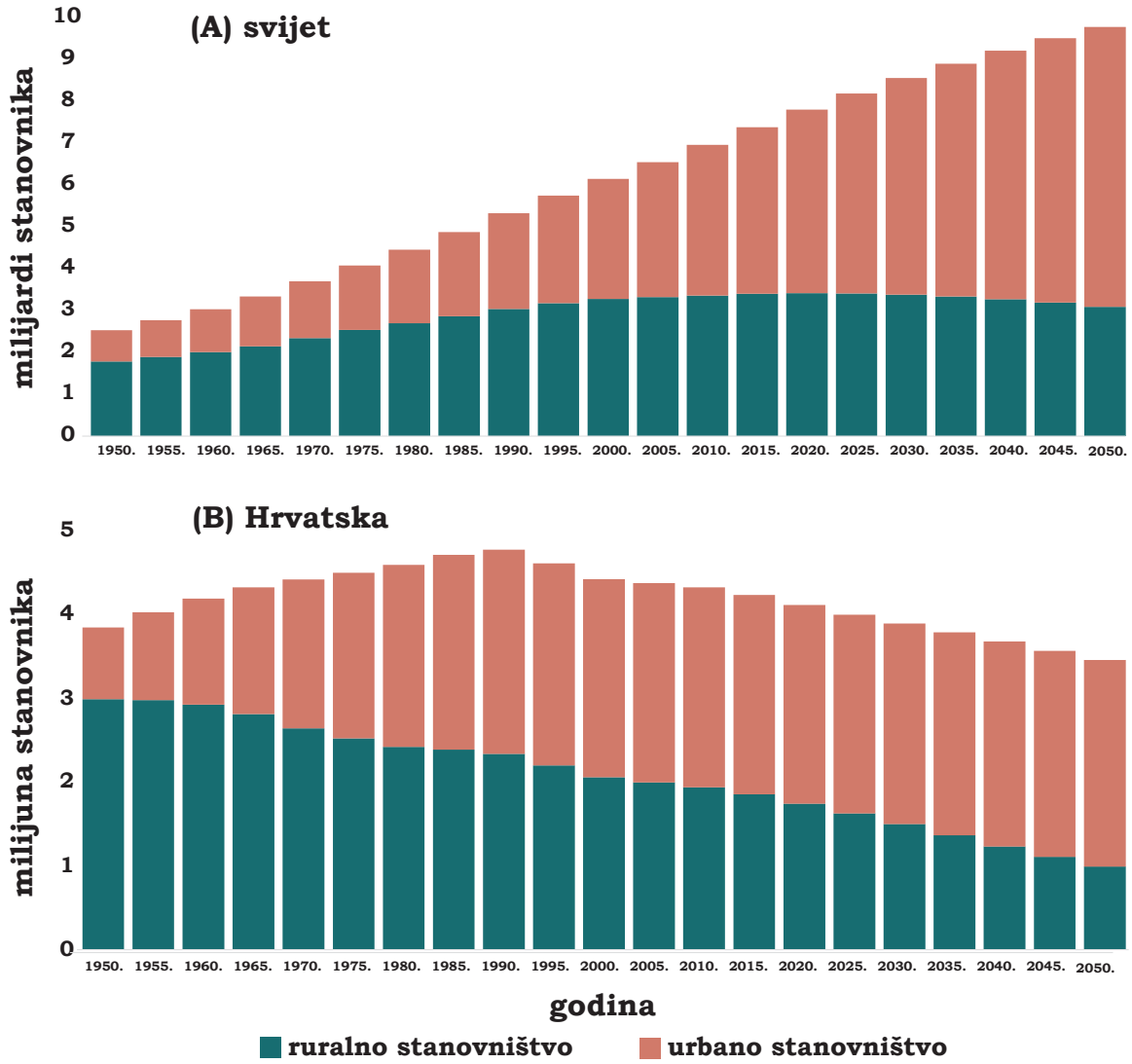
ISPLATIVE KULTURE (engl. *cash crops*) kulturne su biljne vrste koje se uzgajaju zbog prodaje na tržištu.

Postupno napuštanje uzgoja tradicijskih kultura opisano je na primjeru zapostavljenih gomoljastih kultura Anda (vidi *Priču o oki, uljuku i mašui: Izgubljene kulture Inka).*

(2) Društveno-gospodarske promjene na selu: Najvažnije društveno-gospodarske promjene na selu koje znatno utječu na genetsku eroziju prvenstveno kulturnih biljnih vrsta su (2.1) Napuštanje poljoprivrede i migracija u gradove te (2.2) Ratna zbivanja i politička nestabilnost.

(2.1) Napuštanje poljoprivrede i migracija u gradove: Tendencija napuštanja poljoprivredne proizvodnje, te masovna migracija seoskog stanovništva u urbane sredine očita je u gotovo svim državama svijeta. Time neminovno dolazi do napuštanja uzgoja tradicijskih kultura te postupnog raspada specifičnih lokalnih poljoprivrednih sustava.

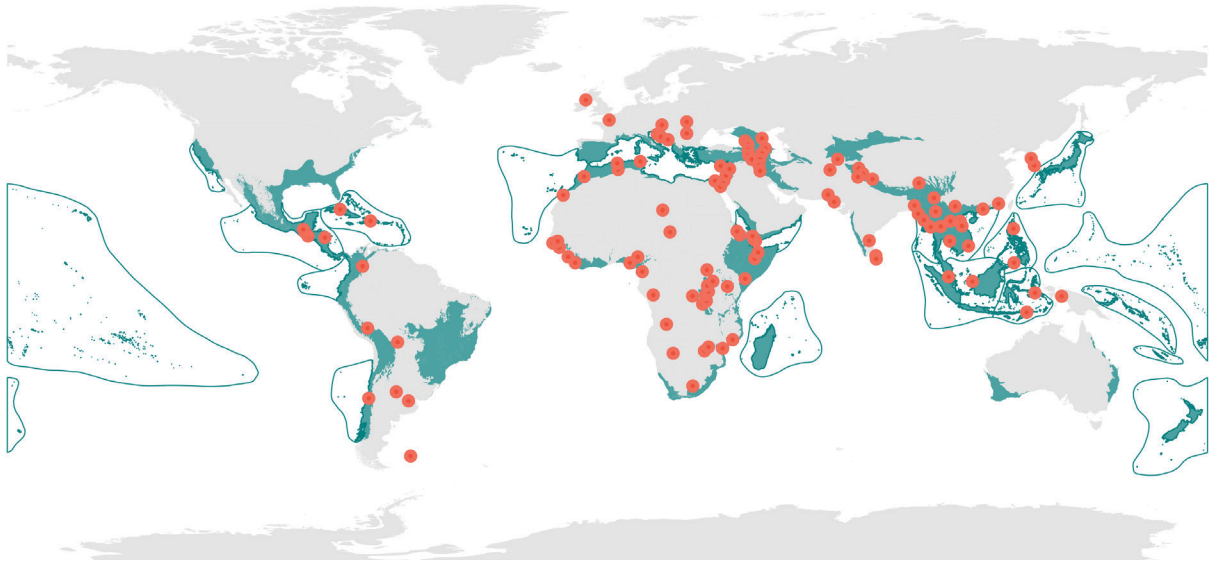
Na temelju javno dostupnih podataka Odjela za stanovništvo Zavoda za gospodarska i društvena pitanja Ujedinjenih naroda (*The Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations*) 1950. je godine, kada se po prvi put uspostavila razmjena demografskih podataka na svjetskoj razini, na našem planetu živjelo 2,54 milijardi ljudi od kojih je nešto manje od dvije trećine (70,39 %) živjelo na selu **(Slika 7.8)**. Posljednje objavljeno izvješće datira iz 2018. godine – ukupan broj stanovnika iznosi 7,63 milijarde, a ruralno stanovništvo čini tek 44,71 %. Pretpostavlja se da će 2050. godine ruralnog stanovništva biti manje od jedne trećine (31,64 %) ukupnog stanovništva od 9,77 milijardi. U Republici Hrvatskoj je 1950. godine živjelo 3,85 milijuna ljudi od kojih je 77,71 % živjelo na selu. Godine 2018. broj stanovnika iznosio je 4,16 milijuna, a ruralno je stanovništvo činilo tek 43,03 %. Predviđanja oko kretanja broja stanovništva u Republici Hrvatskoj u 2050. godini alarmantna su, i to je već općepoznata informacija. Broj stanovnika smanjit će se na 3,46 milijuna, a samo 28,69 % ostat će živjeti na selu.



Slika 7.8. Kretanje broja stanovnika kao i udjela ruralnog i urbanog stanovništva (A) u Svijetu i (B) u Republici Hrvatskoj. Broj stanovnika od 2020. do 2050. godine procijenjen je na temelju podataka dostupnih 2018. godine. (Izvor: Odjel za stanovništvo Zavoda za gospodarska i društvena pitanja Ujedinjenih naroda, 2018.).

(2.2) Ratna zbivanja i politička nestabilnost: Ratna zbivanja i politička nestabilnost dovode do raspada tradicijskih lokalnih zajednica koje uzgajaju tradicijske kultivare te čuvaju tradicijsku baštinu u vezi poznavanja i upotrebe biljnih vrsta. Ovisno o razmjerima ratnih zbivanja, ljudi napuštaju matična sela i migriraju unutar, a često i van matične zemlje. Prema podacima Ureda Visokog povjerenika Ujedinjenih naroda za izbjeglice (*Office of the United Nations High Commissioner for Refugees*; UNHCR) 2021. godine na svijetu je bilo više od 89 milijuna izbjeglica, najviše iz Sirije (6,8 milijuna), Venezuele (4,6 milijuna), Afganistana (2,7 milijuna), Južnog Sudana (2,4 milijuna) i Mjanmara (1,2 milijuna).

Razorne posljedice ratnih zbivanja na bioraznolikost jasno su vidljive iz rezultata istraživanja kojim se usporedila zemljopisna raspodjela vrućih točki bioraznolikosti (engl. *biodiversity hotspots*; **vidi potpoglavlje 3.2**) s vrućim točkama oružanih sukoba u razdoblju od 1950. do 2000. godine (**Slika 7.9**). U vrijeme istraživanja na svijetu su bile utvrđene 34 vruće točke bioraznolikosti (danas ih je 36). Mjesta oružanih sukoba definirana su kao ona mjesta na kojima je bilo preko 1000 žrtava. Analizom je utvrđeno da je više od 90 % oružanih sukoba u svijetu vođeno u zemljama u kojima postoji vruća točka bioraznolikosti, od čega je 81 % oružanih sukoba vođeno na području samih točki bioraznolikosti. Od tadašnje 34 točke bioraznolikosti, 23 su bile zahvaćene ratom.



Slika 7.9. Područja vrućih točaka bioraznolikosti (zeleno) i mjesta oružanih sukoba u razdoblju od 1950. do 2000. godine (crveno).

(3) Prekomjerno iskorištavanje: Prekomjerno iskorištavanje razlog je genetske erozije mnogih, većinom divljih biljnih vrsta, što uključuje (3.1) Prekomjerno napasivanje, kao i (3.2) Nekontrolirano sakupljanje samoniklih biljnih vrsta.

(3.1) Prekomjerno napasivanje: Prekomjerno napasivanje (engl. *overgrazing*; prekomjerna ispaša) može dovesti do znatnog smanjenja biljnog pokrova kao i bogatstva biljnih vrsta, te povećati opasnost od erozije tla vjetrom i/ili vodom te invazije nepoželjnih, često alohtonih korovnih vrsta. Prekomjerno napasivanje naročito je izraženo na aridnim i poluaridnim područjima.

Utjecaj prekomjernog napasivanja na degradaciju pašnjaka u Mongoliji bio je temom brojnih istraživanja. Euroazijska se stepa proteže u širokom pojasu od Ukrajine i Rusije na zapadu, preko Kazahstana, Turkmenistana i Uzbekistana do Mongolije i Kine, zauzimajući 10,3 milijuna km^2. U Mongoliji se stepa proteže na 1,3 milijuna km^2 i predstavlja jedno od najočuvanijih stepskih područja jer je zbog većinom ekstenzivne upotrebe zadržalo visoku razinu biljne i životinjske bioraznolikosti. Nomadsko stočarstvo u Mongoliji ima vrlo dugu

tradiciju i stoljećima je bilo glavnom poljoprivrednom granom. Društveno-gospodarskim promjenama tijekom '90-ih godina prošlog stoljeća omogućena je privatizacija stada, što je dovelo do raspada stočarskih zadruga, kao i dramatičnog povećanja broja domaćih životinja. Od 25,8 milijuna grla, odnosno 54,3 milijuna **ovčjih jedinica** (engl. *sheep unit*; SU) '90-ih, stočni je fond 2021. godine narastao do 71 milijuna grla (118,7 milijuna SU). Time se gustoća stoke povećala više od tri puta – od 32 SU/ha 1961. godine do 99 SU/ha 2017. godine. U Mongoliji se najviše uzgajaju ovce, koze, goveda, konji i deve, a najveće je povećanje broja grla zapaženo kod koza zbog visoke tržišne vrijednosti kašmira.

Brojnim istraživanjima u svrhu usporedbe stanja stepskih područja zahvaćenih intenzivnom ispašom i onih ekstenzivne ispaše (ili bez ispaše) utvrđene su znatne promjene u pokrivenosti tla vegetacijom (engl. *vegetation cover*), bogatstvu biljnih vrsta (engl. *species richness*), kao i nadzemnoj biomasi (engl. *aboveground biomass*). Prilikom navedenih istraživanja u obzir su uzimani i najvažniji okolišni čimbenici kao što su srednja godišnja količina oborina, varijacijski koeficijent oborina, srednja godišnja temperatura kao i nadmorska visina, a stepska su područja podijeljena na pustinjske, suhe, livadne, planinske i visokoplaninske stepe. Ekstenzivna je ispaša imala najveći negativan utjecaj na vegetaciju pustinjskih, suhih i visokoplaninskih stepa, dok je taj utjecaj ipak nešto manje izražen kod livadnih i planinskih stepa zbog veće količine oborina i visoke proizvodnosti. Prema Nacionalnom izvješću o stanju pašnjaka u Mongoliji (*National Report of the Rangeland Health of Mongolia*) iz 2016. godine, samo je 42,3 % pašnjaka u dobrom stanju; dok je 57,7 % degradirano (13,5 % slabo, 21,1 % srednje, 12,8 % jako i 10,3 % potpuno).

OVČJA JEDINICA (engl. *sheep unit*; SU) standardna je mjerna jedinica u Mongoliji koja omogućuje objedinjavanje različitih kategorija stoke; pri čemu ovca ima 1 SU, koza 0,9 SU, deva 5 SU, govedo 6 SU, a konj 7 SU. U Republici Hrvatskoj u tu se svrhu koristi stočna jedinica (engl. *livestock unit*; LSU); pri kojoj je početna točka za izračunavanje koeficijenta 500 kg žive mase životinja, pa ovca ima 0,1 LSU, a konj 0,8 LSU.

(3.2) Nekontrolirano sakupljanje samoniklih biljnih vrsta: Samonikle biljne vrste koje se najčešće nekontrolirano sakupljaju i ilegalno prodaju većinom su drvenaste biljke, ljekovito i aromatično bilje te ukrasno bilje. Na temelju izvješća organizacije CITES (Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divljih životinja i biljaka; *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) na ilegalnom je tržištu najveća potražnja za ružinim drvetom (engl. *rosewood*), što je trgovački naziv za drvnu građu brojnih biljnih vrsta roda *Dalbergia* koje su cijenjene zbog, u većini slučajeva, crvenkaste boje i ugodna mirisa jer su bogate eteričnim uljima; kao što su južnoamerička vrsta *Dalbergia frutescens*, indijska *Dalbergia latifolia*, kao i madagaskarska *Dalbergia greveana*. Nekontrolirano iskorištavanje i ilegalna prodaja naročito ugrožava brojne vrste iz porodice kaćunovice (Orichidaceae) koje se koriste kao ukrasno bilje, za hranu, kao i zbog ljekovitih svojstava. Za hranu se prvenstveno koristi vanilija (*Vanilla planifolia*), kao i najmanje 35 vrsta porodice kaćunovica čiji gomolji sadrže škrobni polisaharid glukomanan poznat kao *salep* koji se konzumira u pićima i desertima na širokom području od Palestine, preko Turske i Grčke, sve do Bosne i Hercegovine. Brojne vrste porodice kaćunovice također se beru i zbog ljekovitih svojstava, naročito u Indiji i Kini. Na ilegalnom tržištu ukrasnog bilja dominiraju vrste roda cikas (*Cycas* spp.), kao i brojne vrste porodice kaktusovki (Cactaceae).

U Republici Hrvatskoj sakupljanje samoniklih biljnih svojti u komercijalne svrhe regulirano je Pravilnikom o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta (NN 114/17) koji je proglašen na temelju Zakona o zaštiti prirode (NN 80/13, NN 15/18, NN 14/19, NN 127/19). U Prilogu I. navedenog Pravilnika naveden je popis zavičajnih divljih vrsta za koje je potrebno ishoditi dopuštenje nadležnog Ministarstva (u trenutku pisanja, to je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja). Na popisu se nalazi jedna vrsta mahovnjača (mahovine; Bryophyta), pet vrsta papratnjača (Pteridophyta) te 14 rodova (sa svim pripadajućim vrstama) i 95 vrsta sjemenjača (Spermatophyta). Pritom valja imati na umu da rod naveden u Pravilniku ne uključuje one svojte koje su navedene u Prilogu I. Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (NN 114/13; NN 73/16) čije je sakupljanje zabranjeno. Tako je npr. moguće ishoditi dopuštenje za sakupljanje svih vrsta roda timijana (*Thymus*), osim za listićasti timijan (*Thymus bracteosus*) koji je strogo zaštićen jer je endemična biljna vrsta.

Prilikom sakupljanja potrebno je primjenjivati opće mjere upravljanja i zaštite biljaka propisane Pravilnikom:

(a) na jednom nalazištu nije dopušteno sakupiti više od dvije trećine jedinki pojedine biljne vrste,

(b) pri sakupljanju nadzemnih dijelova biljaka mora se koristiti isključivo tehnika rezanja, bez oštećivanja ostalih dijelova biljke,

(c) podzemni dijelovi biljaka smiju se sakupljati tek nakon završene faze cvjetanja, stvaranja sjemenki i/ili plodova i njihovog rasprostranjivanja,

(d) pri sakupljanju podzemnih dijelova biljaka najmanje 80 % pojedine biljne vrste na jednom nalazištu mora se ostaviti nedirnuto,

(e) jame nastale vađenjem podzemnih dijelova samoniklih biljaka potrebno je ponovno zatrpati,

(f) pri sakupljanju biljaka nije dopušteno oštećivati njihovo stanište.

Posebne mjere upravljanja i zaštite biljaka propisuju se Stručnom podlogom za sakupljanje zavičajnih divljih vrsta koja se redovito ažurira. Posebne mjere uključuju različita ograničenja sakupljanja određenih biljnih vrsta imajući u vidu zemljopisni položaj mjesta sakupljanja (ograničenje sakupljanja na geografskom principu), vrijeme (sezonsko ograničenje sakupljanja), metodu (ograničenje metode sakupljanja), kao i količinu biljnog materijala kojeg je dopušteno sakupiti (dopuštena godišnja kvota za sakupljanje biljnih vrsta po pojedinim dijelovima). Navedene Posebne mjere pridonijele su sprječavanju uništavanja populacija sredozemnog smilja (*Helichrysum italicum*), kao što je to opisano u *Priči o sredozemnom smilju: Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja?* **(vidi potpoglavlje 3.3)**.

(4) Uništenje staništa: Uništenje staništa može biti posljedica (4.1) Urbanizacije i industrijalizacije ili (4.2) Intenziviranja poljoprivrednih sustava.

(4.1) Urbanizacija i industrijalizacija: Izgradnjom naselja, cesta, industrijskih kapaciteta, brana, kao i turističke infrastrukture, prirodne se površine kontinuirano smanjuju i dolazi do njihove fragmentacije.

Masovne migracije u urbane sredine u potrazi za poslom i boljim životnim uvjetima, zabilježene su već u XVIII. stoljeću tijekom Industrijske revolucije u Velikoj Britaniji, a tijekom XIX. stoljeća i u mnogim drugim europskim zemljama. Ubrzana industrijalizacija brojnih dotad prvenstveno agrarnih zemalja svijeta uzela je maha završetkom II. svjetskog rata, odnosno tijekom '60-ih i '70-ih godina prošlog stoljeća, nakon procesa dekolonizacije i stjecanja neovisnosti. Industrijalizacija je uvijek bila praćena ogromnim priljevom ruralnog stanovništva u urbane sredine. Divljom su gradnjom nastajala brojna siromašna predgrađa (engl. *slum*), često bez ikakve infrastrukture. Danas takve četvrti, poznate po visokoj stopi nezaposlenosti i čestim razbojstvima, nalazimo u gotovo svim megalopolisima svijeta. Stoga, urbanističko planiranje u mnogim gradovima svijeta ima prvenstveno za cilj osigurati osnovne životne uvjete rastućem stanovništvu često nauštrb očuvanju prirodnih ekosustava.

Kompleksnost problema urbanizacije prikazana je na primjeru sadašnjeg (Jakarta) i budućeg (Nusantara) glavnog grada Indonezije, četvrte najmnogoljudnije zemlje svijeta. Naime, 2022. godine indonezijska je Vlada odlučno započela projekt izgradnje novog glavnog grada, jer sadašnji glavni grad, Jakarta, neumitno tone u more. Jakarta, najveći grad jugoistočne Azije ima preko 10 milijuna stanovnika, dok urbano područje koje uključuje niz satelitskih gradova naseljava preko 35 milijuna stanovnika. Jakarta se nalazi na sjeverozapadnom dijelu otoka Jave, a smještena je na prostranoj aluvijalnoj ravni na ušću čak 13 rijeka koje se ulijevaju u Jakartski zaljev. Izvješća za 2023. godinu govore o tome da se 40 % površine Jakarte nalazi ispod morske razine. Sjeverna Jakarta u posljednjih je 10 godina potonula za 2,5 m, a neke četvrti tonu brzinom od 25 cm godišnje. Procjene govore da će do 2050. godine čak 95 % površine sjevernih četvrti Jakarte biti pod vodom.

Razlozi za to su brojni. U područjima monsunske klime poplave nisu rijetka pojava. Šume mangrova koje su se nalazile na području ušća i štitile naselje od plimnih valova, počele su se krčiti zbog izgradnje pristaništa već u XVII. stoljeću, pa se danas mogu naći samo još u nekim četvrtima Jakarte. U XVII. su stoljeću Nizozemci osvojili otok Javu i osnovali grad Bataviju na mjestu nekadašnje važne luke Sunda Kelapa i pretvorili ga u tipično nizozemsko naselje s modernim, europskim zgradama i mrežom kanala. Smatra se da su upravo ti kanali koji su trebali poslužiti regulaciji riječnih tokova i obrani od poplava pridonijeli polaganom tonjenju Jakarte. Naime, vremenom dolazi do prirodnog zbijanja tla ukoliko se aluvijalna ravan kontinuirano ne obnavlja odlaganjem sedimenata koje rijeke donose sa sobom. Sustav kanala koji nizozemske gradove uspješno štiti od poplava u Jakarti se pokazao kontraproduktivnim jer je onemogućio kontinuiranu sedimentaciju. Tijekom '60-ih i '70-ih godina prošlog stoljeća došlo je do naglog povećanja broja stanovnika Jakarte. Postojeća gradska infrastruktura to jednostavno nije mogla podnijeti, tako da se smatra da 2023. godine više od polovice grada nema pristup javnom vodovodu niti kanalizaciji. Stoga, ne čudi postojanje brojnih ilegalnih crpilišta vode koja dovode do daljnjeg slabljenja tla. Nakon katastrofalnih poplava koje su se dogodile 2002., 2007. i 2013. godine, 2014. godine počela je izgradnja Jakartskog divovskog nasipa (*Giant Sea Wall Jakarta*) koji će biti dug 32 km i uključivati izgradnju 17 umjetnih otoka u Jakartskom zaljevu. Na području površine 4000 ha planira se izgradnja luke, stambenih, industrijskih i zelenih zona, kao i zrakoplovne luke.

Iako projekt izgradnje Jakartskog divovskog nasipa nije napušten i smatra se da će biti završen 2027. godine, indonezijski je predsjednik Joko Widodo, poznat kao Jokowi, 2017. najavio preseljenje vladinih službenika u novi glavni grad koji će biti planski izgrađen 1400 km od Jakarte, na otoku Borneo. Otvorenje novog glavnog grada planirano je za 2024. godinu, a projekt će biti završen 2045. godine, na stotu godišnjicu proglašenja nezavisnosti Indonezije.

Novi glavni grad, Nusantara, protezat će se na površini koja je četiri puta veća od današnje Jakarte, a 2045. godine tamo će, prema procjeni, živjeti dva milijuna stanovnika. U početnoj će se fazi preseliti vladini službenici, a zatim će se osnovati i niz sveučilišta, inovacijskih centara i medicinskih instituta. Energetski razvitak grada u potpunosti će se temeljiti na **obnovljivim izvorima energije** (engl. *renewable energy sources*) kao i na **kružnom gospodarstvu** (engl. *circular economy*). Nusantara će biti grad **zelene infrastrukture** (engl. *green infrastructure*), odnosno grad-spužva (engl. *sponge city*) s brojnim zelenim površinama i vodozahvatnim građevinama s 10 % površine grada namijenjene poljoprivrednoj proizvodnji. Procjena je da će se 80 % urbanog transporta odvijati javnim prijevozom, biciklom ili pješke. Pritom će se velika pažnja posvetiti poticanju upotrebe električnih vozila jer Indonezija ima najveće svjetske rezerve nikla koji je ključan materijal u proizvodnji baterija. Godine 2020. indonezijska je Vlada zabranila izvoz niklove rudače, ne bi li primorala tvrtke na izgradnju postrojenja za preradu u zemlji. Na taj će način Nusantara do 2045. godine postići **ugljičnu neutralnost** (engl. *carbon neutrality*).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE (engl. *renewable energy sources*; *renewable sources*) oni su izvori energije koji se u prirodi obnavljaju u cijelosti ili djelomično, a uključuju sunčevu i geotermalnu energiju, energiju vjetra i vode, kao i energiju plime i oseke, te energiju biomase.

KRUŽNO GOSPODARSTVO (engl. *circular economy*) model je proizvodnje i potrošnje koji uključuje posudbu, ponovno korištenje, popravljanje, obnavljanje i reciklažu postojećih proizvoda i materijala na što duži rok.

ZELENA INFRASTRUKTURA (engl. *green infrastructure*) strateški je planirana mreža prirodnih i poluprirodnih površina koja je, s drugim elementima okoliša, projektirana i upravljana da uspostavi široki raspon usluga ekosustava. Grad zelene infrastrukture naziva se i grad-spužva (engl. *sponge city*).

UGLJIČNA NEUTRALNOST (engl. *carbon neutrality*) ravnoteža je između emisije ugljičnog dioksida (CO_2) i njegove apsorpcije iz atmosfere.

Novi će se glavni grad, čija je izgradnja uvelike započela, nalaziti u pokrajini Istočni Kalimatan, na otoku Borneu, tridesetak kilometara zračne linije od lučkog grada Balikpapan. Borneo je treći po veličini otok na svijetu nakon Grenlanda i Nove Gvineje, a politički je podijeljen između Indonezije, Malezije i Bruneja. Klima je Bornea tipična tropska, pa većinu otoka prekrivaju tropske kišne šume. Borneo je jedna od pet regija s najvećim flornim bogatstvom u svijetu, te spada u desetu zonu bioraznolikosti (engl. *diversity zone* 10; DZ 10), što znači da ima više od 5000 biljnih vrsta po 10 000 km^2 (**vidi potpoglavlje 3.1**). Na Borneu raste i čuvena parazitska vrsta *Rafflesia arnoldii* poznata po tome da tvori najveći cvijet biljnog svijeta koji može narasti i do jedan metar u promjeru i težiti preko 10 kg, a u svrhu privlačenja oprašivača ispušta neugodan miris po pokvarenom mesu. Gustoća je stanovništva na Borneu 2023. godine još uvijek vrlo niska, tek 16 stanovnika po km^2, dok Hrvatska ima 73, Slovenija 102, a Njemačka 232. Usprkos tome, Borneo pripada Sundskom otočju koje predstavlja jednu od 36 vrućih točki bioraznolikosti (engl. *biodiversity hotspots*) jer u toj regiji možemo naći više od 1500 endemičnih vrsta viših biljaka koje su izgubile više od 70 % površine svog izvornog staništa (**vidi potpoglavlje 3.2**). Do narušavanja prirodnih ekosustava Bornea dolazi prvenstveno zbog

prekomjerne, a često i ilegalne sječe cijenjenih tropskih drvenastih vrsta kao i krčenja šuma u svrhu sadnje plantaža uljne palme (*Elaeis guineenis*). Štoviše, Borneo je bogat nalazištima nafte i zemnog plina, pa je tako glavna gospodarska aktivnost Bruneja upravo eksploatacija tih vrijednih sirovina zbog kojih navedeni sultanat spada među gospodarski najrazvijenije države svijeta. Ekolozi se stoga pribojavaju da će izgradnja budućeg glavnog grada znatno naštetiti bioraznolikosti otoka jer osim strogo zacrtane urbane površine treba uzeti u obzir i izgradnju pristupnih prometnih koridora koji uključuju izgradnju mreže autocesta i željezničkih pruga. Time će se olakšati pristup unutrašnjosti otoka, što može dovesti do porasta ilegalne sječe i krčenja šuma, te bespravne gradnje i pojave divljih naselja.

Hoće li Nusantara biti uzor održivog, ugljično-neutralnog grada zelene infrastrukture ili prouzročiti ekološku katastrofu potpunim nestankom kišnih šuma Bornea, ostaje nam da vidimo. Ponešto nade ulijeva činjenica da je začetnik cjelokupnog projekta, indonezijski predsjednik Joko Widodo – inženjer šumarstva.

(4.2) Intenziviranje poljoprivrednih sustava: Intenziviranje poljoprivrednih sustava i povećanje proizvodnje dovode do krčenja šuma i isušivanja močvara.

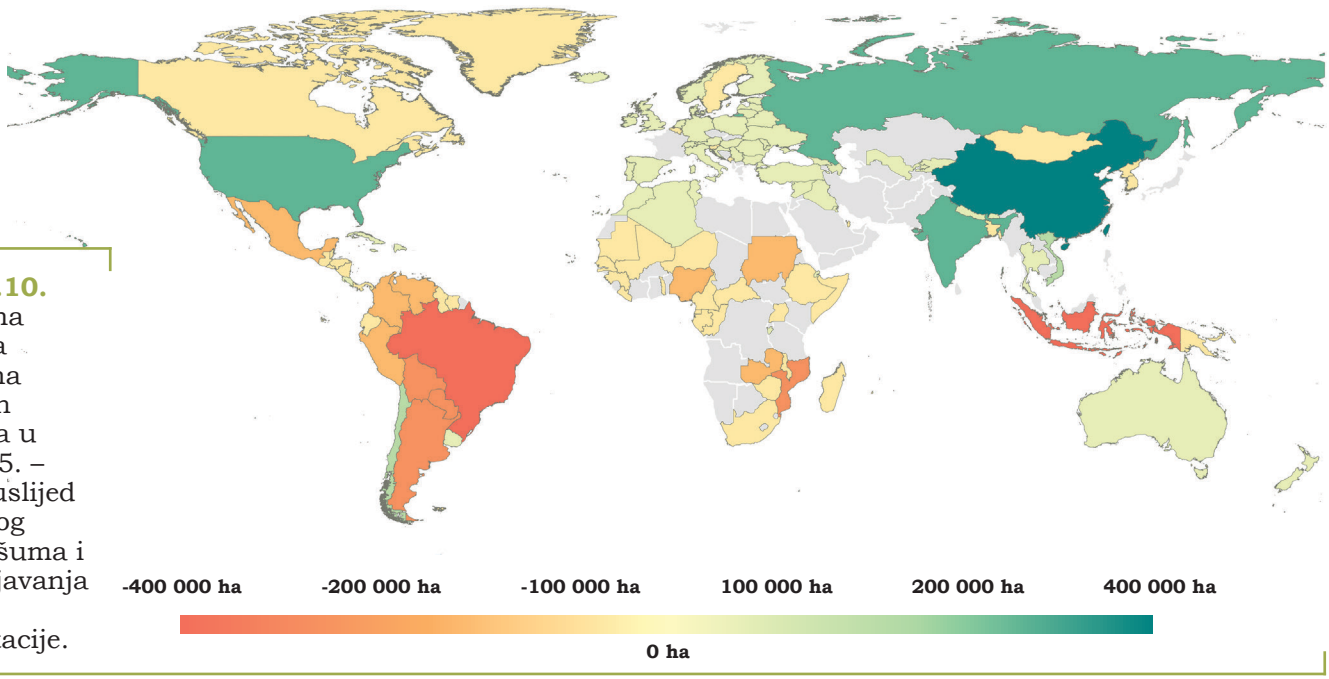
Najveći je trend smanjenja šumskih površina uočen u Brazilu u kojem su se, prema statističkim podacima organizacije FAO za razdoblje od 2015. do 2020. godine, šumske površine prosječno smanjivale za 1,45 milijuna ha godišnje (**Slika 7.10**). Radi se, naravno, o nestajanju tropskih kišnih šuma u području Amazone poznatih po ogromnom bogatstvu biljnog i životinjskog svijeta. Određena područja Amazone pripadaju desetoj zoni bioraznolikosti (eng. *diversity zone* 10; DZ 10) s više od 5000 vrsta viših biljaka na 10 000 km^2 (**vidi potpoglavlje 3.1**). Do '60-ih godina prošlog stoljeća pristup unutrašnjosti područja Amazone bio je prilično ograničen tako da su tropske kišne šume ostale uglavnom netaknute. Od '50-ih do '70-ih godina prošlog stoljeća stanovništvo Brazila gotovo se udvostručilo (53 milijuna 1950. godine; 96 milijuna 1970. godine). Krajem '50-ih godina prošlog stoljeća počela je planska izgradnja novog urbanog središta koje je pod imenom Brazilija postalo glavnim gradom Brazila. Najgušće naseljeno područje Brazila obalna je regija kojom dominiraju dva višemilijunska grada; dotadašnji glavni grad Rio de Janeiro kao i najmnogoljudniji grad južne hemisfere, São Paolo. Brazilija je zato izgrađena 930 km sjeverozapadno od Rija, na području tropskih savana Cerrado koje se šire jugoistočno od područja Amazone prema atlantskim obalnim šumama istočnog Brazila ne bi li rastuće stanovništvo naselilo unutrašnjost Brazila. Cerrado i atlantske obalne šume istočnog Brazila predstavljaju vruće točke bioraznolikosti (engl. *biodiversity hotspots*) jer u obje regije nalazimo više od 1500 endemičnih vrsta viših biljaka koje su izgubile više od 70 % površine svog izvornog staništa (**vidi potpoglavlje 3.2**).

Još krajem '50-ih godina prošlog stoljeća započela je izgradnja autoceste Belém – Brazilija da bi krajem '60-ih bila završena i autocesta Porto Velho – Cuiabá – Brazilija. Te su autoceste sve do kraja '90-ih godina prošlog stoljeća bili jedini asfaltirani putovi, prohodni tijekom cijele godine, koji su omogućili pristup području Amazone čime je započela era nesmiljene eksploatacije i devastacije kišnih šuma.

Deforestacija je bila najintenzivnija u razdoblju od 1964. do 1985. godine tijekom vojne diktature uvelike potpomognute SAD-om kada su uz vladinu potporu i strani kapital financirani brojni projekti uspostave govedarskih farmi, kao i projekti iskorištavanja šuma i rudnog bogatstva, te izgradnje hidroelektrana. Jačanjem gospodarskih aktivnosti vlada je izravno poticala masovnu kolonizaciju područja Amazone. Ponovnom uspostavom demokratski

izabrane vlade taj je trend bio donekle usporen, ali je bio praćen gospodarskom krizom i neobuzdanom inflacijom za koju se vjeruje da je, isto tako, bila potpomognuta SAD-om. Od tada pa sve do danas brazilske su se vlade suočavale s istim problemom – kako osigurati društveno blagostanje i othrvati se pritiscima međunarodne zajednice koja istodobno zahtijeva vraćanje pozamašnog vanjskog duga [koji je u srpnju 2023. iznosio preko 70 % bruto domaćeg proizvoda (engl. *gross domestic product*; GDP)], kao i očuvanje bioraznolikosti područja Amazone.

DEFORESTACIJA (engl. *deforestation, forest clearance*; rašumljavanje, krčenje šuma) proces je uklanjanja šume na nekom području kako bi se šumsko zemljište prenamijenilo u neke druge svrhe.



Slika 7.10. Prosječna godišnja promjena šumskih površina u ha (2015. – 2020.) uslijed prirodnog širenja šuma i pošumljavanja kao i deforestacije.

Glavni je razlog krčenja šuma u Brazilu širenje poljoprivrednih površina u svrhu razvitka stočarske, prvenstveno govedarske proizvodnje za koju je potrebno osigurati ogromne površine pašnjaka. Naime, prema statističkim podacima organizacije FAO (FAOSTAT) Brazil je 2021. godine bio najveći svjetski izvoznik goveđeg mesa, ispred SAD-a, Australije, Indije i Novog Zelanda. Istodobno, neprestano su se širile površine iskrčene u svrhu proizvodnje soje (*Glycine max*), a Brazil je postao i najveći svjetski proizvođač te vrijedne kulture, ispred SAD-a, Argentine, Kine i Indije. Svjetska potražnja za sojom neprestano raste, prvenstveno u svrhu hranidbe domaćih životinja (sojina sačma), ali i sve veće upotrebe u ljudskoj prehrani (ulje, lecitin, tofu) kao i u industriji (biogorivo). Problem se dodatno pogoršava uslijed razvitka drvne industrije i velike svjetske potražnje za drvom. Isto tako, područje se Amazone odlikuje i velikim rudnim bogatstvom uključujući nalazišta željeza, boksita, srebra i zlata. Već tijekom '80-ih

godina prošlog stoljeća Brazil je, imajući u vidu zabrinutost mnogih domaćih i međunarodnih udruga za zaštitu prirode donio niz zakona kojim su mnogobrojne aktivnosti usmjerene na deforestaciju Amazone bile ograničene ili se pak proglasile ilegalnima, što je znatno utjecalo na priljev (legalnih) stranih ulaganja. S druge strane, (a) ilegalno širenje poljoprivrednih površina koje uključuje i poticanje šumskih požara, (b) ilegalno rudarenje potaknuto visokim cijenama zlata, kao i (c) ilegalna sječa cijenjenih drvenastih vrsta kao što su *Handroanthus serratifolius* (port. *lapacho* ili *ipê*) koja je istodobno i brazilski nacionalni cvijet, nesmetano su nastavljeni. Razloge takvom stanju brojne međunarodne organizacije za zaštitu prirode vide u (a) nedovoljnim financijskim sredstvima za uspostavu sveobuhvatnog nadzora nad ilegalnim aktivnostima, (b) nedostatak bilo kakvog planiranja prilikom izgradnje novih naselja i prometne infrastrukture, kao i (c) nesposobnost ili potkupljivost vladinih službenika prilikom davanja koncesija za sječu ili rudarenje.

Projekt satelitskog praćenja stanja okoliša amazonskog bioma (*Satellite Environmental Monitoring of the Amazon Biome*), odnosno bioma tropskih i suptropskih vlažnih listopadnih šuma na području Amazone kojeg je proveo brazilski Nacionalni institut za istraživanje svemira (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*; INPE) u suradnji sa Zakladom za znanost, primjenu i svemirsku tehnologiju (*Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*; FUNCATE) rezultirao je javno dostupnim softverom *TerraAmazon*. Navedeni je softver razvijen s namjerom da pruži precizne i pouzdane podatke o stanju biljnog pokrova i načinu korištenja zemljišta te je tako postao glavnim izvorom informacija pri donošenju vladinih mjera u vezi deforestacije područja Amazone.

(5) Promjene okolišnih uvjeta: Promjene okolišnih uvjeta koji utječu na genetsku eroziju uključuju (5.1) Degradaciju tla te (5.2) Klimatske promjene.

(5.1) Degradacija tla: **Degradacija tla** (engl. *soil degradation*) dovodi do narušavanja prirodnih ekosustava kao i smanjenja ili potpunog izostanka prinosa poljoprivrednih kultura. Procesi koji dovode do degradacije tla mogu biti fizikalni, kemijski i biološki, te obuhvaćaju prirodne pojave kao i antropogeno djelovanje. Najčešći su procesi koji dovode do degradacije tla **erozija tla** (engl. *soil erosion*), **salinizacija tla** (engl. *soil salinization*; zaslanjivanje) i **dezertifikacija** (engl. *desertification*; opustinjavanje).

DEGRADACIJA TLA (engl. *soil degradation*) proces je pogoršanja svojstava tla koji dovodi do smanjenja njegove plodnosti ili proizvodne sposobnosti.

EROZIJA TLA (engl. *soil erosion*) proces je površinske migracije zemljišnog materijala i/ili matičnog supstrata uzrokovan djelovanjem površinskih voda ili vjetra.

SALINIZACIJA TLA (engl. *soil salinization*; zaslanjivanje tla) proces je akumuliranja lako topljivih soli natrija, magnezija i kalcija u tlu do kojeg dolazi uslijed djelovanja podzemnih voda bogatih solima, navodnjavanja nekvalitetnom vodom, kao i prodora morske vode.

DEZERTIFIKACIJA (engl. *desertification*; opustinjavanje) je proces promjene vodnog režima tla pri čemu dolazi do njegovog postupnog isušivanja uslijed učestalih suša kao i antropogenog djelovanja uključujući uništavanje staništa i prekomjerno iskorištavanje.

U Parizu je 1994. godine usvojena Konvencija Ujedinjenih naroda o suzbijanju dezertifikacije u zemljama pogođenim jakim sušama i/ili dezertifikacijom, osobito u Africi (*United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa*) danas poznata kao Konvencija Ujedinjenih naroda o suzbijanju dezertifikacije (*United Nations Convention to Combat Desertification*; UNCCD) koju je Republika Hrvatska potvrdila 2000. godine (NN 11/00). Najveće površine zahvaćene dezertifikacijom nalaze se na području subsaharske Afrike (Sahel), u autonomnoj regiji Ningxia Hui na sjeveru Kine, kao i u bazenu rijeka Murray i Darling u istočnoj i jugoistočnoj Australiji. Do dezertifikacije dolazi i u Europi, naročito u zemljama Sredozemlja (Španjolska, Portugal, Italija, Grčka), ali i u Rumunjskoj i Bugarskoj. Najkritičnije je stanje u subsaharskoj Africi, prostranom području savana koje se smatra jednim od centara podrijetla agrikulture (**vidi potpoglavlje 8.2**).

Uzroci dezertifikacije pritom su brojni. U drugoj polovini prošlog stoljeća došlo je do znatnog povećanja stanovništva subsaharske Afrike i širenja poljoprivrednih površina. Istovremeno, ta su područja pogodile dugotrajne suše (1968. - 1974.; 1983. - 1985.) koje su prouzrokovale katastrofalnu glad i neminovno dovele do prekomjernog napasivanja i deforestacije, što je doprinijelo sve većoj eroziji tla. Posljedice dezertifikacije su stalna prehrambena nesigurnost (engl. *food insecurity*) cjelokupnog područja subsaharske Afrike i sve češće migracije stanovništva. Pritom je, neumitno i nepovratno, došlo do znatnog smanjenja genetske raznolikosti, kako samoniklih biljnih vrsta uključujući i divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta, tako i izuzetno brojnih i raznolikih tradicijskih kultivara naročito bisernog prosa (*Cenchrus americanus*) i sirka (*Sorghum bicolor*).

Jedna od najvažnijih inicijativa organizacije UNCCD svakako je uspostava Velikog zelenog zida (*Great Green Wall*) kojom se planira spriječiti dezertifikaciju na preko 150 milijuna ha degradiranog zemljišta subsaharske Afrike pošumljavanjem, stvaranjem vjetrozaštitnih pojaseva i revitalizacijom poljoprivrednih površina. Naime, 2007. godine pokrenut je projekt sadnje drveća koji će u rasponu od 8000 km povezati 11 afričkih zemalja – od Senegala, Mauritanije, Malija i Burkine Faso na zapadu, preko Nigera, Nigerije i Čada, do Sudana, Eritreje, Džibutija i Etiopije na istoku. Glavni je cilj svakako suzbiti dezertifikaciju sprječavanjem erozije i povećanjem plodnosti tla, što će sasvim sigurno doprinijeti razvitku poljoprivredne proizvodnje, kao i očuvanju bioraznolikosti. Uz financijsku pomoć Svjetske banke (*World Bank*), Afričke razvojne banke (*African Development Bank Group*; AfDB) i Afričke unije (*African Union*; AU) do 2023. godine uspješno je obnovljeno 20 milijuna ha i otvoreno 350 000 novih radnih mjesta, a cilj je do 2030. godine obnoviti 100 milijuna ha i zaposliti 10 milijuna ljudi. Za to je, prema izvješću organizacije UNCCD potrebno barem još 30 milijardi dolara.

Nesigurnost kontinuiranog financiranja, kao i nedovoljna koordinacija i opća politička nestabilnost u zemljama subsaharske Afrike, stvarna su prijetnja uspješnom dovršenju projekta koji, između ostalog, ima za cilj postati simbolom afričkog jedinstva potičući regionalnu suradnju i integraciju. Vrijedi napomenuti da će od uspostave Velikog zelenog zida cjelokupno čovječanstvo imati koristi, jer se predviđa da će nove šumske površine svake godine apsorbirati 250 milijuna tona ugljičnog dioksida, **stakleničkog plina** (engl. *greenhouse gass*) jednog od glavnih uzroka **učinka staklenika** (engl. *greenhouse effect*), odnosno zagrijavanja zemljine atmosfere (vidi sljedeći odlomak).

(5.2) Klimatske promjene: **Klimatske promjene** (engl. *climate change)* postaju sve veći problem za čovječanstvo. Iz tog je razloga 1988. godine osnovano Međuvladino tijelo za klimatske

promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*; IPCC) od strane Svjetske meteorološke organizacije (*World Meteorological Organization*; WMO) i Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (*United Nations Environment Programme*; UNEP). Glavni je cilj tog tijela prikupljanje i obrada znanstvenih, tehničkih i društveno-gospodarskih informacija, u svrhu uspostave pouzdanog temelja za utvrđivanje potencijalnog utjecaja i rizika, kao i za osmišljavanje mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Prema Petom izvješću o procjeni (IPCC *Fifth Assessment Report*; IPCC AR5) iz 2014. godine čovjekov je utjecaj na klimatske promjene utvrđen kao nedvojben: globalno je zatopljenje (engl. *global warming*) uzrokovano povećanjem koncentracije antropogenih stakleničkih plinova (engl. *greenhouse gas*).

KLIMATSKE PROMJENE (engl. *climate change*) su promjene obrazaca klime u različitim dijelovima svijeta uzrokovane zagrijavanjem zemljine atmosfere, tla i oceana antropogenim djelovanjem. Iako se pojam može odnositi na bilo koje razdoblje u geološkoj povijesti Zemlje (što pritom isključuje antropogene uzroke), danas se uglavnom koristi u opisu sadašnjeg stanja klime kojeg karakterizira globalno zatopljenje (engl. *global warming*).

STAKLENIČKI PLINOVI (engl. *greenhouse gas*) su plinovi koji u atmosferi uzrokuju učinak staklenika (engl. *greenhouse effect*) kao što su vodena para, ugljikov dioksid, metan, dušikov oksid, ozon, sumporov heksafluorid, klorofluorougljici (freoni) i fluorougljici.

UČINAK STAKLENIKA (engl. *greenhouse effect*) proces je zagrijavanja Zemljine površine i donjih slojeva atmosfere uzrokovan stakleničkim plinovima u atmosferi koji apsorbiraju toplinsku energiju Zemljine površine i reflektiraju je natrag prema Zemlji.

U izvješću o Stanju globalne klime u 2022. godini (*State of the Global Climate 2022*) Svjetske meteorološke organizacije navodi se da je srednja globalna temperatura u 2022. bila za 1,15 °C viša od prosjeka referentnog razdoblja koje podrazumijeva godine od 1850. do 1900., te da su tijekom protekle 173 godine najtoplije godine bile upravo posljednjih osam (2015. - 2022.). Koncentracije ugljikova dioksida, metana i dušikova oksida dosegle su rekordnu razinu tijekom 2021. godine koja je bila i posljednja za koju su dostupne globalne vrijednosti, s tim da je praćenje koncentracije navedenih stakleničkih plinova na globalnoj razini uspostavljeno 1984. godine. Globalna srednja razina mora 2022. godine dosegla je rekordnu razinu imajući u vidu razdoblje od 1993. do 2022. godine. Ono što najviše zabrinjava je i znatna stopa porasta globalne srednje razine mora koja se udvostručila od prvog desetljeća satelitskog mjerenja (1993. – 2002.) kada je iznosila 2,27 milimetara godišnje (mm/god.), dok u trećem desetljeću (2013. – 2022.) iznosi 4,62 mm/god.

Štoviše, potkraj srpnja 2023. godine glavni je tajnik Ujedinjenih naroda, portugalski političar António Guterres (r. 1949) saznavši za izvješće Svjetske meteorološke organizacije da je srpanj 2023. bio najtopliji mjesec svih vremena izjavio da era globalnog zatopljenja (engl. *global warming*) upravo završava, a ono što dolazi nazvao je erom globalnog ključanja (engl. *global boiling*).

Od svih gospodarskih grana, najveće će štete od klimatskih promjena svakako pretrpjeti poljoprivredna proizvodnja koja izravno ovisi o okolišnim uvjetima. Prilagodba poljoprivredne proizvodnje na neizbježne promjene okolišnih uvjeta vrlo će vjerojatno teći vrlo sporo i biti praćena brojnim nesuglasicama i sukobima između proizvođača, potrošača i vlastodržaca.

Utjecaj klimatskih promjena na biljnu bioraznolikost također će biti poguban, jer će doći to postupnih promjena u floističkom sastavu brojnih ekosustava uz izumiranje brojnih vrsta, naročito onih prilagođenih životu na uskom rasponu ekoloških uvjeta kao i širenjem brojnih termofilnih i kserofilnih invazivnih biljnih vrsta.

Priča o oki, uljuku i mašui: Izgubljene kulture Inka

U XVI. stoljeću, kada je španjolski konkvistador Francisko Pizarro (oko 1478. - 1541.) zauzeo Cusco i time osvojio carstvo Inka, poljoprivredna se proizvodnja na području Anda temeljila na čak sedamdesetak kulturnih biljnih vrsta. Većinu su tih kultura udomaćila brojna starosjedilačka plemena davno prije uspostave carstva Inka u XV. stoljeću. Inke su, bez sumnje, zaslužne za širenje tih kultura na širokom području od zapadnog Ekvadora, preko Perua i Bolivije, pa sve do Argentine i Čilea na kojem su uspostavile svoju vlast. Za razliku od brojnih civilizacija Starog svijeta koje su raspolagale velikim površinama plodnog zemljišta, u carstvu su se Inka poljoprivredne površine sastojale od milijuna minijaturnih parcela na strmim obroncima planina, na nadmorskim visinama koje su nerijetko prelazile 3000 m n.v.. Napredna poljoprivredna proizvodnja na terasama uz uređen sustav navodnjavanja uspješno je prehranjivala više od petnaest milijuna ljudi, bez da su poznavali željezo, kotač i novac.

Španjolski konkvistadori uspješno su razorili carstvo Inka, nametnuli kršćanstvo i aktivno radili na uništenju mnogih običaja starosjedilaca, smatrajući ih primitivnima i bogohulnima. Kulturne biljne vrste koje su u carstvu Inka bile izuzetno cijenjene, namjerno su zamijenjene kulturama Starog svijeta; kao što su pšenica (*Triticum aestivum*), ječam (*Hordeum vulgare*), mrkva (*Daucus carota*) i bob (*Vicia faba*). Pretpostavlja se da su glavne prehrambene kulture Inka bile krumpir (*Solanum tuberosum*), kinoa (*Chenopodium quinoa*), kukuruz (*Zea mays*) i kasava (*Manihot esculenta*). Krumpir i kinoa udomaćeni su na području carstva Inka (centar udomaćenja: 3b. središnje i južne Ande; **vidi potpoglavlje 8.2**), dok su kukuruz (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika) i kasavu (centar udomaćenja: 3c. jugozapadna Amazonija) Inke uspješno integrirale u poljoprivrednu proizvodnju. Kukuruz i krumpir uspješno su osvojili cijeli svijet, a kasava je danas glavna prehrambena kultura u tropskim područjima Afrike. Kinoa se španjolskim osvajačima, zbog svoje povezanosti s religioznim ritualima Inka, nije nikako svidjela, pa su zabranili njezin uzgoj i nametnuli im uzgoj pšenice. Nakon višestoljetnog zanemarivanja, kinoa je, kao vrijedna pseudožitarica, početkom ovog tisućljeća postupno osvojila tržišta najrazvijenih zemalja svijeta, pa je izvoz kinoe iz Perua u deset godina narastao 600 puta, od 62 tone 1995. godine na 36 000 tona 2014., dok je Opća skupština Ujedinjenih naroda proglasila 2013. Međunarodnom godinom kinoe.

Nažalost, mnoge druge kulture nisu bile te sreće. Za razliku od krumpira koji se danas uzgaja diljem svijeta, brojne se gomoljaste kulture Inka gotovo nikada nisu proširile s područja u kojem su prvobitno udomaćene (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande). Dapače, danas se sve manje uzgajaju i na području Anda. Primjeri takvih kultura su oka (*Oxalis*

tuberosa), uljuko (*Ullucus tuberosus*) i mašua (*Tropaeolum tuberosum*).

Oka (španj. *oca*; *Oxalis tuberosa*) se prvenstveno uzgaja zbog jestivog stabljičnog gomolja i danas je druga najvažnija gomoljasta kultura Anda, nakon, naravno, krumpira. Gomolji oke obično su širine oko 2,5 cm, a mogu biti okruglasti ili pak više ili manje izduženi, duljine i do 15 cm **(Slika 7.11A)**. Za razliku od krumpira, gomolji se oke mogu jesti i svježi, kao i pripremljeni na bilo koji način kao i krumpir. Svježi gomolji većine tradicijskih kultivara imaju kiselkast okus na limun ili kiselo vrhnje, a hrskavi su poput mrkve. Neki kultivari svojim slatko-kiselkastim okusom podsjećaju na plodove kultivara jabuke 'Granny Smith'. Kuhanjem kiselkasti okus pomalo nestane, tako da poprime blago slatkasto-gorkasti okus orašastih plodova. Tradicijski kultivari oke uglavnom su oktoploidi ($2n = 8x = 64$) ili tetraploidi ($2n = 4x = 32$), dok je diploidna oka divlji tip, ranije smatran posebnom vrstom – *O. chicligastensis*. Važno dijagnostičko svojstvo za razlikovanje tradicijskih kultivara boja je gomolja koja se po listi deskriptora (engl. *descriptor list*; **vidi potpoglavlje 12.2**) za oku organizacije *Bioversity International* razvrstava u 12 kategorija (od bijele, preko žute i narančaste, do crvene i ljubičaste) za primarnu boju kao i dodatnih deset za sekundarnu. U Europu je došla 1830-ih kao konkurencija krumpiru, no nije se zadržala u proizvodnji. Na Novi Zeland je uvedena 1860-ih i donekle se proširila u proizvodnji tako da je danas na svjetskom tržištu poznata i pod nazivom *novozelandski jam*.

Uljuko (španj. *ulluco*; *Ullucus tuberosus*) druga je najvažnija gomoljasta kultura u Ekvadoru, dok je u Peruu i Boliviji treća, nakon krumpira i oke. Gomolj uljuka može biti okruglast, do 5 cm u promjeru, valjkast (duljine i do 15 cm), a katkad i prilično zakrivljen **(Slika 7.11B)**. Kao i gomolj oke, može se jesti i sirov, ali se uglavnom kuha ili peče odnosno prži. Kuhani uljuko ima više ili manje izražen zemljani okus koji podsjeća na postrnu repu (*Brassica rapa* ssp. *rapa*), a glavna mu je prednost što i nakon kuhanja ostaje savršeno hrskav. Za razliku od oke, tradicijski kultivari uljuka uglavnom su diploidi ($2n = 2x$



Slika 7.11. Zapostavljene gomoljaste kulture Anda: **(A)** oka (*Oxalis tuberosa*), **(B)** uljuko (*Ullucus tuberosus*) i **(C)** mašua (*Tropaeolum tuberosum* ssp. *tuberosum*).

= 24), dok su divlji tipovi uglavnom triploidni ($2n = 3x = 36$) i donedavno su se smatrali različitom podvrstom (*U. tuberosus* ssp. *aborigineus*) ili čak vrstom (*U. aborigineus*). Nažalost, uzgoj uljuka jedva da se proširio izvan carstva Inka.

Mašua (engl. *mashua*; *Tropaeolum tuberosum* ssp. *tuberosum*) je kulturna podvrsta, dok je *T. tuberosum* ssp. *silvestre* divlja podvrsta koja uopće ne tvori gomolje. Gomolji mašue obično su stožastog, mrkvolikog oblika duljine od 5 do 15 cm **(Slika 7.11C)**. Sirovi gomolji imaju osvježavajuće jedak okus poput rotkvice (*Raphanus sativus*), a kuhani, hrskavi na površini, a mekani iznutra; okusom podsjećaju na kelj pupčar (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*). Većina tradicijskih kultivara mašue su tetraploidi ($2n = 4x = 52$). Mašua je četvrta najvažnija gomoljasta kultura Anda. Usprkos konkurenciji, uspjela se održati u uzgoju prvenstveno zbog visoke otpornosti na mraz, kao i na bolesti i štetnike. Štoviše, mašua je izrazito visokoprinosna kultura, tako da i bez upotrebe nekih posebnih agrotehničkih mjera na tlima niske plodnosti redovito postiže prinose od 20 do 30 t/ha, dok u pokusnoj proizvodnji prinos može sezati i do 50, pa čak i 70 t/ha. U usporedbi s prosječnim prinosima krumpira u najrazvijenijim zapadnoeuropskim zemljama (Francuska, Njemačka, Danska, Nizozemska) koji iznosi oko 40 t/ha (zanemarimo pritom Hrvatsku u kojoj je prosječni prinos krumpira jedva 15 t/ha), prinos mašue upravo je senzacionalan, imajući u vidu da, za razliku od krumpira, ta kultura zapravo nikada nije bila predmetom modernog oplemenjivanja.

Oka, uljuko i mašua u opasnosti su od genetske erozije, jer poljoprivrednici koji ih uzgajaju sve više prelaze na proizvodnju po načinu uzgoja slične, ali daleko profitabilnije kulture – krumpira. Dok se krumpir može relativno lako prodati, tržište oke, uljuka i mašue vrlo je ograničeno. Oka, uljuko i mašua stoga se uzgajaju radi izravne upotrebe na gospodarstvu. Proizvode ih uglavnom najsiromašniji slojevi društva, na malim parcelama niske plodnosti na kojima je uzgoj krumpira prerizičan. Općenita je percepcija potencijalnih potrošača na području Anda da se tu radi o hrani siromašnih, pa se smatraju pokazateljem niskog društvenog statusa. Hoće li oka, uljuko i mašua naći svoj put do svjetskog tržišta ili će netragom nestati, veliko je pitanje.

Nažalost, ova priča ne završava samo s okom, uljukom i mašuom, jer zapostavljenih **(vidi potpoglavlje 9.3)** korjenasto-gomoljastih kultura Anda ima još cijeli niz. Tu je i arakača (*Arracacia xanthorrhiza*), jestiva kana (*Canna indica*; sinonim: *Canna edulis*), maka (*Lepidium meyenii*), mauka (*Mirabilis expansa*) i ahipa (*Pachyrhizus ahipa*). Stoga, znanstvenici i stručnjaci koji pokušavaju očuvati, oplemeniti i proširiti u proizvodnji izgubljene kulture Inka, imaju pune ruke posla.

8

EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: UDOMAĆENJE

8.1 Povijesni pregled

Priča o Nikolaju Ivanoviču Vavilovu:
Znanstvenik u zlosretnom vremenu

8.2 Centri podrijetla agrikulture i centri udomaćenja

Još jedna priča o pšenici:
Hibridizacija, poliploidizacija i udomaćenje

8.3 Sindrom udomaćenja

Još jedna priča o kukuruzu:
Genetska osnova sindroma udomaćenja

Uvod

Udomaćenje (udomaćivanje, domesticiranje, domestikacija; engl. *domestication*; od lat. *domesticus*: domaći, kućni) biljnih vrsta prijelomni je događaj u evoluciji ljudske vrste koji se dogodio relativno nedavno. S obzirom na prihvaćenu pretpostavku da se vrsta *Homo sapiens* pojavila prije 300 000 do 200 000 godina, a da je agrikultura stara tek nekih 12 000 godina, Čovjek je većinu svog evolucijskog vremena proveo kao lovac i sakupljač. Izum agrikulture i postupan prelazak na novi način života koji je doveo do nastanka trajnih naselja, pa potom do razvitka kulture i civilizacije, potpuno je izmijenio i Čovjeka i naš planet. Time je, po nekim autorima, započeo antropocen (engl. *Anthropocene*), geološko razdoblje u kojemu je Čovjek postao presudan uzrok ekoloških, geoloških i klimatskih promjena.

Teorija evolucije engleskog prirodoslovca Charlesa Darwina (1809. – 1882.) uvelike je potaknula znanstvenike da se započnu baviti pitanjima gdje, kada i zašto je došlo do udomaćenja prvih biljnih vrsta. Pritom su se pojavile različite ideje od kojih je najdalekosežniju

važnost za razvitak znanosti na području očuvanja biljnih genetskih izvora imala teorija o centrima podrijetla kulturnih biljnih vrsta ruskog biologa, genetičara i oplemenjivača bilja Nikolaja Ivanoviča Vavilova (1887. – 1943.), kao i teorija o centrima i ne-centrima podrijetla američkog botaničara i agronoma Jacka R. Harlana (1917. – 1998.) (**vidi potpoglavlje 8.1**).

Centrima podrijetla agrikulture danas smatramo regije u kojima je došlo do neovisnog razvitka agrikulture, pri čemu su udomaćene najstarije kulturne biljne vrste. Do pojave agrikulture došlo je u različitim dijelovima svijeta već u ranom holocenu, geološkoj epohi koja je započela naglim zatopljenjem 12 000 godina BP (engl. *before present*, hrv. prije sadašnjosti). Oznaka BP uobičajen je način označavanja starosti arheoloških nalaza biološkog podrijetla utvrđenog datiranjem radioaktivnim ugljikom (engl. *radiocarbon dating*). Navedenu je metodu razvio američki kemičar Willard F. Libby (1908. – 1980.) 1949. godine za što je 1960. dobio Nobelovu nagradu za kemiju. Pritom se kao „sadašnjost" uzima 1950. godina, jer iz te godine potječe uzorak oksalne kiseline koja se koristi prilikom procjene. Stoga bi 12 000. godina BP odgovarala 10 050. godini pr. n. e.. Epoha holocena poklapa se s razdobljem u ljudskoj povijesti poznatim kao mlađe kameno doba ili neolitik (~10 000. – 4500. g. pr. n. e.). Stoga se taj događaj naziva Prvom agrikulturnom revolucijom ili Neolitskom revolucijom. Pretpostavlja se da postoji osam centara podrijetla agrikulture koji su raspoređeni po svim kontinentima, izuzev Antarktike i Europe. Centri podrijetla agrikulture istodobno su i primarni centri udomaćenja biljnih vrsta (**vidi definicije u potpoglavlju 8.1**), no kako se ideja o agrikulturi širila u susjedna područja, u tim je područjima došlo do udomaćenja daljnjih biljnih vrsta. Stoga, ta područja nazivamo sekundarnim centrima udomaćenja. Uz osam centara podrijetla agrikulture (primarnih centara udomaćenja) pretpostavlja se da postoji još barem 12 sekundarnih centara u kojima je do udomaćenja došlo tijekom srednjeg holocena (7.000. – 4.000. godina BP) (**vidi potpoglavlje 8.2**).

Međutim, po čemu se zapravo kulturne svojte razlikuju od svojih divljih predaka? Udomaćenje kulturnih biljnih vrsta bio je često vrlo dugotrajan proces, a ne događaj koji se zbio jednom na određenom mjestu i u određeno vrijeme, s jasnim uzrokom i posljedicama. Moguće je imati određen uvid u neke općenite pravilnosti i obrasce promjena prilikom udomaćenja. Skupinu temeljnih biljnih svojstava koja su se promijenila tijekom udomaćenja radi prilagodbe na nove, antropogene uvjete nazivamo sindromom udomaćenja (engl. *domestication syndrome*). Stoga, na temelju tih svojstava, barem u pravilu, možemo razlikovati udomaćene od divljih tipova (**vidi potpoglavlje 8.3**). To je, između ostalog, od izuzetne važnosti prilikom analize arheoloških nalaza.

8.1 Povijesni pregled

Ozbiljnija razmatranja o podrijetlu kulturnih biljnih vrsta započela su zapravo tek u XIX. stoljeću, kada je objašnjenje da se jednostavno radi o „daru bogova" postajalo sve neuvjerljivije. Ključnu je ulogu odigrala knjiga „*Postanak vrsta*" (puni naziv: „*Postanak vrsta prirodnim odabirom ili očuvanje povlaštenih rasa u borbi za život*"; alternativni prijevod: „*O podrijetlu vrsta posredstvom prirodne selekcije ili očuvanje boljih pasmina u borbi za opstanak*"; „*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*") koju je engleski prirodoslovac Charles Darwin (1809. – 1882.) objavio

1859. godine. U tom monumentalnom djelu, u kojem Darwin dokazuje da je prirodni odabir najsuvislije objašnjenje postanka različitih vrsta na našem planetu, zbog čega je proglašena najutjecajnijom znanstvenom knjigom svih vremena, prvo je poglavlje, *Uzroci varijabilnosti*, gotovo u cijelosti posvetio upravo umjetnom odabiru. U tom je poglavlju iznio svoja zapažanja o različitim pasminama konja, pasa i golubova koja su u to vrijeme bila bliska svakom pravom engleskom *gentlemenu*, ne bi li im postupno objasnio da se sličan proces mogao dogoditi i bez čovjeka, u prirodi, pod utjecajem brojnih okolišnih čimbenika. Bit tog poglavlja bila je u tome da se čitatelji uvjere u to da su „hrt, krvosljednik, terijer, španijel i buldog", koliko god se razlikovali po boji i dužini krzna, obliku njuške ili karakteru, nastali umjetnim odabirom unutar jedne te iste divlje vrste. Darwin je 1868. godine objavio i knjigu „*Promjene životinja i biljaka tijekom udomaćenja*" („*The Variation of Animals and Plants Under Domestication*").

Kao što to obično biva, Darwin nije bio ni prvi ni jedini koji je zastupao teoriju koja se njemu u čast danas zove *darvinizmom*. Engleski zoolog Alfred Russel Wallace (1823. – 1913.) istodobno je i neovisno o Darwinu došao na istu ideju. Švicarski botaničar Augustin Pyramus de Candolle (1778. – 1841.), prethodnik Darwina i Walacea, pisao je o stalnim ratovima u prirodi koji se događaju kako između jedinki iste vrste, tako i između vrsta, pa i između svake jedinke i vrste s prirodnim silama. Po njegovim vlastitim riječima, to je potaknulo Darwina da „smisli" teoriju prirodnog odabira.

Alphonse Pyramus de Candolle (1806. – 1893.), sin Augustina Pyramusa de Candollea, nastavio je botanički rad svog oca i već je 1855. godine, prije Darwinovog „Postanka vrsta", objavio knjigu „*Obrazloženi botanički zemljopis*" (fran. „*Géographie botanique raisonnée*"), a zatim 1882. i „*Podrijetlo kultiviranih biljaka*" (fran. „*Origine des plantes cultivées*"). Teorijske postavke koje je iznio u knjizi „*Podrijetlo kultiviranih biljaka*" začuđujuće su suvremene, jer navodi da u svrhu utvrđivanja centra udomaćenja određene kulturne biljne vrste moramo dokazati da divlji predak te vrste raste na tom području, te da postoje arheološki, povijesni i lingvistički dokazi udomaćenja. Na temelju dostupnih mu podataka pridružio je mnoge kulturne vrste njihovim centrima podrijetla, ali u brojnim slučajevima, nažalost neuspješno.

Utvrđivanje centara podrijetla kultiviranih biljnih vrsta ima i svoju jasnu upotrebnu vrijednost u oplemenjivanju bilja. Pritom je praktično pitanje kako osigurati nužnu raznolikost ishodišnog biljnog materijala za pokretanje učinkovitog programa oplemenjivanja. Na to je pitanje prvi pokušao odgovoriti Nikolaj Ivanovič Vavilov.

8.1.1 Vavilov: Centri podrijetla

Ruski biolog, genetičar i oplemenjivač bilja Nikolaj Ivanovič Vavilov (1887. – 1943.) bio je jedan od prvih znanstvenika koji je isticao važnost prikupljanja i analize biljnih genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta radi upotrebe u oplemenjivačkim programima. Postavši direktor Zavoda za primijenjenu botaniku u Sankt-Peterburgu 1920. godine Vavilov je na sebe preuzeo prilično težak zadatak. Prvi svjetski rat, Oktobarska revolucija, vojna intervencija snaga Antante i građanski rat koji je uslijedio, potpuno su iscrpili stanovništvo novonastalog Sovjetskog Saveza, a već tijekom 1921. i 1922. godine došlo je do katastrofalne gladi tijekom koje je umrlo pet milijuna ljudi. Vavilov je trebao razviti oplemenjivačke programe na većem broju kulturnih biljnih vrsta i introducirati novostvorene visokoprinosne kultivare u poljoprivrednu praksu. Zaključio je da u tu svrhu treba prikupiti mnoštvo tradicijskih kultivara, analizirati njihova

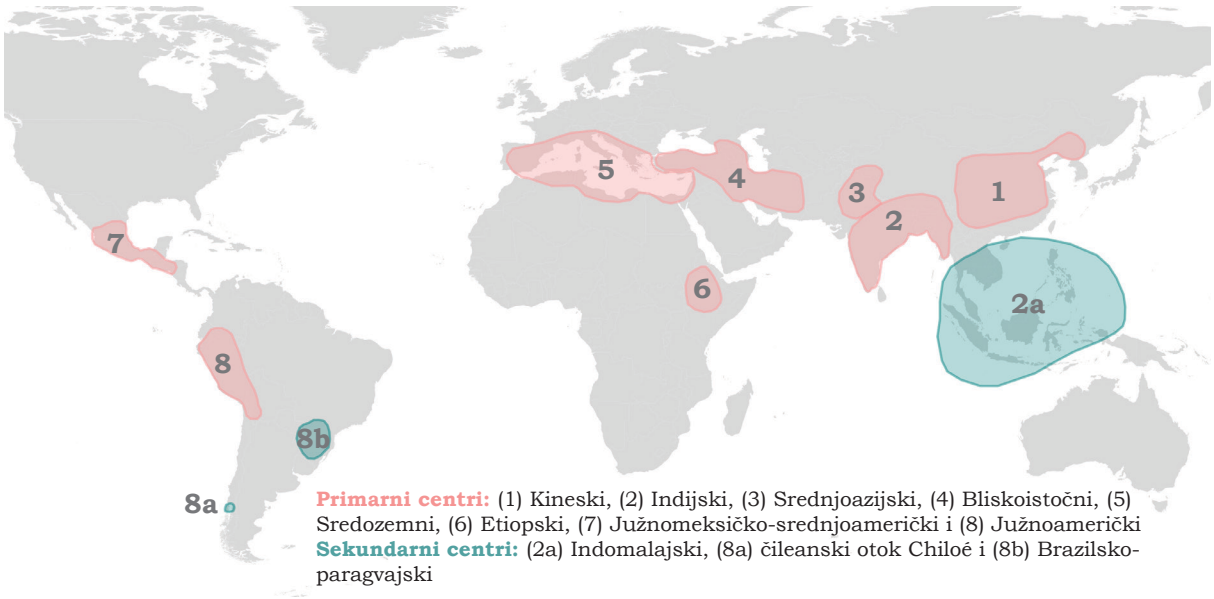
svojstva u različitim okolišima i pristupiti brojnim križanjima radi odabira najboljeg biljnog materijala. Već je dvadesetih godina prošlog stoljeća počeo s prikupljanjem biljnih genetskih izvora širom svijeta, te osnovao prvu kolekciju sjemena i sadnog materijala, odnosno banku biljnih gena. Radi ispitivanja svojstava prikupljenih genetskih izvora Vavilov je organizirao mrežu istraživačkih stanica diljem Sovjetskog Saveza – od suptropskih područja Kavkaza i Turkestana, pa sve do polarnog kruga. Vavilovljev je institut tako postao centar saveza poljoprivrednih istraživačkih instituta u kojima je krajem tridesetih bilo zaposleno preko 20 000 ljudi. Navedena ustanova danas nosi njegovo ime, *Vavilovljev sveruski institut za biljnu proizvodnju* (*Всероссийский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова*; *N. I. Vavilov Research Institute of Plant Industry*; VIR), te održava jednu od najvećih svjetskih kolekcija biljnih genetskih izvora koja se sastoji od preko 300 000 primki više od 2000 biljnih vrsta (**vidi potpoglavlje 10.3**).

Tijekom prikupljačkih ekspedicija Vavilov je jasno uvidio da biljni genetski izvori nisu ujednačeno raspodijeljeni po svim regijama svijeta. Utvrdio je da u određenim regijama nalazimo znatno veću raznolikost određenih kulturnih biljnih vrsta, kao i njihovih divljih srodnika. Godine 1926. je objavio svoju teoriju o centrima podrijetla kulturnih biljnih vrsta. Po Vavilovu je centar podrijetla regija u kojoj je određena vrsta udomaćena, jer u njoj nalazimo veliko bogatstvo tradicijskih kultivara kao i divljih srodnika te vrste. Poznavanje centara podrijetla stoga je od velike važnosti za praktično oplemenjivanje, jer u centrima podrijetla treba tražiti izvore poželjnih gena (alela) važnih za oplemenjivanje na određeno željeno svojstvo.

Radi otkrivanja centara podrijetla kulturnih biljnih vrsta Vavilov je predložio metodologiju pod nazivom *diferencijalna fitogeografija* koja se temeljila na poznavanju taksonomije i srodstvenih odnosa između vrsta kao i poznavanju područja rasprostranjenosti divljih i kulturnih morfotipova. Uz dobro poznavanje morfoloških svojstava određene kulturne biljne vrste moguće je otkriti u kojoj se regiji nalaze tradicijski kultivari s određenim endemičnim svojstvima, jer je to jasan pokazatelj da je ta regija centar podrijetla. Početna točka morfoloških analiza mu je pritom bio *Zakon o homolognim nizovima nasljedne varijabilnosti* koji je predložio još 1920. godine. Uspoređujući brojne prikupljene genotipove kulturnog bilja Vavilov je otkrio da unutar svake skupine srodnih vrsta postoje nizovi sličnih nasljednih svojstava. Stoga, i filogenetski bliže vrste imaju i sličnije nizove svojstava. Vavilov je izradio tablice u kojima je popisao homologna svojstva određenih skupina srodnih kulturnih biljaka. Po uzoru na ruskog kemičara Dmitrija Ivanoviča Mendeljejeva (1834. –1907.) koji je osmislivši periodični sustav kemijskih elemenata pretkazao svojstva mnogih, u njegovo vrijeme nepoznatih elemenata, i Vavilovljeve su tablice sadržavale mnogobrojna prazna mjesta. Vavilov je samouvjereno tvrdio da će daljnji napredak u analizi biljnih genetskih izvora dovesti do nadopunjavanja postojećih tablica. Tako je po prvi puta botaničarima dana mogućnost predviđanja postojanja određenih morfotipova biljaka koji još nisu opisani. Rezultati diferencijalne fitogeografije trebali su biti potvrđeni rezultatima povijesnih, arheoloških i lingvističkih istraživanja, no Vavilov je smatrao da su rezultati tih istraživanja preopćeniti za praktične potrebe i rijetko ih je koristio.

U nizu znanstvenih radova Vavilov je navodio različit broj centara podrijetla, od pet (1926. godine) do osam (1935. godine), imajući u vidu rezultate istraživanja na sve većem broju kulturnih biljnih vrsta, kao i iskustva tijekom sve većeg broja prikupljačkih ekspedicija. Godine 1935. uveo je i razliku između primarnih i sekundarnih centara podrijetla jer je uvidio da raznolikost kulturnih biljnih vrsta u regijama koje nije smatrao centrima njihovog udomaćenja (primarni centar podrijetla) može biti neočekivano visoka i itekako važna za buduće programe oplemenjivanja.

Navedenih osam primarnih i tri sekundarna centra podrijetla koje je Vavilov predložio 1935. godine su (**Slika 8.1**): (1) Kineski (planinske regije središnje i zapadne Kine i susjedne nizine), (2) Indijski (područja središnje i sjeveroistočne Indije, Bangladeša i Burme) s jednim sekundarnim centrom (2a. Indomalajski: područje Indokine i Malajskog otočja), (3) Srednjoazijski (područje sjeverozapadne Indije, zapadne Kine, Tadžikistana, Uzbekistana i Afganistana), (4) Bliskoistočni (područje Anatolije, Zakavkazja, sjevernog Irana i južnog Turkmenistana), (5) Sredozemni, (6) Etiopski (područje Eritreje, Etiopije i Somalije), (7) Južnomeksičko-srednjoamerički (uključujući Karipsko otočje), (8) Južnoamerički centar (područje Evadora, Perua i Bolivije) s dva sekundarna centra (8a. čileanski otok Chiloé i 8b. Brazilsko-paragvajski centar). Tijekom prikupljačkih ekspedicija zabilježio je rasprostranjenost i raznolikost 640 kulturnih biljnih vrsta te ih svrstao prema centrima podrijetla.

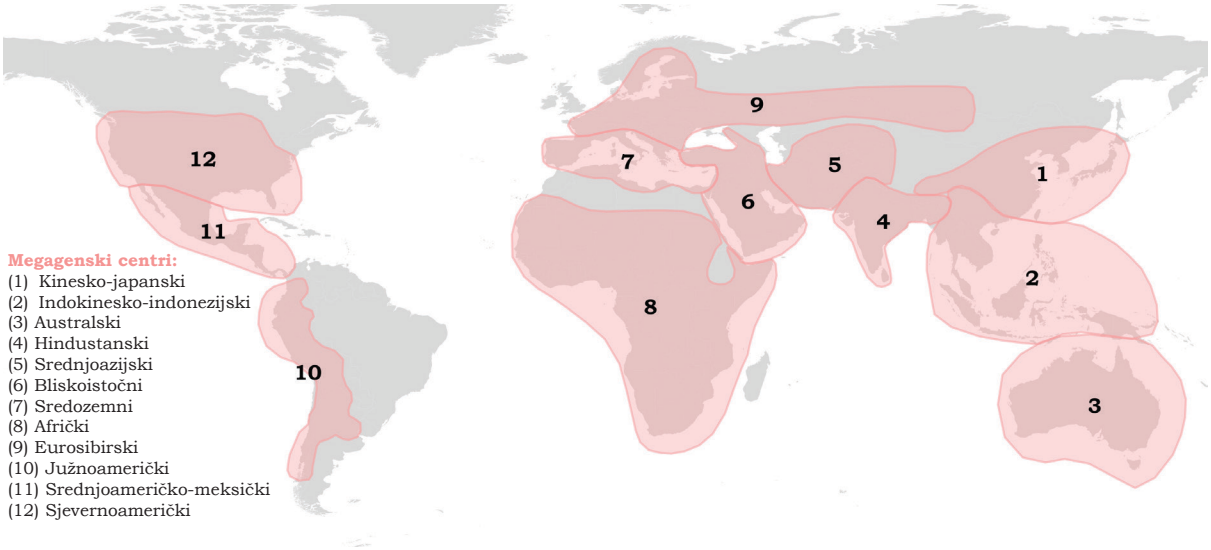


Primarni centri: (1) Kineski, (2) Indijski, (3) Srednjoazijski, (4) Bliskoistočni, (5) Sredozemni, (6) Etiopski, (7) Južnomeksičko-srednjoamerički i (8) Južnoamerički
Sekundarni centri: (2a) Indomalajski, (8a) čileanski otok Chiloé i (8b) Brazilsko-paragvajski

Slika 8.1. Primarni i sekundarni centri podrijetla kulturnih biljnih vrsta po N. I. Vavilovu (1935.).

Vavilovljev suradnik Petar Mihajlovič Žukovski (1888. – 1975.) 1968. godine na temelju rezultata daljnjih istraživanja predložio je 12 megagenskih centara (engl. *megagene centers*) koje je opisao kao „kolijevke agrikulture i centre raznolikosti“ jer je uvidio da su mnoge kulturne biljne vrste podrijetlom izvan Vavilovljevih centara podrijetla, te je bilo nužno proširiti područja u kojima su vrste udomaćene. Tih su 12 centara (**Slika 8.2**): (1) Kinesko-japanski, (2) Indokinesko-indonezijski, (3) Australski, (4) Hindustanski, (5) Srednjoazijski, (6) Bliskoistočni, (7) Sredozemni, (8) Afrički, (9) Eurosibirski, (10) Južnoamerički, (11) Srednjoameričko-meksički, te (12) Sjevernoamerički.

Vavilovljeva su istraživanja, prije svega, imala praktičnu svrhu i glavna mu je ideja bila kartirati regije svijeta u kojima se može naći bogatstvo tradicijskih kultivara nužnih za uspostavu kolekcije ishodišnog materijala radi oplemenjivanja. Njegova se teorija uvelike zasnivala na rezultatima vlastitih istraživanja i iskustvima s prikupljačkih ekspedicija, jer nitko do tada nije pokušao sustavno analizirati raznolikost biljnih genetskih izvora našeg planeta u cijelosti.



Slika 8.2. Megagenski centri po P. M. Žukovskom (1968.).

Vavilovljeve su ideje potaknule mnoge znanstvenike na daljnja istraživanja, što je na kraju dovelo do preispitivanja, pa i napuštanja njegove teorije o centrima podrijetla kulturnih biljnih vrsta kao centrima podrijetla agrikulture općenito. Međutim, Vavilovljeva istraživanja osigurala su dobar temelj daljnjem napretku znanosti, a njihova važnost za praktično oplemenjivanje i danas je neupitna.

Priča o Vavilovu: Znanstvenik u zlosretnom vremenu

U današnje se vrijeme bavljenje znanošću uglavnom ne smatra osobito riskantnim načinom življenja, već prije jednim od puteva k relativnoj sigurnosti i ugodnostima srednje klase. Priča o Nikolaju Ivanoviču Vavilovu – ruskom biologu, genetičaru i oplemenjivaču bilja, vratit će nas u doba kada je znanstveni rad mogao biti i opasan po život.

Nikolaj Ivanović Vavilov rođen je 1887. godine u Moskvi u bogatoj trgovačkoj obitelji. Diplomirao je 1910. godine na Moskovskom poljoprivrednom institutu (danas Rusko državno agrarno sveučilište K. A. Timirjazeva). Godine 1913. odlazi u Englesku i upoznaje engleskog biologa Williama Batesona (1861. – 1926.), jednu od ključnih ličnosti tada još vrlo mlade znanosti o nasljeđivanju. Bateson je bio taj koji je tu znanost prozvao genetikom. Nakon nekoliko mjeseci u Engleskoj Vavilov odlazi u Francusku, te se na Pasteurovom institutu

u Parizu upoznaje s radom ruskog biologa Ilje Iljiča Mečnikova (1845. – 1916.). Za svoja istraživanja na području embriologije i imunologije Mečnikov je 1908. godine dobio Nobelovu nagradu za medicinu. Mladi je Vavilov neko vrijeme proveo i u francuskoj tvrtci „Vilmorin“, jednoj od prvih oplemenjivačkih kuća u svijetu, osnovanoj još krajem XVIII. stoljeća, a danas članice međunarodne korporacije „Groupe Limagrain“, najveće oplemenjivačke i sjemenarske tvrtke u Europskoj uniji.

Upoznavši se s najnovijim otkrićima s područja genetike, oplemenjivanja i fitopatologije Vavilov zaključuje da se novi, prinosniji kultivari biljnih vrsta, otporniji na bolesti i štetnike, mogu stvoriti samo kombiniranjem poželjnih gena. Stoga, zaključuje Vavilov, oplemenjivački program mora započeti prikupljanjem biljnih genetskih izvora i proučavanjem njihovih svojstava. Nakon povratka u Rusiju Vavilov 1917. godine postaje profesor na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Saratovu, te započinje opsežan rad na prikupljanju i proučavanju genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta.

Godine 1920. Vavilov odlazi u Sankt-Peterburg i preuzima mjesto direktora Zavoda za primijenjenu botaniku. Već za par godina prilično neutjecajni i zapušteni Zavod postat će najveća i najaktivnija istraživačka institucija za poljoprivredne znanosti u svijetu – Svesavezni institut za biljnu industriju. Vavilovljev entuzijazam, ogromna radna energija, organizacijske sposobnosti, kao i širina znanstvene vizije, ogledala se u organizaciji i funkcioniranju instituta kojim je rukovodio. Praktične probleme poboljšanja učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje tadašnjeg Sovjetskog saveza Vavilov je sagledao sa sebi svojstvenom širinom.

U svrhu prikupljanja biljnih genetskih izvora uputio se na mnogobrojne prikupljačke ekspedicije po Sovjetskom savezu i ostatku svijeta. Već 1916. godine istražio je sjeverni Iran i Pamir, od 1920. do 1923. posjetio je Kinu, Japan, Tajvan i Koreju, a 1924. odlazi na vrlo dugu i napornu ekspediciju po Afganistanu. Tijekom 1926. i 1927. proučava biljne genetske izvore Sredozemlja, od Portugala i Maroka do Sirije i Jordana, te odlazi sve do Etiopije i Eritreje. Početkom tridesetih godina posvećuje se istraživanjima Novog svijeta. Godine 1930. godine prikuplja biljne genetske izvore po SAD-u, a 1932. i 1933. posjećuje Meksiko, te srednju i Južnu Ameriku. Između 1920. i 1940. Vavilov i njegove kolege proveli su preko 140 prikupljačkih ekspedicija po Sovjetskom Savezu i 40 po svijetu posjetivši ukupno 64 zemlje. Početkom četrdesetih godina prošlog stoljeća kolekcija genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta sastojala se od 200 000 uzoraka i bila je daleko najveća na svijetu. Samo kolekcija pšenice obuhvaćala je 26 000 uzoraka.

Godine 1921. Vavilov odlazi u SAD na poziv Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (*U.S. Department of Agriculture*; USDA) te sudjeluje na kongresu fitopatologa u New Yorku. Posjetio je većinu američkih istraživačkih centara, a najviše ga je privukao laboratorij genetičara Thomasa H. Morgana (1866. – 1945.) na Sveučilištu Columbia. Usprkos činjenici da je glavni predmet Morganovih pionirskih genetskih istraživanja bila vinska mušica (*Drosophila melanogaster*) i da se s njim nitko nije htio družiti jer je uvijek vonjao po trulom voću kojim je hranio svoje ljubimice, Vavilov je spremno prihvatio Morganova citogenetska objašnjenja Mendelovih zakona, kao i Morganove ideje o genima kao nosiocima nasljedne informacije koji su smješteni linearno na kromosomima. Za ta će otkrića Morgan 1933. godine dobiti Nobelovu nagradu za fiziologiju ili medicinu. [Naime, švedski je kemičar, industrijalac i izumitelj dinamita, Alfred Nobel (1833. – 1896.), u svojoj oporuci nagrade namijenio za iznimne doprinose na pet područja: fizika, kemija, književnost, mir te fiziologija ili medicina, a od 1969. godine se dodjeljuje i Nobelova nagrada za ekonomiju.] Vavilov razvija prisno prijateljstvo s

Hermannom J. Mullerom (1890. – 1967.), Morganovim suradnikom, te ga poziva u Sovjetski Savez tako da je od 1934. do 1937. godine Muller radio na Institutu za genetiku Akademije znanosti Sovjetskog saveza sve do pojave *lisenkizma* (vidi dolje) kada je bio primoran pobjeći. Muller će 1946. godine dobiti Nobelovu nagradu za fiziologiju ili medicinu za svoje radove na području genskih mutacija.

Tijekom dvadesetih godina, u vrijeme najintenzivnijih prikupljačkih ekspedicija Vavilov zapaža da postoje određena relativno ograničena zemljopisna područja u kojima je raznolikost kulturnih biljnih vrsta naročito visoka, te ih naziva centrima podrijetla kulturnih biljnih vrsta. Godine 1929. Vavilov je izabran za člana Akademije znanosti Sovjetskog saveza. Iste godine osnovana je i Akademija poljoprivrednih znanosti, a Vavilov je postao njen prvi predsjednik.

Tijekom tridesetih, a naročito četrdesetih godina prošlog stoljeća Vavilovljev je život i rad postajao sve teži, uvelike zaslugom njegovog kolege Trofima Denisoviča Lisenka (1989. – 1976.). Lisenko je prvi put zamijećen među znanstvenicima Sovjetskog Saveza 1929. godine tijekom Kongresa o genetici i oplemenjivanju životinja i biljaka koji se pod Vavilovljevim predsjedništvom održao u tadašnjem Lenjingradu (danas Sankt-Peterburg) i okupio skoro 1500 znanstvenika i stručnjaka. Nitko tada nije vjerojatno ni slutio da će Lisenko koji je tada održao predavanje o fiziologiji žitarica u narednim godinama postati „strah i trepet“ znanstvenih i agronomskih krugova Sovjetskog Saveza. Lisenko je vjerovao da se promjene svojstava koje nastaju uslijed utjecaja okolišnih uvjeta na određeni organizam mogu učiniti nasljednima. Sličnu je teoriju poznatu pod nazivom *lamarkizam*, zastupao i francuski prirodoslovac Jean-Baptiste Lamarck (1744. – 1829.). Lisenko je svoju teoriju dokazivao fenomenom *jarovizacije* (engl. *vernalization*). Ukoliko ozimu pšenicu posijemo u proljeće ona neće, u većini slučajeva, klasati niti nam dati plod. Međutim, ukoliko je prije proljetne sjetve izložimo niskim temperaturama ozima će se pšenica ponašati kao jara i s uspjehom dozrijeti. Ovo točno zapažanje koje se pokazalo prilično nebitnim za oplemenjivanje bilja bilo je temelj Lisenkovih politički usmjerenih napada na Vavilova i genetiku u cjelini. Tijekom 1935. godine Lisenko i njegovi istomišljenici u nizu su članaka u stručnim časopisima i novinama kritizirali Vavilovljev rad. Lisenko je pritom tvrdio da je upotrebom jarovizacije započela nova era socijalističke agronomske znanosti i prakse i time definitivno pridobio naklonost neprikosnovenog vladara Sovjetskog Saveza, Josifa Visarionoviča Staljina (1878. – 1953.).

Lisenko je, naime, dobro iskoristio postojeće nezadovoljstvo nekih ruskih biologa rastom popularnosti ideja austrijskog svećenika i znanstvenika Gregora Mendela (1822. – 1884.) koje su smatrali protivnima Darwinovoj teoriji. Ugledni botaničar Kliment Arkadievič Timirjazev (1843. – 1920.), poznat po proučavanju fotosinteze, bio je jedan od prvih pobornika Darwinove teorije u Rusiji, a na ruski je preveo i Darwinovo „*Podrijetlo vrsta*“. O Mendelovim zakonima Timirjazev nije imao najbolje mišljenje, pa ga je Lisenko često navodio. Timirjazev je preminuo 1920. godine, no da je poživio, vrlo vjerojatno bi se jako pomučio da o Lisenku i *lisenkizmu* nađe koju lijepu riječ. Lisenko se često predstavljao i kao nastavljač djela ruskog biologa Ivana Vladimiroviča Mičurina (1855. – 1935.), izuzetno uspješnog oplemenjivača voćnih vrsta, koji je bio sklon neolamarkizmu i smatrao Batesonova genetska istraživanja neznanstvenima. Stoga je Vavilovljev grijeh bio i taj što je Batesona osobno poznavao i s njime radio tijekom svog boravka u Engleskoj. Godine 1938. Lisenko postaje predsjednik Akademije poljoprivrednih znanosti, umjesto Vavilova. Napadi na Vavilova postajali su sve žešći. Optužen je za prihvaćanje mendelovsko-morganovske hereze suprotne darvinizmu i dijalektičkom materijalizmu, odnosno prilično izopačenih verzija navedenih teorija koje su se tih godina uvriježile u Sovjetskom Savezu.

Godine 1939. Sedmi međunarodni genetski kongres održavao se u Edinburghu, u Škotskoj, a Vavilov je bio pozvan da njime predsjeda. Sovjetske mu vlasti to nisu dozvolile. Za razliku od klime na sovjetskoj znanstvenoj sceni, svjetska je znanstvena javnost odavala Vavilovljevim istraživanjima i teorijama dužnu počast. U pismu američkog genetičara Charlesa B. Davenporta (1866. – 1944.) sovjetskim vlastima možemo pročitati: „Svi genetičari svijeta priznaju Vavilova kao vodećeg genetičara Sovjetskog Saveza. Njegova široka naobrazba, brojne ideje, otvorenost mišljenja i nevjerojatna energija od neprocjenjive su vrijednosti, ne samo za Sovjetski Savez, već i za svjetsku poljoprivrednu znanost. Imajući u vidu odnos između napretka u genetici i nacionalnog bogatstva u poljoprivredi i ostalim temeljnim granama života, miješanje u rad čovjeka kao što je Vavilov, ne samo da je ravno nacionalnom samoubojstvu već je i pljuska u lice civilizaciji u cjelini."

Iste 1939. godine održana je u Moskvi Konferencija o genetici i oplemenjivanju. Bio je to završni čin u karijeri Nikolaja Ivanoviča Vavilova koji je na toj konferenciji bio optužen za sabotiranje sovjetske poljoprivrede i špijunažu u korist zapadnih sila. Uhićen je 1940. godine i sproveden u zatvor u Saratovu gdje je i preminuo 1943. godine. Zatvorski je liječnik zapisao da je umro od zatajenja srca što je, po svemu sudeći, bio zlokobni eufemizam za smrt uslijed gladi.

8.1.2 Harlan: Centri i ne-centri

Američki botaničar i agronom Jack R. Harlan (1917. – 1998.) 1971. godine izložio je ponešto drugačiji pristup problemu centara podrijetla kulturnih biljnih vrsta predlažući postojanje triju centara (engl. *centers*) i s njima povezanih triju ne-centara (engl. *noncenters*) podrijetla.

Tijekom prošlog stoljeća, a naročito poslije II. svjetskog rata, znanstvena su istraživanja postala neusporedivo brojnija i sveobuhvatnija, što je uključivalo razvitak novih znanstvenih teorija i metodoloških pristupa, kao i uvođenje novih tehnologija. Za istraživanja centara podrijetla kulturnih biljnih vrsta od presudnog je značaja bio razvitak genetike, paleobotanike i arheologije. Stoga je Harlan raspolagao sa znatno više informacija, te je, između ostalog, kritizirao i Vavilovljevu metodu diferencijalne fitogeografije jer je uključivala prvenstveno analizu biljaka u sadašnjosti i temeljila se na taksonomskim, morfološkim, ekološkim i geografskim istraživanjima. Vavilov je, naravno, uzimao u obzir i rezultate genetskih, citogenetskih i kemotaksonomskih istraživanja, no u njegovo vrijeme ta su istraživanja imala ograničen doseg. Harlan je smatrao da se prilikom analize centara podrijetla moraju uzeti u obzir i rezultati brojnih drugih istraživanja, kao što je to još u XIX. stoljeću predlagao Alphonse Pyramus de Candolle. Uz analizu (1) biljaka u sadašnjosti, potrebno je analizirati i (2) biljke u prošlosti (arheobotanika, palinologija, paleobotanika, datiranjem radioaktivnim ugljikom), (3) čovjeka u sadašnjosti (lingvistika, oralna tradicija, metode uzgoja biljaka, odnos prema biljkama u kulturi i religiji), (4) čovjeka u prošlosti (povijest, umjetnost, arheologija), kao i (5) podatke o promjenama klime, vegetacije i faune koji mogu poslužiti kao posredni dokazi pojave agrikulture, a rezultat su geoloških, hidroloških, pedoloških i mnogih drugih istraživanja.

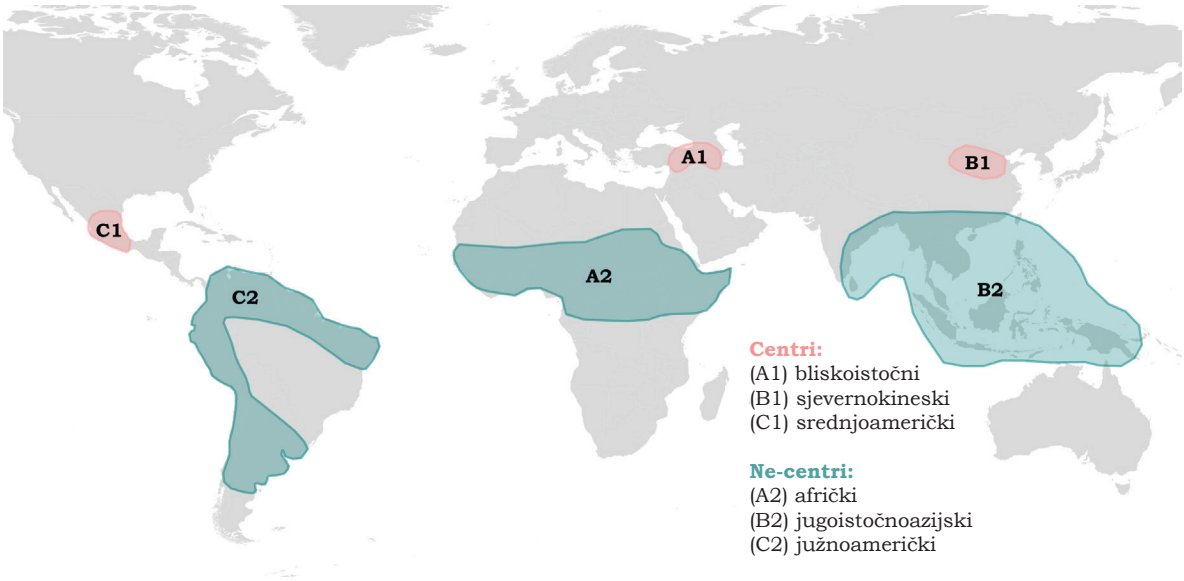
Suprotno Vavilovljevoj teoriji, rezultati brojnih istraživanja pokazali su da regija u kojoj nalazimo visoku raznolikost određene kulturne biljne vrste nije nužno i regija u kojoj je ta biljna vrsta bila udomaćena. Pokazalo se npr. da najveću raznolikost kulturnog ječma (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) ili pira dvozrnca (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) danas nalazimo u Etiopiji, iako je gotovo sigurno da te vrste nisu udomaćene u toj regiji već na Bliskom istoku (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec). Visoka raznolikost može nastati na području sekundarnog doticaja između kulturne biljne vrste i njenog divljeg srodnika koji joj nije divlji predak, ali je još uvijek genetski dovoljno srodan da dođe do uspješnog križanja. Pritom se uzgoj može brzo proširiti na područja znatno drugačijih (i znatno raznolikijih) okolišnih uvjeta od centra udomaćenja, pa uslijed prirodnog i umjetnog odabira može doći do daljnje diverzifikacije te kulturne biljne vrste (**vidi potpoglavlje 9.1**).

Daljnji problem Vavilovljeve teorije je taj da predloženi centri podrijetla kulturnih biljnih vrsta sasvim sigurno nisu i centri podrijetla u smislu centara neovisnog razvitka agrikulture, odnosno kao što se to voli poetično reći „kolijevki agrikulture“. Harlan je uvidio da je potrebno razlikovati regije za koje smatramo da je u njima ideja o agrikulturi nastala autohtono od onih na koje je ta ideja naknadno proširena jer su ljudi od pradavnih vremena bili u međusobnom doticaju sa susjednim ljudskim zajednicama razmjenjujući iskustva.

Stoga, 1971. godine Harlan predlaže postojanje triju centara (engl. *centers*) i s njima povezanih triju ne-centara (engl. *noncenters*) podrijetla. Agrikultura se, po Harlanu, neovisno razvila u tri regije od kojih se svaka sastoji od centra i ne-centra. Tri centra su A1 bliskoistočni, B1 sjevernokineski i C1 srednjoamerički, a tri su pripadajuća ne-centra A2 afrički, B2 jugoistočnoazijski i C2 južnoamerički (**Slika 8.3**). Za razliku od centara koji su ograničena i relativno definirana područja, ne-centri mnogo su šira područja čije se granice ne mogu sa sigurnošću utvrditi. U centrima podrijetla po prvi put se u povijesti čovječanstva pojavila ideja o agrikulturi te su udomaćene prve kulturne biljne vrste. Ideja o agrikulturi proširila se po širokim područjima, ne-centrima, u kojima su također udomaćene brojne nove kulturne biljne vrste. Stoga je Plodni polumjesec (bliskoistočni centar) kolijevka agrikulture u kojoj su se udomaćile prve kulturne biljne vrste kao što su krušna pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) i ječam (*Hordeum vulgare*) nakon čega se ideja agrikulture proširila na prostrano područje subsaharske Afrike (afrički ne-centar) u kojem je došlo do udomaćenja daljnjih kulturnih biljnih vrsta kao što su sirak (*Sorghum bicolor*) i biserno proso (*Cenchrus americanus*).

Stoga, Harlan predlaže napuštanje Vavilovljeve teorije o centrima podrijetla kulturnih biljnih vrsta ističući kako centar raznolikosti određene kulturne biljne vrste nije nužno i centar podrijetla u smislu centra neovisnog razvitka agrikulture. Konačno, to ne umanjuje praktičnu važnost poznavanja centara raznolikosti za prikupljanje biljnih genetskih izvora s ciljem njihove upotrebe u oplemenjivanju bilja.

Ubrzo se pokazalo da se niti Harlanovi centri ne uklapaju u potpunosti u priču o neovisnim počecima agrikulture. Već 1975. godine u knjizi „*Kulturne biljne vrste i čovjek*“ („*Crops and Man*“) Harlan piše: „Netom što sam dao ove prijedloge, nove su informacije počele nagrizati moje centre.“



Slika 8.3. Centri i ne-centri podrijetla kulturnih biljnih vrsta po J. R. Harlanu (1971.).

8.1.3 Nazivlje

Vavilovljevo i Harlanovo nazivlje za područja u kojima je došlo do udomaćenja kulturnih biljnih vrsta još se uvijek može naći u znanstvenoj i stručnoj literaturi, što često dovodi do nedoumica oko toga na što se točno pritom misli. Stoga je potrebno što točnije definirati temeljne pojmove kao što su: (1) centar podrijetla biljne vrste, (2) areal, (3) centar podrijetla agrikulture, (4) centar udomaćenja kulturnih biljnih vrsta, (5) širenje uzgoja kulturne biljne vrste (6) centar raznolikosti kulturne biljne vrste i (7) *planta hortifuga*. Navedeni pojmovi kao i njihove definicije nisu u potpunosti prihvaćeni od međunarodne znanstvene zajednice tako da ih ne možemo smatrati univerzalnima, već se tu radi samo o nastojanju autora ovog udžbenika da na što jasniji način objasne proces udomaćenja i njegove posljedice na strukturu biljnih genetskih izvora u svijetu.

(1) Centar podrijetla biljne vrste (engl. *geographical origin of a species*; *region of origin of a species*): Proces nastanka nove biološke vrste naziva se specijacija (engl. *speciation*). Do specijacije dolazi uslijed nastanka reproduktivne izolacije između biljaka/populacija koje su dotad činile istu vrstu **(vidi potpoglavlje 3.1)**. Filogenetskim i filogeografskim istraživanjima na temelju sekvenci DNA moguće je procijeniti vrijeme genetskog razdvajanja (engl. *genetic divergence*) određene vrste od njoj srodnih, te na temelju pretpostavljene onodobne rasprostranjenosti pretka i sestrinskih vrsta utvrditi na kojem je području došlo do specijacije, odnosno nastanka navedene vrste.

(2) Areal (engl. *distribution range*): Prirodna se rasprostranjenost biljne vrste mijenja pod utjecajem brojnih evolucijskih procesa, kao i zbog antropogenog utjecaja. Poznavanje prirodne rasprostranjenosti pretpostavljenih divljih predaka i srodnika kulturne biljne vrste od presudne je važnosti pri utvrđivanju regije u kojoj je ta vrsta udomaćena (centar udomaćenja). Međutim, pritom se mora imati na umu da prirodna rasprostranjenost u vrijeme udomaćenja nije nužno jednaka današnjoj. Samoniklu floru određene regije možemo podijeliti na **autohtonu** (engl. *autochthonous/indigenous/native species*) i **alohtonu** (engl. *allochthonous/introduced/alien species*).

AUTOHTONA FLORA (engl. *autochthonous/indigenous/native species*) predstavljena je biljnim vrstama čija je nazočnost u određenoj regiji rezultat isključivo prirodnih procesa.

ALOHTONU FLORU (engl. *allochthonous/introduced/alien species*) čine biljne vrste čija je pojava u određenoj regiji uzrokovana ljudskim djelovanjem.

CENTAR PODRIJETLA BILJNE VRSTE (engl. *geographical origin of a species*; *region of origin of a species*) zemljopisna je regija u kojoj je određena biljna vrsta nastala kao rezultat evolucijskih procesa.

AREAL (engl. *distribution range*) je područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne vrste.

(3) Centrima podrijetla agrikulture (engl. *centers of origin of agriculture*) smatraju se regije u kojima je došlo do neovisnog razvitka agrikulture. U tim je regijama došlo do prijelaza dotadašnjih kultura lovaca i sakupljača na novi način života za koji je svojstvena poljoprivredna proizvodnja i nastanak trajnih naselja. Brojni rezultati arheoloških istraživanja ukazuju na to da je do prijelaza na agrikulturu došlo u različitim dijelovima svijeta već u ranom holocenu, geološkoj epohi koja je započela naglim zatopljenjem oko 12 000 godina BP. Epoha holocena poklapa se s razdobljem u ljudskoj povijesti poznatim kao mlađe kameno doba ili neolitik. Stoga se taj događaj naziva Prvom agrikulturnom revolucijom ili Neolitskom revolucijom. Budući da se ideja o agrikulturnoj proizvodnji brzo širila od jedne ljudske zajednice do druge, vrlo je teško sa sigurnošću reći u kojim se to zajednicama agrikultura neovisno razvila, a koje su tu ideju prihvatile dolazeći u doticaj sa susjednim zajednicama u kojima se agrikultura već razvila.

CENTAR PODRIJETLA AGRIKULTURE (engl. *center of origin of agriculture*) je regija u kojoj je došlo do neovisnog razvitka agrikulture.

(4) Centar udomaćenja (engl. *center of domestication*) određene biljne vrste je regija u kojoj se ta vrsta po prvi put uvela u poljoprivrednu praksu. U pretpostavljenom centru udomaćenja trebali bismo naići na divljeg pretka navedene kulturne biljne vrste kao i na brojne divlje srodnike. U idealnom slučaju, u toj bismo regiji trebali uočiti brojne tradicijske kultivare, a isto tako, barem kod nekih od njih, i određena endemična svojstva koja se rijetko mogu uočiti kod tradicijskih kultivara susjednih područja na koje se uzgoj te kulture naknadno proširio. Centre podrijetla agrikulture istodobno nazivamo **primarnim centrima udomaćenja**, dok bi **sekundarni centri udomaćenja** bili oni u kojima je došlo do udomaćenja kulturnih biljnih vrsta, a ne i do neovisnog razvitka agrikulture.

(5) Širenje uzgoja kulturne biljne vrste je proces prilikom kojeg je došlo do prijenosa sjemena ili sadnog materijala i početka uzgoja u području izvan centra udomaćenja. Pritom je nužno dolazilo i do brojnih promjena određene kulture uslijed prirodne adaptacije kao i ljudskog odabira. Poznavanje povijesnog slijeda i smjera širenja uzgoja kulturne biljne vrste u

nove regije od velike je važnosti prilikom analize raznolikosti i genetske strukture tradicijskih kultivara vrsta kojima određena regija nije i centar udomaćenja (**vidi potpoglavlje 9.2**).

CENTAR UDOMAĆENJA (engl. *center of domestication*) određene biljne vrste je regija u kojoj je ta vrsta po prvi put uvedena u poljoprivrednu praksu.

PRIMARNI CENTAR UDOMAĆENJA (engl. *primary centre of domestication*) je centar podrijetla agrikulture u kojem su nastale prve kulturne biljne svojte.

SEKUNDARNI CENTAR UDOMAĆENJA (engl. *secondary centre of domestication*) je regija izvan centara podrijetla agrikulture u kojoj je došlo do nastanka određenih kulturnih biljnih svojti.

(6) Centri raznolikosti (engl. *centers of diversity*) su regije u kojima nalazimo veliku raznolikost tradicijskih kultivara određene biljne vrste. Poznavanje tih regija ima veliku praktičnu važnost u oplemenjivanju bilja. Pod primarnim centrom raznolikosti smatramo centar udomaćenja kulturne biljne vrste. Sekundarni centar raznolikosti regija je izvan centra udomaćenja u kojoj je došlo do daljnje diverzifikacije (engl. *diversification*), odnosno nastanka genetski različitih kultiviranih populacija – tradicijskih kultivara.

CENTAR RAZNOLIKOSTI (engl. *center of diversity*) je regija u kojoj nalazimo veliku raznolikost tradicijskih kultivara određene biljne vrste.

PLANTA HORTIFUGA (engl. *feral populations*; *naturalised species*) je naziv za populacije kulturnih biljnih vrsta koje su pobjegle iz uzgoja i rastu spontano, u prirodnim ili antropogenim staništima.

(7) *Planta hortifuga* (lat. *hortus* = vrt; *fuga* = bijeg) označava populacije kulturne biljne vrste koje su pobjegle iz uzgoja i rastu spontano, u prirodnim ili antropogenim staništima. Takvi se genotipovi nazivaju feralnim (lat. *ferus* = divlji; engl. *feral type*) ili naturaliziranim (engl. *naturalised species*) populacijama kulturnih biljnih vrsta, te pripadaju alohtonoj flori određene regije. Ukoliko se kulturna biljna vrsta uzgaja na području prirodne rasprostranjenosti divljih predaka/srodnika iste vrste, često može doći do spontanog križanja između divljih i kultiviranih tipova, što uvelike otežava utvrđivanje centra udomaćenja navedene vrste.

8.2 Centri podrijetla agrikulture i centri udomaćenja

Vrlo je teško utvrditi točan broja centara podrijetla agrikulture jer to zahtijeva podastiranje dokaza o autohtonosti ideje o agrikulturi u određenoj ljudskoj zajednici, imajući istovremeno na umu da su susjedne ljudske zajednice oduvijek, barem donekle bile u doticaju.

Brojni rezultati arheoloških istraživanja ukazuju na to da je do pojave agrikulture došlo u različitim dijelovima svijeta u dva razdoblja: u ranom (12 000. – 9000. godina BP) i u srednjem holocenu (7000. – 4000. godina BP).

Danas se smatra da bi moglo biti osam centara podrijetla agrikulture, iako postoje različita mišljenja o njihovom broju i zemljopisnom smještaju. Štoviše, katkad nije sasvim jasno imaju li autori na umu centre podrijetla i centre udomaćenja, tako da se često u popularno-znanstvenoj literaturi, ali i u znanstvenoj, mogu pronaći i različiti brojevi centara, od tri pa sve do dvanaest. Rezultati budućih arheoloških, antropoloških i genetskih istraživanja zasigurno će doprinijeti boljem razumijevanju procesa udomaćenja kao jasnijem definiranju temeljnog nazivlja.

Usprkos bogatstvu rezultata različitih znanstvenih istraživanja koje im stoje na raspolaganju ili možda upravo zbog tog obilja, znanstvenici još uvijek nisu uvjerljivo odgovorili na temeljno pitanje: Zašto je do pojave agrikulture uopće došlo? U posljednjih stotinu godina predloženo je čak oko deset različitih teorija nastanka agrikulture, a danas se barem tri smatraju dovoljno vjerojatnima da se na temelju njih tvore znanstvene hipoteze koje se pokušavaju provjeriti istraživanjima. U ovom smo poglavlju pokušali objasniti razloge za i protiv mnogih od predloženih teorija. Iako se naizgled čini da su potpuno proturječne te da su neke s razlogom odbačene pod navalom činjenica koje ih osporavaju, moguće je da svaka od njih rasvjetljava jedno od gledišta tog očito vrlo kompleksnog procesa koji je nepovratno promijenio život čovjeka.

Kako se ideja o agrikulturi širila iz centara podrijetla agrikulture u susjedna područja znatno je rastao broj udomaćenih biljnih vrsta u novonastalim sekundarnim centrima udomaćenja, no arheološki i genetski dokazi tog udomaćenja donedavno su bili vrlo oskudni. Stoga, ne čudi da je Jack R. Harlan sedamdesetih godina prošlog stoljeća predložio postojanje samo tri centra podrijetla jer su se na području Plodnog polumjeseca (Harlanov A1 bliskoistočni centar), Kineske praporne visoravni (B1 sjevernokineski centar) i srednje Amerike (C1 srednjoamerički centar) već bila zahuktala arheološka istraživanja s ciljem utvrđivanja podrijetla kulturnih biljnih vrsta. U međuvremenu su počeli stizati rezultati istraživanja dotad nedovoljno istraženih područja, pa se teorija o centrima podrijetla morala uskladiti s novootkrivenim činjenicama. Područja koja su prihvaćena u elitnu skupinu centara podrijetla u posljednjih dvadesetak godina su Nova Gvineja i istok Sjeverne Amerike. Isto tako, u slučaju mnogih kulturnih biljnih vrsta, naročito onih gospodarski manje važnih, još uvijek ne postoji dovoljno dokaza o centru njihovog udomaćenja. Nikolaj I. Vavilov tijekom svojih prikupljačkih ekspedicija zabilježio je rasprostranjenost i raznolikost 640 kulturnih biljnih vrsta, te ih svrstao prema centrima podrijetla na svoj danas napušteni način. Međutim, rezultati njegovih istraživanja i danas su relevantni u osmišljavanju novih znanstvenih hipoteza.

8.2.1 Centri podrijetla agrikulture: Gdje i kada?

Pretpostavlja se da bi moglo biti osam centara podrijetla agrikulture, odnosno primarnih centara udomaćenja: (1) istok Sjeverne Amerike, (2) srednja Amerika, (3) sjeverne nizine Južne Amerike, (4) zapadnoafričke savane, (5) Plodni polumjesec, (6) zapadnoindijske savane, (7) Kineska praporna visoravan i (8) Nova Gvineja (**Tablica 8.1, Slika 8.4**). Pritom se (5) Plodni polumjesec, (7) Kineska praporna visoravan i (2) srednja Amerika uglavnom podudaraju

s Harlanovim centrima (A1 bliskoistočni, B1 sjevernokineski, C1 srednjoamerički), a (4) zapadnoafričke savane, (8) Nova Gvineja i (3) sjever Južne Amerike s ne-centrima (A2 afrički, B2 jugoistočnoazijski, C2 južnoamerički).

Tablica 8.1. Centri podrijetla agrikulture i prve udomaćene biljne vrste.

Br.	Centar podrijetla	Kultura	Latinski naziv	Vrijeme udomaćenja
1.	istok Sjeverne Amerike	obična bundeva	*Cucurbita pepo* ssp. *ovifera* var. *ovifera*	srednji holocen
2.	srednja Amerika	kukuruz	*Zea mays*	rani holocen
3.	sjeverne nizine Južne Amerike	muškatna bundeva	*Cucurbita moschata*	rani holocen
4.	zapadnoafričke savane	biserno proso	*Cenchrus americanus*	srednji holocen
5.	Plodni polumjesec	pšenice	*Triticum* spp.	rani holocen
6.	zapadnoindijske savane	sumatransko proso	*Panicum sumatrense*	srednji holocen
7.	Kineska praporna visoravan	proso	*Panicum miliaceum*	rani holocen
8.	Nova Gvineja	banana	*Musa acuminata*	srednji holocen

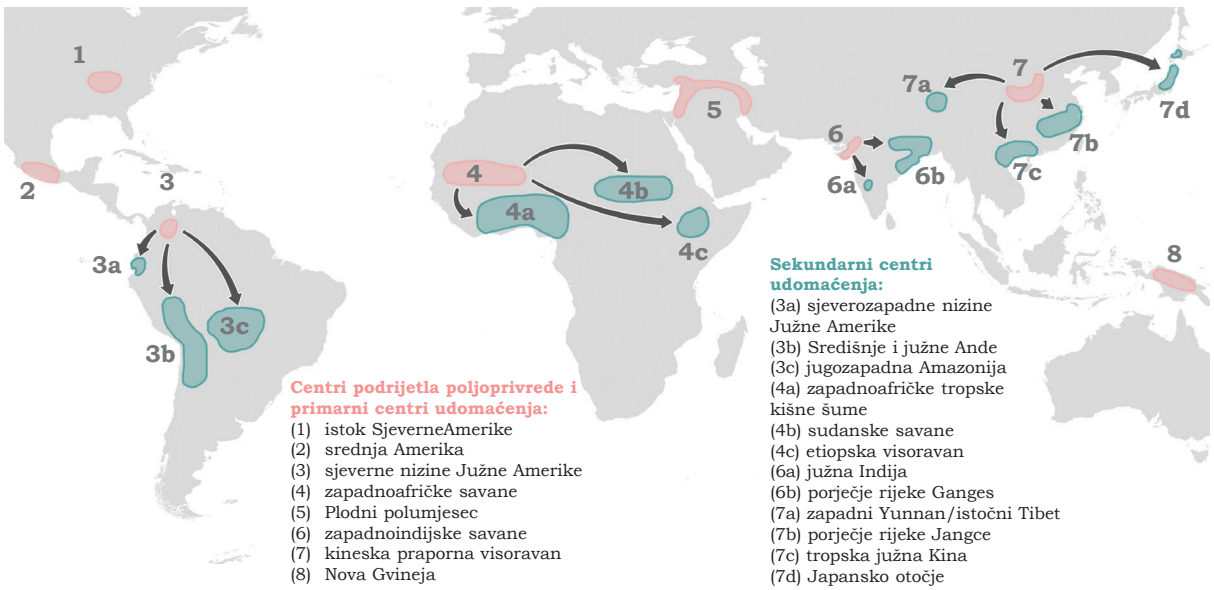
Centri podrijetla ujedno su i primarni centri udomaćenja, a označeni su brojevima (1-8). U tekstu su spomenuti i sekundarni centri udomaćenja označeni s brojevima i slovima, ovisno iz kojeg se centra podrijetla pretpostavlja da je ideja o agrikulturnoj proizvodnji izvorno došla (npr. 3a, 3b i 3c).

(1) Istok Sjeverne Amerike: Usprkos udomaćenju niza kultura još u srednjem holocenu, o kojem danas postoje mnogobrojni dokazi, agrikultura je na istoku Sjeverne Amerike u to doba ostala sporednom djelatnošću ili je čak i napuštena — što se rijetko događalo u drugim dijelovima svijeta. Najvažnija kultura udomaćena na istoku Sjeverne Amerike svakako je suncokret (*Helianthus annuus*) čije su sjemenke korištene za jelo (grickalica), a proizvodnja i upotreba suncokreta kao uljarice započela je u Rusiji krajem XVIII. stoljeća. Na istoku Sjeverne Amerike udomaćena je obična bundeva podvrste ssp. *ovifera* (*Cucurbita pepo* ssp. *ovifera* var. *ovifera*), no najvjerojatnije zato što su se njezini plodovi koristili kao posude i plovci za ribarske mreže, dok su povrtni tipovi nastali oplemenjivanjem znatno kasnije. Pritom valja napomenuti da podjela vrste *Cucurbita pepo* na podvrste ssp. *ovifera*, ssp. *pepo* i ssp. *fraterna*, predložen 2002. godine još uvijek nije univerzalno prihvaćen, tako da u bazi podataka Plants of the World Online (POWO) Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu, Velika Britanija (The Royal Botanic Gardens, Kew) te podvrste nisu navedene, iako se spominju u brojnim znanstvenim radovima, kao i u agronomskoj praksi. Udomaćene su i Berlandierova loboda (*Chenopodium berlandieri*) i iva (*Iva annua*) čiji je uzgoj potom potpuno napušten, tako da danas ne postoje kulturni morfotipovi tih vrsta već samo arheološki dokazi njihovog postojanja. Nakon udomaćenja prvih biljnih vrsta ideja agrikulture nije se proširila na susjedna područja, tako da je do stvarnog razvitka agrikulture na području Sjeverne Amerike došlo nešto kasnije, nakon introdukcije kukuruza (*Zea m*ays) i graha (*Phaseolus vulgaris*) iz srednje Amerike.

(2) Srednja Amerika: Uz Plodni polumjesec područje Srednje Amerike jedno je od najbolje istraženih centara podrijetla agrikulture s brojnim dokazima udomaćenja i razvitka agrikulture već u ranom holocenu. Najranije su udomaćene kulture na tom području kukuruz (*Zea mays*), grah (*Phaseolus vulgaris*) i obična bundeva podvrste ssp. *pepo* (*Cucurbita pepo* ssp. *pepo*) koje su činile temelj drevnog poljoprivrednog sustava poznatog pod nazivom *milpa*. *Milpa* je način uzgoja združenog usjeva, naročito kukuruza, graha i bundeve, svojstven srednjoj Americi i zadržao se sve do danas. Uz navedene vrste na području srednje Amerike udomaćeni su i šćirevi, krvavocrveni (*Amaranthus cruentus*) i tamnobojni (*A. hypochondriacus*) kao i čili (*Capsicum annum*), avokado (*Persea americana*), grah lima (*Phaseolus lunatus*), te brojne druge vrste čiji se uzgoj nije znatno proširio iz područja udomaćenja.

(3) Sjeverne nizine Južne Amerike: Sjever se Južne Amerike zapravo sastoji od dvije susjedne regije – sjeverne nizine koje obuhvaćaju područje sjeverne Kolumbije i južne Paname, kao i sjeverozapadne nizine u Ekvadoru. U obje je regije do udomaćenja prvih biljnih vrsta došlo u ranom holocenu, tako da je muškatna bundeva (*Cucurbita moschata*) vjerojatno udomaćena na području Kolumbije, a ekvadorska (*Cucurbita ecuadorensis*) na području Ekvadora. Koliko su ljudske zajednice koje su živjele u te dvije regije bile u doticaju, nije sa sigurnošću utvrđeno, pa neki autori smatraju da je do ideje o agrikulturi došlo u samo jednom području, drugi pak misle da je do ideje došlo neovisno u oba područja, dok treći vjeruju da je na sjever Južne Amerike ideja o agrikulturi introducirana iz srednje Amerike u kojoj je procvat agrikulture u ranom holocenu pouzdano dokumentiran. Od važnijih kulturnih vrsta na području sjevernih nizina Južne Amerike udomaćen je slatki krumpir (*Ipomoea batatas*). Ukoliko pretpostavimo da su jedini autohtoni centar podrijetla u tom području 3. sjeverne nizine Južne Amerike, s tog se područja ideja agrikulture proširila u tri važna sekundarna centra udomaćenja: 3a. sjeverozapadne nizine Južne Amerike, 3b. središnje i južne Ande, te 3c. jugozapadna Amazonija.

(4) Zapadnoafričke savane: Subsaharska je Afrika (Sahel) prostrano područje savana južno od saharske pustinje koje se proteže od Atlantskog oceana (Senegal, Mauritanija) preko Malija, Nigera, Čada i Sudana, sve do Crvenog mora (Eritreja). Zapadnoafričke savane, kao centar podrijetla agrikulture obuhvaćaju područje od Senegala do Nigera gdje je u srednjem holocenu došlo do udomaćenja bisernog prosa (*Cenchrus americanus*). Međutim, sudanske su savane susjedno područje sličnih ekoloških uvjeta gdje je također u srednjem holocenu udomaćen sirak (*Sorghum bicolor*). Stoga, neki autori smatraju da je i na tom području agrikultura nastala autohtono. S druge strane, čini se da je introdukcija udomaćenih goveda (*Bos taurus*), ovaca (*Ovis aries*) i koza (*Capra hircus*) s Bliskog istoka (centar udomaćenja 5. Plodni polumjesec) u subsaharsku Afriku prethodila udomaćenju biljnih vrsta, ali istodobno ne postoje dokazi o introdukciji kulturnih biljnih vrsta. Uz biserno proso na području zapadnoafričkih savana udomaćen je i niz drugih prosolikih žitarica kao što su gvinejsko proso (*Urochloa deflexa*), bijeli fonio (*Digitaria exilis*) i crni fonio (*D. iburua*) čiji se uzgoj nije proširio izvan područja udomaćenja te su one tako primjer endemičnih kultura (**vidi potpoglavlje 9.2**). Sličan je slučaj afričke riže (*Oryza glaberrima*), nekada vrlo važne žitarice subsaharske Afrike, čiji se uzgoj danas sve više nadomješta visokoprinosnim kultivarima riže podrijetlom iz Azije; uglavnom podvrste *indica* (*Oryza sativa* ssp. *indica*). Od udomaćenih mahunarki na ovom području treba spomenuti grah bambaru (*Vigna subterranea*) kao i crnookicu (*Vigna unguiculata*) koje su se proširile u proizvodnji i važne su za poljoprivredu afričkog kontinenta. Iz centra podrijetla 4. zapadnoafričke savane agrikultura se proširila u tri sekundarna centra udomaćenja, na 4a. zapadnoafričke tropske kišne šume, 4b. sudanske savane i 4c. etiopsku visoravan.



Slika 8.4. Centri podrijetla agrikulture (primarni centri udomaćenja) i sekundarni centri podrijetla.

(5) Plodni polumjesec: Plodni polumjesec (engl. *Fertile Crescent*) široko je područje na Bliskom istoku, a proteže se od Jordana i Izraela/Palestine na jugozapadu, preko Libanona i Sirije do jugoistočne Turske na sjeveru, te porječjem Eufrata i Tigrisa u Iraku do zapadnog Irana i sjevernog Kuvajta. To je područje, bez sumnje, jedno od arheološki najistraživanijih područja na svijetu, te postoje brojni dokazi o prvim naseobinama lovaca-sakupljača i upotrebi divljih biljnih vrsta već krajem pleistocena (~ 14 000 – 12 000 godina BP), te postupnom udomaćenju niza kulturnih vrsta koje se danas uzgajaju diljem svijeta već tijekom ranog holocena (~ 12

000 – 9000 godina BP). Na području Plodnog polumjeseca udomaćena je krušna pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), nakon riže najvažnija prehrambena kultura na svijetu, kao i niz drugih svojti roda *Triticum* - kao što su tvrda pšenica (*T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *durum*), pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*) i pravi pir ili krupnik (*T. aestivum* ssp. *spelta*). Na području Plodnog polumjeseca udomaćen je i ječam (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*), niz mahunarki kao što su grašak (*Pisum sativum*), bob (*Vicia faba*), slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*) i leća (*Lens culinaris*), te maslina (*Olea europaea*) i lan (*Linum usitatissimum*). Sve su navedene kulture široko raširene u proizvodnji te postoje brojni oplemenjivački programi sa svrhom povećanja njihovog prinosa i kakvoće proizvoda.

(6) Zapadnoindijske savane: Zapadnoindijske savane protežu se kroz indijske savezne države Gudžerat i Radžastan. Kao i u slučaju zapadnoafričkih savana moguće je da je do udomaćenja lokalnih divljih biljnih vrsta došlo tek nakon introdukcije udomaćenih životinja, a možda i kulturne pšenice i ječma s Bliskog istoka, što je lokalne ljudske zajednice inspiriralo na udomaćenje lokalnih divljih biljnih vrsta, jer arheološki dokazi ukazuju na razvitak agrikulture tek tijekom srednjeg holocena. Jedne od prvih udomaćenih kultura bile su sumatransko proso (*Panicum sumatrense*), niz mahunarki kao što je grah kulthi (*Macrotyloma uniflorum*), crni grah mungo (*Vigna mungo*) i grah mungo (*Vigna radiata*), te sezam (*Sesamum indicum*), jedna od prvih udomaćenih uljarica. Ukoliko pretpostavimo da su zapadnoindijske savane jedan od centara podrijetla agrikulture i primarni centar udomaćenja, ideja o agrikulturi potom se proširila na sekundarne centre: 6a. južna Indija i 6b. porječje rijeke Ganges.

(7) Kineska praporna visoravan: Kineska praporna visoravan (kin. *Huángtǔ gāoyuán*) nalazi se u porječju Žute rijeke (kin. *Huáng hé*) na sjeveru središnje Kine. Prapor ili les (engl. *loess*) pleistocenski je sediment žućkaste boje iz kojeg se pod prikladnim klimatskim uvjetima razvija jedno od najplodnijih poljoprivrednih tala. U ranom holocenu na tom je području udomaćeno proso (*Panicum miliaceum*), a vjerojatno nešto kasnije i soja (*Glycine max*) koja spada u deset najvažnijih prehrambenih kultura na svijetu (**vidi potpoglavlje 9.3**) kao i jedinu uljaricu između tih deset kultura. Agrikultura se relativno brzo proširila na istok, u Veliku kinesku nizinu (kin. *Huáběi píngyuán*) koja seže sve do Žutog mora i predstavlja jedno od najvažnijih poljoprivrednih područja Kine. Međutim, riža podvrste *japonica* (*Oryza sativa* ssp. *japonica*), glavna prehrambena kultura čovječanstva (uključujući i rižu podvrste *indica*, *Oryza sativa* ssp. *indica*), udomaćena je tijekom srednjeg holocena, dakle nešto kasnije, u porječju rijeke Jangce (kin. *Cháng Jiāng*; hrv. Duga rijeka). Jesu li vrijedni uzgajivači prosa i soje nadahnuli lovce i ribare oko rijeke Jangce na udomaćenje riže ili su se to oni sami sjetili, ostaje barem zasada, otvoreno pitanje. Ukoliko pretpostavimo da je područje Kineske praporne visoravni centar podrijetla agrikulture i primarni centar udomaćenja, ideja agrikulture potom se širila u sekundarne centre na zapad (7a. zapadni Yunnan/istočni Tibet), na istok (7b. porječje rijeke Jangce) kao i na jug (7c. tropska južna Kina), te morskim putevima do Japana (7d. Japansko otočje).

(8) Nova Gvineja: Arheološka istraživanja ukazuju na upotrebu mnogih divljih biljnih vrsta već u ranom holocenu, a određeni dokazi poljoprivredne proizvodnje potječu iz srednjeg holocena. Pokazalo se da je vrlo teško dokazati jasne morfološke promjene uzrokovane udomaćenjem kod vrsta kao što su banana (*Musa acuminata*), kruhovac (*Artocarpus altilis*) ili taro (*Colocasia esculenta*), jer je razdoblje upotrebe divljih tipova, kao i povremen uzgoj pred udomaćenje, vjerojatno trajalo vrlo dugo. Stoga, neki autori smatraju da je do stvarnog razvitka agrikulture došlo nakon što se ta ideja proširila iz jugoistočne Azije (centar udomaćenja: 7c. tropska južna Kina) i pritom spominju dobro dokumentiran uzgoj taroa na tom području, već u ranom

holocenu. Na kraju, čini se da je taro neovisno udomaćen (barem) dva puta, u jugoistočnoj Aziji, ali i u Novoj Gvineji, te se tako radi o multicentričnoj kulturi (**vidi potpoglavlje 9.2**). O udomaćenju banane (*Musa acuminata*), kruhovca (*Artocarpus altilis*) i taroa (*Colocasia esculenta*) govorimo u **potpoglavlju 9.3**.

8.2.2 Centri podrijetla agrikulture: Zašto?

Zašto je zapravo došlo do pojave agrikulture jedno je od temeljnih pitanja u povijesti čovječanstva na koje su mnogobrojni autori odgovorili na različite načine. Američki botaničar i agronom Jack R. Harlan u svojoj je knjizi „*Kulturne biljne vrste i čovjek*“ (vidi potpoglavlje **8.1**) to pitanje postavio je na sljedeći način: „Zašto obrađivati zemlju? Zašto odustati od dvadesetsatnog radnog tjedna i uživanja u lovu da bi se robijalo na suncu? Zašto raditi teže za manje hranjiv obrok i rizičniju opskrbu? Zašto prizivati glad, epidemiju, pošasti i prenapučenost?“ Harlan pritom spominje dvadesetsatni radni tjedan, jer je kanadski antropolog Richard B. Lee (r. 1937) prateći život plemena naroda !Kung (**vidi potpoglavlje 4.3**) u regiji Dobe u Bocvani ustanovio da odrasli pripadnici, usprkos prilično negostoljubivoj okolini pustinje Kalahari, lovu i prikupljanju divljih biljnih vrsta u prosjeku posvete tek 12 do 19 sati tjedno, što im je sasvim dovoljno da osiguraju dovoljnu količinu hrane svim pripadnicima plemena.

Tijekom povijesti se na pitanje „Zašto obrađivati zemlju?“ pokušalo odgovoriti na različite načine i pritom je razvijeno barem deset teorija koje nisu nužno i međusobno isključive. Najpoznatije su teorije poznate pod nazivima: (1) „Faza“, (2) „Oaza“, (3) „Prirodno stanište“, (3) „Marginalna zona“, (5) „Prenaseljenost“, (6) „Istrebljenje“, (7) „Interakcija čovjek-biljka“, (8) „Simbioza čovjek-biljka“, (9) „Natjecateljska gozba“ i (10) „Mlađi drijas“.

(1) „Faza“: Glavna je ideja hipoteze o „Fazi“ (engl. „*Stage*“) ta da se agrikultura smatra jednom od prirodnih faza čovjekova razvitka. Na temelju pokušaja i pogrešaka ljudi su postupno shvatili koje su biljke korisne, te su ih nakon redovitog prikupljanja polako počeli i uzgajati. Toj je teoriji bio sklon i Charles Darwin i zadržala se sve do tridesetih godina prošlog stoljeća kada su počela prva preispitivanja njezinih pretpostavki. Budući da brojne izolirane ljudske zajednice nisu nikada izumile agrikulturu, smatra se da je taj prijelaz na novi način života koji je bez sumnje promijenio tijek ljudske povijesti morao nastati kao odgovor na neke konkretne okolišne utjecaje.

(2) „Oaza“: Australski arheolog Vere Gordon Childe (1892. – 1957.) tridesetih je godina prošlog stoljeća pokušao objasniti nastanak agrikulture klimatskim promjenama. Krajem pleistocena (~ 14 000 – 12 000 godina BP) došlo je do zatopljenja praćenog velikim sušama. U određenim ograničenim regijama (oaze), u kojima suša nije bila toliko izražena, te je postojalo bogatstvo biljnog svijeta, počele su se okupljati brojne životinje, pa i ljudske zajednice lovaca-sakupljača što je na kraju dovelo do nastanka agrikulture. Ta je teorija poznata pod nazivom „Oaza“ (engl. „*Oasis*“), a bila je ozbiljno razmatrana od tridesetih do pedesetih godina prošlog stoljeća. Kritika te teorije polazi za tim da ukaže na činjenicu da se klimatske promjene događaju vrlo sporo. Iako bi to moglo biti istina u slučaju Plodnog polumjeseca, agrikultura je nastala i u nekim regijama u kojima klimatske promjene nisu uzrokovale sušu. Isto tako, i u prijašnjim razdobljima između ledenih doba, klimatske su promjene dovodile do povremenih suša, ali tada nije bilo došlo do nastanka agrikulture.

(3) „Prirodno stanište“: Teorija „Prirodnog staništa“ (engl. „*Natural Habitat*“) pretpostavlja da su agrikulturu izumili ribari nastanjeni u porječjima velikih rijeka. Obilje hrane im je priskrbilo dovoljno slobodnog vremena iskorištenog za eksperimentiranje s biljkama koje su isto tako, u obilju, rasle na plodnim ravnicama uz rijeke. Teorija „Prirodnog staništa“ bila je popularna tijekom šezdesetih godina prošlog stoljeća, a umjesto ribara često su spominjane i ljudske zajednice u brdsko-planinskim područjima Plodnog polumjeseca kojima je pak obilje divljači omogućilo da se posvete eksperimentalnom uzgoju biljaka. Međutim, mnogi autori smatraju da postoji dovoljno dokaza o tome da je agrikultura nastala iz sušte potrebe, a ne iz hira u dokolici.

(4) „Marginalna zona“: Teorija „Marginalne zone“ (engl. „*Marginal Zone*“) pretpostavlja da je do izuma agrikulture došlo prvenstveno zbog prenaseljenosti. U plodnim je ravnicama postojalo obilje korisnog biljnog i životinjskog svijeta, pa je broj stanovnika mogao nesmetano rasti. Agrikultura je izumljena upravo u marginalnim zonama u kojima je zbog porasta broja stanovnika nedostatak hrane postao najizraženiji. Navedenom su se teorijom bavili mnogi znanstvenici prvenstveno od šezdesetih do osamdesetih godina prošlog stoljeća, ali i danas se mnogi autori pozivaju na nju. Arheološki nalazi nedvojbeno ukazuju na to da je znatan porast stanovništva povezan s pojavom agrikulture. Međutim, tu dolazimo do problema poznatog pod nazivom „kokoš ili jaje“. Jesu li ljudske zajednice počele udomaćivati biljke i životinje kao odgovor na prenaseljenost, ili je udomaćenje dovelo do znatnog porasta stanovništva? Na to pitanje teško je odgovoriti.

(5) „Prenaseljenost“: Teorija „Prenaseljenosti“ (engl. „*Population Pressure*“) temelji se na pretpostavci da je došlo do opće krize u prehrani uslijed globalnog porasta stanovništva. Krećući iz Afrike, Čovjek je prije nekih 15 000 godina već zaposjeo gotovo sva nastanjiva područja diljem Afrike, Euroazije, Australije i Amerika, te nakon što je uspješno izlovio sve prikladne životinje, ostale su mu dvije mogućnosti: ostati gdje je i smisliti nešto revolucionarno ili krenuti na osvajanje područja susjednih, mahom neprijateljskih plemena. Šezdesetih se godina prošlog stoljeća ova teorija doimala kao očita istina. Počele su stizati alarmantne vijesti o povećanju broja stanovnika na našem planetu, dvadesetih godina prošlog stoljeća bilo nas je dvije milijarde, šezdesetih tri, a već 1975. – četiri milijarde. S druge strane, teorija o područjima nastanjenim neprijateljskim plemenima kamo je bolje ne zaputiti se, savršeno se uklapala u hladnoratovsko doba, dugogodišnji sukob niskog intenziteta tadašnjih svjetskih velesila, SAD-a i Sovjetskog Saveza, koji je obilježio drugu polovicu dvadesetog stoljeća. Međutim, arheološka istraživanja toj teoriji nisu nikako bila naklonjena. Prenaseljenost ljudskih zajednica prije izuma agrikulture prema toj je teoriji trebala nužno izazvati pothranjenost koja je morala biti vidljiva i na fosilnim ostacima lovaca-sakupljača. Analiza kostiju i zuba lovaca-sakupljača nije ukazivala na nedovoljnu ishranu. Dapače, čini se da su se lovci-sakupljači bolje hranili od prvih poljoprivrednika.

(6) „Istrebljenje“: U razdoblju od šezdesetih do osamdesetih godina prošlog stoljeća, uz teoriju „Marginalnih zona“ i „Prenaseljenosti“, predložena je i teorija „Istrebljenja“ (engl. „*Overkill*“). Vrijedi napomenuti da navedene tri teorije nisu bile predložene kao međusobno isključive već kao analiza pojave, izuma agrikulture, s više različitih gledišta. Naime, dokaz za pojavu gladi uslijed prenaseljenosti pokušalo se objasniti istrebljenjem pleistocenske megafaune kojoj pripadaju mamuti (*Mammuthus* spp.) i dlakavi nosorozi (*Coelodonta antiquitatis*). Međutim, izumiranje megafaune ne podudara se niti kronološki niti zemljopisno s prijelazom na agrikulturu.

(7) „Simbioza čovjek-biljka“: Osamdesetih godina prošlog stoljeća američki je arheolog David Rindos (1947. – 1996.) u knjizi „*Podrijetlo agrikulture: Evolucijska perspektiva*“ („*The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective*“) objavljenoj 1984. godine predložio ponešto drugačiju teoriju o podrijetlu agrikulture poznatu pod nazivom „Simbioza čovjek-biljka“ (engl. „*Human-Plant Symbiosis*“). Rindos je tvrdio da se prijelaz na agrikulturu dogodio spontano – agrikultura se iz evolucijske perspektive može sagledati kao određeni tip evolucijske adaptacije između čovjeka i biljaka. Proces je udomaćenja tekao u tri faze. U prvoj je fazi čovjek pružao zaštitu određenim divljim biljnim vrstama i širio njihovo sjeme posvuda. U drugoj je fazi odabrao određena nalazišta bogata poželjnim divljim biljkama, štitio ih, razmnožavao i iskorištavao tijekom više godina. Treća je faza udomaćenje uz postupan prijelaz na agrikulturnu proizvodnju koju možemo shvatiti kao kulminaciju koevolucije čovjeka i biljaka. Čovjek se prilagodio biljkama kao što su se i biljke prilagodile čovjeku. Tako su nastali prvi kulturni morfotipovi koji su za preživljavanje trebali čovjeka, a čovjek je, pak, počeo sve više ovisiti o agrikulturi.

(8) „Interakcija čovjek-biljka“: Teorija „Interakcija čovjek-biljka“ (engl. „*People-Plant Interaction*“) zapravo je daljnji razvitak teorije o „Simbiozi čovjek-biljka“. Obje su teorije nastale osamdesetih godina prošlog stoljeća i još uvijek su u razmatranju. Zajedničko im je i to što ne pokušavaju odgovoriti na pitanje koji je bio glavni motiv čovjekova prijelaza na agrikulturu jer smatraju, po uzoru na Charlesa Darwina (teorija o „Fazi“) da se nastanak agrikulturne proizvodnje može smatrati evolucijskim procesom. U **Tablici 8.2** prikazana je evolucijska klasifikacija sustava iskorištenja biljnih vrsta. Prijelaz na novi način prehrane dogodio se tijekom dugog vremenskog razdoblja prilikom kojeg je čovjek postupno sve više ovisio o kultiviranim biljnim vrstama. Čovjek je ulagao sve više rada po jedinici površine te je stoga došlo do povećanja broja, veličine i trajnosti ljudskih naseobina i postupnog prelaska na sjedilački način života (sedentarnost; engl. *sedentism*). To je dovelo i do dalekosežnih društveno-gospodarskih promjena uslijed sve većeg raslojavanja društva (društvena stratifikacija; engl. *social stratification*), a potom i uspostave državnog aparata, nakon kojeg više nije bilo načina vratiti se natrag.

Valja napomenuti da u prilog postupnosti prijelaza na agrikulturnu proizvodnju koju ističu teorije „Simbioza čovjek-biljka“ i „Interakcija čovjek-biljka“ idu i brojni arheološki nalazi. Analizom građe klasića pougljenjenih ostataka sjemena pšenica i ječmova na arheološkim nalazištima na području Plodnog polumjeseca moguće je utvrditi radi li se o divljem ili kultiviranom morfotipu. Divlji morfotipovi *pšenica kao što su divlji pir jednozrnac (Triticum monococcum* ssp. *haegilopoides;* syn. *T. m.* ssp. *boeoticum*) i divlji pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides*) imaju lomljivu os klasa koja omogućava osipanje klasića prilikom zriobe, dok njihove udomaćene inačice [kulturni pir jednozrnac (*T. monococcum* ssp. *monococcum*), kulturni pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*)] odlikuje čvrsta os klasa, pa se klasići u zriobi zadržavaju na klasu. Ista su svojstva potvrđena kod kultiviranog ječma (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) i njegovog pretpostavljenog divljeg pretka, podvrste *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. Na **Slici 8.5** prikazana je učestalost sjemenki divljih, vjerojatno kulturnih i kulturnih morfotipova otkrivenih na arheološkim nalazištima sa sjevera Sirije i jugoistoka Turske koja su datirana od 10 200. do 6500. godina BP. Najraniji uzorci koji bez sumnje pripadaju kulturnim morfotipovima otkriveni su na nalazištu Nevali *Çori* (9250. godina BP), no u to vrijeme prehrana se vjerojatno većinom temeljila na prikupljenim divljim morfotipovima. Nekih 2000 godina kasnije, kulturni morfotipovi postaju glavnim izvorom u prehrani kao što je to otkriveno na nalazištu Kosak Shamali (6500. godine BP).

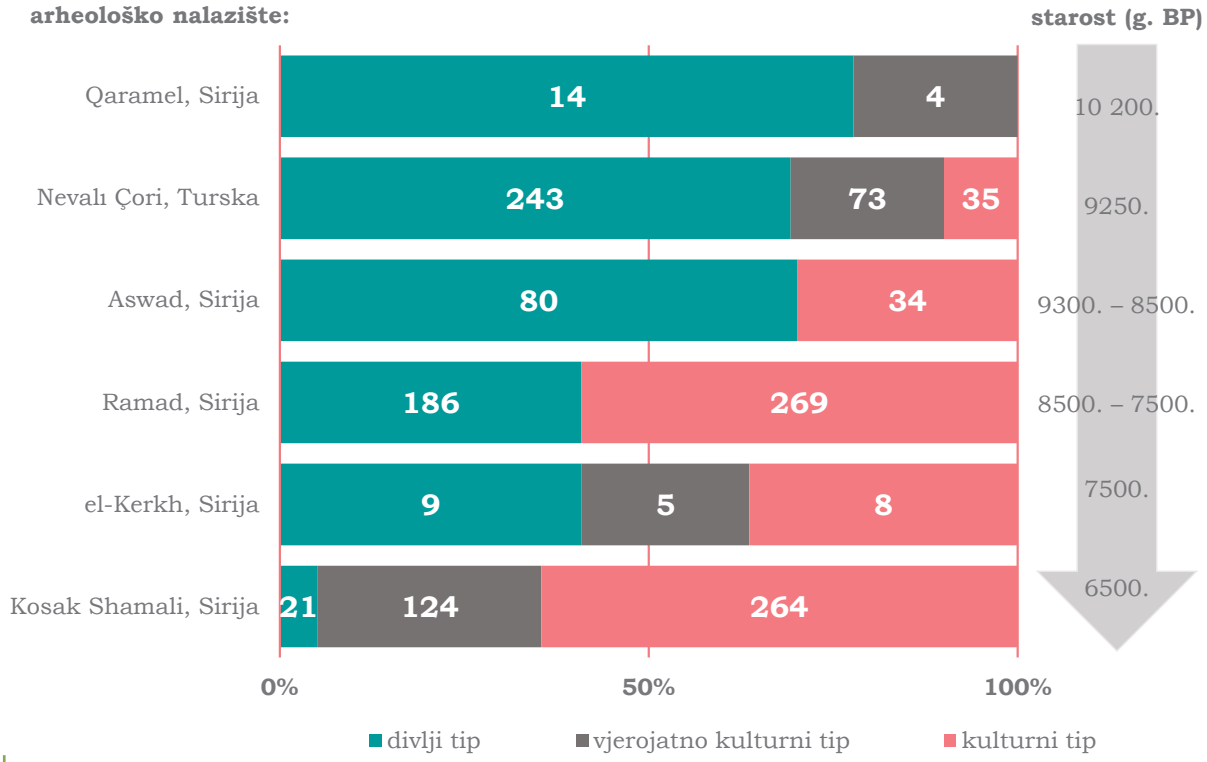
Tablica 8.2. Evolucijska klasifikacija sustava iskorištenja biljnih vrsta.

Temelj prehrane	Prikupljanje	Uzgoj
Prehrana se temelji isključivo na divljim biljnim vrstama	Prikupljanje divljih biljnih vrsta	-
Prehrana i divljim i kultiviranim morfotipovima	Plansko prikupljanje određenih biljnih vrsta i širenje sjemena	Sporadičan uzgoj na iskrčenom zemljištu uz minimalnu obradu tla
	Plansko prikupljanje biljnih vrsta na određenim nalazištima	Redovit uzgoj uz sustavnu obradu tla; odabir i čuvanje sjemena za sjetvu
Prehrana se temelji na kultiviranim biljnim vrstama	-	Poljoprivreda: uspostava trajnih naselja i agrikulturnog okoliša

(9) „Natjecateljska gozba“: Devedesetih godina prošlog stoljeća predložena je teorija „Natjecateljske gozbe“ (engl. „*Competitive Feasting*“). Navedena teorija nastanak agrikulture vidi kao rezultat snobovskog nadmetanja. U ljudskim zajednicama koje su živjele u područjima s obiljem hrane, uzgoj i upotreba kultiviranih biljaka postale su pitanjem prestiža. Imajući na umu europsku pomamu za egzotičnim začinima kao što su papar (*Piper nigrum*), klinčići (*Syzygium aromaticum*), muškatni oraščići (*Myristica fragrans*) i cimet (*Cinnamomum verum*) tijekom XVII. i XVIII. stoljeća koja je potaknula brojna prekooceanska putovanja, ali i uzrokovala niz pljačkaških pohoda, ratova između svjetskih sila i pokolja domorodačkog stanovništva, ne treba zanemariti ni utjecaj društvenog prestiža na tijek povijesti čovječanstva. Međutim, ipak, prve udomaćene vrste nisu bile neke osobite delicije već temeljne prehrambene kulture, nužne za golo preživljavanje.

(10) „Mlađi drijas“: Teorija „Mlađeg drijasa“ (engl. „*Younger Dryas*“) objašnjenje nastanka agrikulture vidi u klimatskim promjenama što i nije neka novina jer je o tome pisao i Vere Gordon Childe (teorija „Oaza“) barem pola stoljeća prije. Međutim, devedesetih godina prošlog stoljeća veliki napredak klimatoloških istraživanja doveo je do preciznije rekonstrukcije ekoloških uvjeta u prapovijesnim vremenima. Pleistocen (~ 2 560 000 – 11 700 godina BP) geološka je epoha u kojoj je došlo i do posljednjeg glacijalnog maksimuma (*Last Glacial Maximum*; LGM; ~ 23 000 – 18 000 godina BP), najhladnijeg razdoblja kada je rasprostranjenost ledenog pokrova i ledenjaka bila najveća. Krajem pleistocena došlo je do zatopljenja Bølling-Allerød (~ 14 700 – 12 900 godina BP). Na području Bliskog istoka, između Sredozemnog mora i rijeke Jordan, razvijala se Natufijska kultura, nazvana po arheološkom nalazištu u Vadiju, suhoj dolini,

Natuf na Zapadnoj obali u Palestini. Zatopljenje je bilo praćeno znatnim porastom biljnih i životinjskih populacija, pa su, uz obilje hrane, Natufijci polako prelazili na sjedilački način života i prije izuma agrikulture. Izrađivali su kamene srpove kojima su želi divlje žitarice kao što su divlji pir dvozrnac (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) i divlji predak kultiviranog ječma, vrsta *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*, te pravili kruh i pivo. Na raspolaganju su imali i brojne populacije gazela (*Gazella gazella*), pa ne iznenađuje neprekidan rast broja stanovnika. Međutim, tijekom mlađeg drijasa (~ 12 900 – 11 700 godina BP) došlo je do naglog zahlađenja praćenog sušom. Suočeni s naglim smanjenjem raspoloživih divljih biljnih i životinjskih vrsta, Natufijci su se morali brzo prilagoditi na loše okolišne uvjete što je dovelo do djelomičnog povratka na nomadski način života, no istodobno je potaknulo udomaćenje. Nakon mlađeg drijasa kojim završava pleistocen, nastupajući su holocen, praćen ponovnim zatopljenjem, Natufijci spremno dočekali kao izvješteni ratari i stočari.



Slika 8.5. Učestalost sjemenki divljih, vjerojatno kulturnih i kulturnih morfotipova pšenica (*Triticum* spp.) i ječmova (*Hordeum* spp.) otkrivenih na arheološkim nalazištima sa sjevera Sirije i jugoistoka Turske datiranih od 10 200 do 6500 godina BP.

Bilo da se radilo o evoluciji ili revoluciji, nastanak agrikulture u potpunosti je promijenio sve aspekte čovjekovog života. Prijelaz na agrikulturu često se shvaća kao temelj daljnjeg napretka čovječanstva i u potpunosti se uklapa u prosvjetiteljsku ideju o kontinuiranom hodu prema boljem i pravednijem društvu. To je gledište najbolje opisao izraelski povjesničar Yuval Noah Harari (r. 1976.) u znanstveno-popularnom bestseleru „*Sapiens: Kratka povijest čovječanstva*“ (engl. „*Sapiens: A Brief History of Humankind*“) objavljenom 2014. godine: „Učenjaci su nekoć agrarnu revoluciju proglašavali velikim skokom naprijed za čovječanstvo. I preli priču o napretku koji pokreće čovjekova umna snaga. Evolucija je s vremenom stvarala sve inteligentnije ljude. Dok ti ljudi nisu postali tako pametni da su uspjeli poniknuti u prirodne tajne, zbog čega su postali sposobni pripitomiti ovcu i uzgajati pšenicu. I čim se to dogodilo,

smjesta su se u veselju okanuli mukotrpnog, opasnog i često spartanskog života lovaca-sakupljača, pa prešli na sjedilački, ugodan i zadovoljan život poljodjelca (prijevod Predraga Raosa, izdavač Fokus Komunikacije d.o.o., Zagreb; 2015. godina)". Međutim, Harari nastavlja ovako: „Ta je priča čista fantazija. (...) Prosječni je seljak radio teže od prosječnog lovca i zauzvrat dobivao slabiju hranu. Agrarna je revolucija najveća podvala u povijesti svijeta."

Brojne usporedne analize ostataka kostura Natufijskih lovaca-sakupljača koji su živjeli u paleolitiku (starije kameno doba) i neolitskih (neolitik – mlađe kameno doba) poljoprivrednika uvelike su rasvijetlile život čovjeka prije i nakon agrikulturne revolucije. Prelaskom na agrikulturu došlo je do smanjenja prosječne visine za 4,3 % kod žena (paleolitik: 162 cm / neolitik: 155 cm) i 4,0 % kod muškaraca (paleolitik: 174 cm / neolitik: 167) što se objašnjava činjenicom da su u neolitiku ljudi jeli i do 80 % manje mesa u usporedbi s paleolitikom, te tako znatno smanjili udio bjelančevina i masti u prehrani. Ostaci kostura neolitskih populacija ukazuju na nedostatnu ishranu, a češća je i pojava anemije i zaraznih bolesti. Vidljivi su i mišićno-koštani poremećaji povezani s teškim fizičkim radom. Oralno se zdravlje znatno pogoršalo, a pojava karijesa sve je češća, vjerojatno zbog većeg udjela ugljikohidrata u ishrani neolitskih populacija. Međutim, očekivani životni vijek donekle se produžio (paleolitik: 24,6 godina / neolitik: 25,5 godina) kao i prosječna dob u trenutku smrti (paleolitik: 31,2 godine / neolitik: 32,1 godinu). Prijelaz na agrikulturu različito je utjecao na muškarce i žene. Muškarcima se prosječna dob u trenutku smrti povećala, a ženama se, pak, smanjila. To se objašnjava činjenicom da je u neolitiku porasla stopa smrtnosti majki kao rezultat znatno povećane stope fertiliteta, a kod muškaraca se pokazalo da je poljoprivreda ipak manje opasan zanat od lova. Na populacijskoj razini prijelaz na agrikulturu doveo je do revolucionarnih promjena. Prirodni se priraštaj, definiran kao razlika između broja rođenih i broja umrlih iskazan na 1000 stanovnika, u neolitiku (0,33 ‰) povećao čak šezdeset puta u odnosu na paleolitik (0,0055 ‰) tako da je gustoća stanovništva (broj ljudi po km^2) porasla s 0,1 u paleolitiku na 4,0 u neolitiku, odnosno 40 puta. Glavna prednost agrikulture i sjedilačkog načina života svakako je bila mogućnost uskladištenja hrane, no, nažalost, to nije dovelo do smanjenja radnih sati i povećanja slobodnog vremena već prvenstveno do društvene stratifikacije.

Već je spomenuti kanadski antropolog Richard B. Lee družeći se s pripadnicima naroda !Kung zabilježio i njihov odgovor na njegovo izravno pitanje zašto se ne bave poljoprivredom kao i sva susjedna im plemena: „Pa zašto bismo kad na svijetu ima toliko mnogo plodova mongongoa?" Mongongo (*Schinziophyton rautanenii*) je, naime, stablo koje raste na području suptropske južne Afrike, a plod mu je ukusan orah – temelj prehrane naroda !Kung i Ovambo.

8.2.3 Centri udomaćenja

Centri podrijetla agrikulture istodobno su i primarni centri udomaćenja mnogobrojnih biljnih vrsta. Ideja o agrikulturi potom se postupno širila i polako su je prihvaćale i ljudske zajednice koje su živjele izvan navedenih osam centara podrijetla. Prihvaćajući agrikulturnu proizvodnju uzgoj se udomaćenih biljnih vrsta širio, no došlo je i do udomaćenja brojnih novih biljnih vrsta koje su bile prirodno rasprostranjene u tim područjima, a neke su već bile i korištene prije udomaćenja. Te novonastale centre nazivamo sekundarnim centrima udomaćenja. Stoga se pretpostavlja da uz osam primarnih centara postoji i barem 12 sekundarnih centara u kojima je do udomaćenja došlo u srednjem holocenu (7000. – 4000.

godina BP). Naravno, time udomaćenje novih biljnih vrsta nije prestalo i divlje su se biljke udomaćivale i kasnije, pa sve do današnjih dana. Međutim, nakon srednjeg holocena nikada više nije došlo do udomaćenja toliko velikog broja gospodarski važnih biljnih vrsta. Zanimljivo je da su sve glavne prehrambene kulture u svijetu, kao i one regionalno važne kulture (**vidi potpoglavlje 9.3**), udomaćene već u ranom odnosno srednjem holocenu, te da se suvremena industrijska poljoprivredna proizvodnja u XXI. stoljeću još uvijek temelji na biljnim vrstama udomaćenima prije barem 40, ako ne i prije 120. stoljeća.

Ipak, vrijedi spomenuti da postoji jedan izuzetak, a to je šećerna repa (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) koja spada u 10 glavnih prehrambenih kultura (**vidi potpoglavlje 9.3**). Morska se blitva (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) smatra divljim pretkom niza kultura podvrste *B. vulgaris* ssp. *vulgaris* uključujući lisnatu repu (skupina kultivara 'Cicla'), rebrastu repu (skupina kultivara 'Flavescens'), ciklu (skupina kultivara 'Conditiva'), stočnu repu (skupina kultivara 'Crassa'), kao i šećernu repu (skupina kultivara 'Altissima'). Udomaćenje je morske blitve započelo prije 2500 godina na području Sredozemlja, pa su lisnata i rebrasta repa bile poznate već u antičkoj Grčkoj. Korjenaste se repe pojavljuju u srednjem vijeku, prvo u arapskoj hortikulturi u Španjolskoj, a zatim od XV. stoljeća i u Nizozemskoj i Njemačkoj, dok je oplemenjivanje i industrijska proizvodnja šećerne repe započela nakon što je pruski kemičar Andreas Sigismund Marggraf (1709. – 1782.) 1747. godine uspješno upotrijebio alkohol radi ekstrakcije šećera.

S druge strane, vrijedi spomenuti da razlozi udomaćenja i prvobitna namjena određenih kultura katkad znatno odudaraju od današnjih razloga zbog kojih se te kulture uzgajaju. Najočitiji je tu primjer već spomenuta šećerna repa, ali isto vrijedi i za suncokret (*Helianthus annuus*), udomaćen na istoku Sjeverne Amerike koji se kao uljna kultura počeo uzgajati u Rusiji tek u XVIII. stoljeću, kao i za soju (*Glycine max*) koja je glavna svjetska uljarica postala intenzivnim uzgojem i oplemenjivanjem u SAD-u sredinom XX. stoljeća.

Pretpostavljajući uobičajenu podjelu na sedam kontinenata (Sjeverna Amerika, Južna Amerika, Europa, Afrika, Azija, Australija i Antarktika) centri udomaćenja nalaze se na svim kontinentima s izuzetkom Antarktike, što je samo po sebi razumljivo, ali i Europe.

(1) Sjeverna i Južna Amerika: Na području Sjeverne Amerike, kao što je već bilo navedeno, nalazimo dva primarna centra udomaćenja (1. istok Sjeverne Amerike i 2. srednja Amerika) i niti jedan sekundarni centar podrijetla. Za razliku od gotovo svih drugih regija u svijetu ideja agrikulture nastala u centru podrijetla 1. istok Sjeverne Amerike jednostavno nije zaživjela niti se uspješno proširila na susjedna područja. S druge strane, primarni centar 2. srednja Amerika bio je središte revolucionarnog vala koji je iz temelja promijenio način života brojnih ljudskih zajednica diljem srednje i Sjeverne Amerike, iako nije došlo do nastanka sekundarnih centara udomaćenja. Uzgoj kultura udomaćenih u srednjoj Americi, prvenstveno kukuruza (*Zea mays*), graha (*Phaseolus vulgaris*) i obične bundeve podvrste ssp. *pepo* (*Cucurbita pepo* ssp. *pepo*), ubrzo se proširio po cijelom sjevernoameričkom kontinentu, ali do udomaćenja novih biljnih vrsta nije došlo. Neki autori to objašnjavaju nedostatkom pogodnih divljih biljnih vrsta i relativnim siromaštvom biljne genetske raznolikosti sjevernoameričkog kontinenta. S druge strane, kukuruz je na sjevernoameričkom kontinentu naišao na upravo idealne uvjete za svoj rast. Iowa, Illinois i Indiana glavne su američke savezne države kroz koje prolazi Kukuruzni pojas (engl. *corn belt*), područje dubokih tala bogatih organskom materijom, u kojem kukuruz gotovo redovito postiže senzacionalne prinose. Drevna priča farmera s američkog Srednjeg zapada da se u tihoj noći može čuti kako kukuruz raste, nedavno je potvrđena. Znanstvenici

sa Sveučilišta u Nebraski — Lincoln (*University of Nebraska-Lincoln*) su, eto, uspješno snimili zvuk rasta kukuruza.

S druge strane, širenjem agrikulture po Južnoj Americi došlo je do pojave novih, sekundarnih centara i udomaćenja niza biljnih vrsta bez kojih bi današnja poljoprivredna proizvodnja bila prilično osiromašena. Kao što je već navedeno prilikom objašnjavanja centara podrijetla, pretpostavit ćemo da je jedini autohtoni centar podrijetla na području Južne Amerike – 3. sjeverne nizine Južne Amerike. Ideja se agrikulture zatim proširila u tri važna sekundarna centra udomaćenja: 3a. sjeverozapadne nizine Južne Amerike, 3b. središnje i južne Ande, te 3c. jugozapadna Amazonija.

Već u ranom holocenu agrikultura je poznata na području 3a. sjeverozapadnih nizina Južne Amerike u kojem je došlo do udomaćenja kakaovca (*Theobroma cacao*), važne isplative kulture (engl. *cash crop*; **vidi potpoglavlje 9.3**) koja se danas uzgaja na nepreglednim plantažama isključivo radi prodaje, i to prvenstveno na istoku Afrike (Obala Bjelokosti, Gana, Nigerija, Kamerun) i jugoistočnoj Aziji (Indonezija), pa tek onda i u Brazilu, centru udomaćenja.

U srednjem holocenu agrikultura se proširila i do 3b. središnjih i južnih Anda. Na tom je području udomaćen krumpir (*Solanum tuberosum*) kao i brojne druge gomoljaste vrste kao što su oka (*Oxalis tuberosa*), uljuko (*Ullucus tuberosus*) i mašua (*Tropaeolum tuberosum*). Za razliku od krumpira koji se kolumbovskim putovanjima uspješno proširio po Starom svijetu i pritom mnoge Europljane spasio od gladi, oka, uljuko i mašua danas su zapostavljene kulture i njihov se uzgoj nije znatno proširio (**vidi potpoglavlje 7.3**). Na navedenom području udomaćen je i grah (*Phaseolus vulgaris*), trešnjolika rajčica (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), te dvije pseudožitarice, repati šćir (*Amaranthus caudatus*) i kinoa (*Chenopodium quinoa*). Grah je multicentrična kultura (**vidi potpoglavlje 9.2**) jer je neovisno udomaćen dva puta, u Meksiku (centar udomaćenja 2. srednja Amerika) i na području Anda. Daljnjim odabirom unutar tradicijskih kultivara trešnjolike rajčice na području Meksika nastala je rajčica (*Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum*).

Treći sekundarni centar udomaćenja proistekao iz primarnog centra 3. sjeverne nizine Južne Amerike je 3c. jugozapadna Amazonija. Najvažnije su kulture udomaćene na tom području: kasava (*Manihot esculenta*), kikiriki (*Arachis hypogaea*) i velika bundeva (*Cucurbita maxima*) koje se danas uzgajaju diljem svijeta. Pritom je kasava jedna od najvažnijih prehrambenih kultura na području Afrike (Gana, Nigerija, Kongo; **vidi potpoglavlje 9.3**).

U **Tablici 8.3** navedeni su pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Sjeverne i Južne Amerike, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

(2) Afrika: Na afričkom kontinentu nalazimo jedan primarni centar udomaćenja (4. zapadnoafričke savane) s tri sekundarna centra (4a. zapadnoafričke tropske kišne šume, 4b. sudanske savane, 4c. etiopska visoravan).

Zapadnoafričke tropske kišne šume obuhvaćaju široko područje, od Gvineje na istoku do Nigerije na zapadu. Arheološka istraživanja pokazala su da je na području 4a. zapadnoafričke tropske kišne šume došlo do udomaćenja niza gomoljastih kultura kao što su bijeli (*Dioscorea cayenensis* ssp. *rotundata*) i žuti jam (*Dioscorea cayenensis* ssp. *cayenensis*), te afrički krumpir (*Coleus esculentus*), prije nego što se u to područje proširio uzgoj bisernog prosa (*Cenchrus americanus*). Žuti i bijeli jam regionalno su važne prehrambene kulture, dok je afrički krumpir

zapostavljena kultura. Zanimljivo je da afrički krumpir spada u porodicu usnača (*Lamiaceae*), te kao i mnoge druge vrste navedene porodice sadrži eterično ulje. U prošlosti je bio znatno zastupljeniji u proizvodnji, a istisnuo ga je uzgoj prinosnijih introduciranih korjenasto-gomoljastih kultura kao što je kasava (*Manihot esculenta*) i taro (*Colocasia esculenta*). Na tom su području udomaćene danas vrlo važne isplative kulture (engl. *cash crops*; **vidi potpoglavlje 9.3**) kao što su uljna palma (*Elaeis guineensis*) i dvije kole [kola (*Cola acuminata*) i gorka kola (*Cola nitida*)].

U sekundarnom centru 4b. sudanske savane u srednjem je holocenu udomaćen sirak (*Sorghum bicolor*), važna prehrambena i krmna kultura o čijem udomaćenju i širenju govorimo u **potpoglavlju 9.2**. Druga je zanimljiva kultura udomaćena na području sudanskih savana lablab (*Lablab purpureus*), mahunarka penjačica lijepih ljubičastih cvjetova ugodnog mirisa koja služi i kao ukrasna biljka, te je nazivaju draguljem među mahunarkama. Lablab je introduciran u Indiju 2000. g. pr. n. e., o čemu ima mnogo arheoloških dokaza. Lablab zasigurno predstavlja zapostavljenu kulturu (engl. *underutilized crop*; **vidi potpoglavlje 9.3**), no u posljednje je vrijeme poraslo zanimanje za njegov uzgoj i oplemenjivanje. Institut za ratarstvo i povrtarstvo (Novi Sad, Srbija) tako je započeo oplemenjivački program na lablabu za umjerena područja koji je rezultirao nekolicinom novostvorenih kultivara različitih namjena i nadahnutih imena kao što je to 'Deep Purple' (za ljudsku ishranu), 'Purple Haze' (za krmu) i 'Pink Floyd' (ukrasni kultivar).

Tablica 8.3. Pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Sjeverne i Južne Amerike, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Centar udomaćenja	Udomaćena biljna vrsta	
1. istok Sjeverne Amerike	Berlandierova loboda	*Chenopodium berlandieri*
	obična bundeva	*Cucurbita pepo* ssp. *ovifera* var. *ovifera*
	suncokret	*Helianthus annuus*
	iva	*Iva annua*
2. srednja Amerika	krvavocrveni šćir	*Amaranthus cruentus*
	tamnobojni šćir	*Amaranthus hypochondriacus*
	čili	*Capsicum annum*
	zimska bundeva	*Cucurbita argyrosperma*
	obična bundeva	*Cucurbita pepo* ssp. *pepo*
	guahe	*Leucaena esculenta*
	hikama	*Pachyrhizus erosus*
	avokado	*Persea americana*
	grah lima*	*Phaseolus lunatus*
	grah*	*Phaseolus vulgaris*
	čajot	*Sechium edule*
	mombin	*Spondias mombin*
	kukuruz	*Zea mays*

Nastavak **Tablice 8.3.**

Centar udomaćenja	Udomaćena biljna vrsta	
3. sjeverne nizine Južne Amerike	muškatna bundeva	*Cucurbita moschata*
	leren	*Goeppertia allouia*
	jestiva kana	*Canna indica*
	indijanski jam	*Dioscorea trifida*
	slatki krumpir	*Ipomoea batatas*
	karipsko zelje	*Xanthosoma sagittifolium*
	brazilski grah	*Canavalia ensiformis*
3a. sjeverozapadne nizine Južne Amerike	ekvadorska bundeva	*Cucurbita ecuadorensis*
	barbadoski pamuk	*Gossypium barbadense*
	kakaovac	*Theobroma cacao*
3b. središnje i južne Ande	repati šćir	*Amaranthus caudatus*
	kaniva	*Chenopodium pallidicaule*
	kinoa	*Chenopodium quinoa*
	smokvolisna bundeva	*Cucurbita ficifolia*
	oka	*Oxalis tuberosa*
	grah lima*	*Phaseolus lunatus*
	grah*	*Phaseolus vulgaris*
	trešnjolika rajčica	*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*
	krumpir	*Solanum tuberosum*
	mašua	*Tropaeolum tuberosum*
	uljuko	*Ullucus tuberosus*
3c. jugozapadna Amazonija	kikiriki	*Arachis hypogaea*
	breskvina palma	*Bactris gasipaes*
	habanero	*Capsicum chinense*
	velika bundeva	*Cucurbita maxima*
	kasava	*Manihot esculenta*

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

Treći sekundarni centar udomaćenja proistekao iz primarnog centra 4. zapadnoafričke savane je 4c. etiopska visoravan. Iako dosadašnja arheološka istraživanja nisu rezultirala jasnim dokazima o udomaćenju, smatra se da je na tom području udomaćeno niz žitarica kao što su tef (*Eragrostis tef*), etiopska zob (*Avena abyssinica*) i prstasto proso (*Eleusine coracana*) te niz korjenasto-gomoljastih kultura kao što su ančote (*Coccinia abyssinica*), žuti jam (*Dioscorea cayenensis* ssp. *cayenensis*) i etiopska banana (*Ensete ventricosum*). Uz navedene žitarice i korjenasto-gomoljaste kulture, udomaćen je etiopski grašak (*Lathyrus oleraceus;* syn. *Pisum abyssinicum*) kao mahunarka i niger (*Guizotia abyssinica*) kao uljarica, te se pretpostavlja da je poljoprivreda na tom području bila široko razvijena i raznovrsna i prije introdukcije bisernog prosa (*Cenchrus americanus*) i sirka (*Sorghum bicolor*) iz susjednih područja, a zatim i žitarica i mahunarki udomaćenih na području Plodnog polumjeseca. Tef (*Eragrostis tef*) je i

danas jedna od najvažnijih prehrambenih kultura u Etiopiji i Eritreji, ali se njegov uzgoj nije znatno proširio po svijetu. Isti je slučaj i sa svim ostalim navedenim vrstama koje su ostale samo od lokalne važnosti. Važan izuzetak pritom je kava (*Coffea arabica*), udomaćena na području Etiopije, ali prema većini autora tek u IX. st. n. e., tako da zapravo i ne pripada na ovdje predstavljen popis koji sadrži isključivo kulture udomaćene tijekom ranog i srednjeg holocena. Međutim, upotreba plodova kave i uzgoj pred udomaćenje, po nekim autorima, seže do srednjeg holocena. Konačno, kava je postala važna isplativa kultura (engl. *cash crop*; **vidi potpoglavlje 9.3**) u mnogim zemljama tropskog pojasa od Južne Amerike, Karipskog otočja, preko Afrike do jugoistočne Azije i pacifičkih otoka.

U **Tablici 8.4** navedeni su pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Afrike, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Tablica 8.4. Pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Afrike, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Centar udomaćenja	Udomaćene biljne vrste	
4. zapadnoafričke savane	biserno proso	*Cenchrus americanus*
	baobab	*Adansonia digitata*
	gvinejsko proso	*Urochloa deflexa*
	bijeli fonio	*Digitaria exilis*
	crni fonio	*Digitaria iburua*
	kenaf	*Hibiscus cannabinus*
	afrička riža	*Oryza glaberrima*
	grah bambara	*Vigna subterranea*
	crnookica	*Vigna unguiculata*
4a. zapadnoafričke tropske kišne šume	uljna palma	*Elaeis guineensis*
	kola	*Cola acuminata*
	gorka kola	*Cola nitida*
	žuti jam*	*Dioscorea cayenensis* ssp. *cayenensis*
	bijeli jam	*Dioscorea cayenensis* ssp. *rotundata*
	afrički krumpir	*Coleus esculentus*
4b. sudanske savane	sirak	*Sorghum bicolor*
	rozela	*Hibiscus sabdariffa*
	lablab	*Lablab purpureus*
4c. etiopska visoravan	tef	*Eragrostis tef*
	etiopska zob	*Avena abyssinica*
	krumpir ačote	*Coccinia abyssinica*
	kava	*Coffea arabica*
	žuti jam*	*Dioscorea cayenensis* ssp. *cayenensis*
	prstasto proso	*Eleusine coracana*
	etiopska banana	*Ensete ventricosum*
	niger	*Guizotia abyssinica*
	etiopski grašak	*Lathyrus oleraceus*

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

(3) Azija i Australija: Pretpostavlja se da u Aziji postoje tri primarna centra udomaćenja (5. Plodni polumjesec, 6. zapadnoindijske savane i 7. Kineska praporna visoravan) i šest sekundarnih centara, a u Australiji kao kontinentu koji uz nju uključuje i otoke Tasmaniju i Novu Gvineju postoji jedan primarni centar udomaćenja (8. Nova Gvineja) bez sekundarnih centara.

S područja Plodnog polumjeseca uzgoj mnogobrojnih udomaćenih biljnih vrsta brzo se širio i na zapad u Europu, na istok preko Irana i Pakistana do Indijskog potkontinenta i na jug preko Egipta do Etiopije. Pritom je još važniju ulogu igralo širenje uzgoja životinja udomaćenih na području Plodnog polumjeseca – kao što su govedo (*Bos taurus*), koza (*Capra hircus*) i ovca (*Ovis aries*) koje je vrlo vjerojatno prethodilo širenju uzgoja biljnih vrsta. Međutim, ne postoji niti jedan jasan sekundarni centar udomaćenja proistekao iz ovog primarnog centra.

Kao što je već bilo rečeno, ukoliko pretpostavimo da su 6. zapadnoindijske savane jedan od centara podrijetla agrikulture i primarni centar udomaćenja na području indijskog potkontinenta, ideja o agrikulturi potom se proširila na dva sekundarna centra: 6a. južna Indija i 6b. porječje rijeke Ganges.

Od indijskih saveznih država Gudžerata i Radžastana (6. zapadnoindijske savane) agrikultura se tijekom srednjeg holocena širila južnije do indijske savezne države Karnatake (6a. južna Indija). Na tom je području došlo do udomaćenja razgranjenog prosa (*Urochloa ramosa*) kao i do neovisnog udomaćenja graha kulthi (*Macrotyloma uniflorum*) i graha mungo (*Vigna radiata*). Naime, arheološka kao i genetska istraživanja potvrdila su paralelno udomaćenje (engl. *parallel domestication*) tih dviju važnih mahunarki na području 6. zapadnoindijske savane kao i na području 6a. južna Indija. Stoga se te kulture nazivaju multicentričnima (**vidi potpoglavlje 9.2**). Za razliku od razgranjenog prosa (*Urochloa ramosa*) i graha *kulthi* (*Macrotyloma uniflorum*), kultura koje se mogu smatrati zapostavljenima (**vidi potpoglavlje 9.3**), grah mungo (*Vigna radiata*) je gospodarski važna kultura u mnogim azijskim zemljama uključujući Pakistan, Indiju, Kinu i Koreju.

Sekundarni centar 6b. porječje rijeke Ganges obuhvaća plodno područje donjeg toka rijeke Ganges i istočne obalne nizine. U tom je području udomaćena riža podvrste *indica* (*Oryza sativa* ssp. *indica*). Riža je, bez sumnje, najvažnija prehrambena kultura čovječanstva. Istodobno je i isplativa kultura (engl. *cash crop*) jer je tržište riže jedno od najvećih, te gospodarski i strateški najvažnijih tržišta poljoprivrednih proizvoda, ali i uzdržavajuća (engl. *subsistence crops*) jer je milijuni najsiromašnijih stanovnika našeg planeta redovito uzgajaju za izravnu upotrebu na svojem gospodarstvu (**vidi potpoglavlje 9.3**). Dvije glavne podvrste kultivirane riže su *indica* (*Oryza sativa* ssp. *indica*) i *japonica* (*Oryza sativa* ssp. *japonica*) i relativno ih je lako morfološki razlikovati jer je zrno riže podvrste *indica* četiri do pet puta duže nego šire, a podvrste *japonica* dva do tri puta. Kuhana riža podvrste *japonica* uglavnom je ljepljivija od riže podvrste *indica* koja i nakon kuhanja ostaje rastresitija. Riža podvrste *japonica* uzgaja se uglavnom u umjerenom području uključujući sjever Kine, Japan i Koreju, te Sredozemlje, dok se riža podvrste *indica* uzgaja u tropskim područjima jugoistočne Azije, Afrike, te u Brazilu. Riža podvrste *japonica* idealna je za pripremu sušija, rižota i *paelle*. U trgovinama u Hrvatskoj tradicionalno nalazimo rižu talijanskih kultivara podvrste *japonica* kao što su 'Carnaroli' i 'Arborio', a u posljednje vrijeme i rižu kultivara podvrste *indica* od kojih su najpoznatiji kultivari tipa 'Basmati', podrijetlom iz Indije, Pakistana i Nepala. Riža podvrste *japonica* uglavnom je isplativa kultura (engl. *cash crop*) dok je riža podvrste *indica* i isplativa i uzdržavajuća kultura (engl. *subsistance crop*), te presudna za osiguranje sigurnosti prehrane

milijuna najsiromašnijih stanovnika našeg planeta (Indija, Bangladeš, Nigerija, Kongo). Iako na tržištu najrazvijenijih zemalja svijeta (SAD, EU, Japan) dominira riža podvrste *japonica*, udio (engl. *market share*) riže podvrste *indica* čini čak 80 % svjetskog tržišta. Smatra se da je udomaćenju riže prethodila spontana hibridizacija. Visoka vodena višegodišnja biljna vrsta *Oryza rufipogon* i jednogodišnja niska vrsta otporna na sušu, *Oryza nivara,* lako se križaju, kako međusobno, tako i s kulturnom rižom. Istraživanja su pokazala da je do udomaćenja riže podvrste *japonica* došlo tijekom holocenskog klimatskog maksimuma (engl. *Holocene Climatic Optimum*; HCO) toplog razdoblja izražene monsunske aktivnosti tijekom ranog i srednjeg holocena (između 9000. i 4000. godina BP) koje se podudara s arheološkim nalazima na području istočne Kine (centar udomaćenja: 7b. porječje rijeke Jangce) a koji datiraju od 8000 do 5000 godina BP. Na najstarijim nalazištima postotak kulturnih tipova riže iznosio je do 20 % dok su na najmlađima nađeni isključivo kulturni tipovi koji se lako razlikuju od divljih jer im sjeme prilikom zriobe ostaje na cvatu, metlici (vidi potpoglavlje **8.3**). Udomaćenje riže podvrste *indica* još uvijek je predmet rasprave među znanstvenicima. Dok neki autori tvrde da se uzgoj riže podvrste *japonica* proširio po jugoistočnoj Aziji već tijekom srednjeg holocena, te da je podvrsta *indica* nastala odabirom unutar već kultivirane podvrste *japonica*; drugi smatraju da je podvrsta *indica* nastala neovisnim udomaćenjem već navedenih divljih biljnih vrsta kao što su *Oryza rufipogon*, *Oryza nivara* ili pak njihovim spontanim križanjem. Naravno, postoji i mogućnost da je podvrsta *indica* nastala odabirom poželjnih genotipova koji su bili povratni križanci između već udomaćene riže podvrste *japonica* i njezinih divljih predaka. Bez sumnje, riža podvrste *indica*, prilagođena na tropske i suptropske uvjete jugoistočne Azije, udomaćena je u području 6b. porječje rijeke Ganges, a njezin se uzgoj ubrzo proširio na istok u Bangladeš, Mjanmar, tropsko područje Kine i dalje na jug, kao i na zapad u Pakistan.

Kao što je već bilo navedeno, područje Kineske praporne visoravni centar je podrijetla agrikulture i primarni centar udomaćenja (7. Kineska praporna visoravan) iz kojeg se ideja agrikulture potom širila u sekundarne centre na zapad (7a. zapadni Yunnan/istočni Tibet), na istok (7b. porječje rijeke Jangce) kao i na jug (7c. tropska južna Kina), te morskim putevima do Japana (7d. Japansko otočje).

Na području 7a. zapadni Yunnan/istočni Tibet koje obuhvaća zapad kineske pokrajine Yunnan (kin. Yúnnán) i istok kineskog autonomnog područja Tibet (kin. Xīzàng Zìzhìqū) udomaćene su dvije srodne pseudožitarice — heljda (*Fagopyrum esculentum*) i tatarska heljda (*Fagopyrum tataricum*). Heljda (*Fagopyrum esculentum*) se proširila na zapad do Rusije i Ukrajine, a iz XIV. stoljeća potječu prva izvješća o njezinom uzgoju u Europi. Od tada i kod nas postaje cijenjena tradicijska kultura, naročito u Međimurju i Hrvatskom zagorju, koja nažalost, kao i svuda u svijetu, danas spada u zapostavljene kulture (engl. *underutilized crops*; **vidi potpoglavlje 9.3**).

Na području 7b. porječje rijeke Jangce, u srednjem je holocenu došlo do udomaćenja riže podvrste *japonica* (*Oryza sativa* ssp. *japonica*) kao i jedne od najstarijih predivih kultura – ramije (*Boehmeria nivea*).

Područje 7c. tropska južna Kina obuhvaća zemljopisno područje Lingnan koje se proteže podno planinskog lanca Nanling (kin. *Nánlǐng*; 'Južne planine') kroz kinesko autonomno područje Guangxi-Zhuang (kin. *Guǎngxī Zhuàng Zìzhìqū*), pokrajinu Guangdong (kin. *Guǎngdōng*; Kanton) i otočnu pokrajinu Hainan (kin. *Hǎinán*), uključujući i posebne administrativne regije Hong Kong (kin. *Xiānggǎng*) i Makao (kin. *Àomén*). Na tom području postoje izvjesni dokazi o začecima agrikulture koji prethode introdukciji uzgoja riže iz

područja 7b. porječje rijeke Jangce, no moguće je da ideja agrikulture nije autohtona, već se proširila iz navedenog područja. Na tom području udomaćene su dvije gomoljaste kulture – taro (*Colocasia esculenta*) i ljubičasti jam (*Dioscorea alata*). Zanimljivo je da su obje kulture neovisno udomaćene i na području 8. Nova Gvineja.

Na Japansko se otočje ideja agrikulture proširila iz Kine. Sekundarni centar 7d. Japansko otočje područje je u kojem su udomaćene dvije važne mahunarke: soja (*Glycine max*) koja je udomaćena i u primarnom centru udomaćenja 7. Kineska praporna visoravan kao i grah azuki (*Vigna angularis*).

Kao što je već bilo navedeno, primarni centar 8. Nova Gvineja nema sekundarnih centara udomaćenja.

U **Tablici 8.5** navedeni su pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Azije i Australije, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Tablica 8.5. Pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Azije i Oceanije, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Centar udomaćenja	Udomaćene biljne vrste	
5. Plodni polumjesec	slanutak	*Cicer arietinum ssp. arietinum*
	ječam	*Hordeum vulgare*
	leća	*Lens culinaris*
	lan	*Linum usitatissimum*
	maslina	*Olea europaea*
	grašak	*Pisum sativum*
	pšenice	*Triticum* spp.
	bob	*Vicia faba*
6. zapadnoindijske savane	dinja*	*Cucumis melo*
	grah kulthi*	*Macrotyloma uniflorum*
	sumatransko proso	*Panicum sumatrense*
	sezam	*Sesamum indicum*
	crni grah mungo	*Vigna mungo*
	grah mungo*	*Vigna radiata*
6a. južna Indija	razgranjeno proso	*Urochloa ramosa*
	grah kulthi*	*Macrotyloma uniflorum*
	grah mungo*	*Vigna radiata*
	kajan	*Cajanus cajan*
	grimizna bundeva	*Coccinia grandis*
	krastavac	*Cucumis sativus*
	lufa	*Luffa* spp.
	momordika	*Momordica charantia*
	indijsko proso	*Echinochloa colonum* ssp. *edulis*

Nastavak **Tablice 8.5.**

Centar udomaćenja	Udomaćene biljne vrste	
6b. porječje rijeke Ganges	riža podvrste *indica*	*Oryza sativa* ssp. *indica*
	indijska bundeva	*Praecitrullus fistulosus*
	zmijska bundeva	*Trichosanthes cucumerina*
7. Kineska praporna visoravan	konoplja	*Cannabis sativa*
	soja*	*Glycine max*
	proso	*Panicum miliaceum*
	marelica	*Prunus armeniaca*
	breskva	*Prunus persica*
	klipasti muhar	*Setaria italica*
7a. zapadni Yunnan/istočni Tibet	heljda	*Fagopyrum esculentum*
	tatarska heljda	*Fagopyrum tataricum*
7b. porječje rijeke Jangce	ramija	*Boehmeria nivea*
	dinja*	*Cucumis melo*
	riža podvrste *japonica*	*Oryza sativa ssp. japonica*
7c. tropska južna Kina	Jobove suze	*Coix lacryma-jobi*
	taro*	*Colocasia esculenta*
	ljubičasti jam*	*Dioscorea alata*
	palma sago*	*Metroxylon sagu*
7d. Japansko otočje	veliki čičak	*Arctium lappa*
	japansko proso	*Echinochloa crus-galli* ssp. *utilis*
	soja*	*Glycine max*
	perila	*Perilla frutescens*
	grah azuki	*Vigna angularis*
8. Nova Gvineja	divovski taro	*Alocasia macrorrhizos*
	kruhovac	*Artocarpus altilis*
	taro*	*Colocasia esculenta*
	ljubičasti jam*	*Dioscorea alata*
	mali jam	*Dioscorea esculenta*
	palma sago*	*Metroxylon sagu*
	banana	*Musa acuminata*
	šećerna trska	*Saccharum officinarum*

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

Još jedna priča o pšenici: Hibridizacija, poliploidizacija i udomaćenje

Krušna pšenica (engl. *bread wheat*; *Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) heksaploidna je biljna vrsta, stoga posjeduje šest parova kromosoma koji pripadaju trima genomima označenima A, B i D, pa joj genom označavamo kao AABBDD. Osnovni joj je broj kromosoma $x = 7$, pa joj je diploidni broj kromosoma $2n = 6x = 42$. Sedam je kromosoma genoma A (1A-7A) srodno odgovarajućim homeolognim kromosomima genoma B i D. Za kromosome 1A, 1B i 1D, kao i za ostale homeologne kromosome, kažemo da su sintenični jer pokazuju isti poredak genskih lokusa što ukazuje na njihovu usku srodnost. Smatra se da su genomi A, B i D podrijetlom iz triju različitih divljih biljnih vrsta. Genom A vrlo je sličan genomu A^u kojeg danas nalazimo kod urartskog pira jednozrnca (*T. urartu*; $2n = 2x = 14$; genom A^uA^u), genom B srodan je genomu S vrste *Aegilops speltoides* ($2n = 2x = 14$; genom SS), dok je donor genoma D vrsta *Aegilops tauschii* ($2n = 2x = 14$; genom DD).

Divlji se tipovi pšenica jasno razlikuju od kulturnih jer posjeduju lomljivo klasno vreteno koje omogućava rasipanje sjemena u zriobi (vidi potpoglavlje **8.3**). Za to je odgovoran gen *Br* (lomljivo klasno vreteno; engl. *brittle rachis*) koji je kod divljih pšenica u dominantnom stanju (*BrBr*). Divlje pšenice mogu biti diploidne kao što su to divlji pir jednozrnac (*T. monococcum* ssp. *aegilopoides*; $2n = 2x = 14$; A^mA^m) i već spomenuti urartski pir jednozrnac (*T. urartu*; $2n = 2x = 14$; A^uA^u) ili pak tetraploidne kao što je to divlji pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides*; $2n = 4x = 28$; A^uA^uBB), dok heksaploidni divlji tipovi nisu pronađeni samonikli u prirodi (**Tablica 8.6**).

Kod kulturnih tipova, zbog čvrstog klasnog vretena, sjeme pri zriobi ostaje na klasu (genotip *brbr*). Nadalje, kulturni se tipovi mogu podijeliti na one koji imaju pljevičasto pšeno i one golog pšena. Kulturni tipovi pljevičastog sjemena mogu biti diploidni kao što je to pir jednozrnac (engl. *einkorn wheat*; *T. monococcum* ssp. *monococcum*; $2n = 2x = 14$; A^mA^m), tetraploidni kao pir dvozrnac (engl. *emmer wheat*; *T. turgidum* ssp. *dicoccum*; $2n = 4x = 28$; AABB) ili pak heksaploidni kao pravi pir ili krupnik (engl. *spelt wheat*; *T. aestivum* ssp. *spelta*; $2n = 6x = 42$; AABBDD). Kulturni su tipovi golog sjemena tetraploidi kao što je to tvrda pšenica (engl. *durum wheat*; *T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *durum*; $2n = 4x = 28$; AABB) i heksaploidni kao krušna pšenica (engl. *bread wheat*; *T. aestivum* ssp. *aestivum*; $2n = 6x = 42$; AABBCC), dok postojanje diploidnih kulturnih tipova golog pšena nije zabilježeno.

Pšenice su, bez sumnje, udomaćene na području Plodnog polumjeseca (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec) već u ranom holocenu i jedne su od prvih kulturnih biljnih vrsta. U priči o udomaćenju *pšenica zapravo su sadržane dvije priče; prva nam govori o* udomaćenju kulturnog pira jednozrnca (*T. monococcum* ssp. *monococcum*), dok druga, mnogo kompleksnija, objašnjava tijek međuvrsnih hibridizacija praćenih poliploidizacijom prilikom kojih su nastale gotovo sve druge svojte kulturnih pšenica, uključujući i krušnu pšenicu (*T. aestivum* ssp. *aestivum*).

Kulturni pir jednozrnac (*T. monococcum* ssp. *monococcum*) vrsta je nastala udomaćenjem divljeg pira jednozrnca (*T. monococcum* ssp. *aegilopoides*) na području jugoistočne Turske u ranom holocenu. Obje su vrste diploidne ($2n = 2x = 14$; genom A^mA^m), a molekularne su analize

pokazale da je kulturni pir jednozrnac genetski najsrodniji divljim populacijama prikupljenima na području planine Karaca (Karaca Dağ) u pokrajini Diyarbakır u jugoistočnoj Anadoliji. Ta

Tablica 8.6. Klasifikacija svojti pšenice prema tipu (divlje i kulturne) i razini ploidnosti (diploidne, tetraploidne i heksaploidne).

Tip	Diploidna ($2n$ = 14; AA)	Tetraploidna ($2n$ = 28; AABB)	Heksaploidna ($2n$ = 42; AABBDD)
Divlja (lomljivo klasno vreteno, pljevičasto pšeno)	*T. monococcum* ssp. *aegilopoides* (divlji pir jednozrnac) *T. urartu* (urartski pir jednozrnac)	*T. turgidum* ssp. *dicoccoides* (divlji pir dvozrnac)	-
Kulturna (čvrsto klasno vreteno; pljevičasto pšeno)	T. *monococcum* ssp. *monococcum* (pir jednozrnac; engl. *einkorn wheat*)	*T. turgidum* ssp. *dicoccum* (pir dvozrnac; engl. *emmer wheat*)	*T. aestivum* ssp. s*pelta* (pravi pir, krupnik; engl. *spelt wheat*) *T. aestivum* ssp. *macha*
Kulturna (čvrsto klasno vreteno; golo pšeno)	-	*T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *durum* (tvrda pšenica; *engl. durum wheat)* *T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *turgidum* *T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *turanicum* *T. turgidum* ssp. *polonicum* *T. turgidum* ssp. *georgicum*	*T. aestivum* ssp. *aestivum* (krušna pšenica; engl. *bread wheat*) *T. aestivum* ssp. *compactum* *T. aestivum* ssp. *sphaerococcum*

je hipoteza potkrijepljena arheološkim istraživanjima na nalazištima Cafer Höyük, *Çayönü* i Nevalı *Çori*. Navedena nalazišta jedna su od najstarijih agrikulturnih naselja na području Plodnog polumjeseca. Činjenica da je na nalazištima Cafer Höyük i *Çayönü* utvrđeno postojanje arheoloških ostataka sjemena i divljih i kultiviranih tipova otvara barem dva pitanja – Kako ih je bilo moguće razlikovati? – kao i – Zašto su pronađeni i divlji? Kao što je već bilo navedeno, divlji tipovi imaju lomljivo klasno vreteno koje im omogućava osipanje klasića prilikom zriobe i njihovo rasprostiranje vjetrom potpomognuto aerodinamičnim, streličastim oblikom osatih klasića adaptiranih na samoukapanje u tlo. Ljudskim odabirom onih genotipova koji su imali čvršće klasno vreteno došlo je do nastanka kulturnih tipova kraćeg i šireg članka koji povezuje klasiće s klasnim vretenom te time onemogućava osipanje. Pritom je postupno i osje postalo

tanje izgubivši streličast oblik jer je selekcijski pritisak (engl. *selective/selection pressure*) na navedeno svojstvo (presudno prilikom prirodnog odabira) postupno nestajalo jer to svojstvo više nije bilo važno za opstanak te biljne vrste u agrikulturnom okruženju. Na brojnim arheološkim nalazištima na području Plodnog polumjeseca nađeno je sjeme i divljih i kultiviranih tipova pšenica. Pretpostavlja se da je na navedenom području do prelaska na sjedilački način života došlo i prije izuma agrikulture. Pritom su ljudske zajednice u početku koristile divlje žitarice u prehrani, a postupnim udomaćenjem kulturni tipovi postaju sve učestaliji.

Tijek udomaćenja ostalih pšenica znatno je zamršeniji. Smatra se da je 500 000 do 300 000 godina BP došlo do spontanog križanja urartskog pira jednozrnca (*T. urartu*; $2n = 2x = 14$; A^uA^u) i vrste *Aegilops speltoides* ($2n = 2x = 14$; SS). Tako je nastao divlji pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides*; $2n = 4x = 28$; A^uA^uBB) koji se prirodno proširio područjem Plodnog polumjeseca. Najraniji je dokaz da je čovjek prikupljao i koristio divlji pir dvozrnac pronađen na arheološkom nalazištu Ohalo II (19 000. g. BP) na jugozapadnim obalama Galilejskog mora (Izrael/Palestina) stalnom naselju epipaleolitskih lovaca-sakupljača. Oko 10 000. godina BP lovci-sakupljači počeli su uzgajati divlji pir dvozrnac, pa je postupnim udomaćenjem nastao kulturni pir dvozrnac (engl. *emmer wheat*; *T. turgidum* ssp. *dicoccum*; $2n = 4x = 28$; AABB) najvjerojatnije na području planine Karaca (Karaca Dağ) u Turskoj, kao što je to slučaj i s kulturnim pirom jednozrncem. Uzgoj pira dvozrnca zatim se širio na jug do Izraela/Palestine, kao i na istok do Kaspijskog jezera.

Kulturni pir dvozrnac predak je tvrde pšenice (engl. *durum wheat*; *T. turgidum* ssp. *turgidum* conv. *durum*, $2n = 4x = 28$; AABB) nastao odabirom morfotipova golog sjemena, vjerojatno na području Izraela/Palestine. Kod divljih su kao i kod kulturnih pšenica pljevičastog pšena, pljeve (*glumae*) kao i pljevice [obuvenac (*palea inferior*) i košuljica (*palea superior*)] srasle s plodom (pšenom). Kod kulturnih pšenica golog pšena, pšeno nije obavijeno pljevama i pljevicama što znatno olakšava vršidbu. Navedeno je svojstvo kontrolirano interakcijom gena *q* (kompaktni klas; engl. *square head*) i *Tg* (tvrde pljeve; engl. *tenacious glumes*) Recesivni genotip *qq* ima kompaktniji klas i nježnije pljeve i pljevice od heterozigota i dominantnih homozigota, a tvorba nježnijih pljeva i pljevica svojstvena je i dominantnom homozigotu (*TgTg*) i heterozigotu (*Tgtg*), dok je divlji tip recesivni homozigot tvrdih pljevica svojstvenih divljim pšenicama kao i onim kulturnim pljevičastog pšena. Odabirom spontanih mutanata kulturnog pira jednozrnca koji su imali golo sjeme nastala je tvrda pšenica, stoga kulturni pir jednozrnac u pravilu posjeduje genotip *QQtgtg*, a tvrda pšenica *qqTgTg*.

Širenjem uzgoja na istok do Kaspijskog jezera, kulturni je pir jednozrnac došao u kontakt s vrstom *Aegilops tauschii* ($2n = 2x = 14$; DD). Na širokom području od Armenije do Kaspijskog jezera došlo je do višekratnih križanja između tetraploidne kulturne i diploidne divlje vrste, te su tako oko 9000 godina BP nastale heksaplodine pšenice – pravi pir ili krupnik (engl. *spelt wheat*; *T. aestivum* ssp. *spelta*; $2n = 6x = 42$; AABBDD) kao i krušna pšenica (engl. *bread wheat*; *T. aestivum* ssp. *aestivum*; $2n = 6x = 42$; AABBCC). Istraživanja su pokazala da pravi pir nije predak krušne pšenice, već sestrinska linija: pravi pir i krušna pšenica imaju iste roditeljske vrste, ali su nastali križanjem različitih genotipova tih vrsta. Kao i tvrda pšenica, pravi pir i krušna pšenica odlikuju se golim pšenom, a razlog je ista, već navedena mutacija gena *q* i *Tg*.

8.3 Sindrom udomaćenja

Sindromom udomaćenja (engl. *domestication syndrome*) označavamo skupinu biljnih svojstava koja su se promijenila tijekom udomaćenja radi prilagodbe na nove, antropogene uvjete. Stoga, na temelju navedenih svojstava možemo razlikovati udomaćene od divljih tipova. Sindrom udomaćenja ovisi o tome kojoj skupini kultura određena biljna vrsta pripada (žitarice, mahunarke, povrtne kulture).

Najčešće se pod sindromom udomaćenja spominju promjene kao što su (1) Ograničavanje rasprostiranja sjemena, (2) Smanjenje biljnih organa koji služe rasprostiranju sjemena, (3) Gigantizam, (4) Smanjenje ili gubitak dormantnosti sjemena, (5) Ujednačeno nicanje i zrioba, (6) Promjene habitusa biljke i (7) Povećanje ukusnosti.

SINDROM UDOMAĆENJA (engl. *domestication syndrome*) skupina je biljnih svojstava koja su se promijenila tijekom udomaćenja.

(1) Ograničavanje rasprostiranja sjemena: Jedno od najuočljivijih morfoloških svojstava po kojima se divlji tipovi žitarica i mahunarki razlikuju od kultiviranih svojstava povezana je s rasprostiranjem sjemena. Ta se svojstva često smatraju najvažnijima za razlikovanje divljih tipova od kultiviranih, jer je čovjek skupljao, koristio i čuvao za sjetvu isključivo sjeme koje je našao na klasu ili u mahuni, te tako (što svjesno, a što nesvjesno) promijenio morfologiju kultiviranih tipova mnogih biljnih vrsta. Divlji tipovi žitarica u pravilu imaju lomljivo klasno vreteno koje omogućava rasipanje sjemena u zriobi. Kod kulturnih tipova sjeme ostaje pri zriobi na klasu, te je potreban ljudski rad radi vršidbe. Tako se postiže veći prinos jer čovjek može pričekati da sve sjeme dozori i onda pokupiti dozrelo klasje, a biljna vrsta postaje ovisna o čovjeku radi preživljavanja. Isto tako, kod divljih tipova mahunarki u zriobi dolazi do pucanja mahuna i rasipanja sjemena, dok kod kultiviranih tipova sjeme ostaje u dozreloj mahuni.

(2) Smanjenje biljnih organa koji služe rasprostiranju sjemena: Biljne vrste posjeduju različite strukture koje im omogućavaju rasprostiranje sjemena uključujući dlake i osje, a i sam oblik klasića kod žitarica. Klasići kulturnih tipova žitarica manje su dlakavi, imaju kraće osje ili ga uopće nemaju (pšenice šišulje ili golice), dok su divlji tipovi uglavnom dlakaviji te imaju aerodinamičan oblik. Iako su ova svojstva usko povezana s prethodnima (lomljivo klasno vreteno) smatra se da je smanjenje biljnih organa koji služe rasprostiranju sjemena zapravo nusproizvod povezan s izostankom prirodnog odabira na uspješnije rasprostiranje jer je kod kulturnih tipova tu ulogu preuzeo čovjek.

(3) Gigantizam: Gigantizam je povećanje vegetativnih i/ili generativnih organa biljnih vrsta uočljiv kod gotovo svih skupina kultiviranih biljaka. Bez sumnje, kod gotovo svih biljnih vrsta krupnije će sjeme bolje klijati i brže nicati. Kod žitarica i mahunarki smatra se da se to svojstvo razvilo vrlo rano prilikom udomaćenja uzrokovano obradom i ukopavanjem sjemena u tlo. Kod povrtnih i voćnih vrsta prilikom udomaćenja svjesno su odabirani oni tipovi koji su tvorili krupnije plodove ili bilo koje druge organe koji su ljudima služili u prehrani. Pritom je najbolji primjer udomaćenje divljeg kupusa (*Brassica oleracea* ssp. *oleracea*) koji je divlji

predak lisnatog kelja i raštike (*B. o.* var. *acephala*), cvjetače (*B. o.* var. *botrytis*), kelja (*B. o.* var. *sabauda*), kupusa (*B. o.* var. *capitata*), korabice (*B. o.* var. *gongylodes*), brokule (*B.o.* var. *italica*) i kelja pupčara (*B. o.* var. *gemmifera*). Navedenih sedam kultiviranih varijeteta kupusa lako je razlikovati jer je prilikom udomaćenja došlo do znatnog zadebljanja različitih biljnih organa: listova (lisnati kelj i raštika), cvatova (cvjetača i brokula), vršnih pupova (kelj i kupus), postranih pupova (kelj pupčar) ili stabljičnih gomolja (korabica) (**vidi potpoglavlje 9.1**).

(4) Smanjenje ili gubitak dormantnosti sjemena: Sjeme divljih biljnih vrsta klije samo uz određene uvjete temperature i vlage tla, često nakon razdoblja mirovanja sjemena, a kod nekih vrsta sjemena ljuska mora biti fizički oštećena. Kod divljih mahunarki sjemena ljuska je često tvrda i nepropusna za vodu i plinove, dok je udomaćenjem došlo do stanjivanja sjemene ljuske. S druge strane, kod pšenice se unutar sjemene ljuske nalaze specifični biokemijski inhibitori klijanja koji reguliraju otpornost na priježetveno proklijavanje.

(5) Ujednačeno nicanje i zrioba: Dok divlje vrste uglavnom niču i zriju tijekom dužeg vremenskog razdoblja, sjetva i žetva u određeno vrijeme potiče sinkronizaciju nicanja, cvatnje i zriobe. Pritom se ujednačenje cvatnje i zriobe odnosi i na pojedinačnu biljku kao i na skupinu kulturnih biljaka. Daljnjim uzgojem često dolazi do skraćenja vegetativne faze u životu biljke, te pojave ranozrelosti kulturnih tipova, a kod nekih je vrsta od višegodišnjeg pretka nastao jednogodišnji kulturni tip, kao što je to slučaj kod udomaćenja soje (*Glycine max*).

(6) Promjene habitusa biljke: Za kulturne je tipove mnogih biljnih vrsta u usporedbi s divljim srodnicima svojstven kompaktniji habitus koji uključuje uspravnu i nižu stabljiku (manji broj i manja duljina članaka), smanjenje grananja i determinirani rast.

(7) Povećanje ukusnosti: Povećana ukusnost biljnih organa kulturnih tipova vjerojatno je plod čovjekovog svjesnog odabira, jer mnogi divlji tipovi često sadrže određene gorke ili jetke, a katkad i otrovne tvari. Budući da su te tvari biokemijska adaptacija radi obrane od bolesti i štetnika, kultivirani su tipovi često snižene otpornosti na biotske stresove.

Do gigantizma i povećanja ukusnosti vrlo je vjerojatno došlo čovjekovim svjesnim odabirom, dok su se mnoge druge promjene dogodile nesvjesno i možemo ih smatrati nusproizvodima opetovanih ciklusa sjetve i žetve. Žetva dovodi do odabira tipova koji imaju ograničeno rasprostiranje sjemena, uspravniju stabljiku, determinirani rast, ujednačeno dozrijevanje i veći prinos. S druge strane, gusta sjetva dovodi do kompeticije između klijanaca, pri čemu prednost imaju tipovi veće klijavosti, manjeg prosječnog vremena klijanja, veće ujednačenosti procesa klijanja kao i bolji početni porast klijanca. Tako sindrom udomaćenja pretpostavlja koevoluciju biljaka i čovjeka, ne samo adaptaciju biljaka na antropogene uvjete, već i koadaptaciju čovjeka na agrikulturnu proizvodnju i prehranu u kojoj važnu ulogu igraju kultivirane biljke. Skorašnja istraživanja pokazuju da je povećanje broja kopija gena za tvorbu alfa-amilaze, enzima koji razgrađuje dugolančane ugljikohidrate, povezan s adaptacijom čovjeka na povećanu količinu škroba u prehrani uzrokovanu nastankom agrikulture.

Promjene opisane kao sindrom udomaćenja nisu se dogodile istovremeno, budući da su uzrokovane različitim procesima pa je i selekcijski pritisak (engl. *selection pressure*) bio različit. Genetski mehanizmi povezani sa sindromom udomaćenja u fokusu su brojnih genomskih istraživanja. Katkada se radi o monogenskom nasljeđivanju (lomljivo klasno vreteno kod divljih pšenica), dok su mnoga svojstva kao što su sastavnice prinosa (broj sjemenki po biljci, masa sjemena) poligenska. Česta je i pleiotropija, pojava kod koje jedan gen utječe na

više naizgled neovisnih fenotipskih svojstava, uz velik utjecaj interakcije genotip × okoliš. Jedinstvene genetske promjene uzrokovane udomaćenjem danas se mogu analizirati na razini cjelokupnog genoma usporedbom divljih i kultiviranih tipova. Dijelovi genoma kod kojih je potvrđena znatna razlika između divljih i kultiviranih tipova nazivaju se oznakama selekcije (engl. *selection signatures*).

Još jedna priča o kukuruzu: Genetska osnova sindroma udomaćenja

U rodu *Zea* postoji sedam biljnih vrsta (*Z. diploperennis, Z. luxurians, Z. mays, Z. mexicana, Z. nicaraguensis, Z. perennis i Z. vespertilio*) prirodno rasprostranjenih na području Meksika i srednje Amerike (**Tablica 8.7**). Vrste *Z. diploperennis* i *Z. perennis* su višegodišnje, a sve su ostale jednogodišnje biljne vrste. Sve su vrste diploidne i imaju 10 kromosoma, osim vrste *Z. perennis* koja je tetraploidna ($2n = 4x = 20$). Za novopriznatu vrstu *Zea verspertilio*, otkrivenu 2013. godine na otočju Murciélago, Kostarika navedeni podaci još uvijek nisu dostupni. Unutar vrste *Zea mays* postoje tri podvrste (ssp. *huehuetenangensis*, ssp. *mays* i ssp. *parviglumis*). Kururuz (*Zea mays* ssp. *mays*) jedina je kulturna biljna vrsta roda *Zea*, a divlji morfotip nije pronađen u prirodi. Ostale se vrste i podvrste morfološki znatno razlikuju od kukuruza, te su prvotno bile svrstane u poseban rod (*Euchaena*), a skupno se nazivaju teozintama (engl. *teosinte*). Podvrsta ssp. *huehuetenangensis* prirodno je rasprostranjena na području Gvatemale, a svoj je osebujan naziv dobila po gradu Huehuetenango, prijestolnici istoimenog departmana u kojem je otkrivena. Podvrsta ssp. *parviglumis* raste u nizinskom obalnom području središnjeg i južnog Meksika.

Usporednim genetskim analizama brojnih tradicijskih kultivara kukuruza iz SAD-a, Meksika, Gvatemale, s Karipskih otoka i Južne Amerike među kojima su bile uključene i divlje populacije podvrsta ssp. *huehuetenangensis* i ssp. *parviglumis* kao i vrsta *Zea mexicana* utvrđeno je da je kukuruz najsrodniji populacijama podvrste ssp. *parviglumis* podrijetlom iz doline rijeke Balsas, meksička savezna država Oaxaca. Ta je hipoteza potvrđena i arheološkim istraživanjima spilje Guilá Naquitz, Oaxaca u kojoj je nađeno nekoliko oklasaka kukuruza datiranih na 5420. godina BP, dok su oklasci nađeni u spilji San Marcos u dolini Tehuacán stari 4700. godina BP. Stoga je zaključeno da je kukuruz (*Zea mays* ssp. *mays*) udomaćen već u ranom holocenu u Meksiku (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika), a da mu je divlji predak podvrsta ssp. *parviglumis*.

Evolucijsko podrijetlo klipa kukuruza smatralo se jednim od najvećih zagonetki u procesu udomaćenja. Rezultati brojnih genetskih i arheoloških istraživanja potvrdili su da je podvrsta ssp. *parviglumis* predak kukuruza, no znatne morfološke razlike, naročito u strukturi ženskog cvata kukuruza (klip) i divljeg pretka (klas), nije bilo lako objasniti i predložiti uvjerljiv model evolucijske tranzicije. Kao i kod mnogih drugih kulturnih biljnih vrsta sindrom udomaćenja kod kukuruza uključuje ograničavanje rasprostiranja sjemena, gigantizam kao i promjene habitusa biljke.

Tablica 8.7. Klasifikacija roda *Zea*.

Vrsta	Podvrsta	Broj kromosoma	Životni ciklus
Zea diploperennis		$2n = 2x = 10$	višegodišnja
Zea luxurians		$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
Zea perennis		$2n = 4x = 20$	višegodišnja
Zea mays	ssp. *huehuetenangensis*	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
	ssp. *mays*	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
	ssp. *parviglumis*	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
Zea mexicana		$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
Zea nicaraguensis		$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
Zea perennis		$2n = 4x = 20$	višegodišnja
Zea vespertilio		?	?

(1) Ograničavanje rasprostiranja sjemena: Divlje vrste roda *Zea* tvore dvoredni klas (ženski cvat) sa šest do 12 pšena (plod). Pšeno je obavijeno tvrdom kupulom nastalom uvrtanjem internodija klasnog vretena njihovim spajanjem s pljevom (*glumae*). Kao i kod mnogih drugih divljih vrsta iz porodice trava (Poaceae), klasno se vreteno u zriobi raspada, a pojedinačna pšena obavijena kupulom omogućavaju široko rasprostiranje sjemena. Tvrda, lignificirana kupula izuzetno dobro štiti plod i sjeme, tako da može preživjeti i prolaz kroz probavni sustav životinja. S druge strane, kod kukuruza pšeno je golo, a prilikom zriobe ostaje na klipu. Tijekom udomaćenja došlo je do odabira onih morfotipova koji su imali čvršće klasno vreteno i kupulu koja ne obavija plod u potpunosti. Najvažniji je gen odgovoran za to svojstvo *tga1* (*teosinte glume architecture 1*). Ukoliko se alel koji posjeduje kukuruz (*Tga1-maize*) inkorporira u genom podvrste ssp. *parviglumis* doći će do smanjenja internodija klasnog vretena i pljeva, te neće potpuno obaviti pšeno. Kukuruz s alelom podvrste ssp. *parviglumis* (*tga1-teosinte1*) više ne tvori gotovo nevidljive, rudimentarne pljeve, već znatno veće i tvrđe.

(2) Gigantizam: Jedna je od najočitijih razlika između divljeg pretka, podvrste ssp. *parviglumis* i kukuruza ta što kukuruz umjesto dvorednog klasa tvori svojstveni višeredni klip. Smatra se da je ta promjena povezana s genom *zfl2* (*Zea Floricaula/Leafy2*) homolognim genima *flo* (*Floricaula*) velike zjevalice (*Antirrhinum majus*) i *lfy* (*Leafy*) Thalovog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*; **vidi potpoglavlje 5.3**). Navedeni geni odgovorni su za prijelaz iz vegetativne u generativnu fazu i nadziru obrazac rasta cvatnog meristema i tvorbu generativnog organa. Gen *zfl2* kod vrsta roda *Zea* usmjerava rast cvatnog meristema tako da omogućava tvorbu i većeg broja redova generativnih organa. Kod divljih vrsta roda *Zea* i vegetativni (listovi) i generativni (klasići) organi smješteni su u dva reda, dok su kod kukuruza vegetativni organi smješteni

u dva, a generativni u više redova (od četiri do 20). Ta je promjena obrasca rasta otvorila mogućnost odabira kulturnih tipova sa znatno većim brojem redova zrna u klipu što je dovelo i do znatnog povećanja prinosa po biljci.

(3) Promjene habitusa biljke: Divlje vrste roda *Zea* tvore mnoštvo postranih grana. Pritom glavna stabljika i primarne postrane grane završavaju muškim cvatom (metlica), a brojni se ženski cvatovi (klasovi) nalaze na sekundarnim granama, u pazušcima listova primarnih postranih grana. Glavna stabljika kukuruza završava muškim cvatom (metlica), a obično tvori samo dvije do tri primarne postrane grane koje završavaju ženskim cvatom (klip) u pazušcima listova glavne stabljike. Iz bočnih pupova na donjim, a naročito na podzemnim koljencima mogu se razviti i sekundarni izdanci (zaperci). Ova promjena podrazumijeva mutacije na genu *tb1* (*teosinte branched1*) koji je odgovoran za grananje i tvorbu cvata kao i gena *prol1.1* (*prolificacy*) koji regulira ekspresiju gena *gt1* (*grassy tillers1*) odgovornog za tvorbu više klasova (odnosno klipova) u pazušcu lista.

Mnoge kulturne biljne vrste ne mogu preživjeti bez čovjeka i njihov je povratak u prirodu zauvijek zapriječen. Tu je najbolji primjer upravo kukuruz kod kojeg, kao i kod mnogih drugih biljnih vrsta, sindrom udomaćenja uključuje i ograničenje rasprostiranja sjemena. Kod kukuruza sjeme (odnosno plod – pšeno) u zriobi ostaje na klipu. Bez Čovjeka, klip bi mogao pasti na tlo i ukoliko ga niti jedna životinja ne bi pojela, moglo bi doći i do klijanja sjemena na klipu. Nažalost, pšena su na klipu toliko tijesno zbijena da je vrlo malo vjerojatno da bi se sjeme moglo razviti u biljku i dozrijeti, a kamoli da bi mogao pobjeći iz uzgoja i zasnovati populaciju kao *planta hortifuga* (**vidi potpoglavlje 8.1**). Stoga, kukuruz više ne može preživjeti bez Čovjeka. S druge strane, činjenica da je svjetska proizvodnja kukuruza koja prelazi jednu milijardu tona godišnje znatno veća od svih drugih žitarica, te da istodobno čini i glavni izvor stočne hrane, postavlja pred nas ključno pitanje – može li Čovjek preživjeti bez kukuruza?

9

EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: ŠIRENJE UZGOJA

9.1 Modeli, faze i razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta

Priča o kupusu: Mehanizmi udomaćenja

9.2 Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta

Treća priča o kukuruzu: Kako je kukuruz osvojio svijet

9.3 Kulture koje prehranjuju čovječanstvo

Priča o banani: Isplativa ili uzdržavajuća kultura?

Uvod

Nakon prvotnog udomaćenja kulturne su biljne vrste, uglavnom uz čovjekovu pomoć, krenule na osvajanje susjednih područja. Uzgoj se isprva širio po matičnim kontinentima, pa po Starom (po definiciji je to Afroeuroazija, ali u ovom slučaju to uključuje i Australiju i Oceaniju) ili Novom svijetu (Amerika), a od XVI. stoljeća, otkad su prekooceanska putovanja postala sve češća, širenje je postalo globalno. U usporedbi s evolucijom čovjeka, od nastanka roda *Homo* (prije dva milijuna godina) do pojave vrste *Homo sapiens* (prije 300 000 do 200 000 godina), evolucija kulturnih biljnih vrsta dogodila se gotovo u trenu. Povijest udomaćenja duga je tek dvanaestak tisuća godina tijekom kojih je čovjek, svjesno ili nesvjesno, odigrao najvažniju ulogu. Neumorno je odabirao poželjne morfotipove i prenosio sjeme ili sadni materijal kulturnih vrsta posvuda, uključujući i područja koja su po klimatskim i edafskim svojstvima potpuno odudarala od onih u centru udomaćenja. Sposobnost prirodne prilagodbe različitim uvjetima bez sumnje je ovisila o izuzetno mnogo čimbenika, i neke su se vrste pokazale boljima od drugih. Razvijajući kulture i civilizacije, Čovjek je neumorno favorizirao uzgoj određenih kulturnih biljnih vrsta i zapostavljao ili čak i sprječavao uzgoj nekih drugih. Međutim, daleko od toga da se tu radilo o nekom općem planu. Često su povijesne slučajnosti, najbolje opisane pojmom „leptirov učinak“ (engl. *butterfly effect*) poznatim iz teorija kaosa, presudile krajnjem ishodu, a tek s ponešto naknadne pameti taj se ishod želio prikazati kao neminovan. U svrhu analize širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta stoje nam na raspolaganju različiti pristupi. Postoje različiti

pretpostavljeni modeli udomaćenja kulturnih biljnih vrsta koji uglavnom ovise o temeljnim svojstvima (engl. *life history traits*) biljnih vrsta. S druge strane, udomaćenje je, bez sumnje, bio dugotrajan proces prilikom kojeg možemo razlučiti neke osnovne faze. Štoviše, možemo analizirati razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta, jer nisu sve kulture prošle jednako brzo niti jednako uspješno kroz sve pretpostavljene faze udomaćenja (**vidi potpoglavlje 9.1**). Nakon udomaćenja kulturne su se biljne vrste širile u različitim smjerovima, različitim tempom i u različitom obimu. Neke su se do danas zadržale u uzgoju samo u svom centru udomaćenja, dok su se druge nesmetano širile i pritom tvorile važne sekundarne centre raznolikosti (**vidi potpoglavlje 9.2**). Međutim, ono što nas danas treba najviše zanimati je – koje su to kulture na kojima se temelji opstanak čovječanstva i koliko ih ima. Sama činjenica da opstanak čovječanstva izravno ovisi o tri kulturne biljne vrste (riža, pšenica i kukuruz) trebala bi nas i zabrinuti. Stoga su u posljednjem potpoglavlju (**9.3**), navedene glavne prehrambene kulture, regionalno važne prehrambene kulture kao i primjeri zapostavljenih kultura, te objašnjene glavne razlike između glavnih kultura koje su u pravilu isplative (engl. *cash crops*) i zapostavljenih kultura koje su uglavnom uzdržavajuće (engl. *subsistence crops*).

9.1 Modeli, faze i razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta

Kulturne biljne vrste nastale su procesom udomaćenja (domestikacija; engl. *domestication*) koji je uključivao nekoliko evolucijskih mehanizama kao što su mutacije, međuvrsna hibridizacija, poliploidizacija, odabir i genetski otklon. Različiti modeli udomaćenja izravno su povezani s reproduktivnim svojstvima biljnih vrsta (generativno ili vegetativno razmnožavanje; stranooplodna ili samooplodna biljna vrsta) i prvenstveno objašnjavaju zašto je i kako došlo do uspostave reproduktivnih barijera između kulturnog tipa i njegovog divljeg pretka. Tijekom udomaćenja kulturne su biljne vrste prošle kroz nekoliko osnovnih faza, od početnog udomaćenja, diverzifikacije u centru udomaćenja, kao i daljnje diverzifikacije u sekundarnim centrima raznolikosti, ne bi li tako stvoreni tradicijski kultivari postali ishodišni biljni materijal u modernom oplemenjivanju bilja. Imajući na umu navedene faze uspostavljeni su indikatori razine udomaćenja na temelju kojih kulturne biljne vrste možemo podijeliti na one potpuno udomaćene, poluudomaćene i vrste početnog udomaćenja.

9.1.1 Modeli udomaćenja kulturnih biljnih vrsta

Poznavanje modela udomaćenja određene kulturne biljne vrste važno je u planiranju učinkovite strategije očuvanja biljnih genetskih izvora biljne vrste. Isto tako, model udomaćenja bitan je i prilikom osmišljavanja programa oplemenjivanja, naročito onog programa koji bi uključivao i divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta.

Postoji pet modela udomaćenja: (1) Reproduktivna izolacija, (2) Razvitak kompleksa kulturna/divlja biljna vrsta, (3) Međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija prije udomaćenja, (4) Međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija tijekom udomaćenja, te (5) Kombinacija mehanizama (**Tablica 9.1**).

Tablica 9.1. Modeli udomaćenja kulturnih biljnih vrsta.

Br.	Model udomaćenja	Opis	Primjer kulture
1.	reproduktivna izolacija	Reproduktivna izolacija između diploidne kultivirane vrste i diploidnog divljeg pretka uzrokovana unutrašnjim ili vanjskih reproduktivnim barijerama.	soja (*Glycine max* ssp. *max*)
2.	razvitak kompleksa kulturna/divlja vrsta	Razvitak kompleksa unutar kojeg se genetska informacija prenosi manje ili više slobodno između diploidne kulturne vrste i njenih spolno kompatibilnih divljih predaka.	kukuruz (*Zea mays* ssp. *mays*)
3.	međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija prije udomaćenja	Jedan ili više ciklusa hibridizacije i poliploidizacije između divljih vrsta prije udomaćenja.	kikiriki (*Arachis hypogaea*)
4.	međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija tijekom udomaćenja	Međuvrsna hibridizacija između kultivirane biljne vrste i divljeg srodnika, uz naknadnu poliploidizaciju.	pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*
5.	kombinacija mehanizama	Model koji uključuje kombinaciju navedenih mehanizama.	kupus (*Brassica* spp.)

(1) Reproduktivna izolacija: Ovaj model udomaćenja pretpostavlja nastanak reproduktivne izolacije između diploidne kulturne vrste i diploidnog divljeg pretka uslijed pojave unutrašnjih ili vanjskih reproduktivnih barijera. Primjer je ovog modela udomaćenja soja (*Glycine max* ssp. *max*). Najbliži je divlji srodnik soje divlja soja (*G. max* ssp. *soja*), no čini se da divlja soja ipak nije i divlji predak kultivirane soje, iako se smatra da je taj predak bio po svojoj morfologiji vrlo vjerojatno sličan divljoj soji. Divlja je soja diploid i ima isti broj kromosoma kao i kultivirana soja ($2n = 40$). Divlju je soju moguće križati s kulturnom i pritom dolazi do pravilnog sparivanja kromosoma u mejozi pri čemu nastaju fertilni križanci, no to se rijetko događa u prirodi. Divlja je soja parcijalno samooplodna biljka, a postotak stranooplodnje može se kretati od pet do 25 %, ovisno o genotipu. Pretpostavlja se da je prilikom udomaćenja došlo do kontinuiranog odabira potpuno samooplodnih genotipova, uz redovito odstranjivanje križanaca s divljim srodnicima iz usjeva. Kulturna je soja pritom razvila kleistogamni tip oplodnje prilikom kojeg se oplodnja zbiva unutar neotvorenog cvijeta (u pupu), te rezultira gotovo potpunom samooplodnjom. Kontinuiranim se odabirom poželjnih jedinki potiče genetski otklon (engl. *genetic drift*; **vidi poglavlje 7.1**) koji može rezultirati uspostavom unutrašnjih reproduktivnih barijera, odnosno poremećaja u razvitku hibridnih zigota. Takav model udomaćenja primijećen je i kod leće (*Lens culinaris*), crnookice (*Vigna unguiculata*) i salate (*Lactuca sativa*).

(2) Razvitak kompleksa kulturna/divlja vrsta: Ovaj model udomaćenja pretpostavlja da se tijekom udomaćenja razvio kompleks unutar kojeg se genetska informacija manje ili više slobodno prenosila između diploidne kulturne vrste i njenih spolno kompatibilnih divljih predaka i srodnika. Primjer je ovog modela kukuruz (*Zea mays* ssp. *mays*) nastao udomaćenjem divljeg pretka teozinte (*Z. mays* ssp. *parviglumis*) (**vidi potpoglavlje 8.3**). Obje su podvrste jednogodišnje,

diploidne, te imaju jednak broj kromosoma ($2n = 2x = 20$). Budući da se radi o stranooplodnim biljnim vrstama, tijekom udomaćenja često je dolazilo do spontanih križanja između kulturnih i divljih genotipova. Križanci nisu bili odstranjivani iz usjeva, no kontinuirano su se odabirali genotipovi koji su pokazivali određena poželjna svojstva. Tako je došlo do postupne promjene učestalosti poželjnih alela i nastanka sindroma udomaćenja. Proces udomaćenja trajao je vrlo dugo, možda i više od 2000 godina. Takav je model udomaćenja također opisan kod riže (*Oryza sativa*), ječma (*Hordeum vulgare*), sirka (*Sorghum bicolor*) i bisernog prosa (*Cenchrus americanus*).

(3) Međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija prije udomaćenja: Ovaj model udomaćenja pretpostavlja jedan ili više ciklusa međuvrsne hibridizacije i poliploidizacije između divljih biljnih vrsta prije udomaćenja. Primjer je ovog modela kikiriki (*Arachis hypogaea*), jednogodišnja mahunarka za koju se pretpostavlja da je udomaćena na području od juga Bolivije do sjevera Argentine (centar udomaćenja: 3c. jugozapadna Amazonija; **vidi potpoglavlje 8.2**). Kikiriki je tetraploidna vrsta ($2n = 4x = 40$). Na području Amazonije rastu dva diploidna divlja pretka kikirikija, donori genoma A (*A. duranensis*; $2n = 2x = 20$; genom: AA) i B (*A. ipaensis*; $2n = 2x = 20$; genom: BB). Spontanim križanjem navedenih vrsta nastala je tetraploidna vrsta *A. monticola* ($2n = 4x = 40$; genom: AABB) za koju se pretpostavlja da je izravni divlji predak kikirikija. Vrsta *A. monticola* raste na vrlo ograničenom području u argentinskoj provinciji Jujuy. Odabirom poželjnih genotipova iz populacije koje su činile roditeljske vrste (*A. duranensis* i *A. ipaensis*), kao i njihov spontani križanac (*A. monticola*), u većini su slučajeva bile odabrane tetraploidne biljke od kojih je nastao kulturni kikiriki. Takav model udomaćenja zapažen je i kod pamuka (*Gossypium hirsutum*), duhana (*Nicotiana tabacum*), slatkog krumpira (*Ipomoea batatas*) i kokosove palme (*Cocos nucifera*).

(4) Međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija tijekom udomaćenja: Za razliku od prethodnog modela ovaj model pretpostavlja da je do međuvrsne hibridizacije i poliploidizacije došlo tijekom procesa udomaćenja, jer je tijekom širenja uzgoja kulturna vrsta došla u kontakt sa srodnim divljim vrstama. Primjer je ovog modela krušna pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*; $2n = 6x = 42$; genom: AABBDD; **vidi potpoglavlje 8.2**). Širenjem uzgoja kulturnog pira dvozrnca (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*; $2n = 4x = 28$; genom: AABB) na područje od Armenije do Kaspijskog jezera, kulturna je vrsta došla u kontakt s divljom vrstom *Aegilops tauschii* ($2n = 2x = 14$; genom: DD), te je nakon višekratnih križanja nastala krušna pšenica. Odabirom rijetkih (obje su vrste samooplodne) križanaca između kulturnog pira dvozrnca i divlje vrste *A. tauschii* koji su pokazivali poželjna svojstva, nastale su prve populacije stabilnog aloheksaploida – krušne pšenice. Takav je model udomaćenja opisan i kod krumpira (*Solanum tuberosum*), banane (*Musa* × *paradisiaca*), kave (*Coffea arabica*) i jama (*Dioscorea* spp.).

(5) Kombinacija mehanizama: Četiri osnovna teoretska modela udomaćenja nisu dovoljna za opis procesa udomaćenja svih kulturnih biljnih vrsta. Kod mnogih vrsta nije moguće utvrditi koji je model igrao odlučujuću ulogu; odnosno postoji mnogo vrsta za koje se može reći da je prilikom udomaćenja došlo do kombinacije navedenih mehanizama. Primjer su tog modela kultivirane vrste iz roda *Brassica*, a jednako je kompleksno bilo i udomaćenje šećerne trske (*Saccharum officinarum*), rajčice (*Solanum lycopersicum*) i zobi (*Avena sativa*).

Priča o kupusu: Mehanizmi udomaćenja

Rodu *Brassica* pripada više od 30 vrsta, a najvažnije su kulturne vrste: repa (*Brassica rapa*), crna gorušica (*B. nigra*), kupus (*B. oleracea*), indijska gorušica (*B. juncea*), repica (*B. napus*) i etiopska gorušica (*B. carinata*). U **Tablici 9.2** prikazan je haploidni broj kromosoma (*n*) kao i oznaka genoma pojedinih vrsta.

Tablica 9.2. Šest najvažnijih kulturnih vrsta roda *Brassica*.

Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	*n*	Genom
1.	*Brassica rapa*	repa	10	AA
2.	*B. nigra*	crna gorušica	8	BB
3.	*B. oleracea*	kupus	9	CC
4.	*B. juncea*	indijska gorušica	18	AABB
5.	*B. napus*	repica	19	AACC
6.	*B. carinata*	etiopska gorušica	17	BBCC

n – haploidni broj kromosoma

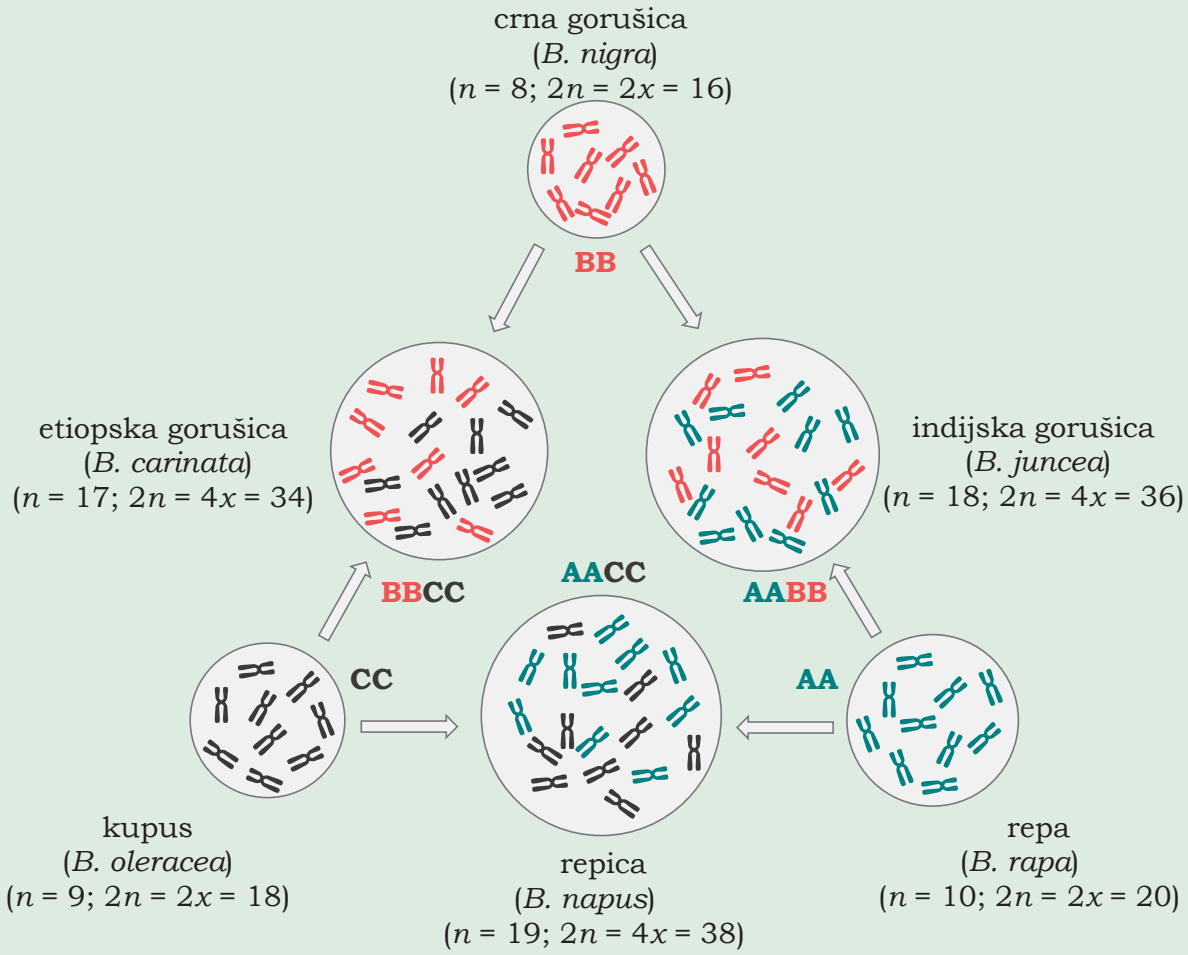
Za razliku od repe, crne gorušice i kupusa koje su diploidne vrste, indijska gorušica, repica i etiopska gorušica su **amfidiploidi**.

AMFIDIPLOID (engl. *amphidiploid*) je organizam nastao hibridizacijom dviju vrsta uz naknadno somatsko udvostručenje kromosoma te se ponaša kao normalan diploid.

Korejsko-japanski agronom i botaničar Woo Jang-choon (1889. – 1959.), poznatiji u znanstvenoj literaturi po japanskom imenu Nagaharu U, 1935. godine predložio je još i danas važeću teoriju genetskih odnosa između navedenih vrsta – Uov trokut (**Slika 9.1**). Amfidiploidna indijska gorušica ($n = 18$; $2n = 4x = 36$; genom: AABB) nastala je križanjem repe ($n = 10$; $2n = 2x = 20$) koja je bila donor genoma AA i crne gorušice ($n = 8$; $2n = 2x = 16$), donora genoma BB. Na isti je način etiopska gorušica amfidiploid (BBCC) nastala križanjem crne gorušice (BB) i kupusa (CC), dok je repica (AACC) križanac repe (AA) i kupusa (CC). Prirodna rasprostranjenost divljih tipova navedenih vrsta prikazana je na **Slici 9.2**. Divlji tipovi etiopske gorušice (*B. carinata*) nisu pronađeni, a pretpostavlja se da su bili rasprostranjeni na području Etiopije i Eritreje.

Budući da su sve vrste roda *Brassica* stranooplodne; amfidiploidi su se vrlo vjerojatno pojavili u više navrata i na različite načine: (1) Međuvrsnom hibridizacijom i poliploidizacijom prije udomaćenja (Model 3): područja prirodne rasprostranjenosti (areal) diploidnih vrsta (repe, crne gorušice i kupusa) donekle se preklapaju (**Slika 9.2**) tako da je moglo doći do pojave amfidiploidnih vrsta i davno prije udomaćenja; (2) Međuvrsnom hibridizacijom i poliploidizacijom tijekom udomaćenja (Model 4): širenjem uzgoja diploidne su vrste sve češće dolazile u kontakt, što je rezultiralo daljnjom pojavom amfidiploidnih vrsta; te (3) Prilikom uzgoja diploidnih vrsta dolazilo je i do križanja s divljim srodnicima koji su pratili uzgoj kao korovne vrste, a križanci

koji su pokazivali poželjne osobine nisu bili odstranjivani, te se razvio kompleks kulturna/ divlja vrsta (Model 2).

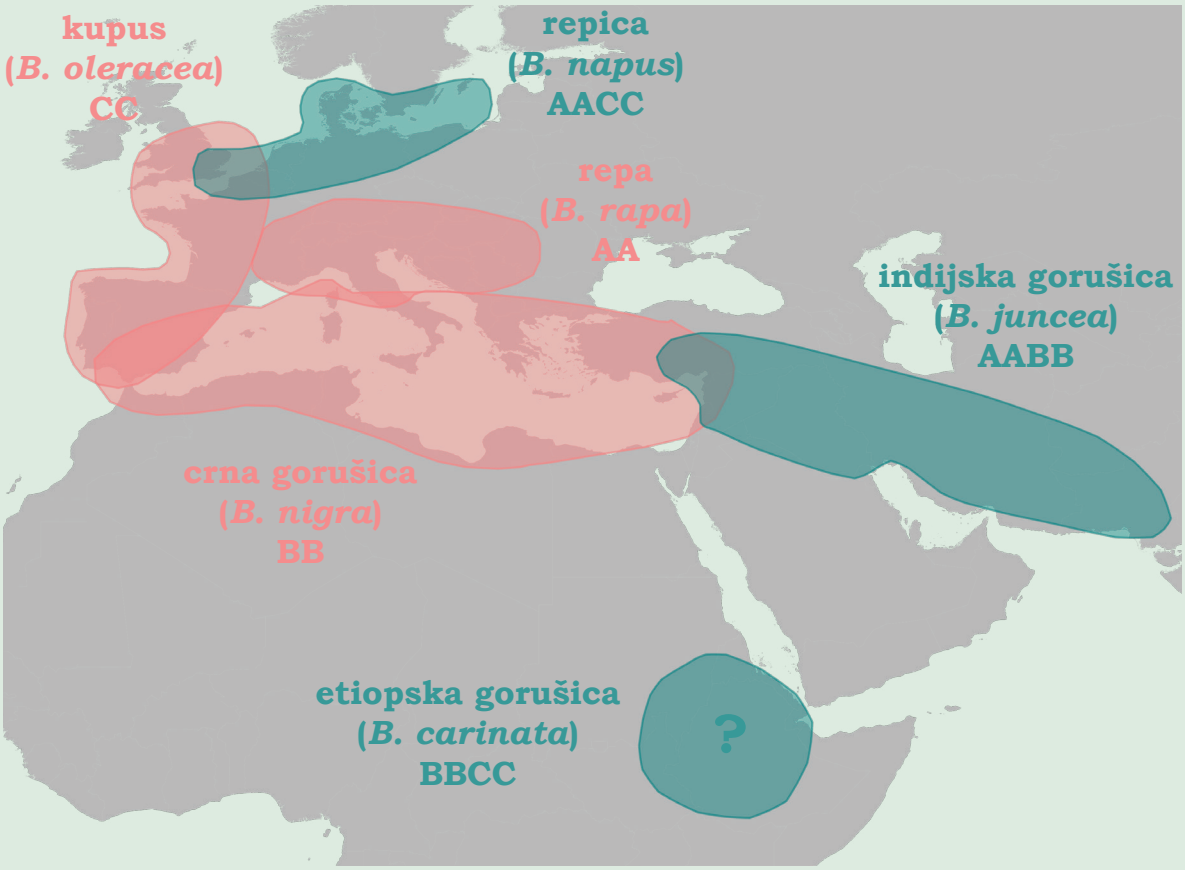


Slika 9.1. Uov trokut: Genetski odnosi između šest najvažnijih kulturnih vrsta roda *Brassica*.

Kupus je i odličan primjer **divergentnog odabira** (engl. *divergent selection*), pri kojem je od istog ishodišnog materijala odabirom na temelju različitih kriterija došlo do nastanka morfološki vrlo različitih genotipova. Divlji je kupus (*B. oleracea* ssp. *oleracea*) udomaćen u više navrata, usmjeravanjem odabira na različite biljne organe. Rezultat je udomaćenja sedam kulturnih varijeteta kupusa koji se znatno razlikuju po morfološkim svojstvima (**Tablica 9.2**).

DIVERGENTNI ODABIR (divergentna selekcija, engl. *divergent selection*) proces je pri kojem se povećavaju nasljedne razlike između populacija iste vrste uslijed prilagodbe na različite okolišne uvjete, što može dovesti do specijacije (engl. *speciation*; nastanak novih vrsta). Uslijed čovjekovog odabira unutar iste vrste na temelju različitih kriterija tijekom udomaćenja kao i oplemenjivanjem dolazi do nastanka genetski različitih kultiviranih populacija što može dovesti i do nastanka morfološki vrlo različitih varijeteta, podvrsta, a ponekad i vrsta.

Prirodno je područje rasprostranjenosti divljeg kupusa Atlantska obala – od Portugala i Španjolske, preko Francuske, do Velike Britanije. „Bezglavi“ varijeteti (var. *acephala*; lisnati kelj i raštika) udomaćeni su vjerojatno oko 2000 g. pr. n. e. u istočnom Sredozemlju i bili su jedni od glavnih povrtnih kultura u staroj Grčkoj i Rimu. Cvjetača, kelj i kupus, udomaćeni su tijekom XII. stoljeća, te su sve do dolaska kultura iz Novog svijeta bili glavno povrće središnje i zapadne Europe. Sedam kultiviranih varijeteta kupusa lako je razlikovati po morfološkim svojstvima koja čine sindrom udomaćenja. U svim je slučajevima došlo do pojave gigantizma (povećanja vegetativnih i/ili generativnih organa), a specifično svojstvo nastalo udomaćenjem razlikuje se ovisno o kojem se varijetetu radi (**Tablica 9.3**).



Slika 9.2. Prirodna rasprostranjenost divljih tipova udomaćenih vrsta roda *Brassica*.

„Bezglavi“ su varijeteti (var. *acephala*), vjerojatno nalik današnjoj raštici, bili ponos povrtnjaka rimskog cara Gaja Aurelija Valerija Dioklecijana (236. ili 237.– 316.), rodom iz Diokleje kraj Salone, današnjeg Solina. Nažalost, danas raštiku možemo smatrati zapostavljenom kulturom (engl. *neglected crop*; **vidi potpoglavlje 9.3**) u Republici Hrvatskoj. Budući da u Hrvatskoj ne postoji program oplemenjivanja raštike, a postojeći tradicijski kultivari nisu zastupljeni na listi čuvanih sorata (engl. *conservation varieties*; **vidi potpoglavlje 5.2**) Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (HAPIH), domaćeg sjemena raštike nema na tržištu. Stoga je u okviru Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv) na Institutu za poljoprivredu i turizam u Poreču (**Slika 9.3**) zasnovana kolekcija tradicijskih kultivara raštike



Slika 9.3. Bernard Prekalj u pokusnom polju raštike, Institut za poljoprivredu i turizam Poreč (IPTPO).

prikupljenih duž hrvatske obale, otoka te s područja Bosne i Hercegovine u svrhu provedbe morfoloških, agronomskih i genetskih istraživanja. Nakon provedenih analiza i interpretacije rezultata bit će pokrenut postupak upisa najprinosnijih tradicijskih kultivara na listu čuvanih sorata te predloženi održivači koji će razviti sjemenski program i omogućiti dostupnost sjemena na tržištu.

Tablica 9.3. Divlja podvrsta i kultivirani varijeteti kupusa (*Brassica oleracea*): regija, vrijeme i sindrom udomaćenja.

Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	Regija udomaćenja	Vrijeme udomaćenja	Sindrom udomaćenja
0.	ssp. *oleracea*	divlji kupus	-	-	-
1.	var. *acephala*	lisnati kelj, raštika	istočno Sredozemlje	2000 g. pr. n. e.	zadebljali listovi
2.	var. *botrytis*	cvjetača	istočno Sredozemlje	XII. st.	zadebljali cvatovi
3.	var. *sabauda*	kelj	središnja i zapadna Europa	XII. st.	zadebljali vršni pupovi
4.	var. *capitata*	kupus	središnja Europa	XII. st.	zadebljali vršni pupovi
5.	var. *gongylodes*	korabica	središnja Europa	XV. st.	zadebljali stabljični gomolj
6.	var. *italica*	brokula	Italija	XVII. st.	zadebljali cvatovi
7.	var. *gemmifera*	kelj pupčar	Belgija	XVIII. st.	zadebljali postrani pupovi

9.1.2 Faze udomaćenja kulturnih biljnih vrsta

Udomaćenje kulturnih biljnih vrsta bio je dugotrajan proces koji bi se mogao podijeliti u četiri osnovne faze: (1) Početno udomaćenje, (2) Diverzifikacija u centru udomaćenja, (3) Širenje uzgoja i daljnja diverzifikacija, te (4) Oplemenjivanje. Navedene će faze biti objašnjene na primjeru udomaćenja kukuruza (*Zea mays*).

(1) Početno udomaćenje: Udomaćenje kukuruza započelo je prikupljanjem i uporabom divljeg pretka (teozinta; *Zea mays* ssp. *parviglumis*) u centru udomaćenja (2. srednja Amerika), te sporadičnim uzgojem divljeg pretka uz odabir genotipova koji pokazuju poželjna svojstva. U toj su fazi udomaćeni genotipovi po svojoj morfologiji bili vrlo slični divljem pretku, a svojstva koja čine sindrom udomaćenja (**vidi potpoglavlje 8.3**) tek počinju dobivati na važnosti. U slučaju kukuruza razvio se kompleks kulturna/divlja vrsta prilikom kojeg je često dolazilo do spontanih križanja između kulturnih i divljih genotipova, pa je proces udomaćenja, kao što je već bilo spomenuto, trajao vrlo dugo, možda i više od 2000 godina.

(2) Diverzifikacija u centru udomaćenja: Početkom redovitog uzgoja populacija kukuruza uz sustavnu obradu tla, sjetvu i žetvu, praćenim odabirom biljaka koje pokazuju poželjna svojstva došlo je do povećanja učestalosti poželjnih alela u populacijama i razvitka sindroma udomaćenja. Pojavljuju se prve jasne morfološke razlike između divljih i kultiviranih tipova i postupno dolazi do smanjenja mogućnosti spontanih križanja. Pritom nužno dolazi i do diverzifikacije (engl. *diversification*), odnosno nastanka genetski različitih kultiviranih populacija – prvih tradicijskih kultivara kukuruza.

(3) Širenje uzgoja i daljnja diverzifikacija: Uzgoj kukuruza širi se Sjevernom i Južnom Amerikom. Zbog različitih okolišnih uvjeta dolazi do adaptacije i daljnje diverzifikacije kultiviranih populacija, te nastaju brojni tradicijski kultivari. Genetske analize pokazuju da se biljni genetski izvori kukuruza mogu podijeliti u sedam genetskih skupina. Genetske skupine kukuruza odgovaraju različitim regijama Sjeverne i Južne Amerike koje predstavljaju područje udomaćenja (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika) i šest sekundarnih centara raznolikosti: sjever SAD-a, središnje područje Sjeverne Amerike, tropske nizine (Karipsko otočje), sjever Južne Amerike, Ande i središnje područje Južne Amerike. Navedeni sekundarni centri raznolikosti razlikuju se po zemljopisnoj širini kao i prosječnoj nadmorskoj visini (m n.v.) tako da je prilikom širenja uzgoja kukuruza iz centra udomaćenja u navedena područja došlo do znatnih promjena u alelnim učestalostima uslijed prilagodbe na specifične okolišne uvjete. Do daljnje diverzifikacije izvan centra udomaćenja dolazi i zbog izravnog divergentnog odabira, te tako nastaju kultivirane populacije za različite namjene, kao što su pljevičasti kukuruz i kukuruz kokičar. Pljevičasti kukuruz vjerojatno je nastao u Sjevernoj Americi i korišten je isključivo u ritualne svrhe. Kukuruz kokičar udomaćen je neovisno u više navrata u različitim regijama, a najstariji i najbrojniji arheološki nalazi potječu iz Perua.

(4) Oplemenjivanje: Posljednja je faza udomaćenja oplemenjivanje koje podrazumijeva (a) osnivanje oplemenjivačkih kolekcija koje uključuju raznoliki biljni materijal, (b) sustavnu provedbu križanja između genetski različitih roditelja koji sadrže određena poželjna svojstva, te (c) jasan kriterij odabira u potomstvu. Sustavno znanstveno oplemenjivanje kukuruza počinje se provoditi početkom XX. stoljeća. Veliki napredak u oplemenjivanju kukuruza započinje uvođenjem hibridnih kultivara, 1930-ih godina u SAD-u (**vidi potpoglavlje 7.3**).

9.1.3 Razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta

Udomaćenje kulturnih biljnih vrsta dugotrajan je proces, a ne događaj koji se zbio jednom na određenom mjestu i u određeno vrijeme. Različite kulturne biljne vrste pokazuju različitu razinu udomaćenja. Sindrom udomaćenja kao skup svojstava kod kojih je umjetni odabir najizraženiji ovisi o svojstvima biljke (jednogodišnja/višegodišnja; zeljasta/drvenasta; vegetativno/generativno razmnožavanje; stranooplodna/samooplodna) kao i o potrebama čovjeka (svrha i način upotrebe). Različite su kulturne biljne vrste tijekom procesa udomaćenja bile podvrgnute različitom **selekcijskom pritisku** (engl. *selective/selection pressure*). Postoji pet indikatora razine udomaćenja (**Tablica 9.4**) na temelju kojih se kulturne biljne vrste mogu svrstati u kategorije udomaćenja ovisno o tome koliko indikatora zadovoljavaju: (1) Potpuno udomaćena vrsta: zadovoljava četiri do pet indikatora, (2) Poluudomaćena vrsta: zadovoljava dva do tri indikatora, te (3) Vrsta početnog udomaćenja: ne zadovoljava niti jedan ili samo jedan indikator.

SELEKCIJSKI PRITISAK (engl. *selective/selection pressure*) utjecaj je okolišnih uvjeta na vjerojatnost preživljavanja određene jedinke, odnosno intenzitet čovjekovog odabira tijekom udomaćenja i u procesu oplemenjivanja.

Glavne prehrambene kulture (**vidi potpoglavlje 9.3**) u pravilu zadovoljavaju svih pet indikatora navedenih u **Tablici 9.4**: (A) Fenotipska diferencijacija, (B) Široko područje uzgoja, (C) Duga povijest uzgoja, (D) Znatne genetske promjene, te (E) Oplemenjivanje.

Tablica 9.4. Indikatori razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta.

Indikator	Ispunjava	Ne ispunjava
(A) Fenotipska diferencijacija	Kulturna se biljna vrsta po fenotipu jasno razlikuje od divljeg pretka	Kulturna se biljna vrsta nedovoljno razlikuje od divljeg pretka.
(B) Široko područje uzgoja	Kulturna se vrsta uzgaja u širokom području izvan svog centra udomaćenja.	Kulturna se vrsta uzgaja isključivo u centrima udomaćenja.
(C) Duga povijest uzgoja	Postoje dokazi udomaćenja tijekom Prve agrikulturne revolucije.	Kulturna je vrsta skorašnjeg udomaćenja.
(D) Znatne genetske promjene	Udomaćenje je uključivalo reproduktivnu izolaciju, međuvrsnu hibridizaciju i/ili poliploidizaciju.	Divlji predak ima isti (ili vrlo sličan) broj kromosoma kao i kulturna vrsta i moguće ga je križati s kulturnim tipom.
(E) Oplemenjivanje	Postoje moderni kultivari nastali oplemenjivačkim programima.	Uzgoj se temelji na tradicijskim kultivarima. Oplemenjivački programi ne postoje ili su sporadični.

Izvor: prema Dempewolf i sur. (2008.)

Tablica 9.5.
Trideset kulturnih biljnih vrsta porodice glavočika (Asteraceae): razine udomaćenja.

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Indikator					Ukupno	Upotreba	Biljni organ
		A	B	C	D	E			
(A) Potpuno udomaćene vrste									
Carthamus tinctorius	šafranika	+	+	+	-	+	4	uljarica	sjeme
Cichorium endivia	endivija	+	+	+	-	+	4	povrće	list
Cichorium intybus	cikorija; radič	+	+	+	-	+	4	povrće	list
Helianthus annuus	suncokret	+	+	+	-	+	4	uljarica	sjeme
Lactuca sativa	salata	+	+	+	-	+	4	povrće	list
(B) Poluudomaćene vrste									
Cynara cardunculus (skupina kult. 'Scolymus')	artičoka	+	-	+	-	+	3	povrće	list
Cynara cardunculus (skupina kult. 'Cardoon')	karda	+	-	+	-	+	3	povrće	list
Guizotia abyssinica	niger	-	+	+	-	-	2	uljarica	sjeme
Helianthus tuberosus	čičoka	+	-	+	-	-	2	povrće	gomolj
Smallanthus sonchifolius	jakon	-	-	+	+	-	2	povrće	gomolj
(C) Vrste početnog udomaćenja									
Acmella oleracea	akmela	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Artemisia absinthium	gorski pelin	-	+	-	-	-	1	ljekovita	list (eterično ulje)
Artemisia annua	mirisni pelin	-	-	-	-	-	0	ljekovita	list
Artemisia scoparia	šibasti pelin	-	-	-	-	-	0	ljekovita	list
Glebionis coronaria	zelenkasti ravan	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Glebionis segetum	sjetveni ravan	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Iva annua	iva	-	-	+?	-	-	1	pseudožitarica	sjeme
Microseris scapigera	mikroseris	-	-	-	-	-	0	povrće	korijen
Parthenium argentatum	gvajale	-	-	-	-	-	0	kaučuk	mliječni sok
Pseudopodospermum hispanicum	španjolski zmijak	-	-	-	-	-	0	povrće	korijen
Reichardia picroides	sredozemna bršaka	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Scolymus hispanicus	španjolska dragušica	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Sonchus oleraceus	zeljasti ostak	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Stevia rebaudiana	stevija	-	-	-	-	-	0	zaslađivač	list (steviozid)
Tagetes minuta	mala kadifica	-	-	-	-	-	0	aromatična	list
Tanacetum cinerariifolium	dalmatinski buhač	-	-	-	-	-	0	insekticidna	cvjetne glavice
Taraxacum kok-saghyz	kazaški maslačak	-	-	-	-	-	0	kaučuk	mliječni sok
Taraxacum sect. *Taraxacum*	ljekoviti maslačak	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Tragopogon porrifolius	lukasta kozja brada	-	-	-	-	-	0	povrće	list
Wyethia sagittata	balsamoriza	-	-	-	-	-	0	pseudožitarica	sjeme

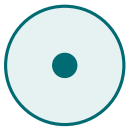
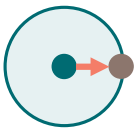
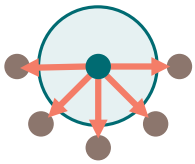
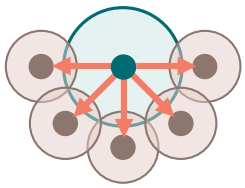
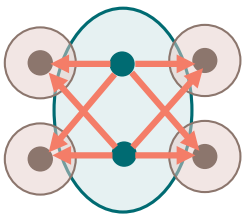
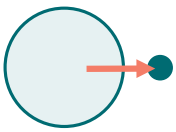
Upotrebom navedenog pristupa analizirana je razina udomaćenja kultura iz porodice glavočika (Asteraceae). Glavočike čine 10 % svih vrsta kritosjemenjača (Angiospermae, Magnoliophyta, Magnoliophytina), uključuju preko 1600 rodova, a procjena broja vrsta kreće se između 25 000 i 35 000. Glavočike se mogu naći na gotovo svim staništima i rasprostranjene su po svim kontinentima, osim Antarktike. Naročito su česte na otvorenim staništima kao što su travnjaci. Smatra se da su za evolucijski i ekološki uspjeh te porodice zaslužna jedinstvena svojstva cvijeta i ploda. Sastavljeni cvat, glavica (lat. *capitulum*), sastoji se od mnogobrojnih cvjetića koji se razvijaju u plodove (roške) s rasperjanim dlakama (papus, kunadra) koji olakšavaju njihovo širenje pomoću vjetra (anemohorija). S agronomskog gledišta, glavica je idealan cvat za udomaćenje vrsta kod kojih se koristi sjeme jer se mnogo sjemenki razvija na zajedničkoj cvjetnoj stapki što olakšava žetvu. Preko 200 vrsta te porodice smatra se korisnima, ali ih se samo 30 vrsta uzgaja. Analizom razine udomaćenja na temelju pet indikatora od tih 30 vrsta, samo je pet potpuno udomaćeno, pet je poluudomaćenih vrsta, a 20 je vrsta početnog udomaćenja (**Tablica 9.5**).

9.2 Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta

Uzgoj mnogih kulturnih biljnih vrsta nakon udomaćenja proširio se u područja izvan centra udomaćenja. Centar udomaćenja kulturne biljne vrste obično se nalazi na području prirodne rasprostranjenosti (areal) divljeg pretka, pa je tako centar udomaćenja određene kulturne biljne vrste istodobno i primarni centar raznolikosti te vrste u kojem obično nalazimo veliko bogatstvo divljih predaka/srodnika, kao i tradicijskih kultivara. Širenje uzgoja određene kulturne vrste izvan centra udomaćenja dovelo je do stvaranja sekundarnih centara raznolikosti, odnosno centara diverzifikacije u kojima također nalazimo veliko bogatstvo tradicijskih kultivara, ali uglavnom ne i divljih predaka/srodnika. Međutim, utvrđivanje primarnih i sekundarnih centara raznolikosti nije jednostavno; mnoge biljne vrste imaju vrlo široko područje rasprostranjenosti, a moguće je i da pobjegnu iz uzgoja (*planta hortifuga*) tako da postojanje divljih predaka/srodnika na određenom području ne znači nužno da je tu riječ o primarnom centru raznolikosti. Prvu klasifikaciju biljnih vrsta na temelju obrazaca širenja, predložio je američki botaničar i agronom Jack R. Harlan (1917. – 1998.) u već spomenutoj knjizi „*Kulturne biljne vrste i čovjek*“ (**vidi potpoglavlje 8.1**).

Na temelju obrazaca širenja uzgoja kulturne se biljne vrste mogu klasificirati na: (1) endemične, (2) semiendemične, (3) monocentrične, (4) oligocentrične, (5) multicentrične, te (6) alocentrične kulture (**Tablica 9.6**).

Tablica 9.6. Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta.

Kultura	Način širenja	Prikaz	Primjer
endemična	jedan centar udomaćenja; nema širenja uzgoja		crni fonio (*Digitaria iburua*)
semiendemična	jedan centar udomaćenja; ograničeno širenje		tef (*Eragrostis tef*)
monocentrična	jedan centar udomaćenja; znatno širenje uzgoja, ali bez sekundarnih centara raznolikosti		kava (*Coffea arabica*)
oligocentrična	jedan centar udomaćenja; znatno širenje uzgoja s jednim ili više sekundarnih centara raznolikosti		slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*)
multicentrična	više centara udomaćenja		grah (*Phaseolus vulgaris*)
alocentrična	udomaćenje izvan područja prirodne rasprostranjenosti		stevija (*Stevia rebaudiana*)

areal (područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne vrste)

centar udomaćenja kulturne biljne vrste

smjer širenja uzgoja kulture

područje uzgoja izvan centra udomaćenja

sekundarni centar raznolikosti

9.2.1 Endemične kulture

Endemične kulture potekle su iz jednog centra udomaćenja i njihov se uzgoj nikada nije proširio, tako da ih nalazimo na vrlo ograničenom području.

Primjer je endemične kulture crni fonio (*Digitaria iburua*), afrička sitnosjemena prosolika žitarica (porodica: Poaceae; potporodica: Panicoideae) udomaćena vjerojatno na području visoravni Jos u središnjoj Nigeriji (centar udomaćenja: 4. zapadnoafričke savane) u srednjem holocenu. Sjeme crnog fonija koristi se za ljudsku prehranu, obično kao kaša ili kus-kus. Za razliku od srodne vrste, bijelog fonija (*Digitaria exilis*), čiji se uzgoj proširio cjelokupnim područjem zapadnoafričkih savana, od Gvineje do Nigerije, te se stoga smatra semiendemičnom kulturom, crni se fonio danas isključivo uzgaja u Togou, Beninu i Nigeriji. Europljani su često fonio (bijeli i crni) nazivali *gladnom rižom* (engl. *hungry rice*). Međutim, iako se fonio obično sije na marginalnim tlima, jer je otporniji na sušu od uobičajenijih prehrambenih kultura navedenog područja, kao što su biserno proso (*Cenchrus americanus*) i sirak (*Sorghum bicolor*), zbog svojeg je svojstvenog okusa vrlo cijenjen i često se čuva za posebne prigode. Gvinejsko je proso (*Urochloa deflexa*) također primjer endemične kulture udomaćene na istom području (centar udomaćenja: 4. zapadnoafričke savane).

9.2.2 Semiendemične kulture

Semiendemične su se kulture iz jednog centra udomaćenja proširile na nešto veće područje od endemičnih, no nema jasnih naznaka da je došlo do daljnje diferencijacije.

Primjer je semiendemične kulture tef (*Eragrostis tef*), jednogodišnje žitarice i jedne od glavnih prehrambenih kultura u Etiopiji i Eritreji. Najvjerojatnije je udomaćena u Etiopiji (centar udomaćenja: 4c. etiopska visoravan) tijekom srednjeg holocena, a pretpostavljeni divlji predak joj je vrsta *Eragrostis pilosa*. Te su vrste morfološki vrlo slične i mogu se križati tako da su razvijeni i kultivari koji su međuvrsni hibridi. Najvažnije je razlikovno svojstvo između navedenih vrsta lomljivo klasno vreteno koje omogućava osipanje klasića prilikom zriobe kod divlje vrste (*Eragrostis pilosa*), za razliku od čvrstog klasnog vretena kod kulturnog tefa koje olakšava žetvu; što je jedno od tipičnih svojstava koje čine sindrom udomaćenja (**vidi potpoglavlje 8.3**). Zanimljivo je da je sjeme tefa vrlo sitno, tek 1 do 1,5 mm u promjeru, pa mu je masa 1000 zrna jedva 0,3 grama, dok je npr. pšenice oko 40. Tefovo se brašno u Etiopiji i Eritreiji koristi u pripremi tanke pogače nalik na palačinku poznatu pod nazivom *injera* koja je, kao kruh ili riža, nezamjenjiv dio svakog obroka. Kultura se tefa donekle proširila po Indiji, a u novije vrijeme uzgaja se i u Australiji, Europi i SAD-u, ali glavninu proizvodnje i dalje čini Etiopija. U semiendemične kulture možemo uvrstiti i niz drugih vrijednih žitarica udomaćenih na području Etiopije i Eritreje (centar udomaćenja: 4c. etiopska visoravan) kao što su etiopska zob (*Avena abyssinica*) i prstasto proso (*Eleusine coracana*), te oku (*Oxalis tuberosa*), jednu od zapostavljenih gomoljastih kultura Anda (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande; **vidi potpoglavlje 7.3**).

9.2.3 Monocentrične kulture

Monocentrične kulture potekle su iz jednog centra udomaćenja, a uzgoj im se znatno proširio, ali pritom nije došlo do daljnje diverzifikacije niti uspostave sekundarnih centara udomaćenja.

Primjer je monocentrične kulture kava (*Coffea arabica*) koja je vjerojatno udomaćena tek u IX. st. n. e. na području Etiopije (centar udomaćenja: 4c. etiopska visoravan), a prirodno je rasprostranjena i na području Sudana i Kenije. Legenda kaže da je upotreba kave započela tako što je etiopski pastir Kaldi primijetio da su mu koze vesele i prpošne kad pojedu plodove kave, pa ih je i sam probao i oduševio se. Kava se proširila na Arapski poluotok, u današnji Jemen u XIV. st., a zatim i na područje grada Meke iz kojeg su je hodočasnici proširili po islamskom svijetu. Pretpostavlja se da su po prvi put u Europu kavu donijeli mletački trgovci 1615. godine iz grada Mokke u Jemenu. Nizozemski i francuski trgovci potom su započeli širiti proizvodnju kave u tropskom području. Moderni kultivari kave imaju vrlo usku genetsku osnovu jer potječu od samo dva tradicijska kultivara podrijetlom iz Jemena koji su poznati pod imenom 'Typica' i 'Bourbon'. 'Typica' je ime za tradicijski kultivar kojeg su Nizozemci u XVII. st. prenijeli iz Jemena na otok Javu, dok su 'Bourbon' Francuzi u XVIII. st. prenijeli na otok Bourbon (danas Réunion). Mnoge su monocentrične kulture višegodišnje drvenaste biljne vrste od kojih su se neke znatno proširile u uzgoju te postale prilično isplative (engl. *cash crop*). Međutim, odabirom pojedinačnih stabala poželjnih svojstava i njihovim bjesomučnim razmnažanjem bio je izuzetno ograničen broj ishodišnih genotipova koji su se u uzgoju naknadno proširili diljem svijeta. Time se potpuno zanemarilo održavanje unutarvrsne raznolikosti te vrste tako da je genetska osnova navedenih vrsta vrlo sužena te pokazuje tipične znakove genetske ranjivosti (engl. *genetic vulnerability*) koja može rezultirati potpunom katastrofom, kao što se to dogodilo u slučaju krumpira i Velike gladi u Irskoj (**vidi potpoglavlje 4.3**). Takav je slučaj s nizom kultura, kao što je to kakaovac (*Theobroma cacao*) udomaćen već u ranom holocenu u području gornjeg toka Amazone (centar udomaćenja: 3a. sjeverozapadne nizine Južne Amerike) te niza višegodišnjih drvenastih kultura udomaćenih na području zapadne Afrike (centar udomaćenja: 4a. zapadnoafričke tropske kišne šume) kao što su uljna palma (*Elaeis guineensis*), kola (*Cola acuminata*) i gorka kola (*Cola nitida*).

9.2.4 Oligocentrične kulture

Oligocentrične kulture potekle su iz jednog centra udomaćenja i znatno se proširile, tvoreći pritom jedan ili više sekundarnih centara raznolikosti. To je relativno čest slučaj, jer se uzgoj mnogih kultura udomaćenih već u ranom holocenu na području Bliskog istoka (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec) kao što su to pšenice (*Triticum* spp.), ječam (*Hordeum vulgare*), leća (*Lens culinaris*), grašak (*Pisum sativum*), slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*) i bob (*Vicia faba*) proširio još u prapovijesno doba na zapad po Sredozemlju, na istok sve do Indije kao i na jug do Etiopije, pa se ta područja smatraju važnim sekundarnim centrima raznolikosti navedenih kultura. Slično je i s kukuruzom koji se nakon udomaćenja na području visoravni Meksika (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika) proširio po Sjevernoj i Južnoj Americi, pri čemu možemo razlikovati čak šest sekundarnih centara raznolikosti (**vidi potpoglavlje 8.2**). Širenjem uzgoja u različita ekološka područja, došlo je do daljnje diverzifikacije kao i uspostave većeg broja sekundarnih centara raznolikosti.

Jedan je od primjera oligocentrične kulture slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arieinum*), udomaćen tijekom ranog holocena na području Bliskog istoka (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec). Pretpostavljeni je divlji predak slanutka podvrsta *Cicer arietinum* ssp. *reticulatum* čije je područje prirodne rasprostranjenosti ograničeno na jugoistočnu Tursku. Najraniji arheološki primjerci pougljenjenog sjemena kulturnog slanutka potječu s dva nalazišta u susjednoj Siriji (Dja'de el-Mughara i **tel** el-Kerkh), te nalazišta Cayönü u Turskoj.

TEL (engl. *tell*) je naziv za višeslojno prapovijesno naselje nastalo dugotrajnim naseljavanjem na istom položaju.

Uzgoj slanutka širio se prema zapadu preko Bliskog istoka po Sredozemlju, prema istoku od Afganistana do Indije kao i prema jugu do Etiopije. Sredozemlje, Indijski potkontinent i Etiopija smatraju se sekundarnim centrima raznolikosti slanutka u kojima je došlo do daljnje diverzifikacije na dvije skupine kultivara poznatih kao *kabuli* i *desi*. Na Bliskom istoku i Sredozemlju, uobičajeni su kultivari iz skupine *kabuli* koji se odlikuju krupnijim i svjetlijim sjemenom. Najraniji arheološki ostaci slanutka nađeni su u Grčkoj na nalazištu iz 5000-ih g. pr. n. e. Kultivari iz skupine *desi* koji imaju sitnije i tamnije sjeme proširili su se prema istoku; u Afganistan, Pakistan i Indiju; vjerojatno nešto kasnije što potvrđuju nalazišta u Harappi, Pakistan (~ 2500 g. pr. n. e.), te prema jugu do Etiopije, vjerojatno ~1000 g. pr. n. e.

9.2.5 Multicentrične kulture

Multicentrične su kulture neovisno udomaćene u različitim područjima, stoga imaju više od jednog centra udomaćenja. Američki je botaničar i agronom Jack R. Harlan (1917. – 1998.), koji je i predložio ovu klasifikaciju, za primjer multicentrične kulture uzeo sirak (*Sorghum bicolor*). Kulturni sirak (*Sorghum bicolor* ssp. *bicolor*) u Africi je vrlo važna prehrambena kultura, a diljem svijeta koristi se uglavnom kao stočna hrana, a odnedavno i kao biogorivo. Divlji predak sirka podvrsta je *Sorghum bicolor* ssp. *verticilliflorum* koja je rasprostranjena po cijelom afričkom kontinentu južno od Sahare. Kultivirana podvrsta, *S. bicolor* ssp. *bicolor*, uključuje brojne tradicijske i moderne kultivare koji se mogu podijeliti u pet skupina kultivara: *bicolor*, *caudatum*, *guinea*, *durra* i *kafir*. Navedene se skupine znatno razlikuju u mnogim morfološkim svojstvima od kojih je najuočljiviji cvat oblika metlice, dok su genetski prilično srodni i mogu se međusobno križati. Smatra se da je sirak udomaćen u srednjem holocenu na području Čada (centar udomaćenja: 4b. sudanske savane). Tu su nastali prvi tradicijski kultivari iz skupine *bicolor*. Uzgoj kultivara iz skupine *bicolor* brzo se proširio na istok prema Etiopiji, a dvije tisuće godina kasnije uzgaja se i u Indiji, pri čemu nastaju kultivari iz skupine *durra* koji iz Indije, tisuću godina kasnije, dolaze natrag do Etiopije (2000. g. pr. n. e.). Kultivari iz skupine *caudatum* potječu sa širokog područja od Nigera do Južnog Sudana, a udomaćeni su vjerojatno 3000. g. pr. n. e. Istovremeno su nešto južnije, na području od Senegala i Malija do sjevera Nigerije udomaćeni kultivari iz skupine *guinea*, koji su se znatno proširili u uzgoju i u istočnoj Africi, na području od Kenije do Mozambika, vjerojatno 2000. g. pr. n. e. Naposljetku, posljednji ponovno udomaćeni kultivari sirka nastali su 2000. g. pr. n. e. na području od Tanzanije do Južnoafričke Republike, a riječ je o kultivarima iz skupine *kafir*.

Iako je proces nastanka različitih skupina kultivara sirka prilično zamršen i izuzetno zanimljiv radi daljnjih istraživanja, danas mnogi autori tvrde da je sirak udomaćen samo jednom, na području Čada (centar udomaćenja: 4b. sudanske savane). Pritom nastanak morfološki jasno različitih skupina kultivara objašnjavaju diverzifikacijom i adaptacijom već udomaćene biljne vrste na različite klimatske i edafske uvjete, a dopuštaju i mogućnost naknadnog križanja kulturne vrste s divljim srodnicima. Međutim, ima i autora koji smatraju da je sirak udomaćen neovisno barem tri puta.

Konačno, Harlan je imao pravo – postoje i multicentrične kulture, naime, kulture koje su neovisno udomaćene u različitim centrima. Dokazano je da u multicentrične kulture spada niz mahunarki kao što je soja (*Glycine max*), grah *kulthi* (*Macrotyloma uniflorum*), grah lima (*Phaseolus lunatus*), grah (*Phaseolus vulgaris*) i grah mungo (*Vigna radiata*), niz gomoljastih kultura kao što je taro (*Colocasia esculenta*), ljubičasti jam (*Dioscorea alata*) i žuti jam (*Dioscorea cayenensis ssp. cayenensis*) te dinja (*Cucumis melo*) i palma sago (*Metroxylon sagu*). Ukoliko zanemarimo činjenicu da su kod nekih kultura bile udomaćene različite podvrste (čije je postojanje također predmet prijepora), multicentričnim kulturama možemo smatrati i rižu (*Oryza sativa* ssp. *indica* i ssp. *japonica*) i običnu bundevu (*Cucurbita pepo* ssp. *ovifera* i ssp. *pepo*).

Na temelju rezultata skorašnjih molekularnih analiza genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta multicentrično podrijetlo predlaže se za sve više kultura i čini se da taj obrazac udomaćenja i širenja nije toliko rijedak i neobičan kao što se to pretpostavljalo prije pedesetak godina. Ta se pojava katkad naziva i paralelnim udomaćenjem (engl. *parallel domestication*).

Treća priča o kukuruzu: Kako je kukuruz osvojio svijet

Smatra se da je kukuruz oligocentrična kultura s jednim centrom udomaćenja (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika) i šest sekundarnih centara raznolikosti. Na temelju rezultata genetske analize i dostupnih povijesnih dokumenata prišlo se rekonstrukciji puteva širenja kukuruza iz Novog svijeta. Rezultati molekularnih analiza brojnih tradicijskih kultivara kukuruza prikupljenih diljem svijeta odgovarali su podjeli biljnih genetskih izvora tradicijskih kultivara Novog svijeta na one koji su podrijetlom iz centra udomaćenja i one koji su podrijetlom iz šest sekundarnih centara raznolikosti: sjever SAD-a, središnje područje Sjeverne Amerike, tropske nizine (Karipsko otočje), sjever Južne Amerike, Ande i središnje područje Južne Amerike (**Tablica 9.7**). Kao što je već bilo rečeno, uz različite zemljopisne širine, područja uzgoja navedenih sedam genetskih skupina znatno se razlikuje i po prosječnoj nadmorskoj visini (m n.v.) mjesta prikupljanja tradicijskih kultivara koji su korišteni u analizi.

Pod pokroviteljstvom španjolskog prijestolja, Ferdinanda II. Aragonskog i Izabele I. Kastiljske, koji su financirali taj u to vrijeme prilično rizičan projekt, talijanski moreplovac Kristofor Kolumbo (1451. – 1506.) 1493. godine uspješno se vratio sa svog prvog putovanja u Novi svijet tijekom kojeg je posjetio Karipsko otočje (Bahami, Kuba, Hispaniola) i donio

kukuruz u Europu. Već 1497. godine kukuruz se počinje uzgajati na poljima Andaluzije u južnoj Španjolskoj. Brojnim naknadnim introdukcijama kukuruza iz različitih regija Sjeverne i Južne Amerike po svijetu se proširio genetski različit biljni materijal (**Slika 9.4**). Stoga su prvi tradicijski kultivari kukuruza u Europi bili podrijetlom s Karipskog otočja (genetska skupina D), a već u XVI. stoljeću stižu u Egipat te ga arapski trgovci Putom svile prenose u Aziju, od Afganistana do Nepala.

Tablica 9.7. Genetske skupine, centar udomaćenja i sekundarni centri raznolikosti kukuruza.

Genetska skupina	Podrijetlo	Prosječna nadmorska visina (m n.v.)
A	sjever SAD-a	270
B	središnje područje Sjeverne Amerike	406
C	Meksička visoravan (centar udomaćenja)	1517
D	tropske nizine (Karipsko otočje)	76
E	sjever Južne Amerike	928
F	Ande	2279
G	središnje područje Južne Amerike	329

Krajem XV. stoljeća portugalski moreplovci kukuruz podrijetlom iz Meksika, centra udomaćenja (genetska skupina C), introduciraju u Indoneziju. Ti se tradicijski kultivari šire na sjever preko Indokine do sjeveroistočne Kine i Japana.

U XVI. stoljeću kukuruz sa sjevera SAD-a (genetska skupina A) francuski trgovci donose na sjever Francuske. Višestrukim introdukcijama francuski, a zatim i španjolski trgovci, šire kukuruz iz tog centra raznolikosti po cijeloj Europi tako da većina europskih tradicijskih kultivara kukuruza pripada toj istoj genetskoj skupini. Smatra se da su upravo višestruke introdukcije razlog velike genetske raznolikosti tradicijskih kultivara u Europi.

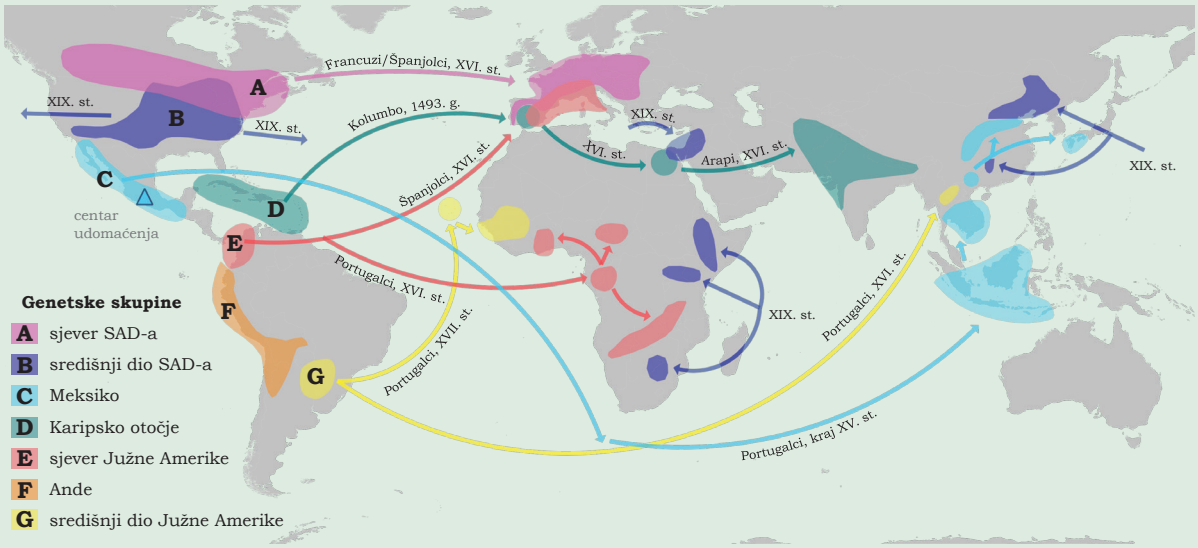
Tijekom XVI. stoljeća španjolski trgovci donose tradicijske kultivare kukuruza podrijetlom iz Kolumbije (genetska skupina E: sjever južne Amerike) u Europu. Kukuruz iz ovih introdukcija širi se po Španjolskoj, južnoj Francuskoj i Italiji. Isto tako, tijekom XVI. stoljeća Portugalci prenose kukuruz podrijetlom sa sjevera Južne Amerike na otok Sv. Tome (São Tomé) odakle se preko Angole širi sjeverno u Nigeriju, te na jugoistok Afrike.

Kukuruz iz središnjeg dijela Južne Amerike (genetska skupina G) portugalski su trgovci tijekom XVI. stoljeća donijeli na područje Indokine, a tijekom XVII. stoljeća i na Zelenortske otoke (Kapverdski otoci; Cabo Verde) – otuda se širi po zapadnoj Africi.

Introdukcije tradicijskih kultivara središnjeg dijela SAD-a (genetska skupina B) započele su u XIX. stoljeću brzim razvitkom interkontinentalnih trgovinskih veza. Ti se tradicijski kultivari zadržavaju u uzgoju na Bliskom istoku, istočnoj Africi, te na sjeveru Kine.

Tradicijski se kultivari podrijetlom s Anda (genetska skupina F) nisu nikada raširili po

svijetu. Smatra se da je glavni razlog ograničenog širenja tih kultivara zemljopisna izolacija andskog područja od glavnih trgovačkih putova u XVI. stoljeću. S druge strane, zbog adaptacije na ekstremne okolišne uvjete koji proizlaze iz prosječne nadmorske visine područja uzgoja koja iznosi preko 2000 m n.v. tradicijski kultivari kukuruza ovog područja nisu se pokazali prinosnima izvan svog izvornog područja prilagodbe. I danas se genetska skupina F vrlo rijetko koristi u oplemenjivanju kukuruza.



Slika 9.4. Širenje uzgoja kukuruza u svijetu.

Poznavanje sekundarnih centara udomaćenja, smjerova širenja, kao i podrijetla neameričkih tradicijskih kultivara kukuruza od velike je važnosti za provedbu učinkovitih oplemenjivačkih programa, naročito u regijama u kojima je kukuruz relativno nedavno postao važna kultura. Ukoliko je poznato kojoj genetskoj skupini pripadaju tradicijski kultivari određene regije, ishodišni biljni materijal za oplemenjivačke programe može se obogatiti izvornim tradicijskim kultivarima iste genetske skupine jer se pretpostavlja da su prilagođeni na slične klimatske uvjete.

9.2.6 Alocentrične kulture

Alocentričnim kulturama smatramo one kulture koje su udomaćene izvan područja prirodne rasprostranjenosti njihovog divljeg pretka procesom koji se naziva transdomestikacijom. Pojam transdomestikacija prvi je upotrijebio američki genetičar i oplemenjivač Theodore Hymowitz (1934. – 2022.) pri objašnjavanju udomaćenja guara (*Cyamopsis tetragonoloba*). Guar je tradicijska mahunarka Indijskog potkontinenta koja se odnedavno uzgaja radi proizvodnje guar gume, galaktomanana (polisaharida sastavljenih od molekula galaktoze i manoze) koji se ekstrahiraju iz sjemenki. Guar guma koristiti se kao zgušnjivač u prehrambenoj industriji, no danas je važnija njegova primjena u farmaceutskoj, kozmetičkoj, tekstilnoj i papirnoj industriji. Do udomaćenja guara najvjerojatnije je došlo tek u XVIII. stoljeću. Zanimljivo je da

divlji tip guara nije pronađen, a smatra se da mu je divlji predak vrsta *Cyamopsis senegalensis* podrijetlom iz Sudana.

Primjer je alocentrične kulture i stevija (*Stevia rebaudiana*), vrsta koja se koristi kao prirodni zaslađivač. Prirodno je rasprostranjena područjem Paragvaja i Brazila. Smatra se da su starosjedilački narod Guaraní poznavali i koristili steviju, ali je nisu udomaćili niti uzgajali. Prvi znanstveni opis te vrste dao je švicarski prirodoslovac Moisés Santiago Bertoni (1857. – 1929.), 1899. godine, a 1931. izolirani su „slatki" glukozidi stevije: steviozid i rebaudiozid A. Udomaćenje i uzgoj stevije započela je 1971. godine japanska tvrtka „Morita Kagaku Kogyo" s idejom da komercijalizira pripravke od stevije kao prirodnu zamjenu za umjetne zaslađivače kao što su aspartam i saharin. Iako su gotovo sve glavne kulture koje danas uzgajamo bile udomaćene prije barem 10 000 godina, tvrtka „Morita Kagaku Kogyo" pokazala je da je planskim i sustavnim radom na oplemenjivanju – razvitku vrsnospecifične agrotehnike i tehnologije ekstrakcije, moguće u razumnom roku divlju vrstu oplemeniti u isplativu kulturu.

Alocentrične su kulture uglavnom vrste skorašnjeg udomaćenja, a radi se najčešće o industrijskom, ljekovitom ili ukrasnom bilju. Međutim, postoje i mahunarke koje su alocentrične kulture. Uskolisna (*Lupinus angustifolius*) i žuta vučika (*Lupinus luteus*) prirodno su rasprostranjene u Sredozemlju, a udomaćene su relativno nedavno. Žuta je vučika udomaćena u XVIII. stoljeću u Njemačkoj i Poljskoj, a uskolisna u drugoj polovici XX. stoljeća u Australiji.

9.3 Kulture koje prehranjuju čovječanstvo

Kulture koje prehranjuju čovječanstvo su biljne vrste koje značajno pridonose sigurnosti prehrane (engl. *food security*) stanovništva našeg planeta. U Rimskoj deklaraciji o sigurnosti prehrane u Svijetu (*Rome Declaration on World Food Security*) potpisanoj 1996. godine svjetski su se čelnici usuglasili i prihvatili sljedeće: „Mi, čelnici država ili vlada, okupljeni na Svjetskom sastanku na vrhu o hrani (*World Food Summit*) na poziv Organizacije za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (*Food and Agriculture Organization*; FAO) potvrđujemo svačije pravo na pristup sigurnoj i hranjivoj hrani, u skladu s pravom na prikladnu prehranu i temeljno pravo svakoga da ne bude gladan." (...) „Smatramo nepodnošljivim da više od 800 milijuna ljudi širom svijeta, a naročito u zemljama u razvoju, ne raspolažu dostatnim količinama hrane za zadovoljavanje svojih osnovnih prehrambenih potreba. Ovo je stanje neprihvatljivo."

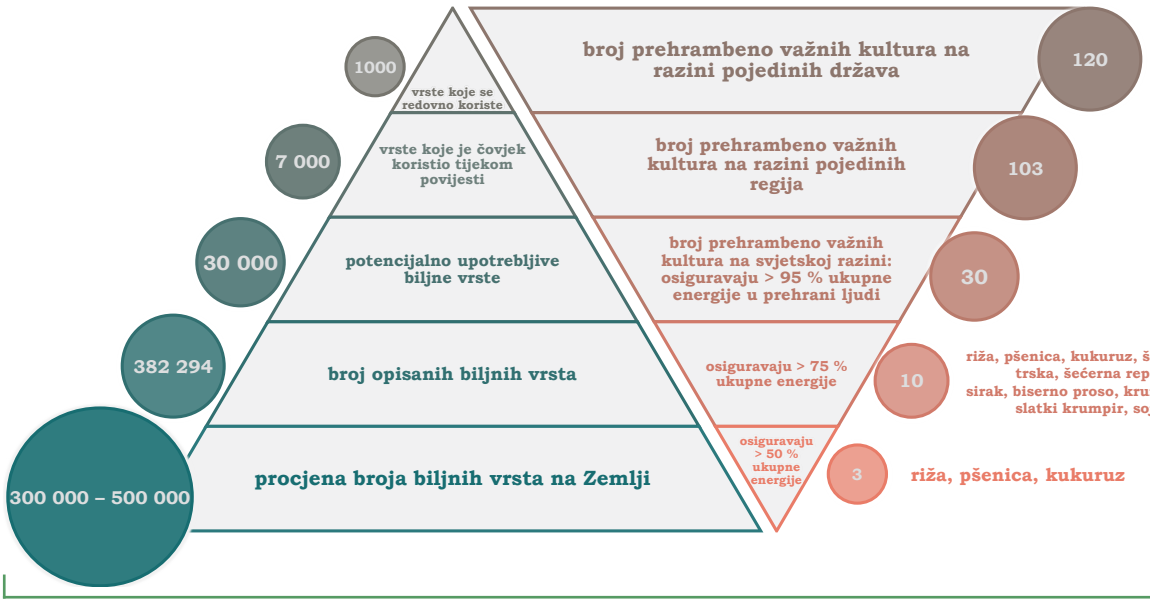
Do 2023. godine Karta gladi (*HungerMap*^{LIVE}) Svjetskog programa za hranu Ujedinjenih naroda (UN *World Food Program;* WFP) dostupna na mrežnoj stranici (https://hungermap.wfp.org) nije ništa manje zabrinjavajuća. Još uvijek na našem planetu živi barem 700 milijuna ljudi kojima prijeti glad.

Kulture koje prehranjuju čovječanstvo možemo podijeliti na: (1) Glavne prehrambene kulture (engl. *major staples*): prehrambeno važne kulture na svjetskoj razini, (2) Regionalno važne prehrambene kulture (engl. *minor staples*): prehrambeno važne kulture za određenu regiju, te (3) Zapostavljene kulture (engl. *underutilized crops*): kulture koje se nedovoljno uzgajaju uključujući i kulture koje su se često uzgajale u prošlosti, a danas sve manje.

Isto tako, imajući u vidu globalni kapitalistički poredak u kojem se sve mjeri prema uspjehu postignutom na tržištu, kulture možemo podijeliti na: (1) uzdržavajuće kulture (engl. *subsistence crops*) – kulturne biljne vrste koje služe za izravnu upotrebu na gospodarstvu, odnosno za vlastitu upotrebu, te (2) isplative kulture (engl. *cash crops*) – kulturne biljne vrste koje se uzgajaju isključivo radi prodaje na tržištu. Naravno, ova podjela često ovisi o tome gdje se određena kultura uzgaja, jer je u visokorazvijenim zemljama cjelokupna poljoprivredna proizvodnja usmjerena isključivo na tržište. Stoga, ne čudi da je riža (*Oryza sativa*) jedna od tržišno najvažnijih isplativih kultura istodobno i uzdržavajuća kultura presudna za sigurnost prehrane milijuna najsiromašnijih stanovnika našeg planeta. S druge strane, prilično je jasno zašto su kava (*Coffea arabica*), kola (*Cola acuminata*), uljna palma (*Elaeis guineensis*), kaučukovac (*Hevea brasiliensis*) ili kakaovac (*Theobroma cacao*) isključivo isplative kulture.

9.3.1 Glavne prehrambene kulture

Neracionalna upotreba prirodnog bogatstva našeg planeta jasno se može uočiti analizom broja vrsta koje se redovito uzgajaju (**Slika 9.5**). Procjenjuje se da na Zemlji postoji između 300 000 i 500 000 biljnih vrsta, dok neki autori smatraju da ima i više od 2 000 000 vrsta. Javno dostupna baza podataka WHO (*World Flora Online*; **vidi poglavlje 3.1**) navodi da je u broj opisanih biljnih vrsta 382 294 (prosinac, 2022. godine). Prema procjenama Organizacije za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda broj je potencijalno upotrebljivih biljnih vrsta 30 000, od kojih je čovjek tijekom povijesti koristio 7000, a danas se redovito koristi 1000 biljnih vrsta. U izvješću o Stanju biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu u svijetu (*The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture;* **vidi potpoglavlje 11.1**) Organizacije za prehranu i poljoprivredu broj prehrambeno važnih kultura na razini pojedinih država je 120, a na razini pojedinih svjetskih regija 103. Samo 30 kultura osigurava preko 95 % ukupne energije u prehrani ljudi, a deset ih osigurava više od 75 %.



Slika 9.5. Prikaz neracionalne upotrebe biljne raznolikosti našeg planeta: Od 300 000 do 500 000 biljnih vrsta na Zemlji, opstanak čovječanstva izravno ovisi o tri kulturne biljne vrste.

Naposljetku, samo tri kulture osiguravaju preko 50 % ukupne energije. To su riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) i kukuruz (*Zea mays*). Slobodno možemo reći da preživljavanje ljudskog roda izravno ovisi o dostupnosti te tri kulture koje su time uključene u „vrzino kolo" globalne politike i odlično su sredstvo za ucjenu neposlušnih zemalja od strane svjetskih velesila.

Deset kultura koje osiguravaju preko 75 % ukupne energije u prehrani ljudi često se naziva i **glavnim prehrambenim kulturama** (engl. *major staples*) jer su prehrambeno važne na svjetskoj razini (**Tablica 9.8**). To su riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), kukuruz (*Zea mays*), šećerna trska (*Saccharum officinarum*), šećerna repa (*Beta vulgaris* var. *vulgaris*; skupina kultivara 'Altissima'), sirak (*Sorghum bicolor*), biserno proso (*Cenchrus americanus*), krumpir (*Solanum tuberosum*), slatki krumpir (*Ipomoea batatas*) i soja (*Glycine max*). Sve su te kulture jedne od prvih udomaćenih biljnih vrsta, uz izuzetak šećerne repe (**vidi potpoglavlje 8.2**). Sve su spomenute vrste, uz izuzetak bisernog prosa, danas široko rasprostranjene u proizvodnji, uz intenzivan razvitak znanosti i struke te postojanje brojnih komercijalnih oplemenjivačkih programa. Uglavnom su to jednogodišnje vrste generativnog razmnažanja, a polovica su žitarice. Budući da se radi o glavnim prehrambenim kulturama, njihovo je mjesto na međunarodnom tržištu osigurano i sve se uzgajaju kao isplative kulture (engl. *cash crops*), isključivo radi prodaje. Međutim, tu su i četiri kulture koje se uzgajaju i kao uzdržavajuće kulture (engl. *subsistence crops*) za izravnu upotrebu na gospodarstvu, te su zato izuzetno važne za sigurnost prehrane najsiromašnijih slojeva stanovništva u mnogim zemljama svijeta. Jedina glavna prehrambena kultura koja se više uzgaja kao uzdržavajuća nego kao isplativa je biserno proso (*Cenchrus americanus*).



Slika 9.6. Polje bisernog prosa (*Cenchrus americanus*) u Bangaloru, Indija.

Od ovih deset kultura najmanje je poznato biserno proso (**Slika 9.6**). Biserno je proso (*Cenchrus americanus*), poznatije po danas botanički nepriznatom nazivu *Pennisetum glaucum*), jednogodišnja prosolika žitarica (porodica: Poaceae; potporodica: Panicoideae) udomaćena na području Nigera i Mauritanije (centar udomaćenja: 4. zapadnoafričke savane). Najraniji dokazi o uzgoju datiraju iz 2500. g. pr. n. e. iz doline Tilemsi u Maliju. Uzgoj bisernog prosa brzo se proširio područjem subsaharske Afrike (Sahel) tako da se od 1850. g. pr. n. e. uzgaja u istočnom Sudanu, a već 1700. g. pr. n. e. dolazi u Indiju. Divlji je predak bisernog prosa vrsta *Cenchrus violaceus* (ranije *Pennisetum violaceum*) koja je prirodno

rasprostranjena na području subsaharske Afrike, od Senegala do Sudana. Biserno je proso jedno od najvažnijih prehrambenih kultura subsaharske Afrike i tropskog područja Indije jer dobro podnosi sušu.

Tablica 9.8. Glavne prehrambene kulture i primjeri regionalno važnih prehrambenih kultura, te zapostavljenih kultura.

Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	Porodica	Uzgojni ciklus	Razmnažanje	Isplativa/ uzdržavajuća	Upotreba
	DESET GLAVNIH PREHRAMBENIH KULTURA						
1.	*Oryza sativa*	riža	Poaceae	jednogodišnja	generativno	isplativa/ uzdržavajuća	žitarica
2.	*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*	pšenica	Poaceae	jednogodišnja	generativno	isplativa	žitarica
3.	*Zea mays*	kukuruz	Poaceae	jednogodišnja	generativno	isplativa	žitarica
4.	*Saccharum officinarum*	šećerna trska	Poaceae	višegodišnja	vegetativno	isplativa	šećerna kultura
5.	*Beta vulgaris* var. *vulgaris*	šećerna repa	Chenopodiaceae	dvogodišnja	generativno	isplativa	šećerna kultura
6.	*Sorghum bicolor*	sirak	Poaceae	jednogodišnja	generativno	isplativa/ uzdržavajuća	žitarica
7.	*Cenchrus americanus*	biserno proso	Poaceae	jednogodišnja	generativno	uzdržavajuća/ isplativa	žitarica
8.	*Solanum tuberosum*	krumpir	Solanaceae	višegodišnja	vegetativno	isplativa	korjenasto-gomoljasta kultura
9.	*Ipomoea batatas*	slatki krumpir	Convolvulaceae	višegodišnja	vegetativno	isplativa/ uzdržavajuća	korjenasto-gomoljasta kultura
10.	*Glycine max*	soja	Fabaceae	jednogodišnja	generativno	isplativa	uljarica
	PRIMJER TRIJU REGIONALNO VAŽNIH PREHRAMBENIH KULTURA						
1.	*Manihot esculenta*	kasava	Euphorbiaceae	jednogodišnja	vegetativno	izdražavajuća/ isplativa	korjenasto-gomoljasta kultura
2.	*Dioscorea* spp.	jam	Dioscoreaceae	jednogodišnja	vegetativno	izdražavajuća/ isplativa	korjenasto-gomoljasta kultura
3.	*Musa* spp.	banana	Musaceae	višegodišnja	vegetativno	isplativa/ uzdržavajuća	voće/povrće
	PRIMJER TRIJU ZAPOSTAVLJENIH KULTURA						
1.	*Colocasia esculenta*	taro	Araceae	višegodišnja	vegetativno	uzdržavajuća	korjenasto-gomoljasta kultura
2.	*Artocarpus altilis*	kruhovac	Moraceae	višegodišnja	vegetativno	uzdržavajuća	škrobnati plod
3.	*Amaranthus* spp.	šćirovi	Amaranthaceae	jednogodišnja	generativno	uzdržavajuća	pseudožitarica

9.3.2 Regionalno važne prehrambene kulture

Za sigurnost prehrane u svijetu od velike su važnosti i određene kulture koje ne spadaju u glavne na svjetskoj razini, ali su **regionalno važne**. Upravo su te kulture često temelj prehrane milijunima najsiromašnijih i najugroženijih ljudi i zajednica u svijetu, a najčešće se radi o uzdržavajućim kulturama (engl. *subsistence crops*). Primjeri su takvih kultura kasava (*Manihot esculenta*), jam (*Dioscorea* spp.) i banana (*Musa* spp.) (**Tablica 9.8**).

REGIONALNO VAŽNE PREHRAMBENE KULTURE kulturne su biljne vrste koje su ključne za prehranu stanovništva na razini pojedinih svjetskih regija.

Kasava (*Manihot esculenta*) je višegodišnji drvenasti grm iz porodice mlječikovki (Euphorbiaceae), a uzgaja se kao jednogodišnji usjev. Naziva se i juka, odnosno manioka, dok je kasavino brašno poznato pod nazivom tapioka. Koristi se zadebljali škrobnati korijen. Smatra se da je udomaćena na području tropske savane Cerrado, brazilske savezne države Rondônia (centar udomaćenja: 3c. jugozapadna Amazonija), a najstariji arheološki dokaz potvrđen je na nalazištu Quebrada de las Pircas u dolini Zaña u sjevernom Peruu datiran 7000. g. pr. n. e. Prirodno je rasprostranjena u luku koji djelomično okružuje porječje Amazone. U XVI. stoljeću portugalski moreplovci prenose kasavu u zapadnu Afriku, a francuski, u XVII. stoljeću, na Madagaskar, odakle se u XVIII. stoljeću uzgoj širi u Indiju te dalje na Daleki istok. Danas je kasava glavna prehrambena kultura u tropskim područjima Afrike (Nigerija, Gana) i jedina regionalno najvažnija prehrambena kultura koja nije ujedno i najvažnija prehrambena kultura na svjetskoj razini, a za održavanje sigurnosti prehrane važna je ne samo za Južnu Ameriku, već i za neke dalekoistočne zemlje kao što su Tajland i Vijetnam.

Jam je naziv za desetak gomoljastih kultura iz roda *Dioscorea*. Sve su to višegodišnje zeljaste penjačice koje se koriste radi škrobnatog gomolja. Dvodomne su vrste, stoga obligatno stranooplodne, a u uzgoju se razmnažaju vegetativno, što smanjuje genetsku raznolikost tih kultura. Najviše se koriste četiri svojte: (1) bijeli jam (*Dioscorea cayenensis* ssp. *rotundata*), (2) žuti jam (*D. cayenensis* ssp. *cayenensis*, (3) ljubičasti jam (*D. alata*) i (4) indijanski jam (*D. trifida*). Navedene su vrste neovisno udomaćene na različitim kontinentima: bijeli i žuti jam u Africi, ljubičasti u Aziji i Oceaniji, a indijanski u Južnoj Americi. Bijeli je jam gospodarski najvažniji i čini više od 90 % svjetske proizvodnje svih jamova. Uzgaja se uglavnom u zapadnoj i središnjoj Africi, u regiji poznatoj kao jamov pojas (engl. *yam belt*) koja se proteže od Obale Bjelokosti, preko Gane, Togoa i Benina do Nigerije i Kameruna (**Slika 9.7**). Udomaćen je vjerojatno na sjeveru Benina tijekom srednjeg holocena (centar udomaćenja: 4a. zapadnoafričke tropske kišne šume), a od XVII st. uzgaja se i na Karipskim otocima. Bijeli je jam (*D. cayenensis ssp. rotundata*) homoploidni hibrid nastao križanjem vrsta *D. abyssinica* i *D. praehensilis*. Homoploidni hibridi imaju isti broj kromosoma kao i roditeljske vrste, i zato je bijeli jam jedna od rijetkih kultura kod koje međuvrsna hibridizacija nije bila praćena poliploidizacijom, kao što se to dogodilo prije udomaćenja kod kikirikija (*Arachis hypogaea*) i pamuka (*Gossypium hirsutum*) ili tijekom udomaćenja kod krušne pšenice (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) i krumpira (*Solanum tuberosum*), o čemu je bilo riječi u **potpoglavlju 8.2**. Međutim, uz diploidne kultivare bijelog jama koji čine većinu, nalazimo i triploidne kultivare za koje se smatra da su nastali hibridizacijom diploidnih kultivara s divljom vrstom *D. togoensis*. Žuti se jam (*D. cayenensis* ssp. *cayenensis*) morfološki jasno razlikuje od bijelog (*D. cayenensis* ssp. *rotundata*), iako postoje i brojni prijelazni tipovi.

Najvjerojatnije je i žuti jam udomaćen u zapadnoj Africi (centar udomaćenja: 4a. zapadnoafričke tropske kišne šume) kao i bijeli, a moguće je da je neovisno udomaćen i na području Etiopije (centar udomaćenja: 4c. etiopska visoravan). Žuti je jam triploidna vrsta, a smatra se da je nastao međuvrsnim križanjem bijelog jama (*D. cayenensis* ssp. *rotundata*) i vrste *D. burkilliana*. Bijeli i žuti jam pretežno su uzdržavajuće kulture i važne su za sigurnost prehrane na području zapadne Afrike. Ljubičasti je jam (*D. alata*) najrašireniji i uzgaja se u mnogim tropskim regijama Azije, Oceanije i Afrike, te na Karipskim otocima. Za razliku od bijelog jama (*D. cayenensis* ssp. *rotundata*) koji je nastao međuvrsnom hibridizacijom, ljubičasti je jam nastao autopoliploidizacijom tako da ima vrlo nepravilnu cvatnju (ili uopće ne cvate) i razmnaža se isključivo vegetativno. Vegetativno je razmnažanje vjerojatno uzrok niskoj genetskoj raznolikosti ljubičastog jama u usporedbi s bijelim. Ljubičasti je jam isključivo kultivirana biljna vrsta, a kao divlji srodnik mu se spominje pacifički jam (*D. nummularia*) koji se može naći i samonikli i kultivirani, a rasprostranjen je po južnoazijskim i pacifičkim otocima od Filipina do Fidžija. Smatra se da je ljubičasti jam neovisno udomaćen u jugoistočnoj Aziji (centar udomaćenja: 7c. tropska južna Kina) ~8000 g. pr. n. e., te na Pacifičkim otocima (centar udomaćenja: 8. Nova Gvineja), vjerojatno nešto kasnije. Iz južne Azije uzgoj ljubičastog jama proširio se do Indijskog potkontinenta, a morskim je putem introduciran u Afriku. Uzgoj ljubičastog jama proširio se i po jamovom pojasu u zapadnoj Africi u kojem se uglavnom uzgaja bijeli jam (*D. cayenensis* ssp. *rotundata*). Nakon otkrića Novog svijeta, uzgoj ljubičastog jama proširio se i po Karipskom otočju, te po sjeveru južnoameričkog kontinenta. Usporedbom kultivara ljubičastog jama podrijetlom iz Azije, Afrike



Slika 9.7. Bijeli jam (*Dioscorea cayenensis* ssp. *rotundata*) na tržnici Makola u Accri, Gana.

i Južne Amerike uočeno je znatno smanjenje genetske raznolikosti što govori o tome da je jam tijekom svojih prekooceanskih putovanja morao proći kroz više genetskih uskih grla (engl. *genetic bottleneck*; **vidi potpoglavlje 7.1**). Ljubičasti je jam vrlo važan za sigurnost prehrane stanovništva Papue Nove Gvineje. Indijanski jam (*D. trifida*) udomaćen je u području uz sjevernu granicu Brazila i južne granice Gvajane, Surinama i Francuske Gvajane (centar udomaćenja: 3. sjeverne nizine Južne Amerike). Kultivirani indijanski jam uglavnom je autotetraploid, dok je divlji tip, pronađen u Francuskoj Gvajani, diploid. Smatra se najukusnijom kulturom iz roda jamova i izuzetno je cijenjen u brazilskoj i karipskoj kuhinji. Imajući u vidu ostale kultivirane vrste iz roda *Dioscorea* valja istaknuti činjenicu da su na području Oceanije (centar udomaćenja: 8. Nova Gvineja) uz već spomenuti ljubičasti jam (*D. alata*) udomaćeni i mali (*D. esculenta*), pacifički (*D. nummularia*), peterolisni (*D. pentaphylla*) i dugi (*D. transversa*) jam. Sve navedene kulture i danas su u uzgoju, i usprkos tome što spadaju u zapostavljene kulture ograničenog širenja (endemične do semiendmične; **vidi potpoglavlje 9.2**) važne su za sigurnost prehrane stanovništva navedenog područja.

Priča o banani: Isplativa ili uzdržavajuća kultura?

Banana (*Musa* spp.) je naziv za poljoprivrednu kulturu koja se uzgaja u tropskim i suptropskim regijama svijeta. U mnogim je zemljama u razvoju, ne samo jedna od glavnih izvoznih poljoprivrednih proizvoda, već i važna prehrambena kultura bitna za sigurnost prehrane stanovništva. Divlje vrste roda *Musa* nisu jestive. Uglavnom se razmnažaju spolno, pa su im plodovi ispunjeni brojnim životnosposobnim sjemenkama, dok kulturne banane tvore besjemene plodove i razmnažaju se vegetativno. Kulturne su banane nastale unutarvrsnom i međuvrsnom hibridizacijom četiri divlje vrste roda *Musa*: *M. acuminata* (donor genoma A), *M. balbisiana* (donor genoma B), *M. schizocarpa* (donor genoma S) i *M. textilis* (donor genoma T). Postoje diploidni (genom AA, AB, AS, AT) i triploidni (AAA, AAB, ABB) kultivari koji se razlikuju u mnogim morfološkim i agronomskim svojstvima.

Smatra se da su prve udomaćene banane imale genom AA i predstavljale djelomično ili potpuno sterilne hibride između različitih podvrsta vrste *M. acuminata* (ssp. *banksii*, ssp. *errans*, ssp. *malaccensis*, ssp. *microcarpa*, ssp. *truncata* i ssp. *zebrina*) rasprostranjenih po različitim otocima jugoistočne Azije i zapadne Melanezije. Arheološka istraživanja na području močvare Kuk na zapadnim visoravnima Papue Nove Gvineje ukazuju na intenzivan uzgoj banana u tom području ~8000 godina pr. n. e. (centar udomaćenja: 8. Nova Gvineja). Navedeni hibridi imali su nepravilnu mejozu i povremeno su tvorili diploidne gamete. Spajanjem diploidnih i haploidnih gameta došlo je do nastanka sterilnih triploida. Višestrukim spontanim triploidizacijama koje su uključivale brojne podvrste vrste *M. acuminata* nastali su na području otoka jugoistočne Azije i zapadne Melanezije homoploidni triploidi genoma AAA. S druge strane, heteroploidni diploidi (genom AB) kao i triploidi (genom AAB i ABB) međuvrsni su križanci između vrsta *M. acuminata* (genom A) i *M. balbisiana* (genom B). Svi unutarvrsni i međuvrsni hibridi banana poznati su po latinskom nazivu *Musa* × *paradisiaca*. Za razliku od podvrsta vrste *M. acuminata*

koje su sudjelovale u nastanku prvih udomaćenih banana genoma AA koji su rasprostranjeni na otocima jugoistočne Azije i zapadne Melanezije, područje prirodne rasprostranjenosti vrste *M. balbisiana* proteže se od južne Indije preko Mjanmara do južne Kine. Prvi triploidi bili su genoma AAB, pri čemu je podvrsta *M. acuminata* ssp. *banksii*, podrijetlom s Papue Nove Gvineje, donirala majčinski genom pa se smatra da je do prve triploidizacije došlo na području Filipina. Upravo su se ti triploidi znatno proširili u uzgoju po Azijskom kontinentu od Kine do Indije i po pacifičkim otocima, a kasnije su introducirani i u Afriku. Međutim, postoje i triploidi genoma AAB kao i ABB kojima je donor majčinskog genoma vrsta *M. balbisiana*. Isto tako, postoje i diploidni hibridi (genom AS i AT) koji su nastali križanjem vrste *M. acuminata* s divljim vrstama kao što su *M. schizocarpa* i *M. textilis,* i to isključivo na Papui Novoj Gvineji.

Sindrom udomaćenja (**vidi potpoglavlje 9.3**) banane prvenstveno uključuje nastanak partenokarpije. To se svojstvo odnosi na sposobnost biljne vrste da tvori i razvija plod bez oplodnje i razvitka sjemena. Kod nepartenokarpnih biljnih vrsta sjeme je izvor fitohormona (auksini, giberelini, citokinini i apscizinska kiselina) nužnih za tvorbu ploda. Rezultat je partenokarpije besjemeni (odnosno „bezsjemeni“ kao što se to uvriježilo za kultivare stolnog grožđa) plod, što je vrlo poželjno svojstvo kod mnogih voćnih i povrtnih kultura kao kod obične bundeve (*Cucurbita pepo*), krastavca (*Cucumis sativus*), rajčice (*Solanum lycopersicum*), patlidžana (*Solanum melongena*), lubenice (*Citrullus lanatus*) i vinove loze (*Vitis vinifera*). Do partenokarpije može doći spontano u prirodi, a može biti i rezultat inducirane hibiridizacije i/ili poliploidizacije. Partenokarpija i odabir genotipova mesnatijih plodova doveli su do nastanka prvih kultivara jestivog ploda.

Smatra se da je banana morskim putem introducirana u Afriku barem 5000 g. pr. n. e. Arheološka istraživanja u blizini naselja Nkang u Kamerunu potvrđuju uzgoj banana 4500 g. pr. n.e. Banane su se proširile po tropskim i suptropskim područjima Afrike – od Ugande, preko Konga i Kameruna, sve do Malija i Obale Slonovače. Najveću raznolikost banana nalazimo na području Konga koji se smatra sekundarnim centrom raznolikosti banana. U XV. stoljeću španjolski moreplovci prenose banane na Kanarske otoke, te tijekom XVI. stoljeća na Karipske otoke otkuda se šire po srednjoj i Južnoj Americi do Ekvadora, Kolumbije i Brazila.

Kultivari banana mogu se podijeliti u dvije skupine, ovisno o načinu upotrebe. Slatka ili desertna banana (engl. *sweet banana*, *dessert banana*) čini oko 43 % svjetske proizvodnje i gotovo je isključivo isplativa kultura koja se može naći na tržnicama u skoro svim krajevima svijeta (**Slika 9.8**). Banana za kuhanje (engl. *plantain*, *cooking banana*) čini (shodno tome) 57 % svjetske proizvodnje i dobrim je dijelom uzdržavajuća kultura. Tipične slatke banane pripadaju skupini kultivara ‘Cavendish’ (genom AAA) i od pedesetih su godina prošlog stoljeća najčešće banane na svjetskom tržištu. Tipične banane za kuhanje pripadaju skupini kultivara ‘Plantain’ (genom AAB); plod im je zelene, žute, crvenkaste ili smeđe boje. Obično sadrže više škroba od slatkih banana i ne jedu se sirove, već se kuhaju, peku ili prže. Banana za kuhanje važna je za sigurnost prehrane stanovništva Karipskog otočja, srednje Amerike i zapadne Afrike.

Povijest uzgoja slatkih banana u srednjoj i južnoj Americi neminovno je povezan s američkom tvrtkom *United Fruit Company* koja je uz podršku vlade i Središnje obavještajne agencije (*Central Intelligence Agency*, CIA) neprikosnoveno vladala nizom srednjoameričkih i južnoameričkih država. Uz redovno podmićivanje političara, tvrtka *United Fruit Company* odgovorna je i za niz zločina kao što je bio onaj u gradu Ciénaga, Kolumbija, 1928. godine, kada je kolumbijska vojska pobila 1800 štrajkaša, radnika na plantažama banana, a dovodi je se u vezu i s državnim udarom u Gvatemali, 1954. godine, koji je izazvala i financirala CIA. U to se vrijeme ustoličio naziv „banana-republike“, prvotno za Kostariku, Honduras i Gvatemalu, a

nakon toga i za sve ostale države koje su samo naizgled suverene, a gospodarski su, pa stoga i politički, potpuno ovisne o Bijeloj kući. O povezanosti tvrtke *United Fruit Company* s državnim udarom u Gvatemali pisali su gvatemalski književnik Miguel Ángel Asturias (1899. – 1974.), dobitnik Nobelove nagrade 1967. godine, u romanu „*Zeleni papa*“, kao i peruanski književnik Mario Vargas Llosa (r. 1936.), dobitnik Nobelove nagrade za književnost 2010. godine, u romanu „*Surova vremena*“.



Slika 9.8. Banane (*Musa* spp.) na tržnici u Šri Lanci.

9.3.3 Zapostavljene kulture

Brojne se kulture sve manje uzgajaju, a neke su od njih bile vrlo važne za održavanje sigurnosti prehrane u prošlosti, i stoga bi bilo mudro razviti programe oplemenjivanja i ponovno širiti njihov uzgoj. Te se kulture uglavnom spominju kao **zapostavljene** (engl. *neglected crops*), nedovoljno (is)korištene (engl. *neglected, underutilized/underexploited crops*), sporedne (engl. *minor crops*), sekundarne (engl. *secondary crops*) i tradicijske kulture (engl. *traditional crops*) ili pak kao kulture-siročad (engl. *orphan crops*). S jedne se strane spominju i kao kulture izgubljene u prošlosti (engl. *lost crops*), a s druge strane i kao alternativa za budućnost (engl. *alternative crops*).

ZAPOSTAVLJENE KULTURE (engl. *neglected crops*) su kulturne biljne vrste koje su se u prošlosti znatno više uzgajale nego danas.

Za razliku od glavnih kultura koje su većinom isplative, zapostavljene su kulture većinom uzdržavajuće (**Tablica 9.9**). Proizvodnja glavnih kultura u pravilu zahtijeva više ulaganja, a viša je i razina rizika, ali se računa i s većom dobiti u usporedbi s proizvodnjom zapostavljenih kultura. Glavne se kulture uzgajaju za specifičnu namjenu, te se očekuje ujednačena kakvoća proizvoda koja zadovoljava međunarodno priznate kriterije kakvoće. S druge strane, zapostavljene kulture često se uzgajaju tako da se istovremeno iskoriste različiti dijelovi biljke. Budući da se proizvodnja zapostavljenih kultura uglavnom temelji na tradicijskim kultivarima, često kakvoća finalnog proizvoda nije ujednačena, a kriteriji kakvoće nisu uspostavljeni na međunarodnoj razini, već su uvjetovani lokalno. Proizvode glavnih kultura moguće je prodati i na regionalnom i na državnom, kao i na međunarodnom tržištu, a cijena proizvoda izravno ovisi o stanju na svjetskom tržištu. Prodaja proizvoda zapostavljenih kultura ograničena je na lokalno tržište na kojem se utvrđuje i cjenovna razina. Razvitak znanosti i struke glavnih kultura vrlo je intenzivan, jer uz državne i javne znanstvene ustanove mnoge komercijalne oplemenjivačke i sjemenarske tvrtke provode znanstvena i stručna istraživanja te razvijaju oplemenjivačke programe. Znanost i struka zapostavljenih kultura razvija se uglavnom u neprofitnim međunarodnim ili nacionalnim institutima unutar kojih se razvijaju i oplemenjivački programi, dok komercijalne tvrtke nisu zainteresirane za njihovo pokretanje jer od toga ne vide mogućnost ostvarivanja dobiti. Za glavne je poljoprivredne kulture razvijen državni nadzor i svaka dobro uređena država inzistira na upotrebi certificiranog sjemena registriranih modernih kultivara uz mogućnost dobivanja državnih potpora. Proizvodnja zapostavljenih kultura temelji se na „tavanuši" tradicijskih kultivara. „Tavanuša" je relativno nova riječ u hrvatskom jeziku, a njome se označava sjemenski materijal koji nije certificiran jer njegova proizvodnja nije bila prijavljena kao sjemenski usjev niti je analizirana njegova kakvoća. Uglavnom se odnosi na sjeme strnih žitarica registriranih kultivara koje je ostavljeno nakon merkantilne proizvodnje, donekle dorađeno i pripremljeno za sjetvu ne bi li se izbjegao trošak ponovne nabave certificiranog sjemena. U slučaju tradicijskih kultivara kod kojih nema registriranih kultivara, odnosno čuvanih sorata (**vidi potpoglavlje 5.2**) „tavanuša" je i jedini sjemenski materijal koji proizvođačima stoji na raspolaganju. Kao što je već bilo rečeno, budući da sve dobro uređene države inzistiraju na sjetvi ceritificiranog sjemena registriranih modernih kultivara, za poljoprivrednu proizvodnju na temelju „tavanuše" rijetko je moguće dobiti državnu potporu.

Primjeri su zapostavljenih kultura brojni. Neke su kulture zapostavljene na svjetskoj razini, a neke su u određenim regijama prilično zastupljene u poljoprivrednoj proizvodnji, dok se u nekim drugim regijama mogu smatrati zapostavljenima. Na razini Republike Hrvatske za mnoge bismo kulture mogli reći da su zapostavljene, iako u mnogim drugim zemljama učinkoviti oplemenjivački programi tih kultura itekako postoje. Dovoljno je spomenuti grah (*Phaseolus vulgaris*) koji se u Republici Hrvatskoj zasigurno može smatrati zapostavljenom kulturom jer većina proizvodnje počiva na malim obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima s ograničenom mogućnošću ulaganja koja koriste svoje vlastito sjeme za sjetvu i uzgajaju tradicijske, neregistrirane kultivare ('Trešnjevac', 'Zelenčec', 'Kukuruzar').

Tablica 9.9. Temeljne razlike između glavnih i zapostavljenih kultura.

Svojstvo	Glavne kulture	Zapostavljene kulture
isplative/ uzdržavajuće	uglavnom isplative kulture	uglavnom uzdržavajuće kulture
proizvodnost	visoka ulaganja	niska ulaganja
	visok profit	nizak profit
	visoka razina rizika	niska razina rizika
proizvod	specifičan proizvod	više proizvoda (načina upotrebe)
	ujednačena kakvoća proizvoda	neujednačena kakvoća proizvoda
	zadovoljavaju globalno priznate kriterije kakvoće	kriteriji kakvoće uvjetovani su lokalno
tržište	mogućnost prodaje na regionalnom, državnom i međunarodnom tržištu	mogućnost prodaje prvenstveno na lokalnoj razini
	ovisnost o cijenama na svjetskom tržištu	cijena se utvrđuje na lokalnoj razini
znanost i struka	visoka ulaganja u znanstvena istraživanja od strane komercijalnih tvrtki	znanstvena se istraživanja uglavnom provode u neprofitnim ustanovama
državni nadzor	certificirano sjeme registriranih kultivara	necertificirano sjeme tradicijskih kultivara
	mogućnost dobivanja potpore	često nije moguće dobiti potporu

Na svjetskoj razini, primjeri zapostavljenih kultura koje bi mogle postati kulture budućnosti uključuju taro (*Colocasia esculenta*), kruhovac (*Artocarpus altilis*) i šćirove (*Amaranthus* spp.).

Taro (*Colocasia esculenta*) je zeljasta trajnica iz porodice kozlaca (Araceae) koja se uzgaja radi škrobnatog stabljičnog gomolja. Divlji taro (*C. esculenta* var. *aquatilis*) tvori relativno male majčinske gomolje (**Slika 9.9**) i duge vriježe umjesto postranih gomolja. Rasprostranjen je od Indije do jugoistočne Azije i južnog Japana preko Melanezije do sjeverne Australije. Kultivirani se taro dijeli na dva morfotipa. *C. esculetna* var. *antiquorum* je morfotip koji tvori brojne postrane gomolje, a majčinski mu je gomolj relativno mali, dok *C. esculenta* var. *esculenta* tvori velike majčinske gomolje s manje postranih gomoljčića. Divlji je taro diploid, a kultivirani mogu biti diploidi ili triploidi. Taro je vjerojatno jedna od najstarijih kulturnih biljnih vrsta. Smatra se da je taro multicentrična kultura (**vidi potpoglavlje 9.2**). Udomaćen je prije najmanje 10 000 godina na području jugoistočne Azije od Bangladeša preko Mjanmara do južne Kine (centar udomaćenja: 7c. tropska južna Kina), a arheološka istraživanja na području močvare Kuk na zapadnim visoravnima Papue Nove Gvineje ukazuju da je neovisno udomaćen i u tom području barem 8000 g. pr. n. e. (centar udomaćenja: 8. Nova Gvineja). Gomolji divljeg taroa imaju izrazito jedak okus tako da je glavno svojstvo sindroma udomaćenja (**vidi potpoglavlje 8.3**) bilo smanjenje jetkosti uz povećanje gomolja. Smatra se da su triploidni tradicijski kultivari taroa vjerojatno nastali križanjem udomaćenih diploida sa srodnim divljim vrstama kao što su *C. fallax, C. lihengiae* i *C. menglaensis*. Prije Kolumbovih putovanja taro je bio najrašireniji prehrambena kultura na Zemlji. Uzgoj se taroa proširio po tropskim područjima Azije kao i u

Melaneziji do Australije i Novog Zelanda, a već 4000. g. pr. n. e. poznat je i u Sredozemlju te Egiptu, a preko Madagaskara introduciran je u subsaharsku Afriku. U XVIII. stoljeću španjolski moreplovci donose taro na Kubu, odakle se proširio po Karipskim otocima. Za veliku raznolikost taroa na Karipskim otocima zaslužni su kineski imigranti koji ga reintroduciraju tijekom XIX. stoljeća. Taro je važan za sigurnost prehrane stanovništva Nigerije, Kameruna, Kine i Papue Nove Gvineje.



Slika 9.9. Gomolji taroa (*Colocasia esculenta*) na tržnici u Tajvanu.

Kruhovac (*Artocarpus altilis*) je višegodišnja drvenasta vrsta iz porodice dudova (Moraceae) koji se uzgaja radi velikog škrobnatog ploda. Smatra se da je udomaćen na području Papue Nove Gvineje (centar udomaćenja: 8. Nova Gvineja). Divlji predak mu je vrsta *Artocarpus camansi* prirodno rasprostranjena na području Papue Nove Gvineje, a vjerojatno i na Molučkim otocima i Filipinima. Prvi udomaćeni kultivari bili su diploidi i tvorili su životnosposobne sjemenke veličine i okusa kestena. Takvi kultivari postoje i danas, a sjemenke se koriste pržene ili kuhane. Širenjem uzgoja po Mikroneziji, diploidni kultivari kruhovca došli su u kontakt sa srodnom vrstom *Artocarpus mariannensis* kojoj je prirodna rasprostranjenost ograničena na Marijanske otoke i otok Palau. Križanjem tih vrsta nastali su triploidni, besjemeni kultivari kruhovca koji se razmnažaju vegetativnim načinom pomoću reznica. Budući da se područja prirodne rasprostranjenosti vrsta *A. camansi* i *A. mariannensis* ne preklapaju, smatra se da je

do međuvrsne hibridizacije došlo tijekom udomaćenja (**vidi potpoglavlje 9.1**). Uzgoj kruhovca proširio se od Melanezije sjeverno u Mikroneziju, zapadno po otocima jugoistočne Azije i istočno po Polineziji. Europljani su kruhovac otkrili krajem XVIII. stoljeća kada je engleski moreplovac i istraživač kapetan James Cook (1728. – 1779.) stigao na Tahiti. U njegovom je istraživačkom timu bio i botaničar Joseph Banks (1743. – 1820.) koji je uočio prehrambenu vrijednost kruhovca radi prehrane robova na plantažama šećerne trske u britanskim kolonijama na Karibima (Britanska Zapadna Indija). Jedan od prvih pokušaja prijenosa reznica kruhovca s Tahitija na Karibe bio je neuspješan, ali je baš zato ostavio duboki trag u povijesti kinematografije. Naime, za to je bio zadužen kapetan William Bligh (1754. – 1817.) koji je na brodu „HMS *Bounty*" prevozio kruhovac i pritom okrutno tiranizirao svoju posadu. Blighov prvi časnik Fletcher Christian (1764. – 1793.) potaknuo je mornare na pobunu i riješio se zlog kapetana. Po toj je istinitoj priči snimljen niz visokobudžetnih filmova, a Fletchera Christiana glumili su Clark Gable („Pobuna na brodu Bounty"; 1935.), Marlon Brando („Pobuna na brodu Bounty"; 1962.) i Mel Gibson („Bounty"; 1984). Kruhovac se danas uzgaja prvenstveno na Pacifičkim otocima i u jugoistočnoj Aziji, kao i na Karibima. Važan je za sigurnost prehrane stanovništva Pacifičkih otoka. Nažalost, kruhovac je samo jedan iz niza zapostavljenih kultura iz porodice dudova (Moraceae). Kruhovcu je srodna *nangka* (*Artocarpus heterophyllus*) koja se u jugoistočnoj Aziji uzgaja radi škrobnatog ploda, a istoj porodici pripadaju i zapostavljene voćne vrste kao što je smokva (*Ficus carica*), crni dud (*Morus nigra*) i čerimoja (*Annona cherimola*).

Rod šćirova (Amaranthaceae) uključuje tri zapostavljene kulture koje se koriste kao pseudožitarice. To su repati šćir (*Amaranthus caudatus*), krvavocrveni šćir (*Amaranthus cruentus*) i tamnobojni šćir (*Amaranthus hypochondriacus*). Smatra se da su sve tri vrste nastale udomaćenjem istog divljeg pretka, križanog šćira (*Amaranthus hybridus*), prirodno rasprostranjenog od Meksika do Anda. Tamnobojni šćir (*A. hypochondriacus*) udomaćen je u središnjem Meksiku (centar udomaćenja: 2. srednja Amerika), krvavocrveni (*A. cruentus*) na području Gvatemale, a repati (*A. caudatus*) na području Anda (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande). Arheološka istraživanja u dolini Tehuacán u središnjem Meksiku pokazala su da je tamnobojni šćir bio jedna od prvih udomaćenih biljnih vrsta uz kukuruz (*Zea mays*), grah (*Phaseolus vulgaris*), bundevu (*Cucurbita pepo* spp. *pepo*) i čili (*Capsicum annuum*). U Andama, na području okruga Antofagasta de la Sierra u sjevernoj Argentini, sjeme divljeg pretka, križanog šćira (*A. hybridus*), potvrđeno je u nalazima koji datiraju 9000 g. pr. n. e., a prvo se sjeme udomaćenog repatog šćira (*A. caudatus*) pojavljuje prije 6000 g. pr. n. e. Uzgoj navedenih triju vrsta šćirova povezan je s tri najpoznatije civilizacije Novog svijeta. Azteci su na području Meksika uzgajali tamnobojni šćir (*A. hypochondriacus*), Maje na području Gvatemale krvavocrveni (*A. cruentus*), dok su Inke na području Anda uzgajale repati šćir (*A. caudatus*). Iako udomaćeni šćirovi imaju dugu povijest uzgoja, kod njih je sindrom udomaćenja slabo izražen. Svojstva, kao što su smanjenje oštrodlakavosti cvata, naročito izražena kod kozmopolitskog korova oštrodlakavog šćira (*A. retroflexus*), kao i povećanje broja sjemenki u cvatu zasigurno su bila presudna prilikom udomaćenja. S druge strane, tijekom udomaćenja nije došlo do očitog povećanja veličine sjemena niti do znatnog smanjenja osipanja sjemena prilikom zriobe, što bi bilo za očekivati, budući da se radi o pseudožitaricama kod kojih je sjeme, odnosno plod (oraščić), cilj uzgoja. Kulturni su šćirovi, doduše, samooplodne kulture, ali širok raspon postotka stranooplodnje (5 – 39 %) tradicijskih kultivara ukazuje na to da je tijekom udomaćenja dolazilo do čestih spontanih križanja između kulturnih i divljih genotipova. Pritom se razvio kompleks kulturna/divlja vrsta koji je omogućavao slobodan prijenos gena između divljih predaka/srodnika i kultivirane vrste (**vidi potpoglavlje 9.1**). Tijekom XVI. stoljeća španjolski su osvajači uočili važnost šćirova u religijskim običajima starosjedilačkih civilizacija Novog svijeta i pod prijetnjom smrću zabranili njihov uzgoj tako da su te vrijedne kulture uspjeli gotovo potpuno istisnuti iz

uzgoja. S druge strane, u slučaju kukuruza prevladavala je pragmatičnost. Niti u najvećem žaru uklanjanja religijske konkurencije, ne bi li uspješno priveli sve „pogane“ kršćanstvu, španjolski se konkvistadori nisu usudili zabraniti i kukuruz koji je bio itekako ukorijenjen u religijama gotovo svih naroda srednje i Južne Amerike. Konačno, zbog visokih koncentracija esencijalnih aminokiselina i niskog sadržaja glutena, šćirovi se sve više spominju kao kulture budućnosti.

10

STRATEGIJE OČUVANJA BILJNIH GENETSKIH IZVORA

10.1 Očuvanje *ex situ*

Priča o Svalbardu: Svjetska riznica sjemena

10.2 Očuvanje *in situ*

Priča o makadamiji: Očuvanje divljih srodnika

Priča o sjekirici:
'Fava Feneou' – uspješno očuvanje na gospodarstvu

Priča o breskvi:
'Buco Incavato' – uspješno očuvanje na gospodarstvu

10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena

Uvod

Dvije osnovne strategije očuvanja biljnih genetskih izvora su *ex situ* i *in situ* (**Slika 10.1**). Odabir strategije očuvanja kao i načina očuvanja *ex situ* ovisi o kategoriji biljnog materijala (kulturna ili divlja biljna vrsta), načinu prirodnog razmnožavanja (generativno ili vegetativno) kao i uobičajenom načinu razmnažanja kojeg provodi čovjek, načinu oplodnje (stranooplodna ili samooplodna biljna vrsta) kao i tipu sjemena kojeg određena biljna vrsta tvori (ortodoksno ili rekalcitrantno).

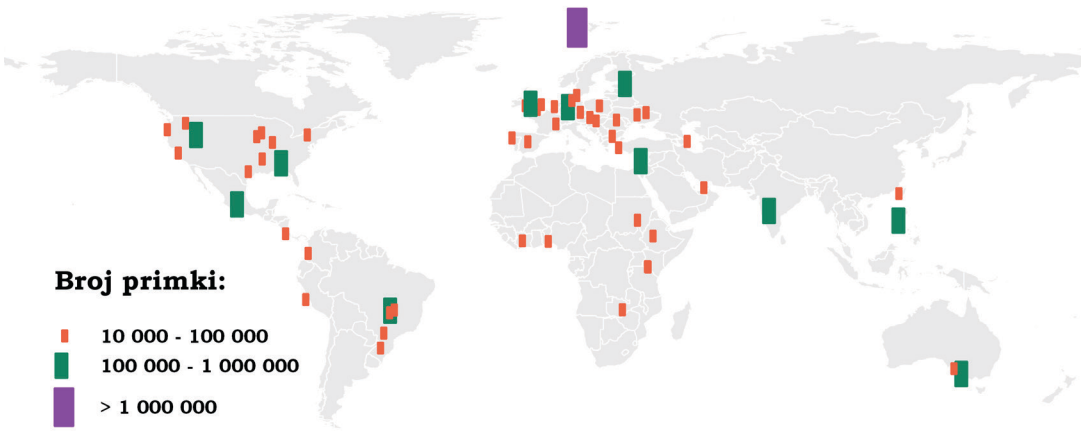
Očuvanje e*x situ* (engl. *ex situ conservation*) podrazumijeva očuvanje biljnih genetskih izvora u sklopu banaka biljnih gena. Čuvanje u obliku sjemena temeljna je metoda očuvanja biljnih genetskih izvora i najzastupljeniji je način čuvanja. Za postojanje brojnih svjetskih kolekcija sjemena biljnih genetskih izvora najzaslužniji je ruski biolog i genetičar Nikolaj Ivanovič Vavilov (1887. – 1943.) koji je, uvidjevši važnost biljnih genetskih izvora za oplemenjivanje

bilja, organizirao brojne prikupljačke ekspedicije i inzistirao na važnosti stvaranja kolekcija (**vidi potpoglavlje 8.1**).

OČUVANJE *EX SITU* (engl. *ex situ conservation*) je očuvanje biljnih genetskih izvora izvan mjesta prikupljanja (lat. *ex situ* = izvan mjesta), u sklopu banaka biljnih gena.

Danas u svijetu postoji više od 17 000 nacionalnih, regionalnih i međunarodnih organizacija i institucija koje se bave očuvanjem i održivom upotrebom biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu. Godine 2020. u bankama gena smještenima u 90 zemalja svijeta bilo je pohranjeno više od 5,4 milijuna **primki** (engl. *accession*) različitih biljnih vrsta s glavnim fokusom na očuvanje modernih i tradicijskih kultivara te oplemenjivačkog materijala. Na **Slici 10.1** prikazane su lokacije banaka gena koje sadrže više od 10 000 primki.

PRIMKA (engl. *accession*) je temeljna jedinica u očuvanju biljnih genetskih izvora *ex situ*, a predstavlja uzorak prikupljenog sjemena ili sadnog materijala, odnosno skup biljaka unutar poljske kolekcije.



Slika 10.1. Banke biljnih gena u kojima je pohranjeno više od 10 000 primki.

Očuvanje *in situ* (engl. *in situ conservation*) podrazumijeva očuvanje populacija samoniklih biljnih vrsta u njihovim izvornim staništima i prvenstveno se odnosi na očuvanje divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta (engl. *crop wild relative*; CWR; **vidi potpoglavlje 6.2**) kao i na biljne vrste za koje se smatra da imaju buduću ili potencijalnu vrijednost za prehranu i poljoprivredu kao što su to npr. brojne ljekovite i aromatične biljne vrste. U tu se svrhu proglašavaju zaštićena područja i/ili uspostavljaju genetski rezervati (**vidi potpoglavlje 10.2**).

OČUVANJE *IN SITU* (engl. *in situ conservation*) je očuvanje biljnih genetskih izvora u njihovom prirodnom staništu (lat. *in situ* = u mjestu).

Razvijen je i poseban oblik očuvanja *in situ*, **očuvanje na gospodarstvu** (engl. *on-farm conservation*) koje se katkad naziva i očuvanjem *inter situ* (engl. *inter situ conservation*). Izraz *inter situ* gramatički je nepravilan i trebao bi glasiti *inter situs* (lat. *inter situs* = između mjestâ). Očuvanje na gospodarstvu prvenstveno se primjenjuje u svrhu očuvanja i održavanja raznolikosti tradicijskih kultivara koji su zapostavljeni u modernoj poljoprivrednoj proizvodnji. Nestajanjem tradicijskih kultivara gubi se genetska raznolikost neophodna za stvaranje novih kultivara prilagođenih različitim okolišnim uvjetima (**vidi potpoglavlje 5.2**).

OČUVANJE NA GOSPODARSTVU (engl. *on-farm conservation*) je očuvanje biljnih genetskih izvora tradicijskih kultivara u okruženju u kojem su razvili svoja specifična razlikovna svojstva.

Glavne značajke strategija očuvanja biljnih genetskih izvora prikazane su na **Slici 10.2**.



Slika 10.2. Strategije očuvanja biljnih genetskih izvora.

10.1 Očuvanje *ex situ*

U svrhu očuvanja biljnih genetskih izvora *ex situ* osnovani su različiti tipovi banaka gena. Ovisno o biljnom materijalu koji se u njima čuva razlikujemo:

(1) banke sjemena,

(2) *in vitro* i krioprezervirane kolekcije,

(3) poljske banke gena i

(4) banke DNA.

Odabir načina očuvanja *ex situ* određene biljne vrste uvelike ovisi o tipu sjemena. **Ortodoksno sjeme** (engl. *orthodox seed*) tvori većina poljoprivredno važnih kultura kao što su žitarice [kukuruz (*Zea mays*), pšenica (*Triticum aestivum*), riža (*Oryza sativa*)], mahunarke [soja (*Glycine max*), grah (*Phaseolus vulgaris*), grašak (*Pisum sativum*)] i brojne povrtlarske kulture [rajčica (*Solanum lycopersicum*), paprika (*Capsicum annuum*), krastavac (*Cucumis sativus*)].

Rekalcitrantno sjeme (engl. *recalcitrant seed*) nalazimo kod mnogih gospodarski važnih vrsta tropskih i suptropskih područja kao što su kokosova palma (*Cocos nucifera*), kakaovac (*Theobroma cacao*), kava (*Coffea arabica*), avokado (*Persea americana*) i brojne vrste agruma (*Citrus* spp.).

ORTODOKSNO SJEME (engl. *orthodox seed*) je sjeme koje podnosi sušenje do niskog sadržaja vlage (< 10 %), pa se može čuvati u uvjetima niske temperature i niske relativne vlage zraka.

REKALCITRANTNO SJEME (engl. *recalcitrant seed*) je sjeme koje je osjetljivo na gubitak vlage (< 30 do 50 %) i/ili temperaturu ispod 10 °C, pa nije moguće očuvati njegovu klijavost u klasičnim skladišnim uvjetima.

Biljne genetske izvore vrsta koje ne tvore ortodoksno sjeme nije moguće čuvati u bankama sjemena, tako da su u svrhu njihovog očuvanja osnovane *in vitro* i krioprezervirane kolekcije, kao i poljske banke gena. Godine 2014. Povjerenstvo za genetske izvore za prehranu i poljoprivredu Organizacije za prehranu i poljoprivredu (*FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*; CGRFA; **vidi potpoglavlje 11.1**) objavilo je Standarde za banke biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu (*Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*). Navedeni dokument sadrži detaljne preporuke za postupanje s biljnim materijalom u bankama sjemena, *in vitro* i krioprezerviranim kolekcijama, kao i poljskim bankama gena.

10.1.1 Banke sjemena

Čuvanje biljnih genetskih izvora u obliku sjemena najraširenija je metoda očuvanja biljnih vrsta koje proizvode ortodoksno sjeme, te se na taj način čuva oko 90 % biljnih genetskih izvora u svijetu. U Republici Hrvatskoj, u sklopu Nacionalne banke gena, 2022. godine bilo je pohranjeno preko 4000 primki sjemena različitih biljnih vrsta.

Postoje četiri kategorije kolekcija: **osnovna** (engl. *base collection*), **aktivna** (engl. *active collection*), **radna** (engl. *working collection*) i **sigurnosna** (engl. *safety collection*) kolekcija. Osnovna se kolekcija sastoji od **izvornih uzoraka** sjemena (engl. *most original sample*; MOS) na temelju kojih se, nakon regeneracije, odnosno umnažanja sjemena, uspostavlja aktivna kolekcija. Aktivna kolekcija služi za opis i procjenu svojstava primki, regeneraciju, distribuciju korisnicima; kao i za uspostavu radnih kolekcija. Radne se kolekcije koriste u znanstvenim i stručnim istraživanjima kao i u oplemenjivanju bilja. Sigurnosne kolekcije sadrže uzorke istovjetne onima osnovne kolekcije koji su iz sigurnosnih razloga pohranjeni na nekoj drugoj lokaciji (vidi *Priču o Svalbardu: Svjetska riznica sjemena*). Namjena, uvjeti i razdoblje čuvanja sjemena različitih kategorija kolekcija navedeni su **Tablici 10.1**.

IZVORNI UZORAK (engl. *most original sample*; MOS) je uzorak sjemena koji je prošao najmanji broj regeneracija od trenutka primitka i registracije u banci sjemena.

Postupci sa sjemenom unutar banke sjemena sastoje se od niza aktivnosti, prikazanih na **Slici 10.3**.

Tablica 10.1. Kategorije kolekcija sjemena.

Kategorija kolekcije	Namjena	Uvjeti čuvanja [temperatura (°C) i relativna vlažnost (RV %)]	Razdoblje čuvanja sjemena
Osnovna kolekcija	Dugoročno čuvanje i tvorba aktivne kolekcije	-18 ± 3 °C, RV 15 ± 3 %	dugoročno (> 20 godina)
Aktivna kolekcija	Opis i procjena svojstava, regeneracija i distribucija	+5-10 °C, RV 15 ± 3 %	srednjoročno (10-20 godina)
Radna kolekcija	Znanstvena i stručna istraživanja	sobna temperatura (do 23 °C)	kratkoročno (do 10 godina)
Sigurnosna kolekcija	Sigurnosna kopija osnovne kolekcije	-18 ± 3 °C, RV 15 ± 3 %	dugoročno (> 20 godina)

(1) ČIŠĆENJE SJEMENA

ZAŠTO: uklanjanje oštećenog, nedozrelog i zaraženog sjemena, primjesa te sjemena drugih biljnih vrsta

KAKO: mehanički ili ručno (sita, brusni papir, žičane rešetke, pincete, hvataljke, ventilatori)

(2) ODREĐIVANJE SADRŽAJA VLAGE I SUŠENJE SJEMENA

ZAŠTO: svođenje vlage sjemena na razinu pri kojoj je moguće dugoročno čuvanje sjemena

- osnovna kolekcija: sušenje do 3 - 7 % vlage
- aktivna kolekcija: sušenje do 7 - 11 % (žitarice), 3 - 8 % (uljarice)

KAKO: prirodno sušenje, desikatori, prostorije opremljene odstranjivačima vlage

(3) ISPITIVANJE KAKVOĆE SJEMENA

ZAŠTO: utvrđivanje klijavosti i životne sposobnosti

KAKO:

- prije pakiranja i spremanja sjemena u banku gena (najkasnije 12 mjeseci nakon primitka uzorka) te u propisanim intervalima tijekom čuvanja sjemena
- provođenje testa klijavosti i tetrazol testa*, **

(4) ISPITIVANJE ZDRAVSTVENOG STANJA SJEMENA

ZAŠTO: utvrđivanje prisutnost gljivica, bakterija, virusa i kukaca

KAKO: vizualni pregled sjemena (štetnici, jaja, plodna tijela gljivica, nakupine bakterija), pregled klijanaca ili ispitivanje na agaru za utvrđivanje prisutnosti gljivica i bakterija

(5) PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE SJEMENA

ZAŠTO: sprječavanje vlaženja sjemena i napada štetnika

KAKO: pohranjivanje u staklenim posudama, aluminijskim kutijama, plastičnim bocama te vakumiranim aluminijskim vrećicama

(6) DISTRIBUCIJA SJEMENA

ZAŠTO: omogućavanje korištenja prikupljenog sjemena oplemenjivačima, znanstvenicima, poljoprivrednicima i drugim potencijalnim korisnicima

KAKO: iz aktivnih kolekcija na temelju *Sporazuma o prijenosu materijala* (*Material Transfer Agreement*; MTA)

(7) REGENERACIJA

ZAŠTO:

- umnažanje sjemena čija se klijavost smanjila ispod 85 % od početne klijavosti
- potreba za povećanjem količine sjemena određene primke
- umnažanje primki koje su izrazito zanimljive s oplemenjivačkog stajališta (visoki prinos, otpornost na bolesti i štetnike)

KAKO: iz izvornih uzoraka ili iz aktivne kolekcije (do najviše tri uzastopne regeneracije);

- u uvjetima prirodnog staništa ili okolini koja neće selektirati pojedine genotipove
- uz primjenu odgovarajuće tehnologije uzgoja
- uz provedbu prostornih ili vremenskih izolacija kod stranooplodnih biljnih vrsta

*Propisani su Vodičem za ispitivanje klijavosti najvažnijih poljoprivrednih kultura (*Guidelines for testing germination of the most common crop species*) Međunarodne organizacije za testiranje sjemena (*International Seed Testing Agency*, ISTA).

**Početna klijavost sjemena trebala bi biti > 85 % za većinu kultiviranih biljnih vrsta, dok je za neke specifične primke (divlje i drvenaste vrste) prihvatljiva i niža početna klijavost (< 70 %). Ponovno ispitivanje životne sposobnosti sjemena trebalo bi provesti nakon isteka 1/3 vremena u kojem je predviđeno da će doći do smanjene životne sposobnosti sjemena na 85 % od početne klijavosti, ovisno o vrsti ili specifičnim primkama, ali ne kasnije od 40 godina.

Slika 10.3. Preporučeni postupci sa sjemenom u bankama sjemena.

10.1.2 *In vitro* i krioprezervirane kolekcije

U obliku *in vitro* kolekcija ili krioprezervacijom održavaju se biljne vrste kod kojih čuvanje u obliku sjemena nije moguće ili nije prikladno, kao što su:

(1) Vrste koje uglavnom ne tvore životnosposobno sjeme [npr. češnjak (*Allium sativum*), banana (*Musa* × *paradisiaca*)],

(2) Vrste koje tvore rekalcitrantno sjeme [npr. mango (*Mangifera indica*), kokosova palma (*Cocos nucifera*)],

(3) Vrste koje tvore ortodoksno sjeme, ali se u poljoprivrednoj praksi razmnažaju vegetativno [npr. krumpir (*Solanum tuberosum*), kasava (*Manihot esculenta*)]

Pritom je potrebno napomenuti da su brojne vrste koje se u poljoprivrednoj praksi razmnažaju vegetativno, iako se u prirodi razmnožavaju (i) generativno te tvore ortodoksno sjeme, uglavnom stranooplodne. Često je upravo to razlog zašto čuvanje sjemena tih biljnih vrsta nije prikladno jer na taj način nije moguće očuvati genetski integritet određenog specifičnog genotipa, odnosno kultivara. Kod nekih je vrsta dodatan problem dugo razdoblje koje treba proteći do ulaska u reproduktivnu fazu [npr. maslina (*Olea europaea*), bambus (*Bambusa* spp.)]

In vitro kolekcije temelje se na **kulturi tkiva** (engl. *tissue culture*). **Eksplantati** (engl. *explant*) se čuvaju na hranjivim podlogama i to najčešće u uvjetima usporenog rasta što se postiže izlaganjem niskim temperaturama (5 do 10 °C za vrste koje nisu osjetljive na hladnoću; 15 do 20 °C za tropske vrste), niskom intenzitetu svjetlosti i/ili dodavanjem inhibitora rasta u hranjivu podlogu. Navedeni uvjeti još uvijek dopuštaju rast biljnih stanica i tkiva.

KULTURA TKIVA (engl. *tissue culture*) biotehnološka je metoda koju čini niz postupaka kojima se eksplantati prenose na sterilne hranjive podloge s potrebnim hranjivima za rast i razvoj te se čuvaju u kontroliranim uvjetima.

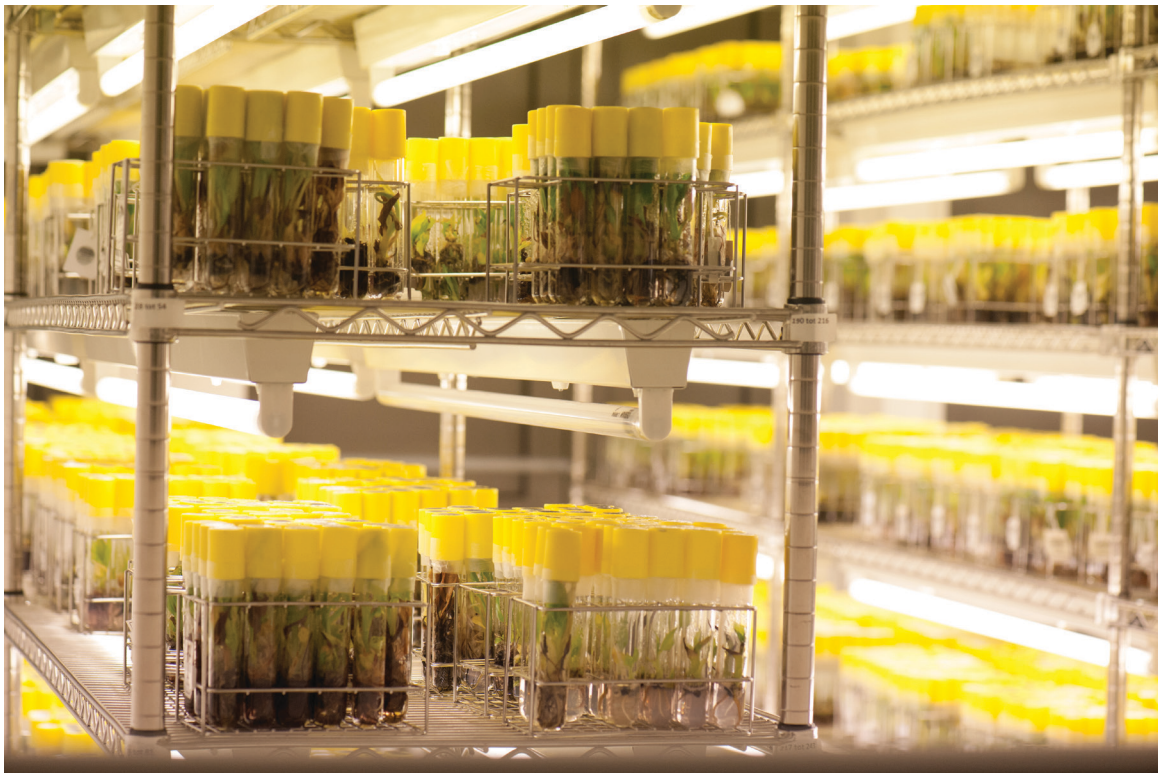
EKSPLANTAT (engl. *explant*) je dio biljnog tkiva ili organa (polen, zametak [embrij], dijelovi stabljike, lista ili korijena) koji se prenosi na hranjivu podlogu u svrhu njihovog rasta i razvoja.

Danas u svijetu postoje brojne *in vitro* kolekcije primki češnjaka (*Allium sativum*), kasave (*Manihot esculenta*), krumpira (*Solanum tuberosum*), masline (*Olea europea*) i slatkog krumpira (*Ipomoea batatas*) te mnogih drugih kulturnih biljnih vrsta. Osobito je impresivna *in vitro* kolekcija primki banana (*Musa* spp.) koja se čuva u okviru Međunarodnog tranzitnog centra germplazme banana (*International Musa Germplasm Transit Centre*; ITC) u Leuvenu, Belgija (**Slika 10.4**). Godine 2023. kolekcija je sadržavala preko 1600 primki, a u proteklih je 30 godina navedeni centar distribuirao više od 17 000 uzoraka primki poljoprivrednicima i znanstvenicima iz preko 100 zemalja svijeta. Potrebno je pritom istaknuti da je distribuirani biljni materijal bio potpuno ozdravljen, odnosno slobodan od patogena (gljive, bakterije, virusi).

Iako se ta metoda pokazala uspješnom u očuvanju biljnog materijala velikog broja biljnih vrsta (posebice onih koje se razmnažaju vegetativno), potencijalni je problem pojava **somaklonske varijabilnosti** (engl. *somaclonal variation*) te potreba za čestim obnavljanjem

kolekcija, što je financijski i vremenski zahtjevno.

SOMAKLONSKA VARIJABILNOST (engl. *somaclonal variation*) je fenotipska i/ili genotipska raznolikost primijećena kod biljaka razmnoženih postupkom kulture *in vitro*.



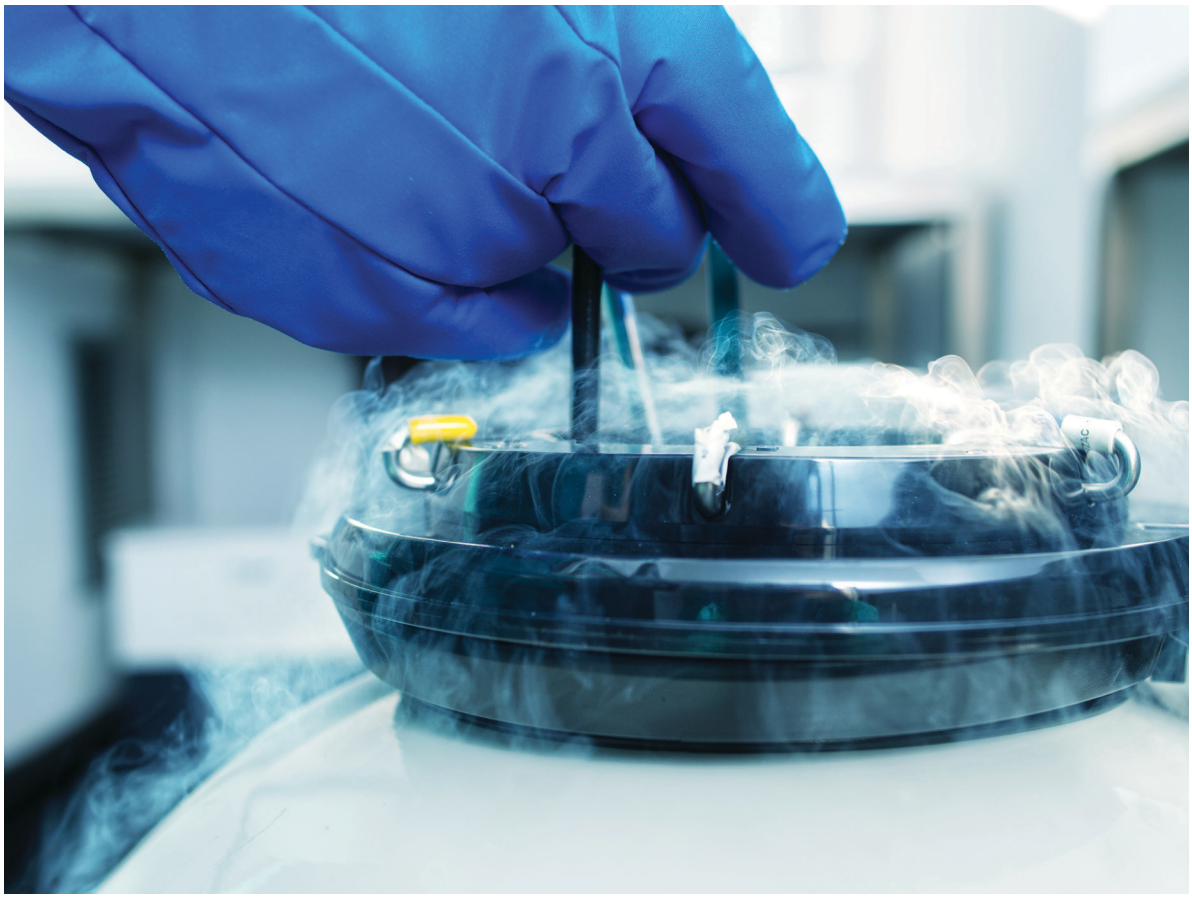
Slika 10.4. *In vitro* kolekcija primki banana (*Musa* spp.) Međunarodnog tranzitnog centra germplazme banana (*International Musa Germplasm Transit Centre*; ITC) u Leuvenu, Belgija.

U svrhu uklanjanja navedenih nedostataka, razvijen je drugi pristup očuvanja biljnih genetskih izvora i to **krioprezervacijom** koja za razliku od čuvanja *in vitro* kolekcija u uvjetima usporenog rasta, omogućava dugoročno čuvanje (**Slika 10.5**).

KRIOPREZERVACIJA je postupak čuvanja biljnog materijala na niskim temperaturama, najčešće u tekućem dušiku na –196 °C. U takvim je uvjetima dioba stanica i metabolička aktivnost u potpunosti zaustavljena, pa je time isključena i mogućnost pojave mutacija, a u isto vrijeme biljni materijal ostaje životnosposoban tijekom dužeg vremenskog razdoblja.

Razvijeni su protokoli krioprezervacije za veliki broj biljnih vrsta i za različite tipove eksplantata. Uspješnost krioprezervacije ovisi o biljnoj vrsti, njezinoj genetskoj raznolikosti, tipu eksplantata i primijenjenoj metodi. Na taj se način može čuvati biljni materijal koji je sposoban podnijeti zamrzavanje i otapanje, nakon čega zadržava sposobnost regeneracije

čitave biljke. Glavni nedostatak konvencionalnih metoda krioprezervacije stvaranje je ledenih kristala prilikom smrzavanja biljnog materijala koji mogu oštetiti biljne stanice. Navedeno je moguće izbjeći potpunom dehidracijom biljnog tkiva; međutim, to ne predstavlja odgovarajuće rješenje za većinu biljnog materijala, budući da dehidracija jednako tako dovodi do odumiranja biljnih stanica. Zbog toga su razvijene moderne metode krioprezervacije koje se temelje na vitrifikaciji, odnosno primjeni visoko koncentriranih otopina krioprotektora koji dehidriraju biljno tkivo pretvarajući unutarstaničnu vodu u amorfno staklo, sprječavajući tako nastanak ledenih kristala. Neki su od primjera biljnih vrsta koji se čuvaju krioprezervacijom banane (*Musa* spp.), češnjak (*Allium sativum*), jabuka (*Malus domestica*), kasava (*Manihot esculenta*), krumpir (*Solanum tuberosum*), metvice (*Mentha* spp.) i slatki krumpir (*Ipomoea batatas*).



Slika 10.5. Krioprezervacija biljnih uzoraka tkiva u tekućem dušiku.

10.1.3 Poljske banke gena

U poljskim bankama gena biljni genetski izvori čuvaju se u obliku živućih kolekcija izvan izvornog staništa, na polju ili u staklenicima. Kao i u slučaju *in vitro* i krioprezerviranih kolekcija, u poljskim se kolekcijama čuvaju vrste koje ne tvore životnosposobno sjeme, vrste koje tvore rekalcitrantno sjeme i vrste koje se u poljoprivrednoj praksi razmnažaju vegetativno. Na taj se način često čuvaju spororastuće vrste kojima je potreban određen niz godina da prijeđu

u reproduktivnu fazu, a primke se čuvaju u obliku klonskog materijala (npr. jabuka [*Malus domestica*], maslina [*Olea europaea*] i vinova loza [*Vitis vinifera*]).

Prilikom podizanja poljske banke gena posebnu pozornost treba obratiti na agroekološke uvjete lokacije banke (klima, tip tla, nadmorska visina), koji bi trebali biti što sličniji uvjetima mjesta prikupljanja (porijekla) biljnog materijala. Ujedno, lokacija kolekcije trebala bi biti takva da postoji najmanji mogući rizik od napada štetnika i bolesti, poplava, smrzavanja i drugih čimbenika koji bi mogli ugroziti prikupljeni biljni materijal. Ukoliko se primke poljske kolekcije koriste za proizvodnju sjemena, potrebno je osigurati prostornu izolaciju od drugih usjeva i/ili divljih srodnika, kako bi se uklonio rizik od razmjene gena te održao genetski integritet biljnog materijala. Prednosti su tog tipa čuvanja biljnih genetskih izvora dostupnost i mogućnost nadzora kolekcije te provedbe opisa i procjene svojstava tijekom čuvanja. Nedostaci su izloženost kolekcije bolestima i štetnicima tijekom čuvanja te relativno visoki troškovi održavanja.

Najveće poljske banke gena nalaze se u Japanu [agrumi (*Citrus* spp.), jabuka (*Malus domestica*), slatki krumpir (*Ipomoea batatas*)]; Rusiji [jabuka (*Malus domestica*), krumpir (*Solanum tuberosum*)]; SAD-u [jabuka (*Malus domestica*), krumpir (*Solanum tuberosum*), slatki krumpir (*Ipomoea batatas*)] i Brazilu [(agrumi (*Citrus* spp.), kava (*Coffea* spp.)]. U okviru Andaluzijskog instituta za istraživanja i obrazovanje u poljoprivredi, ribarstvu, prehrambenoj tehnologiji i ekološkoj proizvodnji (*Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecologica;* IFAPA) pomoću zajedničkog projekta Organizacije za hranu i poljoprivredu (*The Food and Agriculture Organization*; FAO) i Nacionalnog instituta za poljoprivredu i hranu (*Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria*; INIA), te uz podršku Međunarodnog vijeća za maslinu (*International Olive Council*; IOC) 1970. godine u Kordobi, Španjolska osnovana je Svjetska banka germplazme masline (*World Olive Germplasm Bank*; WOGB) (**Slika 10.6**).



Slika 10.6. Dr. sc. Angjelina Belaj, kustosica Svjetske banke germplazme masline (*World Olive Germplasm Bank*) u Kordobi, Španjolska.

U Svjetskoj se banci germplazme masline danas čuva više od 1200 primki maslina (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *europaea*) iz 29 zemalja, te ona predstavlja svjetsku referentnu kolekciju maslina. Osim kolekcije kulturnih maslina, uspostavljena je i kolekcija divljih maslina (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *sylvestris*) s preko 350 genotipova. Tijekom više od 50 godina provedena su mnogobrojna morfološka, agronomska, fitopatološka, biokemijska i genetska istraživanja maslina koja su rezultirala novim ključnim spoznajama.

10.1.4 Banke DNA

U bankama DNA čuva se DNA (jezgrina, kloroplastna, mitohondrijska) izolirana iz biljnog materijala, kao i biljna tkiva za izolaciju DNA. Prve banke DNA formirane su gotovo slučajno, kao kolekcije uzoraka koji su se čuvali u laboratorijima diljem svijeta nakon provedbe genetskih istraživanja. Konvencionalne metode očuvanja biljnih genetskih izvora (poljske banke gena, kolekcije sjemena, botanički vrtovi) izvor su biljnog materijala za izolaciju DNA. Uzorci DNA kratkoročno se čuvaju na -20 °C (min. 2 godine), a dugoročno (min. 10 godina) na temperaturi od -70 °C ili u tekućem dušiku (-196 °C). Za razliku od ostalih metoda očuvanja biljnih genetskih izvora, iz DNA nije moguća regeneracija određene primke ili vrste. Međutim, banke DNA daju veliki doprinos očuvanju biljnih genetskih izvora, jer omogućavaju genetsku karakterizaciju biljnih genetskih izvora. Broj je banaka DNA sve veći, a u svrhu istraživanja moguće je zatražiti malu količinu DNA. Od važnijih banaka DNA valja spomenuti Banku DNA Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu, Velika Britanija (*The Royal Botanic Gardens, Kew – DNA and tissue bank*), Banku DNA Botaničkog vrta i Botaničkog muzeja u Berlinu, Njemačka (*Botanical Garden and Botanical Museum DNA Bank*), te Banku DNA Botaničkog vrta Missourija, St. Louis, SAD (*Missouri Botanic Garden DNA Bank*).

Svaka od prethodno opisanih tipova banaka biljnih gena ima svojih prednosti i nedostataka (**Tablica 10.2**).

Tablica 10.2. Prednosti i nedostaci tipova banaka biljnih gena.

Tip banke gena	Prednosti	Nedostaci
Banke sjemena	• mogućnost srednjoročnog i dugoročnog čuvanja biljnog materijala • mogućnost očuvanja široke genetske raznolikosti određene vrste • dostupnost biljnog materijala za provedbu opisa i procjene svojstava • dostupnost biljnog materijala za oplemenjivanje • niski troškovi održavanja nakon uspostave kolekcije	• nemogućnost čuvanja biljnih vrsta koje proizvode rekalcitrantno sjeme • rizik od gubitka genetske raznolikosti kroz proces regeneracije
In vitro i krioprezervirane kolekcije	• očuvanje biljnih vrsta s rekalcitrantnim sjemenom, vrsta koje ne proizvode sjeme i onih s iznimno sporim ulaskom u generativnu fazu • mogućnost eliminacije patogena te stoga i razmjene zdravog biljnog materijala (npr. bezvirusni biljni materijal) • pristup biljnom materijalu za provedbu opisa i procjene svojstava	• mogućnost pojave somaklonske varijabilnosti • potreba za razvitkom specifičnih protokola za različite biljne vrste • potreban visok stupanj znanja i tehnologije • visoki troškovi održavanja

Nastavak **Tablice 10.2.**

Tip banke gena	Prednosti	Nedostaci
Poljske banke biljnih gena	• relativno jednostavna metoda za očuvanje biljnih vrsta s rekalcitrantnim sjemenom, sterilnih biljnih vrsta ili biljnih vrsta koje se razmnožavaju vegetativno • dostupnost biljnog materijala za provedbu opisa i procjene svojstava	• izloženost biljnog materijala biotičkim i abiotičkim stresovima (suša, bolesti, štetnici) • otežana razmjena biljnog materijala radi rizika od prijenosa bolesti i štetnika • potreba za većim površinama • ograničena genetska raznolikost
Banke DNA	• relativno jednostavna metoda očuvanja • niski troškovi održavanja kolekcija	• nemogućnost regeneracije čitave biljke

Priča o Svalbardu: Svjetska riznica sjemena

Svjetska riznica sjemena na Svalbardu (*Svalbard Global Seed Vault*) započela je s radom u veljači 2008. godine s ciljem pohrane sigurnosnih kolekcija svjetskih banaka biljnih gena te podizanja svijesti javnosti o važnosti očuvanja i korištenja biljnih genetskih izvora. Objekt za pohranu sjemena nalazi se u blizini grada Longyearnbyen, na otoku Spitsbergenu, u sklopu norveškog arhipelaga Svalbard, koji se nalazi u Arktičkom oceanu (**Slika 10.7**). Smješten je unutar planine Platåberget na području koje se naziva Nordenskiöldova zemlja. Lokacija je odabrana radi odgovarajućih klimatskih i geoloških uvjeta potrebnih za pohranu sjemena. Pod vječnim ledom (permafrostom) temperature su konstantne, od - 3,5 °C do - 4.0 °C, čime su i prirodno osigurani povoljni uvjeti za čuvanje sjemena. Lokacija je udaljena od civilizacije, stoga je i zaštićena od mogućih negativnih antropogenih utjecaja, a u isto vrijeme je pristupačna za transport sjemena. Ujedno, područje je geološki stabilno s niskim razinama zračenja.

Spomenutom bankom sjemena upravljaju norveška Vlada, Nordijski centar za genetske izvore (*Nordic Genetic Resource Center*; *NordGen*) i Svjetski fond za raznolikost kulturnog bilja (*Global Crop Diversity Trust*). Norveško ministarstvo poljoprivrede i prehrane odgovorno je pravno tijelo, a njegov rad nadzire Međunarodno savjetodavno vijeće (*International Advisory Council*) kojeg čine predstavnici: Organizacije za prehranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization*; FAO), nacionalnih banaka gena, Savjetodavne skupine za međunarodna poljoprivredna istraživanja (*Consultative Group for International Agricultural Research*; CGIAR) i Upravnog tijela međunarodnog ugovora o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (*Governing Body of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA).



Slika 10.7. Lokacija Svjetske riznice sjemena na Svalbardu.

Objekt se sastoji od tunela dugog 120 m te tri prostorije, svaka kapaciteta za pohranu 1,5 milijuna uzoraka. Sagrađen je 130 m iznad razine mora pa će biti siguran za pohranu sjemena ukoliko dođe do podizanja razine mora (**Slika 10.8**). Objekt je opremljen i sustavom za hlađenje kojim se temperatura održava na -18 °C. Sjeme je upakirano u četverostruke aluminijske vrećice, koje se smještaju u kutije i pohranjuju na police unutar objekta. Niska temperatura i niska relativna vlaga zraka osiguravaju nisku metaboličku aktivnost sjemena, što omogućava njihovo dugoročno čuvanje.

Kao što je već navedeno, primke sjemena koje se čuvaju u Svalbardu sigurnosni su uzorci matičnih banaka iz cijelog svijeta. Banke sjemena koje svoje primke pohranjuju u kolekciju, s Nordijskim centrom za genetske izvore, koji zastupa norvešku Vladu, potpisuju Sporazum o pologu (*Deposit Agreement*). Sporazumom je definirano da su pohranjene primke i dalje u vlasništvu matične banke, koja ima slobodan pristup pohranjenim primkama te brine o životnoj sposobnosti sjemena i potrebi za regeneracijom. U 2023. godini u Svalbardskoj je kolekciji bilo pohranjeno ukupno 1 214 827 primki oko 6000 biljnih vrsta iz 1154 rodova. Čuvano sjeme porijeklom je iz 231 zemlje i 98 institucija. Tri puta godišnje moguće je pohraniti nove primke u kolekciju, a u 2023. godini po prvi puta je to učinila i Republika Hrvatska. Pohranjena je ukupno 161 primka, odnosno 153 primke žitarica i kukuruza, te osam primki povrća iz Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske. Baza podataka na kojoj je omogućen pregled i pretraživanje biljnih vrsta čije se sjeme čuva u riznici sjemena dostupna je na mrežnim stranicama Svjetske riznice sjemena na Svalbardu.



Slika 10.8. Svjetska banka sjemena na Svalbardu. **(A)** Ulaz u banku sjemena; **(B)** dr. sc. Åsmund Asdal, koordinator banke; **(C)** Tunel koji vodi u prostorije u kojima se čuva sjeme.

10.2 Očuvanje *in situ*

Očuvanje *in situ,* podrazumijeva očuvanje i održavanje ekosustava i prirodnih staništa te očuvanje populacija i/ili genotipova u njihovom izvornom — prirodnom okruženju, u kojem su razvili svoja prepoznatljiva svojstva. Glavni je cilj očuvanja *in situ* omogućiti samoodrživost biološke raznolikosti u određenom ekosustavu. Stoga je potrebno omogućiti populaciji vrste od interesa da se spontano razmnožava, prilagođava okolišu i evoluira odgovarajući tako na selekcijske pritiske (npr. klimatske promjene, suše, poplave, kisele kiše te druge abiotičke kao i biotičke čimbenike).

Specifični ciljevi očuvanja *in situ* su sljedeći:

(1) Očuvanje osjetljivih i ugroženih biljnih vrsta na području prirodne rasprostranjenosti,

(2) Očuvanje divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta i divljih biljnih vrsta koje se koriste u prehrani,

(3) Kontinuirano praćenje populacija/vrsta od interesa i provedba znanstvenih istraživanja,

(4) Utvrđivanje jedinki/populacija sa specifičnim, poželjnim fenotipskim i genotipskim svojstvima,

(5) Očuvanje većeg broja biljnih vrsta koje su prisutne na istom području, a imaju veliku gospodarsku vrijednost ili važnost u održavanju ravnoteže unutar određenog ekosustava,

(6) Očuvanje vrsta koje se ne mogu regenerirati izvan svojih prirodnih staništa jer su sastavni dio kompleksnih ekosustava (npr. vrste tropskih kišnih šuma u kojima postoji visok stupanj međuovisnosti između vrsta),

(7) Očuvanje biljnih vrsta s visokospecijaliziranim sustavom razmnožavanja (npr. biljnih vrsta koje ovise o specifičnim oprašivačima, koji pak ovise o drugim sastavnicama ekosustava),

(8) Očuvanje biljnih vrsta s rekalcitrantnim sjemenom ili sjemenom niske klijavosti,

(9) Minimiziranje utjecaja antropogenih čimbenika na genetsku raznolikost i poticanje aktivnosti koje pozitivno djeluju na njeno povećanje.

Očuvanje *in situ* može se promatrati kao dinamičan proces koji omogućava nesmetano odvijanje evolucijskih procesa koji dovode do povećanja genetske raznolikosti i prilagodbe vrsta/populacija na različite okolišne uvjete. Smatra se da će kontinuirano izlaganje jedinki/populacija vrsta selekcijskim pritiscima pogodovati povećanju genetske raznolikosti i pojavi novih svojstava koje mogu biti od važnosti za poljoprivrednu proizvodnju u budućnosti. Pojedini autori smatraju da je strategija *in situ* temeljna strategija očuvanja biljnih vrsta, te da su metode očuvanja *ex situ* one koje je nadopunjuju. Navedeno obrazlažu činjenicom da su kolekcije *ex situ* „zamrznute snimke“ koje odražavaju genetsku raznolikost i strukturu populacija u vrijeme njihovog prikupljanja, za razliku od očuvanja *in situ* koje omogućuje nastavak djelovanja selekcijskih i adaptivnih procesa kod biljaka. Očuvanje *in situ* usmjereno je na očuvanje šire genetske raznolikosti te potencijalno važnih korisnih gena/genotipova čija važnost danas još možda nije prepoznata.

Očuvanje *in situ* biljnih genetskih izvora u najvećoj se mjeri provodi putem sustava zaštićenih područja, o čemu je više riječi bilo u **potpoglavlju 2.3**, kao i programima obnavljanja populacija i njihovih prirodnih staništa.

S obzirom da očuvanje svih biljnih vrsta nije moguće, potrebno je odrediti prioritete. U praksi, prioritetne biljne vrste određuju se na temelju lokalne i/ili regionalne važnosti, a određuju ih institucije uključene u programe očuvanja na određenom području. Odabir se provodi prema kriterijima koji uzimaju u obzir gospodarsku vrijednost vrste, kategoriju biljne vrste, ugroženost, područje rasprostranjenosti, kao i opasnost od genetske erozije (**vidi potpoglavlje 3.3**).

Opća pitanja na temelju kojih se provodi odabir prioritetnih biljnih vrsta za očuvanje *in situ* su sljedeća:

(1) Koja je stvarna ili potencijalna gospodarska vrijednost određene biljne vrste ili vrsta?

(2) U koju skupinu biljnih vrsta spada ciljana biljna vrsta (npr. divlji srodnik kulturnih biljnih vrsta, ljekovito i aromatično bilje, ukrasno bilje, krmno bilje)? Može li se biljna vrsta koristiti

za obnovu ili rehabilitaciju staništa?

(3) Koji je trenutni status zaštite vrste?

(4) Je li biljna vrsta endemična, ograničene rasprostranjenosti ili je široko rasprostranjena?

(5) Je li biljna vrsta suočena sa stalnim smanjenjem veličine i brojnosti populacija?

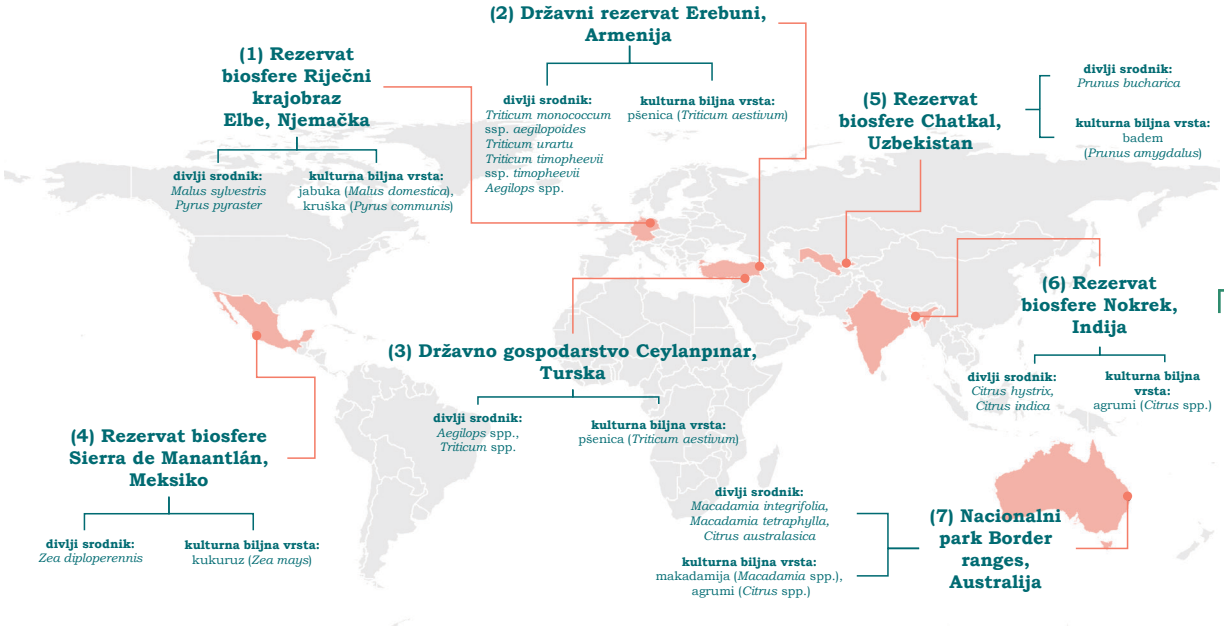
(6) Postoje li dokazi da je biljna vrsta suočena s genetskom erozijom?

(7) Ima li vrsta kulturološku važnost?

Nakon odabira prioritetnih biljnih vrsta, a prije planiranja aktivnosti vezanih uz očuvanje *in situ* prikupljaju se detaljne informacije o vrstama koje uključuju podatke o rasprostranjenosti, tradicionalnoj upotrebi, obimu sakupljanja u prirodi i posljedicama sakupljanja, načinu razmnožavanja i mogućnostima uzgoja. Istražuje se prisutnost biljne vrste u zaštićenim područjima i njezina zastupljenost u *ex situ* kolekcijama. Prije planiranja aktivnosti preporuča se i analiza genetske raznolikosti vrste koja bi trebala dati bolji uvid u postojeće stanje i usmjeriti aktivnosti očuvanja *in situ*. Kod odabira područja za očuvanje *in situ* treba voditi računa o brojnosti i veličini populacija prioritetne vrste. Slijedi planiranje, dizajn i uspostava područja za očuvanje *in situ*, nakon čega se kontinuirano prati stanje populacija i donose planovi obnavljanja. Aktivnosti očuvanja *in situ* nedvojbeno uključuju lokalno stanovništvo koje je u bliskom doticaju s ekosustavom te je od iznimne važnosti podići svijest lokalne zajednice kako bi se odabrana područja očuvala na najbolji mogući način. S tim ciljem provode se aktivnosti informiranja lokalne zajednice i vlasti o provedbi očuvanja *in situ*.

Kao jedan od već spomenutih specifičnih ciljeva očuvanja *in situ* je i očuvanje divljih biljnih vrsta koje se koriste u prehrani (izravno upotrebljiv divlji biljni materijal; **vidi potpoglavlje 6.1**) kao i divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta (divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način; **vidi potpoglavlje 6.2**). Divlje biljne vrste koje se koriste u prehrani čine važnu sastavnicu ljudske prehrane diljem svijeta i mogle bi imati važnu ulogu u borbi protiv globalnog problema pothranjenosti. Divlji srodnici kulturnih biljnih vrsta često imaju znatno širu genetsku raznolikost od njihovih kulturnih srodnika koji su tijekom udomaćenja i oplemenjivanja prošli kroz genetsko usko grlo (engl. *bottleneck*; **vidi potpoglavlje 7.1**). Stoga je od velike važnosti upravo *in situ* očuvanje divljih srodnika koje omogućava njihovu kontinuiranu prilagodbu okolišnim uvjetima i nesmetanu evoluciju. U svrhu njihovog očuvanja uspostavljaju se **genetski rezervati** (engl. *gene management zones/gene sanctuaries*) koji se često nalaze unutar postojećih zaštićenih područja, ali moguća je i njihova uspostava *de novo*. Najvažniji svjetski genetski rezervati prikazani su na **Slici 10.9**.

GENETSKI REZERVATI (engl. *gene management zones/gene sanctuaries*) su zaštićena područja u kojima se provodi aktivno i dugoročno očuvanje, praćenje i nadzor genetske raznolikosti divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta, kao i divljih vrsta koje imaju stvarnu ili potencijalnu gospodarsku vrijednost.



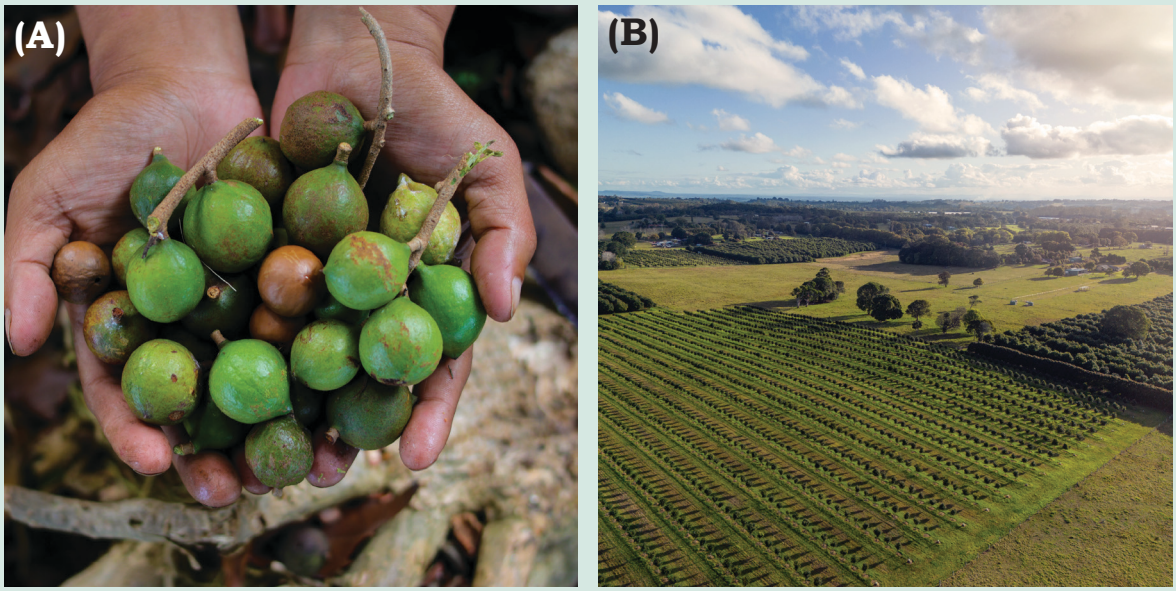
Slika 10.9. Primjeri genetskih rezervata namijenjenih očuvanju biljnih genetskih izvora *in situ*.

Priča o makadamiji: Očuvanje divljih srodnika

Rod *Macadamia* pripada porodici Proteaceae i broji četiri vrste: *Macadamia integrifolia, Macadamia jansenii*, *Macadamia ternifolia* i *Macadamia tetraphylla.* Endemične su vrste Australije, a prirodno rastu u nizinskim suptropskim prašumama sjeveroistočnog Novog Južnog Walesa i jugoistočnog Queenslanda. Plodovi divljih stabala makadamije bili su stoljećima izvor hrane autohtonog stanovništva. Nazivaju ih australskim darovima svijetu (engl. *Australia's Gift to the World*) i važan su dio australske kulturne baštine i povijesti. Plodovi makadamije (**Slika 10.10A**) sadrže brojne spojeve korisne u ljudskoj prehrani, a iz njih se izdvaja i biljno ulje koje se primjenjuje u aromaterapiji i kozmetici. Bogati su nezasićenim masnim kiselinama (oleinska, palmitoleinska, linolna, linoleinska), vitaminom E, sterolima i brojnim mineralima.

Prema nekim izvorima, krajem XIX. stoljeća makadamiju je na Havaje introducirao William Herbert Purvis (1858. – 1950.), engleski kolekcionar biljaka i investitor u proizvodnju šećerne trske. Makadamija je pritom trebala poslužiti za zaštitu nasada šećerne trske od udara vjetra. Slatki su plodovi makadamije ubrzo pobudili zanimanje uzgajivača šećerne trske, što je potaklo početak komercijalnog uzgoja na Havajima 20-ih godina prošlog stoljeća (**Slika 10.10B**). Pokrenuta su brojna istraživanja i oplemenjivački programi koji su dali veliki doprinos razvitku

njenog komercijalnog uzgoja. Ubrzo se proizvodnja proširila i u druge dijelove svijeta, a dugi niz godina Havaji su bili vodeći u svjetskoj proizvodnji. U 2022. godini najveći proizvođači makadamije bili su Australija i Južna Afrika (oko 50 % ukupne svjetske proizvodnje), a slijedile su ih Kina, Kenija, SAD (Havaji), Gvatemala, Vijetnam i Malavi. Svjetska proizvodnja makadamije temelji se na kultivarima koji su nastali havajskim oplemenjivačkim programima, a pripadaju vrstama *M. integrifolia* ili križancima vrsta *M. integrifolia* i *M. tetraphylla*. Nedavna istraživanja pokazala su da ti kultivari vjerojatno potječu od jednog do nekoliko stabala iz Queenslanda ili Havaja zbog čega imaju usku genetsku osnovu, odnosno vrlo nisku razinu genetske raznolikosti. Stoga je očuvanje divljih populacija makadamije od velike važnosti jer one predstavljaju izvor gena otpornosti na mnoge abiotičke i biotičke čimbenike kao i gena za poželjna svojstva (npr. stabla niskog habitusa, plodovi s tanjom ljuskom) za upotrebu u oplemenjivačkim programima i stvaranju novih kultivara. Međutim, prirodne su populacije četiriju vrsta makadamije ugrožene jer su brojna prirodna staništa spomenutih vrsta od dolaska Europljana krajem XVIII. stoljeća bila iskrčena, što je dovelo do smanjenja veličine i brojnosti populacija.



Slika 10.10. Makadamija (*Macadamia* spp.): **(A)** ubrani plodovi, **(B)** plantaža na području Novog Južnog Walesa, Australija.

Procjenjuje se da je od tog vremena izgubljeno 80 % prirodnih staništa makadamije i 30 do 50 % prirodnih populacija. Posljedično, vrste *M. integrifolia, M. tetraphylla, M. ternifolia* danas su rijetke i klasificirane su kao osjetljive (VU) prema IUCN-u (**vidi potpoglavlje 3.3**). *Macadamia janseni* proglašena je ugroženom (EN), a pronađena je na samo jednoj lokaciji, udaljenoj više od 150 km sjeverno od najbliže populacije *M. integrifolia*, dok se preostale vrste preklapaju na manjim dijelovima područja rasprostranjenosti te dolazi do križanja između vrsta *M. integrifolia* i *M. ternifolia*, kao i između vrsta *M. integrifolia i M. tetraphylla*. Prirodne populacije vrsta iz roda *Macadamia* dodatno ugrožavaju invazivne vrste korova te požari koji su česta pojava na prirodnim staništima za koje se predviđa da će pretrpjeti znatne promjene u nadolazećim desetljećima. Porast temperature i nepredvidljiv raspored oborina uzrokovan klimatskim promjenama dodatno će ugroziti njihov opstanak.

Važnost prirodnih populacija prepoznata je 60-ih godina prošlog stoljeća, ali prvi projekt usmjeren k njihovom očuvanju pokrenut je tek 1988. godine. Projekt je financiralo Australsko

makadamijsko društvo (*Australian Macadamia Society*) uz potporu njihove Vlade, a provodili su ga znanstvenici sa Sveučilišta u Queenslandu. Projekt je pobudio veliko zanimanje i podršku javnosti te rezultirao brojnim saznanjima o opasnostima s kojima se prirodne populacije suočavaju i mjerama koje je potrebno poduzeti za njihovo očuvanje *in situ*. Otada se u tu svrhu kontinuirano provode aktivnosti kartiranja staništa prirodnih populacija makadamije uz praćenje njihove brojnosti, kao i brojna genetska istraživanja; a kontrola rizika od požara provodi se uklanjanjem invazivnih vrsta korova.

10.2.1 Očuvanje na gospodarstvu

Očuvanje na gospodarstvu (engl. *on farm conservation*) predstavlja zasebni oblik očuvanja *in situ*, pri čemu se biljni genetski izvori čuvaju i održavaju kroz poljoprivrednu proizvodnju. Očuvanje na gospodarstvu definira se i kao nastavak uzgoja biljnih genetskih izvora u poljoprivrednom sustavu u kojem su i nastali, odnosno razvili svoja razlikovna svojstva.

Takav oblik očuvanja biljnih genetskih izvora izrazito je dinamičan i kao takav uključuje učinak ljudskog, ali i prirodnog odabira u sustavu proizvodnje. Neformalni oblik očuvanja na gospodarstvu provodi se već tisućljećima. Poljoprivrednici su nakon berbe ili žetve zadržavali dio uroda (sjemena ili sadnog materijala) za sjetvu, odnosno podizanje novih usjeva u narednoj godini. Svjesno su provodili odabir na veći prinos, kvalitetu i/ili otpornost na bolesti i štetnike u svrhu pospješivanja poljoprivredne proizvodnje u lokalnom okruženju. Tako su, u konačnici, nastali i prvi tradicijski kultivari. Stoga, prilikom očuvanja na gospodarstvu poljoprivrednici i ruralne zajednice imaju presudnu ulogu, a biljni je materijal slobodno dostupan svim zainteresiranim korisnicima. Iako poljoprivredna proizvodnja najčešće teži ujednačenosti nasada i usjeva, čak i niska razina raznolikosti pruža poljoprivredniku mogućnost provedbe selekcije na određena svojstva, umnažanja novootkrivenih genotipova ili klonova te razmjenu s drugim poljoprivrednicima osiguravajući tako dugoročni razvoj i odabir genetskog materijala. Zahvaljujući raširenosti takve prakse u prošlosti, danas postoji obilje lokalnih tradicijskih kultivara brojnih poljoprivrednih vrsta.

Opće su značajke očuvanja na gospodarstvu sljedeće:

(1) komplementarno je očuvanju *ex situ*,

(2) omogućava evoluciju kulturnih biljnih vrsta i njihovu prilagodbu promjenama uzgojnih uvjeta,

(3) čuva raznolikost i potiče razvoj kultiviranih biljnih vrsta kao i nastavak tradicije njihovog uzgoja i upotrebe,

(4) potiče diverzifikaciju poljoprivredne proizvodnje te posljedično povećanje raznolikosti poljoprivrednih proizvoda i ljudske prehrane,

(5) potiče očuvanje i razvoj novih kulturnih krajobraza.

Očuvanje na gospodarstvu usmjereno je k održavanju tradicijskih, rjeđe i zastarjelih (modernih) kultivara te očuvanju načina uzgoja unutar tradicijskih poljoprivrednih sustava. Kao što je detaljnije opisano u **potpoglavlju 5.2**, tradicijski su kultivari prilagođeni određenim

agroekološkim uvjetima, imaju gospodarsku ili kulturnu vrijednost za lokalnu zajednicu te specifična svojstva (npr. okus, oblik, boja). Očuvanjem na gospodarstvu kontinuirano se prilagođavaju promjenjivim okolišnim uvjetima, pri čemu zadržavaju temeljna fenotipska svojstva zbog kojih i imaju određenu gospodarsku vrijednost; što je i obilježje uspješnog ishoda ovakvog tipa očuvanja. Uz čuvanje tradicijskih i zastarjelih kultivara, očuvanje na gospodarstvu usmjereno je i na očuvanje cjelokupnih tradicijskih agroekosustava. Putem očuvanja na gospodarstvu poljoprivrednici se mogu aktivno uključiti u nacionalne programe za očuvanje biljnih genetskih izvora i izravno odlučivati u odabiru prioriteta za očuvanje.

Očuvanje velikog broja tradicijskih kultivara u uzgoju na tradicijski način od globalne je važnosti, posebice u suočavanju s klimatskim promjenama. Zbog sposobnosti prilagodbe različitim okolišnim uvjetima tradicijski su kultivari pogodni za uzgoj u marginalnim i agroekološki heterogenim sredinama te zbog toga doprinose globalnoj sigurnosti prehrane. Takav način očuvanja doprinosi diverzifikaciji poljoprivredne proizvodnje te omogućava poljoprivrednicima ostvarivanje dodatnog prihoda otvaranjem novih tržišnih mogućnosti.

Priča o sjekirici: ‘Fava Feneou’ – uspješno očuvanje na gospodarstvu

‘Fava Feneou’ (grč. Φάβα Φενεού) tradicijski je kultivar sjekirice (*Lathyrus sativus;* Fabaceae), koji se od XIX st. stoljeća uzgaja u Grčkoj na području općine Sikyona, u prefekturi Korint. Uzgaja se na obiteljskim gospodarstvima u tradicijskim sustavima proizvodnje, koji su ostali nepromijenjeni stoljećima. Tradicijski kultivar prilagođen je aridnim klimatskim uvjetima koji dominiraju na uzgojnom području, ima male zahtjeve za hranjivima, a poljoprivrednici uglavnom koriste organska gnojiva, dok je primjena sintetskih pesticida minimalna. Konzumiraju se sjemenke koje se suše, usitnjavaju i kuhaju za pripremu gustog pirea. Namirnica je visoke nutritivne vrijednosti, ima visoki sadržaj bjelančevina, ugljikohidrata i dijetalnih vlakana.

Zbog iznimne kakvoće ‘Fava Feneou’ pronalazi svoje mjesto na lokalnom i nacionalnom tržištu. U 2016. godini ‘Fava Feneou’ uvršten je u europski Registar zaštićenih oznaka izvornosti i zaštićenih oznaka zemljopisnog podrijetla (*Register of Protected Designations of Origin and Protected Geographical Indications*). Time se sve faze proizvodnog procesa (uzgoj, berba, sušenje i pakiranje proizvoda, kao i odabir sjemena za sjetvu u sljedećoj godini) moraju odvijati na tradicijski način, unutar definiranog zemljopisnog područja, da bi se konačni proizvod mogao staviti na tržište pod nazivom ‘Fava Feneou’, čime se garantira njegova izvornost i potiče očuvanje na gospodarstvu.

Priča o breskvi: 'Buco Incavato' – uspješno očuvanje na gospodarstvu

Tradicijski kultivar 'Buco Incavato' breskva (*Prunus persica*) je bijelog mesa, koja potječe iz općine Massa Lombarda u pokrajini Ravenna, Italija. Naziv 'Buco Incavato' (šuplje udubljenje) opisuje morfološka svojstva ploda, kojeg karakterizira naglašena duboka brazda (**Slika 10.11**).



Slika 10.11. Plod tradicijskog kultivara breskve 'Buco Incavato' iz Massa Lombarde, Italija.

Postoje dva 'tipa' ovog kultivara ('Buco Incavato precoce' i 'Buco Incavato tardivo'), koji se razlikuju u vremenu dozrijevanja. 'Buco Incavato precoce' dozrijeva ranije, oko 20. kolovoza, dok 'tardivo' dozrijeva kasnije, od 5. do 10. rujna. Plodovi su karakterističnog mirisa i okusa, kratkog vremena skladištenja i izrazito su osjetljivi na manipuliranje nakon berbe. Tradicijski kultivar potječe iz sjemena koje je posadio poljoprivrednik na području Massa Lombarde, krajem XIX. stoljeća. Pedesetak godina kasnije, uzgoj tog tradicijskog kultivara proširio se na gotovo cijelo područje pokrajine Ravenna, kao i u okolne regije. Međutim, krajem 50-ih godina prošlog stoljeća, novi su moderni kultivari istisnuli taj tradicijski kultivar iz proizvodnje, pa je bilo preostalo svega nekoliko stabala u pojedinim malim voćnjacima. U svrhu očuvanja pokrenut je projekt reintrodukcije u proizvodnju, koji je omogućio sadnju novih stabala u voćnjacima uključenim u projekt. Broj zainteresiranih proizvođača, kao i broj stabala, povećava se iz godine u godinu, stoga je to jedan od uspješnih primjera održive upotrebe biljnih genetskih izvora. Od 2015. godine tradicijski je kultivar 'Buco Incavato' uključen u registar zaštićenih poljoprivrednih genetskih izvora regije Emilia-Romagna, a također je uvršten i u popis „tipičnih regionalnih proizvoda".

10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena

10.3.1 Vavilovljev sveruski Institut za biljne genetske izvore (VIR)

Kolekcija sjemena Vavilovljevog sveruskog instituta za biljne genetske izvore (rus. *Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)*; engl. *N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources*; VIR) jedna je od najstarijih na svijetu, a nalazi se u Sankt-Peterburgu, Rusija. Osnovana je 1894. godine u sklopu Zavoda za primijenjenu botaniku, Znanstvenog odbora, Ministarstva državne imovine Ruskog Carstva. Vavilovljevo ime Institut nosi od 1967. godine u počast ruskom biologu, genetičaru i oplemenjivaču bilja Nikolaju Ivanoviču Vavilovu (1887. – 1943.) koji je i najzaslužniji za njegov razvoj (**vidi potpoglavlje 8.1**).

Naime, Vavilov i njegovi suradnici već su tijekom 20-ih godina prošlog stoljeća započeli sveobuhvatno prikupljanje biljnih genetskih izvora diljem svijeta, tako da se kolekcija već 1940. godine sastojala od 250 000 primki. Ta je kolekcija sačuvana i tijekom 28-mjesečne njemačke opsade Sankt-Peterburga (tadašnjeg Lenjingrada) u II. svjetskom ratu, a prikupljanje biljnih genetskih izvora nastavilo se sve do danas. Prilikom prikupljačkih ekspedicija prioritetne vrste određivane su na temelju mogućnosti njihovog uzgoja u širokom rasponu ruskih klimatskih uvjeta koji variraju od suptropskih južnih dijelova do područja tundre, tajge i ledenjaka na sjeveru, zbog čega je u postojećoj kolekciji sačuvan vrlo velik broj vrsta.

U 2021. godini kolekcija je sadržavala 320 000 primki biljnih genetskih izvora, od preko 2000 kulturnih biljnih vrsta i njihovih divljih srodnika, iz 64 porodice i 376 rodova. Primke se čuvaju u obliku sjemena, poljskih kolekcija, *in vitro* kolekcija ili krioprezervacijom. Oko 30 % prikupljenih biljnih vrsta već je izumrlo u prirodi ili su u slučaju kultiviranih biljnih vrsta nestali iz proizvodnje (**Tablici 10.3**).

Tablica 10.3. Primke čuvane u Vavilovljevom sveruskom institutu za biljne genetske izvore (VIR) u 2021. godini.

Vrsta	Broj primki
pšenica (*Triticum aestivum*), tritikale (× *Triticosecale*), *Aegilops* spp.	> 50 000
raž (*Secale cereale*), ječam (*Hordeum vulgare*), zob (*Avena sativa*)	> 37 000
kukuruz (*Zea mays*), riža (*Oryza sativa*), sirak (*Sorghum bicolor*), proso (*Panicum miliaceum*), heljda (*Fagopyrum esculentum*)	> 49 000
mahunarke: grašak (*Pisum sativum*), grah (*Phaseolus vulgaris*), leća (*Lens culinaris*) i dr.	> 47 000
krumpir (*Solanum tuberosum*): divlji srodnici, tradicijski i moderni kultivari	> 8000
krmne kulture: esparzeta (*Onobrychis viciifolia*), djeteline (*Trifolium* spp.), jednogodišnja vlasnjača (*Poa annua)*	> 32 000
povrće: rajčica (*Solanum lycopersicum*), paprika (*Capsicum annuum*), patlidžan (*Solanum melongena*) i dr.	> 52 000
voćne vrste: jabuka (*Malus domestica*), kruška (*Pyrus communis*), vinova loza (*Vitis vinifera*)	> 22 000
predive kulture i uljarice: pamuk (*Gossypium* spp.), lan (*Linum usitatissimum*), konoplja (*Cannabis sativa*) i dr.	> 29 000

Glavni objekt za čuvanje sjemena u Sankt-Peterburgu sadrži pet rashladnih komora za čuvanje sjemena na temperaturi od -10 °C i +4°C, fitosanitarne laboratorije i laboratorije *in vitro,* krioprezerviranu kolekciju i herbarij. Svi postupci sa sjemenom provode se prema propisanim standardima organizacije FAO. Uz ovaj glavni objekt, VIR ima 11 podružnica i eksperimentalnih stanica raspoređenih diljem Rusije koje pokrivaju većinu klimatskih zona Rusije. Sigurnosna kolekcija primki sjemena iz Sankt-Peterburga čuva se u Kubanskoj pokusnoj stanici u mjestu Gulkevichi u Krasnodarskom kraju.

Prikupljeni se biljni materijal više od jednog stoljeća koristio u znanstvenim istraživanjima i u oplemenjivanju bilja, što je rezultiralo razvojem brojnih novih kultivara s jedinstvenim svojstvima kao što su visoki prinos, otpornost na bolesti, poboljšana sposobnost skladištenja, otpornost na niske i visoke temperature te sušu. Aktivnosti VIR-a posebice su usmjerene k prikupljanju i karakterizaciji divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta, sa svrhom njihovog uključivanja u oplemenjivačke procese. Brojni primjeri potvrđuju veliki doprinos kolekcija VIR-a u oplemenjivanju bilja, proizvodnji hrane i razvoju ekološke poljoprivrede u Rusiji i zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza. Tako se, primjerice, prinos žitarica povećao dva do pet puta kao rezultat korištenja primki iz kolekcije VIR-a. Nadalje, uvođenje divljih vrsta krumpira (*Solanum* spp.), prikupljenih tijekom ekspedicija u Južnoj i srednjoj Americi, u oplemenjivačke programe omogućilo je širenje uzgoja krumpira po cijeloj Rusiji zbog stečenih svojstava ranijeg dozrijevanja, poboljšane mogućnosti skladištenja, otpornosti na bolesti i štetnike. Isto tako, oplemenjivanje na ranozrelost i otpornost na hladnoću omogućilo je širenje uzgoja niza kultura kao što su pšenica (*Triticum aestivum*), kukuruz (*Zea mays*), suncokret (*Helianthus annuus*) i soja (*Glycine max*) na sjever Rusije.

10.3.2 Milenijska banka sjemena

Milenijska banka sjemena (*Millennium Seed Bank*; MSB) osnovana je u okviru Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu, Velika Britanija (*Royal Botanical Gardens, Kew*). Botanički vrt otvoren je 1759. godine, a smješten je u jugozapadnom dijelu Londona, između Richmonda i Kewa. Proteže se na površini od 121 ha i sadrži najveću svjetsku zbirku biljaka, s više od 30 000 primjeraka, ali i najbrojniju herbarijsku kolekciju na svijetu s preko 7 milijuna primjeraka. Na području prikupljanja i čuvanja sjemena Botanički vrt aktivan je na nacionalnoj razini od 70-ih godina prošlog stoljeća, a od 1990. godine proširuje svoje djelovanje i na međunarodnu razinu. Milenijska banka sjemena osnovana je 2000. godine. U 2022. godini kolekcija je sadržavala oko 97 000 primki, od preko 40 000 različitih divljih biljnih vrsta koje su raspoređene u preko 6100 rodova i 350 biljnih porodica. Procjenjuje se da je u okviru Milenijske banke sjemena u suradnji s partnerima iz različitih dijelova svijeta, do 2022. godine prikupljeno oko 15,6 % svjetskih divljih biljnih vrsta.

U sklopu Partnerskog programa Milenijske banke sjemena (*Millennium Seed Bank Partnership*; MSBP) Banka surađuje s brojnim bankama gena, poljoprivrednim i šumarskim institutima te vladinim organizacijama na području očuvanja biljnih genetskih izvora. Do 2022. godine više je od 100 zemalja te više od 250 organizacija bilo uključeno u taj dosad najopsežniji program očuvanja *ex situ*. Prikupljanje je ponajviše usmjereno na biljne vrste koje su suočene s izumiranjem kao posljedicom promjene klimatskih uvjeta te antropogenog djelovanja. Svi sudionici programa potpisuju sporazum o raspodjeli dobrobiti u slučaju komercijalnog korištenja autohtonih divljih biljnih vrsta te primaju financijsku pomoć za uspostavu i razvoj banaka

sjemena. U sklopu programa osigurana je i edukacija u području čuvanja sjemena, podrška u određivanju prioritetnih biljnih vrsta za prikupljanje, a isto tako su im na raspolaganju i skladišni kapaciteti Milenijske banke sjemena. Prikupljeno sjeme čuva se u zemlji podrijetla, a dio sjemena šalje se u Banku, koja u tom slučaju predstavlja sigurnosnu kolekciju matične banke. Ukoliko određena zemlja nema zadovoljavajuće uvjete za čuvanje sjemena, sveukupna količina sjemena pohranjuje se u Milenijskoj banci sjemena.

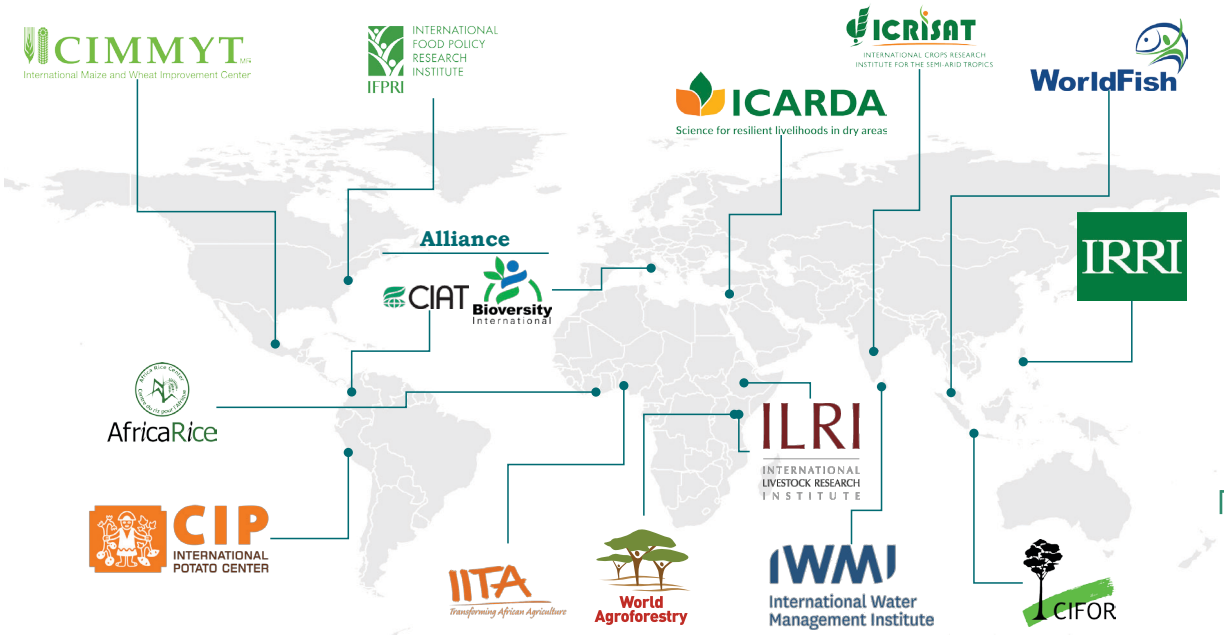
U Banci se sa sjemenom postupa prema razvijenim standardima (*MSPB Standards*), a kvaliteta primke određuje se na temelju broja sjemenki, životne sposobnosti i klijavosti sjemena. Klijavost i životna sposobnost sjemena utvrđuje se nakon primitka sjemena u banku, a potom se provjerava svakih 10 godina. Ako je klijavost sjemena niska, preporuča se ponovno prikupljanje sjemena u prirodi. Prikupljene bi primke trebale obuhvatiti najširu moguću genetsku raznolikost vrste, zbog čega je od iznimne važnosti prikupljanje većeg broja populacija iste vrste. Prikupljeno sjeme suši se do sadržaja vlage od 15 % i sprema u hermetički zatvorene staklene spremnike ili troslojne vrećice. Čuva se na temperaturi od –20 °C, u podzemnim prostorijama zgrade Wellcome Trust Millennium Building, u Wakehurstu, u okrugu Zapadni Sussex. Uz svaku primku sjemena prikupljaju se i čuvaju herbarski primjerci. Mala količina sjemena može se zatražiti isključivo u svrhu znanstvenih istraživanja i reintrodukcije biljne vrste u prirodu. Za tu svrhu banka osigurava do 60 sjemenki bez financijske nadoknade. Podaci o primkama (npr. klijavost i masa sjemena, sadržaj ulja i bjelančevina, morfološka svojstva), koje se čuvaju u Banci sjemena Millenium, slobodno su dostupni putem mrežnih stranica Kraljevskog botaničkog vrta (*RBG Kew's Seed Information Database*).

Kao primjer suradnje u sklopu programa MSBP možemo navesti onaj između Nacionalnog instituta za bioraznolikost Južnoafričke Republike (*The South African National Biodiversity Institute;* SANBI) i Kraljevskih botaničkih vrtova u Kewu. Tom se suradnjom nastoji očuvati autohtona biljna raznolikost Južnoafričke Republike koja ima bogatu floru s oko 21 000 biljnih vrsta, među kojima su mnoge endemične. Tri od 36 vrućih točaka bioraznolikosti (engl. *biodiversity hotspots*; **vidi potpoglavlje 3.2**) nalazi se na tom području, a oko 14 % autohtonih biljnih vrsta u opasnosti je od izumiranja. Stoga je u suradnji s Bankom sjemena Millenium pokrenut program razvoja nacionalne kolekcije sjemena Južnoafričke Republike, u sklopu kojeg je do 2022. godine prikupljeno više od 2500 primki sjemena, što predstavlja oko 10 % južnoafričke flore. Nacionalni institut za bioraznolikost Južnoafričke Republike prikuplja sjeme te koordinira i vodi botanički vrt, a prikupljeno sjeme pohranjuje se u Banci sjemena Millennium.

10.3.3 Banke gena Savjetodavne skupine za međunarodna poljoprivredna istraživanja (CGIAR)

Savjetodavna skupina za međunarodna poljoprivredna istraživanja (*Consultative Group International Agricultural Research*; CGIAR) osnovana je 1971. godine i danas okuplja 15 međunarodnih poljoprivrednih istraživačkih centara čiji je zajednički cilj održati sigurnost prehrane kroz znanstvena istraživanja na području agronomije, šumarstva, ribarstva i ekologije, te tako smanjiti siromaštvo u zemljama u razvoju (**Slika 10.12, Tablica 10.4**). Petnaest članica CGIAR-a usmjereno je na različite aktivnosti, a uz to, 10 istraživačkih centara sadrži i banku biljnih gena. U bankama gena u okviru CGIAR-a u 2022. godini bilo je pohranjeno više od 770 000 primki, uključujući više od 25 000 primki u uvjetima *in vitro* i više od 28 000 primki u obliku poljskih kolekcija. Aktivnosti pojedinih banaka gena i broj čuvanih primki u 2022.

godini opisani su u daljnjem tekstu.



Slika 10.12. Istraživački centri CGIAR-a.

Afrički centar za rižu (*Africa Rice Center*) vodeći je afrički centar koji je posvećen poboljšanju životnih uvjeta u Africi. Autonomna je međudržavna istraživačka udruga afričkih zemalja. Banka sjemena sadrži oko 22 000 primki riže (tradicijski kultivari, divlji srodnici, oplemenjivački materijal), od kojih njih 78 % pripada vrsti *Oryza sativa* ili azijskoj riži. Primke autohtone afričke riže (*O. glaberrima*) čine značajno manji udio (17 %), ali su od iznimne važnosti za oplemenjivanje riže za uzgoj u uvjetima subsaharske Afrike. Sjeme se čuva u banci sjemena koja je smještena u gradu Bouaké, u Obali Bjelokosti. Osnovna kolekcija čuva se na temperaturi od 5 do 10 °C, a sigurnosne kolekcije koje čine oko 40 % primki čuvaju se u Fort Collinsu, Colorado, SAD i Svalbardu, Norveška (**vidi potpoglavlje 10.1**). Opis i procjena svojstava primki riže usmjerena je na utvrđivanje otpornosti na visoke temperature, sušu, bolesti i štetnike.

Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu (*Centro Internacional de Agricultura Tropical;* CIAT, engl. *International Center for Tropical Agriculture*) u gradu Palmiri, Kolumbija posvećen je razvoju tehnologija, inovativnih metoda i stjecanju novih spoznaja koje će dati smjernice poljoprivrednicima za napredak poljoprivredne proizvodnje, povećanje prihoda i upravljanje prirodnim resursima. Kolekciju CIAT-a čini više od 65 000 primki, od čega oko 37 000 iz roda graha (*Phaseolus* spp.), oko 6000 primki kasave (*Manihot esculenta*) te oko 22 000 primki krmnih kultura.

Međunarodni centar za oplemenjivanje kukuruza i pšenice (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*; CYMMIT, engl. *International Maize and Wheat Improvement Center*) u El Batánu, Meksiko usmjeren je prikupljanju biljnih genetskih izvora te razvoju visokoprinosnih i otpornih kultivara kukuruza (*Zea mays*) i pšenice (*Triticum aestivum*). Kolekcija sadrži preko 150 000 primki pšenice iz više od 100 zemalja te najveću svjetsku kolekciju tradicijskih kultivara kukuruza s preko 28 000 primki. Dio kolekcije čine i divlji srodnici kukuruza.

Tablica 10.4. Istraživački centri CGIAR-a i područja njihovih djelovanja.

Institucija	Kratica	Zemlja	Biljne vrste/područje djelovanja
Afrički centar za rižu	Africa Rice	Benin	riža
Bioversity International	-	Italija	biljni genetski izvori
Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu	CIAT	Kolumbija	grah, kasava
Centar za međunarodna istraživanja u šumarstvu	CIFOR	Indonezija	održivo šumarstvo
Međunarodni centar za oplemenjivanje kukuruza i pšenice	CIMMYT	Meksiko	kukuruz, pšenica
Međunarodni centar za krumpir	CIP	Peru	krumpir, gomoljaste kulture
Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima	ICARDA	Sirija	ječam, leća, bob, pšenica, slanutak
Međunarodni centar za istraživanja u poljošumarstvu (Svjetsko poljošumarstvo)	ICRAF	Kenija	poljošumarstvo, višenamjenske drvenaste biljne vrste
Međunarodni institut za istraživanje kultura za semiaridna tropska područja	ICRISAT	Indija	sirak, proso, slanutak, kikiriki
Međunarodni institut za istraživanje prehrambene politike	IFPRI	SAD	smanjenje siromaštva, gladi i pothranjenosti
Međunarodni institut za tropsku poljoprivredu	IITA	Nigerija	kasava, kukuruz, vigna, jam, soja, banane
Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu	ILRI	Kenija	krmne kulture
Međunarodni institut za istraživanje riže	IRRI	Filipini	riža
Međunarodni institut za upravljanje vodama	IWMI	Šri Lanka	navodnjavanje, upravljanje vodama
Svjetske ribe	World Fish	Malezija	upravljanje vodnim resursima

Međunarodni centar za krumpir (*Centro Internacional de la Papa;* CIP, engl. *International Potato Center*) u Limi, Peru održava najveću svjetsku kolekciju krumpira (*Solanum tuberosum*), slatkog krumpira (*Ipomoea batatas*) i njihovih divljih srodnika. Većina primki čuva se u obliku *in vitro* kolekcija ili krioprezervacijom. Sigurnosna *in vitro* kolekcija slatkog krumpira nalazi se u Kolumbiji, dok je sigurnosna kolekcija krumpira u Brazilu. Uz spomenute biljne vrste, u banci se čuvaju i tradicijski kultivari brojnih zapostavljenih korjenastih i gomoljastih kultura Anda (**vidi potpoglavlje 7.3**) kao što su oka (*Oxalis tuberosa*), uljuko (*Ullucus tuberosus*) i mašua (*Tropaeolum tuberosum*) pri čemu Centar blisko surađuje s lokalnim zajednicama na području Anda. Kolekciju čini više od 7500 primki krumpira, oko 8000 primki slatkog krumpira i oko 2500 primki andskih korjenastih i gomoljastih kultura.

Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u aridnim područjima (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*; ICARDA) do 2012. godine bio je smješten u Alepu, Sirija. Međutim, zbog građanskog rata sjedište Centra preseljeno je u Beirut, Libanon. Aktivnosti centra usmjerene su na prikupljanje, istraživanje i oplemenjivanje ječma (*Hordeum vulgare*), leće (*Lens culinaris*), boba (*Vicia faba*), pšenice (*Triticum aestivum*) i slanutka (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*). U sklopu banke gena čuva se više od 135 000 primki (oko 35 000 primki ječma, 15 000 primki slanutka, 27 000 primki krmnih mahunarki, 14 000 primki leće) iz više od 100 različitih zemalja, a uključuju tradicijske i moderne kultivare te divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta. Oko 900 modernih kultivara razvijenih iz materijala banke uzgaja se diljem svijeta.

Kao posljedica građanskog rata u Siriji dio kolekcije je uništen, ali je većina ipak spašena. Naime, već 2008. godine, po otvorenju Svjetske riznice sjemena na Svalbardu (**vidi potpoglavlje 10.1**) ICARDA započela je s pohranjivanjem svoje sigurnosne kolekcije. Do 2014. godine kada su zbog ratnih zbivanja djelatnici ICARDA-e bili primorani napustiti objekte Centra, uspješno je umnoženo više od 80 % jedinstvenih primki i pohranjeno u Svjetsku riznicu. Godine 2015. ICARDA je preuzela pohranjene primke sa Svalbarda i započela s obnavljanjem osnovnih i aktivnih kolekcija te nastavila s distribucijom sjemena iz svojih novoosnovanih banaka gena u Maroku i Libanonu. Nova sigurnosna kolekcija ponovo je pohranjena u Svjetsku riznicu.

Međunarodni centar za istraživanja u poljošumarstvu (*International Centre for Research in Agroforestry*; ICRAF), odnosno Svjetsko poljošumarstvo (*World Agroforestry*) sa sjedištem u Nairobiju, Kenija čuva oko 190 divljih ili djelomično udomaćenih voćnih, kao i šumskih vrsta koje često imaju višestruku primjenu. Kolekcija sadrži više od 8000 primki voćnih vrsta te oko 6700 primki šumskih vrsta.

Međunarodni institut za istraživanje kultura za semiaridna tropska područja (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*; ICRISAT) smješten je u Indiji. Aktivnosti instituta usmjerene su na očuvanje mahunarki i žitarica koje su važne za sigurnost hrane u semiaridnim područjima svijeta. Glavna kolekcija sjemena nalazi se u sjedištu Centra u Hyderabadu, Indija, a podružnice banke nalaze se u Nigeru, Keniji i Zimbabveu. Banka gena sadrži oko 125 000 primki, od kojih njih 50 000 čine mahunarke, uglavnom slanutak (*Cicer arietinum* ssp. *arietinum*) i kikiriki (*Arachis hypogaea*) te njihovi divlji srodnici. Od žitarica je najzastupljeniji sirak (*Sorghum* sp.) s oko 42 000 primki i proso (*Panicum miliaceum)* s oko 33 000 primki.

Međunarodni institut za tropsku poljoprivredu (*International Institute of Tropical Agriculture;* IITA) odgovoran je za čuvanje velikog broja kulturnih biljnih vrsta važnih za sigurnost

prehrane afričkog kontinenta. Institut je smješten u Ibadanu, Nigerija, a čuva više od 15 000 primki mahunarki [kikiriki (*Arachis hypogaea*), crnookica (*Vigna unguiculata*) i grah bambara (*Vigna subterranea*)], oko 6000 primki različitih vrsta jama (*Dioscorea* spp.), oko 3000 primki kasave (*Manihot esculenta*), te 1500 primki kukuruza (*Zea mays*). Pritom se jam i kasava čuvaju *in vitro*.

Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu (*International Livestock Research Institute;* ILRI) sa sjedištem u Nairobiju, Kenija bavi se očuvanjem biljnih genetskih izvora krmnog bilja. Kolekcija sadrži oko 20 000 primki od oko 1000 krmnih vrsta, od kojih većinu (97 %) čine divlji srodnici.

Međunarodni institut za istraživanje riže (*International Rice Research Institute;* IRRI) sa sjedištem u gradu Los Baños na Filipinima, održava najveću svjetsku kolekciju riže (*Oryza* spp.) s oko 130 000 primki koje uključuju tradicijske kultivare (azijske) riže podvrste *indica* (*Oryza sativa* ssp. *indica*) i *japonica* (*Oryza sativa* ssp. *japonica*) kao i afričke (*O. glaberrina*), a zastupljeni su i njihovi divlji srodnici (*O. barthii*, *O. minuta*, *O. nivara*, *O. officinalis*, *O. punctata, O. rufipogon*).

11

PRAVNI OKVIR ZA OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

11.1 Međunarodne organizacije i ugovori u očuvanju biljnih genetskih izvora

11.2 Zakonodavstvo u očuvanju biljnih genetskih izvora u RH

11.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u RH

Uvod

U očuvanju biljnih genetskih izvora sudjeluju brojne svjetske organizacije, a vodeću ulogu ima Organizacija za prehranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization*; FAO) u okviru koje djeluje Povjerenstvo za genetske izvore za prehranu i poljoprivredu (*FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*; CGRFA). Povjerenstvo prati stanje biljnih genetskih izvora na međunarodnoj razini te potiče njihovo očuvanje i održivu upotrebu u svrhu osiguravanja prehrane svjetskog stanovništva. Globalni je plan akcije (*Global plan of Action*; GPA) međunarodno priznati okvir za očuvanje i održivu upotrebu biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu koji daje smjernice za izradu nacionalnih programa država-članica Povjerenstva. *Bioversity International* svjetska je organizacija koja na temelju znanstvenih i stručnih istraživanja daje preporuke za učinkovito očuvanje biljnih genetskih izvora. Na europskoj razini uspostavljen je Europski kooperativni program za biljne genetske izvore (*European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*; ECPGR) čiji je cilj povezivanje nacionalnih i regionalnih institucija koje se bave očuvanjem biljnih genetskih izvora.

Najvažniji su dokumenti u vezi biljnih genetskih izvora Konvencija o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity;* CBD), Protokol iz Nagoye (*The Nagoya Protocol*) i Međunarodni ugovor o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA). Republika Hrvatska potpisnica je svih triju dokumenata i u svrhu njihove provedbe doneseni su prateći zakoni i pravilnici. Očuvanje biljnih genetskih izvora provodi se kroz Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj.

11.1 Međunarodne organizacije i ugovori u očuvanju biljnih genetskih izvora

Konvencija o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity;* CBD; **vidi uvod poglavlja 2**) predstavlja temeljni dokument zaštite prirode na globalnoj razini, te tako predstavlja i pravni okvir za brojne međunarodne zakone, propise i pravilnike u svezi očuvanja biljnih genetskih izvora. Kao što je već bilo navedeno, države-članice Konvencije obvezale su se na ostvarivanje sljedećih ciljeva: (1) očuvanje sveukupne biološke raznolikosti; (2) održivu upotrebu njenih sastavnica, te (3) pravednu i ravnomjernu raspodjelu dobrobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora.

Prvi korak k ostvarenju navedenih ciljeva bio je usvajanje strateškog plana Konvencije za desetogodišnje razdoblje, a potom izrada nacionalnih strategija i programa. Treći cilj Konvencije o biološkoj raznolikosti rezultirao je izradom Protokola iz Nagoye (*The Nagoya Protocol*) koji je stupio na snagu 2014. godine. Donesen je s ciljem povećanja sigurnosti očuvanja biljnih genetskih izvora i transparentnosti njihove upotrebe. Protokol propisuje pravednu i ravnomjernu raspodjelu dobrobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora, jer se njime priznaju prava svake države nad vlastitim genetskim izvorima. Stranke u Protokolu odlučuju hoće li regulirati pristup vlastitim genetskim izvorima i utvrđuju uvjete za podjelu dobrobiti. Protokol se također odnosi na upotrebu tradicijskog znanja o biljnim genetskim izvorima.

Organizacija koja ima ključnu ulogu u očuvanju biljnih genetskih izvora na međunarodnoj je razini **Povjerenstvo za genetske izvore za prehranu i poljoprivredu** organizacije FAO (*FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*; CGRFA). Osnovana je 1983. godine pod nazivom Povjerenstvo za biljne genetske izvore (*Commission on Plant Genetic Resources;* CPGR) kao prva stalna međuvladina organizacija posvećena očuvanju biljnih genetskih izvora (**Slika 11.1**). Prva je aktivnost Povjerenstva bila usvajanje dokumenta pod naslovom **Međunarodno zalaganje za biljne genetske izvore** (*International Undertaking on Plant Genetic Resources*). Povjerenstvo se tako obvezalo da će istražiti, očuvati i opisati biljne genetske izvore, procijeniti njihovu gospodarsku i/ili društvenu vrijednost te poticati upotrebu biljnih genetskih izvora u oplemenjivanju bilja. Polazna točka navedenog dokumenta bila je tvrdnja „da su biljni genetski izvori zajednička baština čovječanstva i da bi zato trebali biti dostupni svima bez ikakvih ograničenja“. Povjerenstvo je naglasilo da je očuvanje svjetske genetske raznolikosti potrebnije nego ikad jer čini temelj za osiguravanje dovoljnih količina hrane u svijetu. Procijenjeno je da je više od milijardu ljudi izloženo gladi i pothranjenosti te da će do 2050. godine broj ljudi u svijetu porasti na više od devet milijardi, a da bi se osigurala dovoljna količina hrane, poljoprivredna bi se proizvodnja trebala povećati za 60 %.

Najvažniji je dokument u vezi biljnih genetskih izvora **Međunarodni ugovor o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu** (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA) koji je Povjerenstvo odobrilo 2001. godine na sastanku u Rimu, a stupio je na snagu 2004. godine. Međunarodni ugovor usklađen je s Konvencijom o biološkoj raznolikosti, a predstavlja pravno obvezujući okvir za održivo očuvanje biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu na svjetskoj razini.

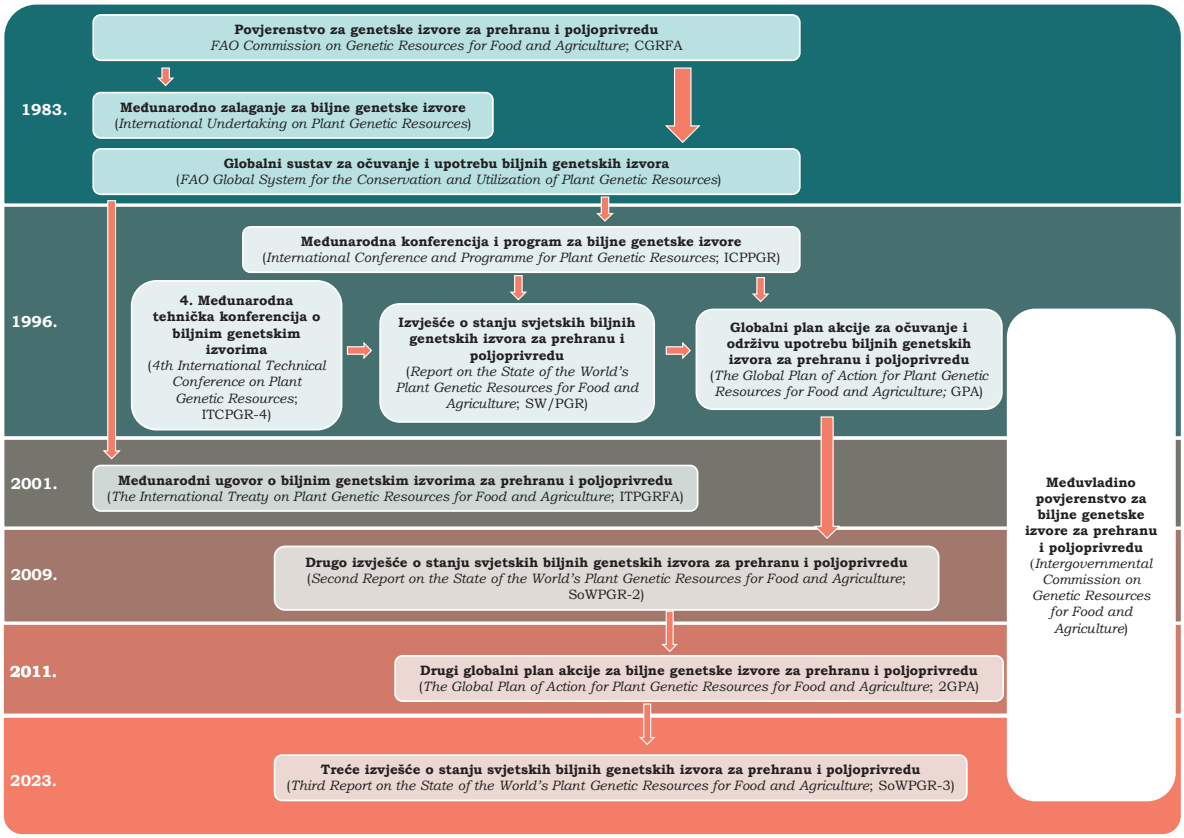
Ugovor ima sljedeće ciljeve:

(1) poticati očuvanje biljnih genetskih izvora sa svrhom povećanja genetske raznolikosti biljnih vrsta i kultivara koji su važni za prehranu i poljoprivredu,

(2) osigurati temelj za sustav nagrađivanja poljoprivrednika za njihov doprinos u očuvanju, oplemenjivanju i osiguravanju dostupnosti biljnih genetskih izvora,

(3) daljnji razvoj sustava nacionalnog suvereniteta nad biljnim genetskim izvorima koji je uspostavljen Konvencijom o biološkoj raznolikosti, istovremeno osiguravajući da takvo ostvarivanje suvereniteta ne ometa međunarodnu razmjenu biljnih genetskih izvora i

(4) uspostaviti Multilateralni sustav pristupa i raspodjele dobrobiti, kojim će se koordinirati razmjena biljnih genetskih izvora.



Slika 11.1. Aktivnosti, dokumenti i radna tijela Organizacije za prehranu i poljoprivredu (FAO) u očuvanju biljnih genetskih izvora.

Multilateralni sustav pristupa i raspodjele dobrobiti (*Multilateral System of Access and Benefit-sharing*) jedan je od važnijih elemenata Međunarodnog ugovora po kojem se države obvezuju da će omogućiti upotrebu biljnih genetskih izvora svim drugim državama potpisnicama tog ugovora. Biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu na koje se odnosi spomenuti sustav

navedeni su u Dodatku I. Ugovora i uključuju najvažnije prehrambene i krmne kulture za koje bi se trebao osigurati olakšani pristup biljnom materijalu u svrhu obrazovanja, znanstvenih istraživanja i oplemenjivanja bilja. Države koje razmjenjuju biljni materijal potpisuju Standardni sporazum o transferu materijala (*Standard Material Transfer Agreement*; SMTA). U slučaju komercijalne upotrebe biljnih genetskih izvora, država iz koje potječe biljni materijal može zahtijevati financijsku nadoknadu od strane privatnih ili pravnih osoba pozivajući se na načelo „pravedne i ravnomjerne raspodjele dobrobiti" zajamčeno Konvencijom o biološkoj raznolikosti.

Povjerenstvo je također uspostavilo i vodi **Globalni sustav za očuvanje i upotrebu biljnih genetskih izvora** (*FAO Global System for the Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources*). U okviru navedenog sustava FAO je 1996. godine organizirao **Međunarodnu konferenciju i program za biljne genetske izvore** (*International Conference and Programme for Plant Genetic Resources*; ICPPGR) s ciljem izrade dvaju dokumenata:

(1) Izvješće o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu (*Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; SW/PGR) i

(2) Globalni plan akcije za očuvanje i održivu upotrebu biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu (*The Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture;* GPA).

U pripremi ovih dokumenata sudjelovalo je više od 150 država, uključujući predstavnike privatnog i javnog sektora. Navedeni dokumenti prihvaćeni su 1996. godine na **4. Međunarodnoj tehničkoj konferenciji o biljnim genetskim izvorima** (*4th International Technical Conference on Plant Genetic Resources*; ITCPGR-4) koja je održana u Leipzigu, Njemačka. Na temelju Globalnog plana akcije razvijeni su nacionalni programi i strategije očuvanja biljnih genetskih izvora. Globalni plan akcije stoga predstavlja prateći dokument navedenog Međunarodnog ugovora, a za pomoć pri njegovoj implementaciji i praćenje aktivnosti zaduženo je **Međuvladino povjerenstvo za biljne genetske izvore za prehranu i poljoprivredu** (*Intergovernmental Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*).

Na temelju **Drugog izvješća o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu** (*The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources*; SoWPGR-2) objavljenog 2009. godine, 2011. godine usvojen je i **Drugi globalni plan akcije za biljne genetske izvore za prehranu i poljoprivredu** (*Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; 2GPA). Drugi globalni plan akcije daje daljnje smjernice za očuvanje biljnih genetskih izvora, imajući u vidu izazove koje donose nastupajuće klimatske promjene. Dokument sadrži 18 prioritetnih aktivnosti koje su podijeljene u četiri skupine:

(1) Očuvanje *in situ* (i upravljanje područjima namijenjenima očuvanju *in situ*),

(2) Očuvanje *ex situ*,

(3) Održiva upotreba i

(4) Uspostava održivih institucionalnih i ljudskih kapaciteta.

Drugim je globalnim planom akcije planirano pružanje pomoći državama u svrhu povećanja učinkovitosti nacionalnih programa očuvanja biljnih genetskih izvora, kao i omogućavanja suradnje na regionalnoj i svjetskoj razini. Navedeni dokument daje jasne smjernice za uspostavu i provedbu nacionalnih programa država-članica Povjerenstva, koje su se pritom obvezale da

o napretku u provedbi redovito izvještavaju. Izvještavanje se provodi putem Svjetskog sustava informiranja i ranog upozoravanja o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu (*The World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture;* WIEWS).

Usvajanje **Trećeg izvješća o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu** (*The Third Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) predviđeno je za 2023. godinu na temelju kojeg će biti izrađen i **Treći globalni plan akcije za biljne genetske izvore za prehranu i poljoprivredu** (*Third Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; 3GPA).

Najvažnije aktivnosti, dokumenti i radna tijela Organizacije za prehranu i poljoprivredu (FAO) u očuvanju biljnih genetskih izvora prikazane su na **Slici 11.1**.

Uz Povjerenstvo za biljne genetske izvore za prehranu i poljoprivredu postoje brojne međunarodne i europske organizacije koje u konačnici imaju isti cilj. Jedna je od takvih organizacija i *Bioversity International* koja je osnovana 1974. godine u Rimu pod nazivom Međunarodni odbor za biljne genetske izvore (*International Board for Plant Genetic Resources*; IBPGR) s funkcijom koordinacije programa očuvanja biljnih genetskih izvora, organizacije hitnih spasilačkih prikupljačkih ekspedicija (**vidi potpoglavlje 12.1**) te provedbu aktivnosti vezanih uz izgradnju i proširenje nacionalnih, regionalnih i međunarodnih banaka gena. Tijekom godina naziv se organizacije mijenjao. Tako 1991. godine mijenja naziv u Međunarodni institut za biljne genetske izvore (*International Plant Genetic Resources Institute;* IPGRI), a 2006. godine u današnji naziv – *Bioversity International*. Od osnutka do danas djelatnost organizacije ponešto se promijenila te je danas usmjerena na znanstvena i stručna istraživanja, kao i na osmišljavanje učinkovitih mjera očuvanja i upotrebe poljoprivredne bioraznolikosti. Godine 2020. *Bioversity International* udružuje se s Međunarodnim centrom za tropsku poljoprivredu (*Centro Internacional de Agricultura Tropical; CIAT,* engl. *International Center for Tropical Agriculture*; **vidi potpoglavlje 10.3**) s ciljem da doprinesu rješavanju gorućih svjetskih problema kao što je siromaštvo, pothranjenost, klimatske promjene, degradacija tla i gubitak bioraznolikosti. Navedene organizacije surađuju s brojnim partnerima diljem svijeta, a posebice s državama u razvoju, potičući upotrebu biljnih genetskih izvora u rješavanju navedenih problema.

Europski kooperativni program za biljne genetske izvore (*European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*; ECPGR) osnovan je 1980. godine na temelju preporuke Programa razvoja Ujedinjenih naroda (*United Nations Development Programme*; UNDP), organizacije FAO i Povjerenstva za banke gena Europskog udruženja za istraživanja u području oplemenjivanja bilja (*Genebank Committee of the European Association for Research on Plant Breeding*; EUCARPIA). Do 2023. godine Programu je pristupilo 35 država-članica. Putem navedenog Programa ostvaruje se suradnja između europskih država s ciljem osiguranja dugoročnog očuvanja, dostupnosti podataka o biljnim genetskim izvorima te poticanja upotrebe biljnih genetskih izvora u oplemenjivanju bilja.

Program financiraju države-članice, a djeluje putem Radnih skupina koje su zadužene za pojedine biljne vrste, rodove, porodice ili skupine vrsta kao što su Radna skupina za kukuruz (*Maize Working Group*), Radna skupina za lukove (*Allium Working Group*), Radna skupina za pomoćnice (*Solanaceae Working Group*) i Radna skupina za ljekovito i aromatično bilje (*Medicinal and Aromatic Plants Working Group*) ili pak za opće teme – kao što su dokumentacijsko-informacijski sustav, očuvanje na gospodarstvu, očuvanje divljih srodnika kulturnih biljnih

vrsta (engl. *crop wild relative*; CWR; **vidi potpoglavlje 6.2**) i krioprezervacija.

U svrhu učinkovitog dugoročnog očuvanja i dostupnosti prikupljenih primki pokrenut je Integrirani sustav europske banke gena (*A European Gene bank Integrated System*; AEGIS) čija je svrha stvaranje zajedničke, ali decentralizirane europske banke gena koja sadrži primke koje su slobodno dostupne u skladu s odredbama Međunarodnog ugovora, a održavaju se poštujući međunarodno dogovorene standarde. Nadalje, dostupnost podataka o biljnim genetskim izvorima omogućena je uspostavom baze podataka EURISCO (**vidi potpoglavlje 12.3**) koja se redovito ažurira.

U svrhu poticanja upotrebe biljnih genetskih izvora Program je pokrenuo i Europsku mrežu procjene svojstava (EVA) biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu [*The ECPGR European Evaluation Network* (EVA) *for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture* (PGRFA)]. U suradnji s privatnim i javnim sektorom navedena Europska mreža usmjerena je na provedbu niza poljskih i laboratorijskih pokusa u svrhu fenotipizacije (procjena svojstava primki) kao i genotipizacije (analiza pomoću molekularnih biljega) primki modernih i tradicijskih kultivara. Do 2023. godine uspostavljene su četiri mreže posvećene različitim biljnim vrstama – kao što su kukuruz (*Zea mays*), pšenica (*Triticum aestivum*), ječam (*Hordeum vulgare*), mrkva (*Daucus* carota), salata (*Lactuca sativa*) i paprika (*Capsicum annuum*).

11.2 Zakonodavstvo u očuvanju biljnih genetskih izvora u RH

Prihvaćanjem Konvencije o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity;* CBD) 1996. godine Republika Hrvatska obvezala se donijeti strategiju, planove i programe za očuvanje biljnih genetskih izvora (**Tablica 11.1**). Sukladno tome, Republika Hrvatska donijela je 1999. godine prvu Strategiju i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti kao temeljni dokument zaštite prirode koji određuje dugoročne ciljeve i smjernice očuvanja biološke i krajobrazne raznolikosti zaštićenih prirodnih vrijednosti te utvrđuje načine njihovog provođenja u skladu s gospodarskim, društvenim i kulturnim razvojem Republike Hrvatske.

Prihvaćanjem međunarodnih konvencija i potpisivanjem sporazuma iz područja zaštite prirode u godinama koje su uslijedile, u Republici Hrvatskoj 2008. godine na snagu je stupila nova Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti, a 2017. godine Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine.

Najnovija verzija Strategije usuglašena je s novim pristupima o zaštiti prirode te europskim zakonodavstvom, odnosno relevantnim direktivama i uredbama EU. Sukladno tome, Strategijom se definiraju sljedeći ciljevi:

(1) povećanje učinkovitosti osnovnih mehanizama zaštite prirode,

(2) smanjenje izravnih pritisaka na prirodu i poticanje održive upotrebe prirodnih dobara,

(3) jačanje kapaciteta sustava zaštite prirode

(4) povećanje znanja i dostupnosti podataka o prirodi te

(5) podizanje razine znanja, razumijevanja i podrške javnosti za zaštitu prirode.

Međunarodni ugovor o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA; **vidi potpoglavlje 11.1**), Hrvatski je Sabor potvrdio 2009. godine (NN MU 1/09), a 2015. proglašen je Zakon o potvrđivanju Protokola iz Nagoye (*The Nagoya Protocol*) o pristupu genetskim izvorima (NN MU 5/15).

Aktivnosti vezane uz očuvanje biljnih genetskih izvora za prehranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj regulirane su i Zakonom o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja (NN 110/21), Pravilnikom o očuvanju i održivoj uporabi biljnih genetskih izvora (NN 89/09, 4/14) te Pravilnikom o stavljanju na tržište sjemena čuvanih sorti (NN 115/22; **Tablica 11.1**). Zakonom o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja definirano je da se očuvanje biljnih genetskih izvora Republike Hrvatske provodi putem sustava banke biljnih gena te je propisano osnivanje Povjerenstva za biljne genetske izvore čije su aktivnosti određene Pravilnikom o očuvanju i održivoj uporabi biljnih genetskih izvora. Pravilnikom su definirane i aktivnosti vezane uz očuvanje biljnih genetskih izvora (ekozemljopisni pregled i prikupljanje, održavanje i regeneracija, opis i procjena svojstava te dokumentiranje biljnih genetskih, kao i njihova održiva upotreba) te način provedbe Nacionalnog programa (**vidi potpoglavlje 11.3**).

Tablica 11.1. Pravni akti vezani uz očuvanje biljnih genetskih izvora u Republici Hrvatskoj.

Zakon/strategija/pravilnik	Značaj
Zakon o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti (NN MU 6/96)	RH se kao država-članica Konvencije obvezala na ostvarivanje tri cilja: • očuvanje sveukupne biološke raznolikosti • održiva upotreba sastavnica biološke raznolikosti • pravedna i ravnomjerna raspodjela dobrobiti koje proizlaze iz upotrebe genetskih izvora
Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)	• temeljni zakonski propis koji regulira zaštitu prirode u RH
Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti (NN 81/99) - na temelju članka 6. Zakona o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti (NN MU 6/96) Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti (NN 143/08) - na temelju 151. stavka 1. Zakona o zaštiti prirode (NN 70/05)	• prvi temeljni dokumenti zaštite prirode, kojima su određeni dugoročni ciljevi i smjernice očuvanja biološke i krajobrazne raznolikosti, zaštićenih prirodnih vrijednosti te načini njihovog provođenja
Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/17) - na temelju 11. stavka 2. Zakona o zaštiti prirode (NN 80/13)	• temeljni dokument zaštite prirode u RH koji je usklađen s globalnim Strateškim planom za bioraznolikost 2011. – 2020. • osigurava implementaciju glavnih ciljeva Konvencije te osigurava ugradnju mjera očuvanja bioraznolikosti u relevantne sektorske i međusektorske planove, programe i politike

Nastavak **Tablice 11.1.**

Zakon/strategija/pravilnik	Značaj
Zakon o potvrđivanju Međunarodnog ugovora o biljnim genetskim resursima za hranu i poljoprivredu (NN MU 1/09)	• zakonska osnova kojom se RH obavezala na očuvanje i održivu upotrebu biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu te jednaku i pravičnu diobu koristi koje proizlazi iz njihove upotrebe, u skladu s Konvencijom o biološkoj raznolikosti, radi održive poljoprivrede i prehrambene sigurnosti
Zakon o potvrđivanju Protokola iz Nagoye o pristupu genetskim resursima te poštenoj i pravičnoj podjeli dobiti koja proizlazi iz njihova korištenja uz Konvenciju o biološkoj raznolikosti (NN MU 5/15)	• zakonska osnova za provedbu trećeg cilja Konvencije, kojom se usklađuju interesi korisnika i vlasnika genetskog materijala pri raspodijeli dobrobiti od uporabe genetskih izvora
Zakon o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja (NN 140/05, 35/08, 25/09, 124/10, 55/11, 14/14, 115/18, 32/20, 110/21)	• definirano je da se očuvanje biljnih genetskih izvora RH provodi kroz sustav banke biljnih gena poljoprivrednog bilja • propisuje osnivanje Povjerenstva za biljne genetske izvore
Pravilnik o očuvanju i održivoj uporabi biljnih genetskih izvora (NN 89/09, 4/14)	• određuje aktivnosti Povjerenstva za biljne genetske izvore • definirani su tipovi aktivnosti očuvanja biljnih genetskih izvora • određuje da se aktivnosti očuvanja biljnih genetskih izvora provode u okviru Nacionalnog programa
Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena čuvanih sorti (NN 43/13, 40/14, 115/22)	• reguliraju prava poljoprivrednika koja se odnose na biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (provedba članka 9. Međunarodnog ugovora) • definirani su uvjeti za priznavanje i uvrštavanje čuvanih sorti na Sortnu listu Republike Hrvatske i Zajedničku Sortnu listu Europske unije
Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu (za razdoblje od 2014. do 2016., 2017. do 2020. godine, od 2021. do 2027.)	• utvrđuju se strateške smjernice razvoja nacionalne politike očuvanja biljnih genetskih izvora kao i smjernice za suradnju na regionalnoj i međunarodnoj razini • usklađen je sa smjernicama Drugog globalnog plana akcije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (Drugi GPA)

Formalna suradnja institucija koje se bave očuvanjem biljnih genetskih izvora u Republici Hrvatskoj nije postojala do ranih 2000-ih godina. Prvo sustavno povezivanje institucija na nacionalnoj i regionalnoj razini započelo je putem regionalnog programa Razvojna mreža za biljne genetske izvore jugoistočne Europe (*South East European Development Network on Plant Genetic Resources*; SEEDNet). Program je financirala Švedska međunarodna agencija za razvoj (*Swedish International Development Agency;* SIDA), a trajao je od 2004. do 2010. godine. Republika Hrvatska je zajedno s još 10 država jugoistočne Europe (Albanija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Crna Gora, Kosovo, Moldavija, Rumunjska, Sjeverna Makedonija, Slovenija, Srbija) sudjelovala

u navedenoj Razvojnoj mreži koja je imala za cilj uspostavu nacionalnih programa očuvanja biljnih genetskih izvora te poticanja regionalne suradnje. U okviru Razvojne mreže osnovano je osam radnih skupina (RS: RS Industrijsko bilje, RS Krmno bilje, RS Ljekovito i aromatično bilje, RS Povrće, RS Pšenica i kukuruz, RS Vinova loza, RS Voće, te RS za dokumentacijsko-informacijski sustav). Rezultat suradnje hrvatskih znanstvenika i stručnjaka na području očuvanja biljnih genetskih izvora bio je prvi Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj usvojen 2013. godine.

11.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u RH

Pravilnikom o očuvanju i održivoj uporabi biljnih genetskih izvora određeno je da se aktivnosti očuvanja biljnih genetskih izvora provode u okviru Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj. Prvi Nacionalni program vrijedio je za programsko razdoblje od 2014. do 2016. godine, drugi za razdoblje od 2017. do 2020. godine, a trenutno važeći, treći Nacionalni program, odnosi se na razdoblje od 2021. do 2027. godine.

Svrha i cilj Nacionalnog programa doprinos je nacionalnom razvoju, sigurnosti prehrane, održivoj poljoprivredi i održanju bioraznolikosti putem očuvanja i uporabe biljnih genetskih izvora. U potpunosti je usklađen s Drugim Globalnim planom akcije kao i s međunarodno prihvaćenim smjernicama, nacionalnim prioritetima te nacionalnom i europskom zakonskom regulativom. U provedbi Nacionalnog programa sudjeluju sveučilišta, znanstveni instituti, tijela državne uprave, javne ustanove te nevladine organizacije (**Slika 11.2**), a nadležno je tijelo za provođenje Nacionalnog programa Ministarstvo Poljoprivrede.

Nacionalni program uključuje sljedeće aktivnosti:

(1) Inventarizaciju postojećih kolekcija biljnih genetskih izvora,

(2) Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora,

(3) Očuvanje biljnih genetskih izvora *in situ* i *ex situ,*

(4) Održavanje i regeneraciju primki,

(5) Opis i procjenu primki biljnih genetskih izvora na morfološkoj, biokemijskoj i molekularnoj razini,

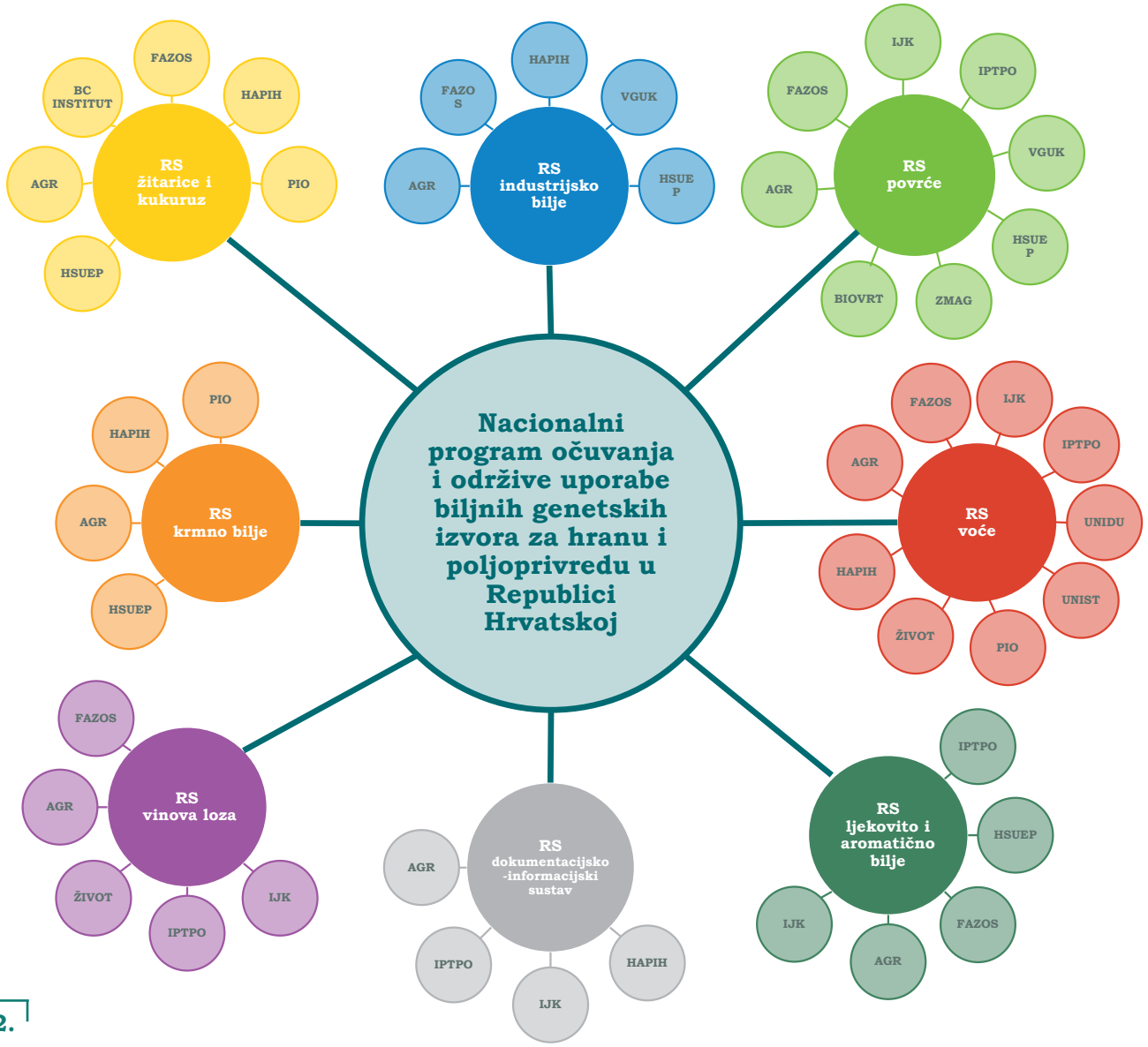
(6) Razvoj informacijsko-dokumentacijskog sustava,

(7) Uspostavu pravila u razmjeni i upotrebi biljnih genetskih izvora,

(8) Izgradnju kapaciteta za čuvanje biljnih genetskih izvora,

(9) Razvoj zakonodavstva u području biljnih genetskih izvora te

(10) Informiranje javnosti o važnosti očuvanja biljnih genetskih izvora.



Slika 11.2. Institucije i radne skupine uključene u rad Nacionalnog programa.

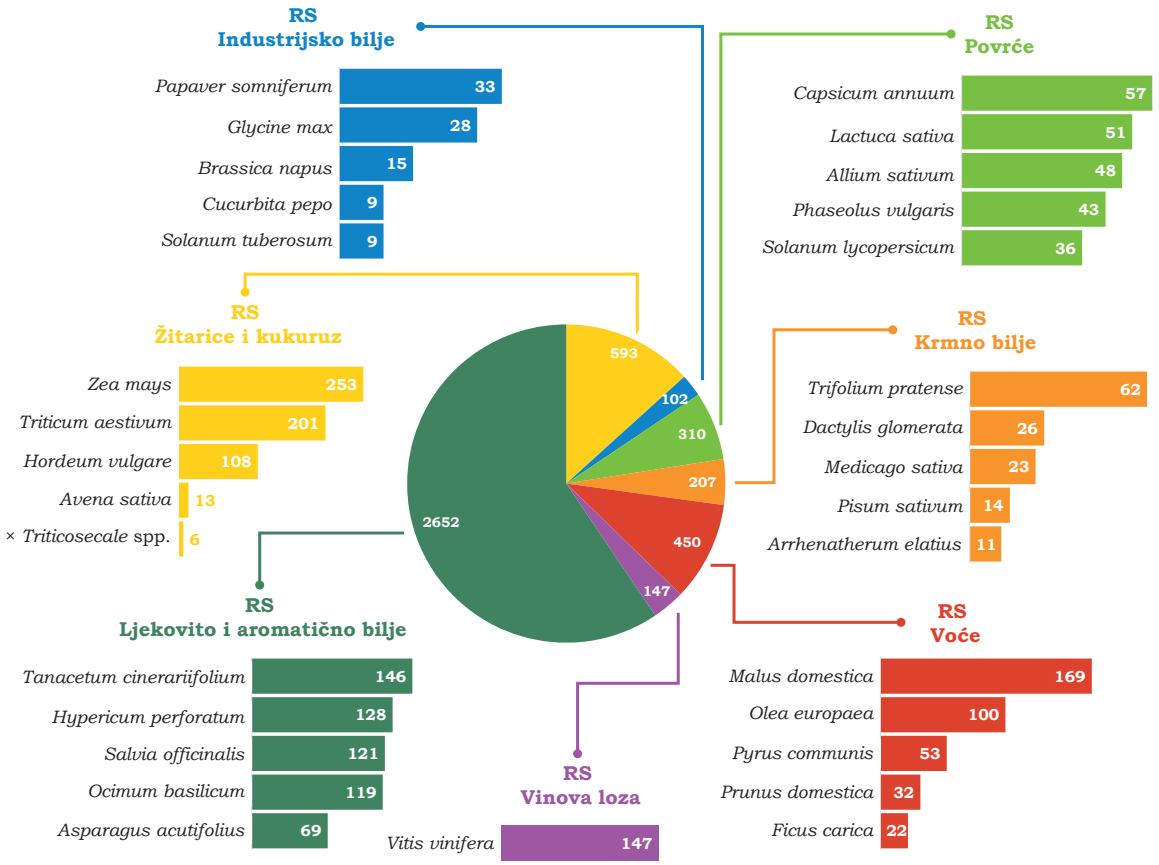
AGR – Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet; FAZOS – Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek; HAPIH – Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu; VGUK – Visoko gospodarsko učilište u Križevcima; PIO – Poljoprivredni institut Osijek; IJK – Institut za jadranske kulture i melioraciju krša Split; IPTPO – Institut za poljoprivredu i turizam Poreč; UNIDU – Sveučilište u Dubrovniku, Zavod za mediteranske kulture; UNIST – Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za studije mora; BC INSTITUT – Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, d.d.; HSUEP – Hrvatski savez udruga ekoloških proizvođača; ŽIVOT – Udruga obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava Hrvatske – Život; BIOVRT – Udruga Biovrt – u skladu s prirodom; ZMAG – Udruga Zelena mreža aktivističkih grupa

Nacionalna je banka biljnih gena decentralizirana i čine ju kolekcije koje se čuvaju u različitim institucijama te uključuju kolekcije sjemena i sadnog materijala, kao i poljske kolekcije (**Tablica 12.2**). Na prijedlog Povjerenstva imenuje se voditelj svake kolekcije koji je odgovoran za održavanje i regeneraciju, opis i procjenu svojstava te dokumentaciju.

Tablica 11.2. Kolekcije Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske.

Tip kolekcije	Kolekcija	Institucija
kolekcije sjemena	Kolekcija sjemena kultivara povučenih sa Sortne liste	HAPIH - Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek
	Nacionalna sigurnosna kolekcija sjemena	
	Kolekcija sjemena povrća	Visoko gospodarsko učilište, Križevci
	Kolekcija sjemena ljekovitog i aromatičnog bilja	Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
	Kolekcija sjemena krmnih leguminoza i trava	
	Kolekcija sjemena kukuruza i žitarica	
poljske kolekcije	Nacionalna poljska kolekcija vinove loze	Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split
	Nacionalna poljska kolekcija mediteranskih voćnih vrsta	
	Sigurnosna poljska kolekcija vinove loze	
	Sigurnosna poljska kolekcija vinove loze	Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč

Hrvatska baza podataka o biljnim genetskim izvorima (*Croatian Plant Genetic Resources DataBase*; CPGRD) predstavlja Dokumentacijsko-informacijski sustav Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske. Baza je uspostavljena 2008. godine s ciljem objedinjavanja i omogućavanja pristupa podacima o primkama koje se čuvaju u okviru Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske. Baza je krajem 2022. godine sadržavala podatke o više od 4000 primki sedam radnih skupina (Industrijsko bilje, Krmno bilje, Ljekovito i aromatično bilje, Povrće, Vinova Loza, Voće, Žitarice i kukuruz). Najzastupljenije biljne vrste u Kolekcijama Radnih skupina prikazane su na **Slici 11.3**. Radna skupina za Dokumentacijsko-informacijski sustav odgovorna je za razvoj i održavanje baze podataka, a za unos podataka o primkama koje čuvaju u svojim kolekcijama odgovorni su voditelji radnih skupina. Upisom putovničkih podataka u bazu, primka postaje sastavni dio Nacionalne banke. Putovnički podaci bilježe se prema listi deskriptora EURISCO, a uz putovničke podatke moguć je upis i prikupljačkih podataka, kao i podataka vezanih uz opis i procjenu svojstava (**vidi potpoglavlje 12.1**). Dostupni su i podaci o primkama koje se čuvaju u sigurnosnoj kolekciji. Pretraživanje baze podataka moguće je u okviru pojedinih Radnih skupina i prema različitim kriterijima (rod, vrsta, broj primke, institucija itd.).



Slika 11.3. Najzastupljenije biljne vrste u Nacionalnoj banci biljnih gena Republike Hrvatske 2022. godine.

12

CILJEVI I ZADACI BANAKA BILJNIH GENA

12.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora

Priča o tustopizdi i kurcoglavu: Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina

12.2 Opis i procjena svojstava primki

Priča o bosiljku: Opis svojstava primki

Priča o dalmatinskom buhaču:
Procjena agronomski važnih svojstava

12.3 Dokumentacijsko-informacijski sustav u bankama biljnih gena

Uvod

Ciljevi i zadaci banaka gena provedba su ekozemljopisnog pregleda i prikupljanje biljnih genetskih izvora, opis i procjena svojstava prikupljenih primki te uspostava dokumentacijsko-informacijskog sustava. Ekozemljopisnim se pregledom utvrđuje rasprostranjenost, raspoloživost i ugroženost biljnih genetskih izvora u svrhu uspostave prioriteta prilikom njihovog prikupljanja. U svrhu prikupljanja biljnih genetskih izvora provode se ekspedicije koje moraju biti pažljivo planirane (**vidi potpoglavlje 12.1**).

Nakon prikupljanja i uvođenja primki u banku gena provode se aktivnosti vezane uz njihovu pripremu za čuvanje te skladištenje u odgovarajućim uvjetima. Potom slijedi opis i procjena svojstava primki, što je jedan od najvažnijih zadataka banaka biljnih gena. Opis najčešće uključuje opažanje lako uočljivih morfoloških svojstava primki, dok se kod procjene svojstava utvrđuje njihova agronomska vrijednost. U većini banaka gena opis i procjena svojstava temelji se na listama deskriptora koje sadrže standardizirani popis svojstava i

kategorija (**vidi potpoglavlje 12.2**).

Većina banaka gena ima uspostavljen dokumentacijsko-informacijski sustav temeljen na bazama podataka koje omogućavaju slobodnu dostupnost podacima o čuvanim primkama te imaju višestruku ulogu u održivoj upotrebi biljnih genetskih izvora. Strukturu većine baza podataka čine prikupljački i putovnički podaci, podaci o opisu i procjeni svojstava te podaci o rukovanju primkama (**vidi potpoglavlje 12.3**).

12.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora

Provedba **ekozemljopisnog pregleda** (engl. *ecogeographical survey*) nužna je za planiranje učinkovite prikupljačke ekspedicije koja mora imati jasan cilj (biljna vrsta, određene prirodne populacije ili tradicijski kultivari), definirano područje (tipična staništa ili gospodarstva na kojima se uzgaja) kao i utvrđeno optimalno razdoblje prikupljanja (vrijeme zriobe). U slučaju divljih biljnih vrsta ekozemljopisni pregled uključuje objedinjavanje i analizu prethodno dokumentiranih podataka o rasprostranjenosti i ugroženosti određene divlje biljne vrste [npr. podaci dostupni u bazi podataka *Flora Croatica Database* (FCD)] kao i preliminarnu analizu potencijalnog područja prikupljanja koja uključuje jasno definiranje tipičnih staništa ciljane biljne vrste i bilježenje okolišnih uvjeta navedenih staništa. Prilikom planiranja prikupljačkih ekspedicija usmjerenih na tradicijske kultivare, divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta kao i na izravno upotrebljive divlje biljne vrste, od izuzetne je važnosti prikupiti arhivsku građu o tradicijskom uzgoju i načinima upotrebe navedenih kultivara, odnosno divljih biljnih vrsta. Pritom je ključna provedba etnobotaničkih istraživanja (**vidi potpoglavlje 6.3**), naročito u Republici Hrvatskoj u kojoj je zbog ratnih zbivanja, političke nesigurnosti i gospodarskih kriza došlo do učestalih migracija i raspada mnogih lokalnih zajednica, pa time i do nestanka tradicijske baštine u vezi poznavanja i upotrebe biljnih vrsta. Primjer etnobotaničkog istraživanja naveden je u *Priči o tustopizdi i kurcoglavu: Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina*.

EKOZEMLJOPISNI PREGLED (engl. *ecogeographical survey*) obuhvaća analizu raspoloživosti, rasprostranjenosti i ugroženosti biljnih genetskih izvora na određenom području u svrhu uspostave prioriteta prilikom prikupljanja.

Prikupljanje biljnih genetskih izvora podrazumijeva prikupljanje uzoraka sjemena i sadnog materijala u svrhu očuvanja biljnih genetskih izvora *ex situ*. Sjeme se prikuplja u stadiju fiziološke zrelosti, odnosno u stadiju kada je sposobno za reprodukciju, a koja se procjenjuje na temelju boje ploda i sjemena. U svrhu prikupljanja provode se prikupljačke ekspedicije i nekoliko je specifičnih razloga za njihovu provedbu. Jedan od njih je postojanje opasnosti od genetske erozije ili izumiranja određene biljne vrste ili više njih na nekom području kao rezultat prekomjernog sakupljanja, gubitka staništa ili djelovanja nepovoljnih abiotičkih i biotičkih stresova, pri čemu primjena očuvanja *in situ* nije dostatna. Drugi razlog za provedbu prikupljačkih ekspedicija može biti potreba korisnika biljnih genetskih izvora na nacionalnoj ili međunarodnoj razini za nekom vrstom podataka o biljnim vrstama. Taj razlog

može proizlaziti iz potrebe oplemenjivačkih programa za određenim svojstvima, ponajviše vezanim uz razvoj kultivara s otpornošću na različite biotičke i abiotičke stresove. Razlozi za provedbu prikupljačkih ekspedicija su i proširenje postojeće kolekcije *ex situ*, povećanje raznolikosti s namjerom osiguravanja biljnih genetskih izvora za budućnost te istraživanja; primjerice analize genetske ili biokemijske raznolikosti.

Možemo razlikovati dva tipa prikupljačkih ekspedicija. Prvi uključuje prikupljanje većeg broja različitih biljnih vrsta na određenom području, dok drugi uključuje prikupljanje pojedine biljne vrste na više odabranih područja. Prikupljanje većeg broja biljnih vrsta uglavnom se provodi na područjima na kojima nikada nije bilo provedeno sustavno prikupljanje biljnih genetskih izvora. Drugi je tip prikupljanja usmjeren na određenu biljnu vrstu. Pritom izuzetnu važnost imaju **hitne spasilačke prikupljačke ekspedicije** (engl. *rescue expedition*) u svrhu očuvanja biljnih vrsta ili populacija kojima prijeti neposredna opasnost od genetske erozije.

Prilikom ekspedicije nije važno samo prikupiti biljni materijal već i sve raspoložive **prikupljačke podatke** (engl. *collecting data*). Primjer prikupljačkog obrasca koji se koristi prilikom prikupljanja primki u svrhu pohrane u Kolekciju ljekovitog i aromatičnog bilja Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj (**vidi potpoglavlje 11.3**) prikazan je na **Slici 12.1**, a čine ga podaci koji služe za identifikaciju primke, uključujući i preliminarnu ocjenu rizika od genetske erozije, kao i podaci o staništu.

Prilikom primitka, odnosno registracije biljnog materijala u banku sjemena, svakoj se primci dodjeljuje **jedinstveni identifikacijski broj** (engl. *accession number*). Svaku primku koja postaje sastavni dio banke sjemena trebaju pratiti **putovnički podaci** (engl. *passport data*). U dokumentiranju putovničkih podataka koristi se međunarodno prihvaćena Lista deskriptora za putovničke podatke (engl. *Multi-Crop Passport Descriptor;* MCPD; **Tablica 12.1**). Navedena Lista usuglašena je s listama deskriptora za pojedine biljne vrste (**vidi potpoglavlje 12.2**) kao i s deskriptorima koji se koriste pri dokumentiranju podataka u sustavu WIEWS (**vidi potpoglavlje 11.1**).

U sklopu Radne skupine za Ljekovito i aromatično bilje (**vidi potpoglavlje 11.3**) svake se godine organiziraju prikupljačke ekspedicije. Usmjerene su na prikupljanje određene biljne vrste na širem zemljopisnom području ili na prikupljanje većeg broja biljnih vrsta na određenom specifičnom području. Razlozi za provedbu prikupljačkih ekspedicija popunjavanje su Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja, kao i analize morfološke, biokemijske i genetske raznolikosti prirodnih populacija ljekovitog i aromatičnog bilja. Ilustracije radi, navodimo nekoliko primjera prikupljačkih ekspedicija koje su provedene u okviru navedene Radne skupine. Godine 2006. organizirana je prikupljačka ekspedicija kojoj je cilj bio prikupljanje primki ljekovite kadulje (*Salvia officinalis*) na području prirodne rasprostranjenosti vrste u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. S istim je ciljem tijekom 2007. godine provedeno prikupljanje sjemena prirodnih populacija dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*) na području Hrvatske. Na području Dalmatinske zagore u razdoblju od 2021. do 2022. godine provedeno je prikupljanje sjemena i biljnog materijala trave ive (*Teucrium montanum*), pustenastog dubačca (*Teucrium polium*), te vrste *Teucrium* × *rohlenae* koja je spontani križanac između trave ive i pustenastog dubačca otkriven 2018. godine u okolici Biska (**Slika 12.2**). Prikupljene primke pohranjene su u Kolekciji ljekovitog i aromatičnog bilja, a poslužile su za analizu genetske i biokemijske raznolikosti.

0 = nije moguće procijeniti;
1-rijetka;
3-povremena;
5-uobičajena;
7-česta;
9-dominantna

0 = nije moguće procijeniti;
1-pojedinačne biljke;
3-skupine do 5 biljaka;
5-skupine do desetak biljaka;
7-kolonije većeg broja biljaka;
9-potpuno prekriveno zemljište

0 = nije moguće procijeniti;
1-skupina potpuno jednakih jedinki (visoka uniformnost);
3-povremena pojava drugačijeg tipa;
5-povremena pojava više drugačijih tipova;
7-približno jednaka raspoređenost više različitih tipova;
9-vrlo veliki broj različitih tipova (visoka varijabilnost)

0 = nije moguće procijeniti;
3-populacija se smanjuje;
5-populacija ostaje na istoj veličini;
9-populacija se povećava

(NE) - ne prikuplja se niti se uzgaja;
(P) -Prikupljanje;
(P +U) - Prikupljanje i povremen uzgoj;
(U +P) - Uzgoj uz povremeno prikupljanje;
(U) - Isključivo uzgoj

0 = nije moguće procijeniti;
1-ne prikuplja se;
3-vrlo se rijetko prikuplja;
5-katkad se prikuplja;
7-redovno se prikuplja;
9-organizirano prikupljanje

0-ne uzgaja se;
1-uzgajala se u prošlosti, ali danas ne;
3-rijetko se uzgaja;
5-povremeno se uzgaja;
7-redovno se uzgaja;
9-organizirana poljoprivredna proizvodnja (upisati da li se proizvodi za vlastite potrebe ili za prodaju, gdje se prodaje itd.)

KOLEKCIJA LJEKOVITOG I AROMATIČNOG BILJA
THE COLLECTION OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25
Zagreb

IDENTIFIKACIJA PRIMKE												
1. BROJ PRIMKE												
2. DATUM SAKUPLJANJA												
3. LATINSKI NAZIV												
4. NARODNI NAZIV												
5. LOKALNI/DOMAĆI NAZIV												
6. BOJA CVIJETA												
7. HABITUS RASTA	☐ USPRAVAN			☐ POLEGNUT			☐ RAŠIREN					
8. SPECIFIČNOSTI PRIMKE												
9. VRIJEME CVATNJE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10. VRIJEME ZRIOBE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
11. STATUS PRIMKE	☐ DIVLJA			☐ KOROV			☐ PRIMITIVNA			☐ KULTIVAR		
12. BR. UZORKOVANIH BILJAKA												
13. PRIKUPLJENA PROPAGULA	☐ SJEME						☐ SADNICA					
14. HERBARIJSKI PRIMJERAK	☐ DA						☐ NE					
15. FOTOGRAFIJA STANIŠTA	☐ DA						☐ NE					
16. FOTOGRAFIJA BILJKE	☐ DA						☐ NE					
17. UČESTALOST POPULACIJE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
18. PROSTORNI OBRAZAC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
19. OCJENA RAZNOLIKOSTI	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
20. GENETSKA EROZIJA	❒ NEMA		☐ PRAKSA		☐ UPOTREBA		☐ UNIŠTENJE		☐ SUPARNICI		❒ SUŠA	
21. OCJENA OPASNOSTI OD GENETSKE EROZIJE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
22. PRIKUPLJANJE I UZGOJ	❒ NE		☐ P		☐ P + U		☐ U + P		☐ U			
23. PRIKUPLJANJE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
24. UZGOJ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
25. UPOTREBA	☐ LJEKOVITA		☐ AROMATIČNA		☐ LJ + A		☐ UKRASNA		☐ DRUGO			
26. DIO BILJKE KOJI SE KORISTI	☐ FO		☐ FL		☐ HE		☐ RA		☐ SE		☐ FR	
27. DODATNE INFORMACIJE												

Fo-*Folium*: List;
Fl-*Flos*: cvijet;
He-*Herba*: nadzemna masa;
Ra-*Radix:* korijen (podzemni dio - gomolj, lukovica);
Se-*Semen*: sjeme;
Fr-*Fructus*: plod

Slika 12.1.
Prikupljački obrazac Radne skupine za ljekovito i aromatično bilje.

1-Nenarušeni prirodni habitat-divlja, samonikla vrsta
- 1.1-Šuma
- 1.2-Šikara
- 1.3-Livada

2-Narušeni prirodni habitat - divlja do korovska vrsta
- 2.1-Pašnjak
- 2.2-Rubni korovski habitat
- 2.3-Zapuštene poljoprivredne površine

3-Korov u agrikulturnom habitatu - korovska vrsta (obavezno napisati u kojoj je kultiviranoj vrsti nađen navedeni korov)
- 3.1-Oranica
- 3.2-Voćnjak i vinograd
- 3.3-Vrt (povrtnjak)

4-Agrikulturni habitat - kultivirana vrsta
- 4.1-Oranica
- 4.2-Vrt

0 = nije moguće procijeniti;
1-depresija;
3-ravnica;
5-valovito;
7-brežuljkasto;
9-vrlo strmo planinsko

N-sjever;
NE-sjeveroistok;
E-istok;
SE-jugoistok;
S-jug;
SW-jugozapad;
W-zapad;
NW-sjeverozapad

0 = nije moguće procijeniti;
3-niska;
7-visoka

0 = nije moguće procijeniti;
3-loša (voda sporo otječe);
7-dobra (voda brzo otječe)

0 = nije moguće procijeniti;
3-rijetko;
5-srednje;
7-često;
9-krš

0 = nije moguće procijeniti;
1-nema;
3-šljunak;
5-kamenje veličine šake;
9-povezano stijenje - krš

IDENTIFIKACIJA STANIŠTA

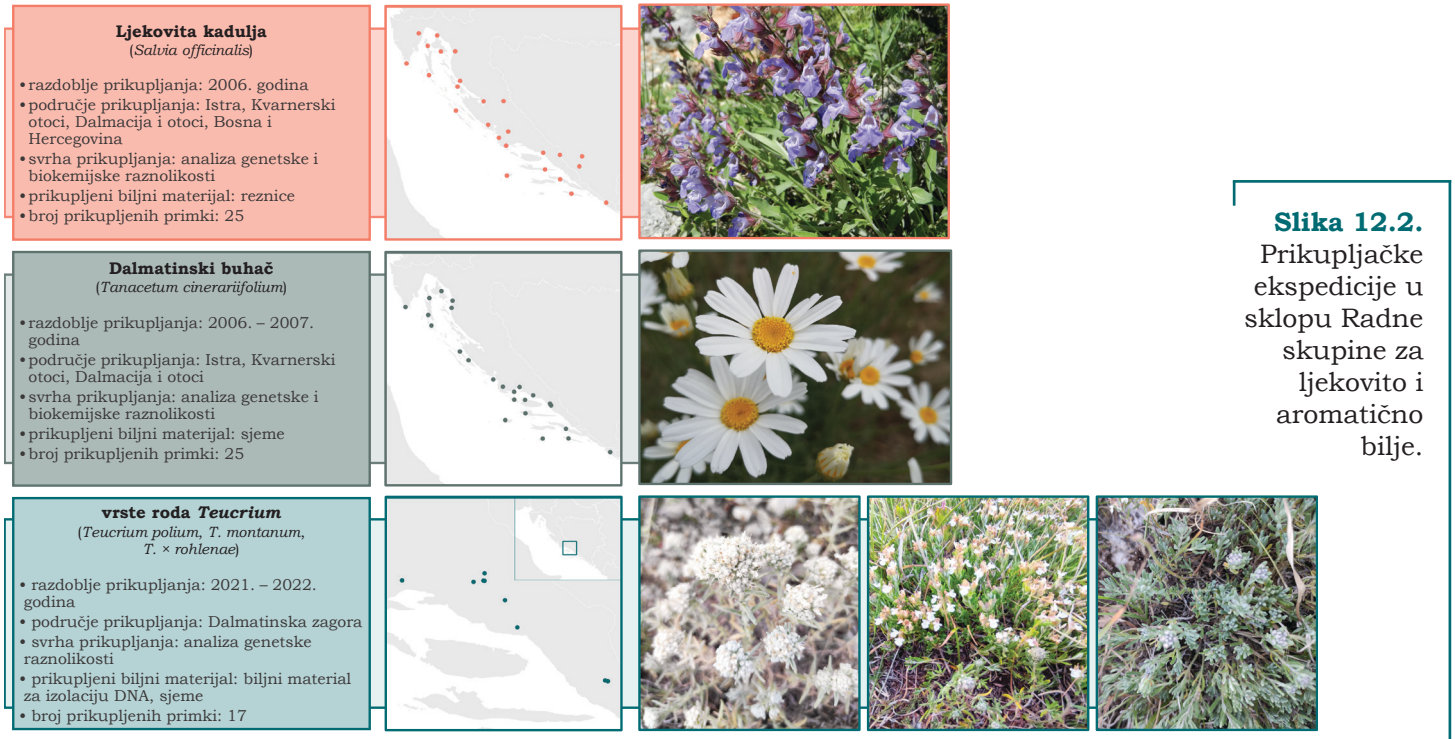
28. BROJ STANIŠTA										
29. LOKACIJA										
30. ZEMLJOPISNA ŠIRINA										
31. ZEMLJOPISNA DUŽINA										
32. NADMORSKA VISINA										mnv
33. MJESTO PRIKUPLJANJA										
34. DOMINANTNE VRSTE										
ANTROPOGENI UTJECAJ	35. PROŠLI	☐ OBRADIVO	☐ ISPAŠA	☐ ISKRČENO	☐ PALJEVINA	☐ PUT	☐ NASELJE			
	36. SADAŠNJI	☐ OBRADIVO	☐ ISPAŠA	☐ ISKRČENO	☐ PALJEVINA	☐ PUT	☐ NASELJE			
37. KONFIGURACIJA TERENA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
38. NAGIB STANIŠTA		☐ DO 5%	☐ 6 DO 10%	☐ 11 DO 40%	☐ 41 DO 60%	☐ VIŠE OD 60%					
39. INKLINACIJA STANIŠTA		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
40. PLODNOST TLA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41. VLAŽNOST TLA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42. EROZIJA TLA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43. TEKSTURA TLA		☐ GLINA	☐ ILOVAČA	☐ PIJESAK	☐ ORGANSKO						
44. BOJA TLA		☐ CRNA	☐ SMEĐA	☐ SIVA	☐ CRVENA	☐ ŽUTA					
45. DRENAŽA TLA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46. DUBINA TLA		☐ MANJA	☐ JEDNAKA DUBINI ORANJA	☐ VEĆA							
47. UČESTALOST STIJENJA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
48. VELIČINA STIJENJA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49. SVJETLOST		☐ OTVORENO	☐ ¼	☐ ½	☐ ¾	☐ ZASJENJENO					
50. DODATNE INFORMACIJE											

OPASKE

Tablica 12.1. Međunarodno prihvaćena Lista deskriptora za putovničke podatke.

Putovnički podaci	Kratica
1. Oznaka institucije (engl. *institution code*)	INSTCODE
2. Broj primke (engl. *accession number*)	ACCENUMB
3. Prikupljački broj (engl. *collecting number*)	COLLNUMB
4. Kôd institucije koje je provela prikupljanje (engl. *collecting institute code*)	COLLCODE
5. Rod (engl. *genus*)	GENUS
6. Vrsta (engl. *species*)	SPECIES
7. Oznaka autorizacije znanstvenog naziva vrste (engl. *species authority*)	SPAUTHOR
8. Podvrsta (engl. *subtaxa*)	SUBTAXA
9. Oznaka autorizacije znanstvenog naziva podvrste (engl. *subtaxa authority*)	SUBTAUTHOR
10. Narodni naziv biljne vrste (engl. *common crop name*)	CROPNAME
11. Naziv primke (engl. *accession name*)	ACCENAME
12. Datum uključivanja primke u banku gena (engl. *acquisition date*)	ACQDATE
13. Zemlja porijekla (engl. *country of origin*)	ORIGCTY
14. Lokacija prikupljanja primke (engl. *location of collecting site*)	COLLSITE
15. Zemljopisna širina lokacije prikupljanja (engl. *latitude of collecting site*)	LATITUDE
16. Zemljopisna dužina lokacije prikupljanja (engl. *longitude of collecting site*)	LONGITUDE
17. Nadmorska visina lokacije prikupljanja (engl. *elevation of collecting site*)	ELEVATION
18. Datum prikupljanja (engl. *collecting date of sample*)	COLLDATE
19. Oznaka oplemenjivačke institucije (engl. *breeding institute code*)	BREDCODE
20. Status primke (engl. *biological status of accession*)*	SAMPSTAT
21. Rodoslovni podaci (engl. *ancestral data*)	ANCEST
22. Mjesto prikupljanja (engl. *collecting/ acquisition source*)**	COLLSRC
23. Oznaka institucije donora (engl. *donor institute code*)	DONORCODE
24. Donorov broj primke (engl. *donor accession number*)	DONORNUMB
25. Druge identifikacije oznake primke (engl. *other identification numbers associated with the accession*)	OTHERNUMB
26. Lokacija sigurnosne kolekcije (engl. *location of safety duplicates*)	DUPLSITE
27. Način čuvanja (engl. *type of germplasm storage*)***	STORAGE
28. Napomene (engl. *remarks*)	REMARKS

*mogućnost odabira između različitih kategorija (npr. divlja, korov, tradicijski kultivar, oplemenjivački materijal, moderni kultivar) i njihovih potkategorija
** mogućnost odabira između različitih kategorija (prirodno stanište, poljoprivredno zemljište, tržnica, institut, eksperimentalna stanica, istraživačka organizacija, banka gena, sjemenarska tvrtka, korovni, narušeni ili ruderalni habitat) i njihovih potkategorija
***kolekcija sjemena, poljska kolekcija, *in vitro* kolekcija, krioprezervirana kolekcija



Slika 12.2. Prikupljačke ekspedicije u sklopu Radne skupine za ljekovito i aromatično bilje.

Priča o tustopizdi i kurcoglavu: Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina

Zlarin je jedan od otoka Šibenskog arhipelaga. Dug je 6,1 km, širok do 2,1 km, a ukupna mu je površina 8,05 km^2. Prema popisu stanovništva iz 2021. godine na njemu živi 293 stanovnika.

Diblje zelje zlarinski je naziv za samoniklo jestivo bilje koje se prikuplja u rano proljeće. Običaj branja *dibljeg zelja* raširen je na mnogim našim otocima kao i u priobalju, o čemu govore i brojni nazivi u hrvatskim govorima kao što je *svakober* (Ravni kotari), *broška* (otok Molat), *ščadovina* (otok Iž), *divina* (otok Prvić), *mišancija* ili *mišanca* (Split i okolica), *parež*, *parešćina*, *poreščina* ili *pareština* (otok Brač), *divlje zelje* (otok Hvar i Vis), *mišanca*, *gruda*, *parapač*, *pakolač* (otok Korčula), *pustolažina* (otok Lastovo) te *pazija* ili *pakoleč* (Dubrovnik i okolica). Isti taj običaj nalazimo i u mnogim talijanskim regijama, uz slično bogatstvo sinonima kao što su *pistiç* (Furlanija-Julijska krajina), *prebuggium* (Ligurija), *minestrella* (Toskana), *misticanza* (Lacij), *misca* (Basilicata), *foja mmisca* (Apulija), te *minestra delle 18 erbe selvatiche* (Sardinija),

a poznat je i u Španjolskoj (*ensalada del campo*), Francuskoj (*suppa d'erbiglie* na Korzici) i Grčkoj (*ta chòrta*; τα χόρτα).

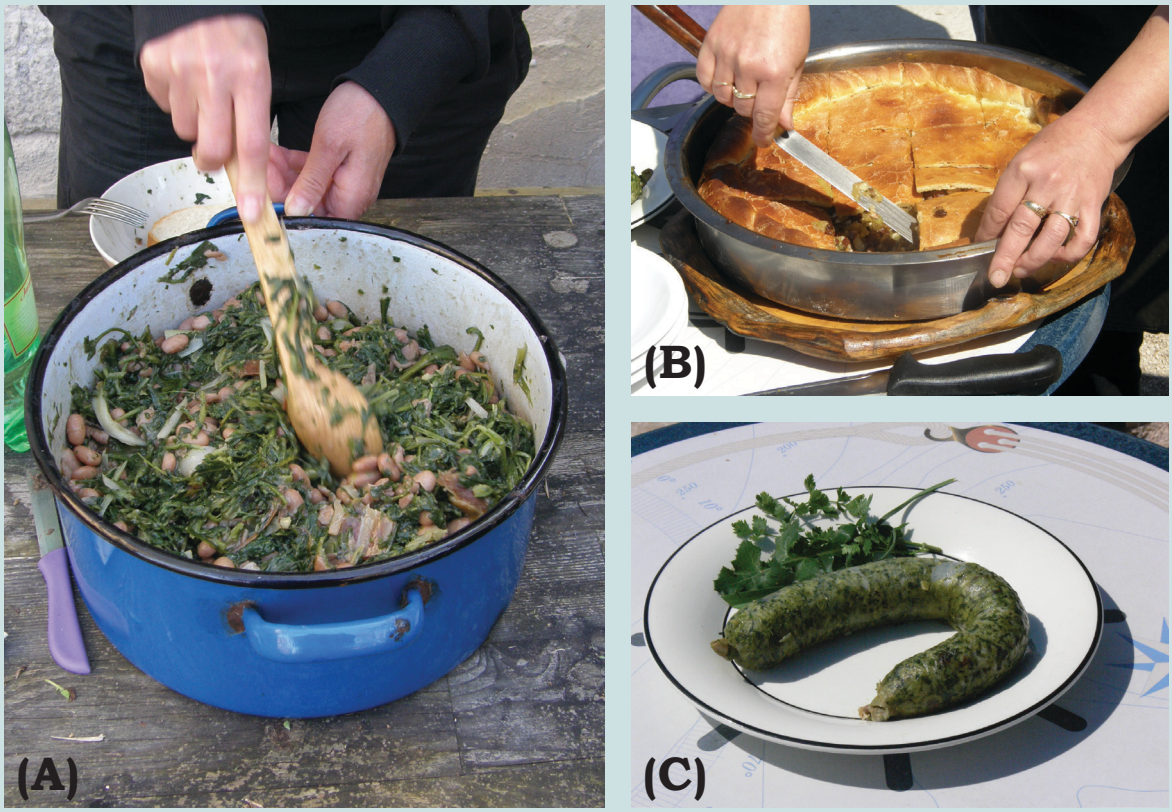
Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina započelo je 2009. godine i u njega su bili uključeni botaničari, agronomi, etnolozi i gastronomi. Cilj istraživanja bio je prikupiti podatke o tome koje se biljne vrste koriste kao *diblje zelje* i kako se pripremaju. U razgovoru s desetak kazivačica, zlarinskih žena, većinom starije dobi, utvrđeno je da znanje o samoniklom jestivom bilju ni danas nije zaboravljeno. Nakon obavljenih razgovora s kazivačicama koje su bile izuzetno susretljive i na licu mjesta pokazale istraživačima biljne vrste koje se prikupljaju, provedena je botanička identifikacija prikupljenog materijala.

Utvrđeno je da *diblje zelje* čine svojte iz 24 roda unutar deset porodica, te su zabilježeni zlarinski nazivi za pojedine svojte. Većina tih biljnih vrsta usko je povezana s čovjekom i agrikulturom. Neke od tih vrsta mogu se naći kao samonikle, uzgojene ili podivljale – kao što je npr. raštika (*Brassica oleracea* var. *acephala*; zlarinski: *brokulica, broskva, brusinica, cimulica*) ili pak čunjasta (*Raphanus raphanistrum* ssp. *landra*) i sjetvena rotkva (*R. raphanistrum* ssp. *sativus*) koje se na Zlarinu nazivaju *rodakvama*. Neke se vrste uzgajaju u svijetu, ali ne i na Zlarinu – kao uskolisni dvoredac (*Diplotaxis tenuifolia*; zlarinski: *riga*) i obični komorač (*Foeniculum vulgare*; zlarinski: *koromač*). Ima tu i onih koje prate poljoprivrednu proizvodnju kao korovne vrste – kao što su bijela loboda (*Chenopodium album*), loboda kamenjarka (*Chenopodiastrum murale;* syn. *Chenopodium murale*) i smrdljiva loboda (*Ch. vulvaria*) koje se na Zlarinu nazivaju *loboda* ili *lobojuh* te poljski ostak (*Sonchus arvensis*), oštri ostak (*S. asper*), primorski ostak (*S. maritimus*) i zeljasti ostak (*S. oleraceus*) na Zlarinu poznatima pod nazivima *kostriš* i *sinjak*. Na kraju, tu ima i vrsta koje pripadaju ruderalnoj vegetaciji pa ih najčešće srećemo uz naselja i putove te na zapuštenim oranicama i vrtovima kao npr. apulijsku orjašicu (*Tordylium apulum*; zlarinski: *mačja muda*) i šumski sljez (*Malva sylvestris*; zlarinski: *mali sliz*).

Posebna je pažnja posvećena botaničkoj identifikaciji biljnih vrsta poznatih po „bezobraznim" zlarinskim nazivima – *tustopizda* i *kurcoglav*. Iako su mnogi Zlarinjani čuli za te nazive, vrlo su rijetki bili oni koji su znali o kojim se zapravo vrstama radi. Za *tustopizdu* je utvrđeno da se radi o bijeloj babljači (*Urospermum picroides*) za koju hrvatski botaničar Ivan Šugar u „*Hrvatskom biljnom imenoslovu*" izdanom 2008. godine navodi nazive – kao što su *babljača*, *babljača jagušasta*, *loćika praska*, *pleštiguzica*, *tustočel* i *tustolica jagušasta*, dok naziv *tustopizda* nalazimo u knjizi „*Zlarin: kratka povijest i riječnik*" Slavka Bjažića i Ante Deana, s objašnjenjem da se radi o nekoj vrsti trave. Etimologija ovog naziva vjerojatno se odnosi na činjenicu da su listovi i stabljika obrasli gustim dlakama. Kurcoglav je zlarinski naziv za zlaticu (*Ranunculus ficaria*). Taj naziv najvjerojatnije ima veze s oblikom korijenovih gomolja ove vrste, o čemu nam govore i neki drugi nazivi te biljne vrste – kao što su *boboj*, *bobovnjak*, *mudašca* i *mačji mud*.

Druga je faza projekta uključivala transfer tradicijskog etnobotaničkog znanja novim generacijama. Naime, u travnju 2010. godine organizirana je radionica na koju su bili pozvani svi zainteresirani. Istraživači su bili ugodno iznenađeni jer su se brojne obitelji Zlarinjana koje žive uglavnom u Šibeniku, Splitu i Zagrebu spremno odazvale pozivu. Tijekom radionice sudionici su bili upoznati s ciljanim biljnim vrstama, te su se pod stručnim vodstvom kazivačica, botaničara i agronoma prošetali otokom i prikupili *diblje zelje*. Profesionalna kuharica i kuhar su na temelju recepata kazivačica rekonstruirali zaboravljena jela – kao što su *kulin* (zelena kobasica), *zelenjak* (pita od *dibljeg zelja*) i *fažol s dibljim zeljem* (grah s *dibljim*

zeljem) i pripremili gozbu za sve sudionike radionice (**Slika 12.3**).



Slika 12.3. Zlarinske gastronomske poslastice s dibljim zeljem: **(A)** Fažol s dibljim zeljem, **(B)** Zelenjak i **(C)** Kulin.

Navedeno je istraživanje okrunjeno znanstvenom monografijom Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta pod nazivom „*Tustopizde u izobilju – kurcoglava ni za lijek: Samoniklo jestivo bilje otoka Zlarina*“ autora Marine Viculin, Mirjane Randić Barlek, Željka Šatovića, Danila Dučka, Zlatka Libera, Sandra Bogdanovića i Zlatka Šatovića objavljenom 2022. godine.

12.2 Opis i procjena svojstava primki

Jedan od ciljeva očuvanja biljnih genetskih izvora je njihova **održiva upotreba** (engl. *sustainable use*). Stoga se nakon prikupljanja, primitka i registracije primki u banku biljnih gena provodi njihov opis i procjena svojstava, odnosno istraživanje fenotipske i genotipske varijabilnosti prisutne u određenom genskom skupu. Dobiveni rezultati postaju javno dostupni kako bi se olakšao pristup informacijama svim zainteresiranim korisnicima.

ODRŽIVA UPOTREBA (engl. *sustainable use*) podrazumijeva upotrebu sastavnica biološke raznolikosti na način koji dugoročno neće uzrokovati smanjenje biološke raznolikosti te koji ne ugrožava potrebe sadašnjih i budućih generacija.

Opis i procjena svojstava primki specifični su za biljnu vrstu ili skupinu srodnih vrsta. **Opis svojstava** (engl. *characterization*) prvenstveno služi za identifikaciju primki jer se tako utvrđuju sličnosti i/ili razlike između primki s obzirom na određeno svojstvo, u svrhu njihovog razlikovanja i svrstavanja u određene skupine. Opis svojstava uglavnom se temelji na kvalitativnim morfološkim svojstvima visoke heritabilnosti koja su lako uočljiva i značajno ne ovise o okolišnim uvjetima. Na temelju navedenih svojstava trebalo bi biti moguće razlikovanje primki. Opis svojstava provodi se najčešće prilikom regeneracije primki. **Procjena svojstava** (engl. *evaluation*) uključuje bilježenje svojstava čija je heritabilnost niža nego što je to slučaj kod svojstava koja se upotrebljavaju kod opisa. Najčešće se radi o kvantitativnim svojstvima, koja su podložna utjecaju okolišnih uvjeta te pokazuju značajnu varijabilnost između lokacija i vegetacijskih sezona. Za razliku od opisa svojstava, procjena svojstava najčešće uključuje utvrđivanje gospodarske vrijednosti primki (npr. prinos i sastavnice prinosa), reakcije na različite biotičke i abiotičke stresove (npr. otpornost/tolerantnost na sušu). Procjena uključuje i biokemijske i genetske analize u svrhu utvrđivanja sadržaja određenih biokemijski aktivnih spojeva te genetske analize u svrhu utvrđivanja genetske raznolikosti i populacijske strukture. Razlikuju se preliminarna (engl. *preliminary evaluation*) i daljnja procjena svojstava (engl. *further evaluation*). Preliminarna procjena obično se provodi u okviru banaka gena i uključuje analizu manjeg broja svojstava, dok daljnja procjena uključuje analizu većeg broja svojstava koja su zanimljiva oplemenjivačima i znanstvenicima. Daljnja procjena provodi se na temelju poljskih pokusa koji se postavljaju na više lokacija i kroz više vegetacijskih sezona. Sažeti prikaz obilježja opisa i procjene svojstava primki u bankama biljnih gena dan je u **Tablici 12.2**.

Tablica 12.2. Opis i procjena svojstava u bankama biljnih gena.

	Opis svojstava	Procjena svojstava
Cilj	opažanje svojstava koja su stabilna u različitim okolišnim uvjetima	mjerenje/analiza svojstava koja su pod utjecajem okolišnih uvjeta
Tip svojstava	najčešće kvalitativna morfološka svojstva, na temelju kojih se provodi klasifikacija primki	uglavnom kvantitativna, agronomska svojstva, na temelju kojih se provodi procjena gospodarske vrijednosti primki
Primjer svojstava	boja cvijeta, habitus rasta, oblik lista	visina, prinos i sastavnice prinosa, vrijeme do cvatnje, kemijski sastav (bjelančevina, ugljikohidrata, eteričnih ulja i sl.), tolerantnost na stres

Opis, a najčešće i procjena svojstava temelji se na **listama deskriptora** (engl. *descriptor list*). Deskriptor se sastoji od naziva (engl. *descriptor name*), metode bilježenja nekog svojstva (engl. *descriptor method*) i kategorije svojstva (*descriptor state*). Naziv deskriptora mora biti opisan, nedvosmislen, konkretan i razumljiv. Najčešće se sastoji od naziva biljnog dijela/

organa (npr. stabljika) i nekog svojstva tog biljnog dijela koje se bilježi (npr. boja), koji zajedno daju puni naziv deskriptora – boja stabljike. Kategorija deskriptora jasan je opis ekspresije određenog svojstva. Metoda propisuje postupak kojim se određuje svojstvo, a može uključivati fazu rasta i razvoja ili okolišni uvjet (npr. temperatura) pri kojem se opažanje provodi, te proceduru uzorkovanja (npr. potreban broj uzoraka, broj mjerenja) (**Tablica 12.3**).

LISTA DESKRIPTORA (engl. *descriptor list*) je popis svojstva primki određene biljne vrste ili skupine srodnih vrsta koje se koristi za njihovu klasifikaciju.

Tablica 12.3. Primjeri deskriptora korištenih u opisu i procjeni svojstava primki.

	Element deskriptora		
	Naziv deskriptora (svojstvo)	**Metoda određivanja**	**Kategorija**
primjer 1	dlakavost stabljike	na bazi stabljike	3 - rijetka 5 - srednja 7 - gusta
primjer 2	oblik lista	u fazi cvatnje	1 - srcoliki 2 - izdužen 3 - ovalan
primjer 3	grananje stabljike	na srednjem dijelu stabljike	1 - nasuprotno 2 - naizmjenično 3 - kombinirano
primjer 4	prisutnost žlijezda na listu	na vršnim listovima	0 odsutne 1 prisutne
primjer 5	visina stabljike [cm]	u fazi pune zrelosti, od površine tla do vrha klasa, na 5 nasumično odabranih biljaka	izmjerena vrijednost u cm
primjer 6	sadržaj eteričnog ulja [%]	prije cvatnje	% u biljnom materijalu

*primjeri 1 do 4 prikazuju deskriptore korištene u opisu svojstava, dok primjeri 5 do 6 prikazuju one korištene u procjeni svojstava

Deskriptori mogu biti kvalitativna ili kvantitativna svojstva. Kvalitativna svojstva mogu se opisati kategoričkim varijablama kao što su: (1) ordinalna varijabla, (2) nominalna varijabla i (3) binarna varijabla.

Ordinalna varijabla poprima vrijednosti koje se mogu logički poredati, odnosno rangirati. Takav tip podataka bilježi se na određenoj skali obično s vrijednostima od 1 do 9. Primjer takvog deskriptora je npr. svojstvo dlakavosti stabljike (**Tablica 12.3**; primjer 1).

Nominalna varijabla poprima vrijednosti u obliku popisa različitih kategorija svojstva koje se ne mogu organizirati u logički slijed. Primjer takovog deskriptora je oblik lista koji ima tri kategorije: 1 - srcoliki, 2 - izdužen, 3 - ovalan (**Tablica 12.3**; primjer 2).

Binarna varijabla može poprimiti vrijednost 1 ili 0 te služi za opis prisutnosti odnosno odsutnosti određenog svojstva kao što je npr. prisutnost žlijezda na listu (**Tablica 12.3**; primjer 4).

Kvantitativna svojstva opisana su numeričkim varijablama kao što je to slučaj kod svojstva visine stabljike koja se izražava u cm (**Tablica 12.3**; primjer 5).

Liste deskriptora važan su alat za standardizaciju opisa i procjene svojstava koji osigurava međunarodni format podataka o biljnim genetskim izvorima, a koriste se ponajprije u znanstvenim istraživanjima. Organizacija *Biodiversity International* (**vidi potpoglavlje 11.1**) u suradnji s mnogobrojnim organizacijama koje se bave očuvanjem biljnih genetskih izvora, razvila je liste deskriptora za preko 150 biljnih vrsta, odnosno rodova kao npr. za grah (*Phaseolus vulgaris*), jabuku (*Malus domestica*) i kukuruz (*Zea mays*), kao i za rod kupusa (*Brassica* spp.), lukova *(Allium spp.)* i sirka (*Sorghum* spp.). Liste deskriptora organizacije *Biodiversity International* prvenstveno su namijenjene opisu biljnih genetskih izvora pa tako kategorije svojstava koje se bilježe moraju obuhvatiti cjelokupnu raznolikost određene kulturne biljne vrste (moderni i tradicijski kultivari) i njenih divljih srodnika.

Liste deskriptora također su sastavni dio *Vodičâ za provođenje testova različitosti, ujednačenosti i postojanosti* (*Test Guidelines* /TG/; *Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability*) Međunarodne unije za zaštitu novih biljnih kultivara (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants*; UPOV) (**vidi potpoglavlje 5.1**). Veliku pomoć prilikom opisa svojstava na temelju listi deskriptora organizacije UPOV pružaju primjeri tipičnog kultivara koji su navedeni uz svaku kategoriju unutar svojstva koje je potrebno analizirati. No, budući da su liste deskriptora organizacije UPOV prvenstveno namijenjene za opis svojstava novonastalih kultivara često ne uključuju određene kategorije pojedinih svojstava koje se pojavljuju kod modernih kultivara već isključivo kod tradicijskih kultivara ili divljih srodnika.

Priča o bosiljku:
Opis svojstava primki

Bosiljak (*Ocimum basilicum*) najpoznatija je vrsta iz roda *Ocimum,* porodice Lamiaceae. Ljekovita je, aromatična i ukrasna biljna vrsta. Sintetizira eterično ulje koje se koristi u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji, a kao začin se koriste svježi ili osušeni listovi. Prirodno je rasprostranjen na području tropske i suptropske Azije, a pretpostavlja se da je udomaćen u Indiji. Iako ova biljna vrsta nije autohtona na području Hrvatske, od davnina se uzgaja i naveliko koristi kao začin u kulinarstvu. U svijetu se uzgajaju i mnoge druge vrsta roda *Ocimum* kao

što su *O.* x *africanum*, *O. americanum*, *O. gratissimum*, *O. tenuiflorum*. Sve navedene vrste karakterizira velika raznolikost morfoloških i kemijskih svojstava kao rezultat stoljetnog uzgoja i lakoće međuvrsnih križanja. Kod vrste *O. basilicum* opisana su dva varijeteta [var. *basilicum* (krupnolisni bosiljak) i var. *minimum* (sitnolisni bosiljak)], a krupnolisni se varijetet može podijeliti na barem pet morfotipova: pravi bosiljak (engl. *true basil*), salatnolisni bosiljak (engl. *lattice-leaf* basil) te tri ljubičasta morfotipa (engl. *purple basil*).

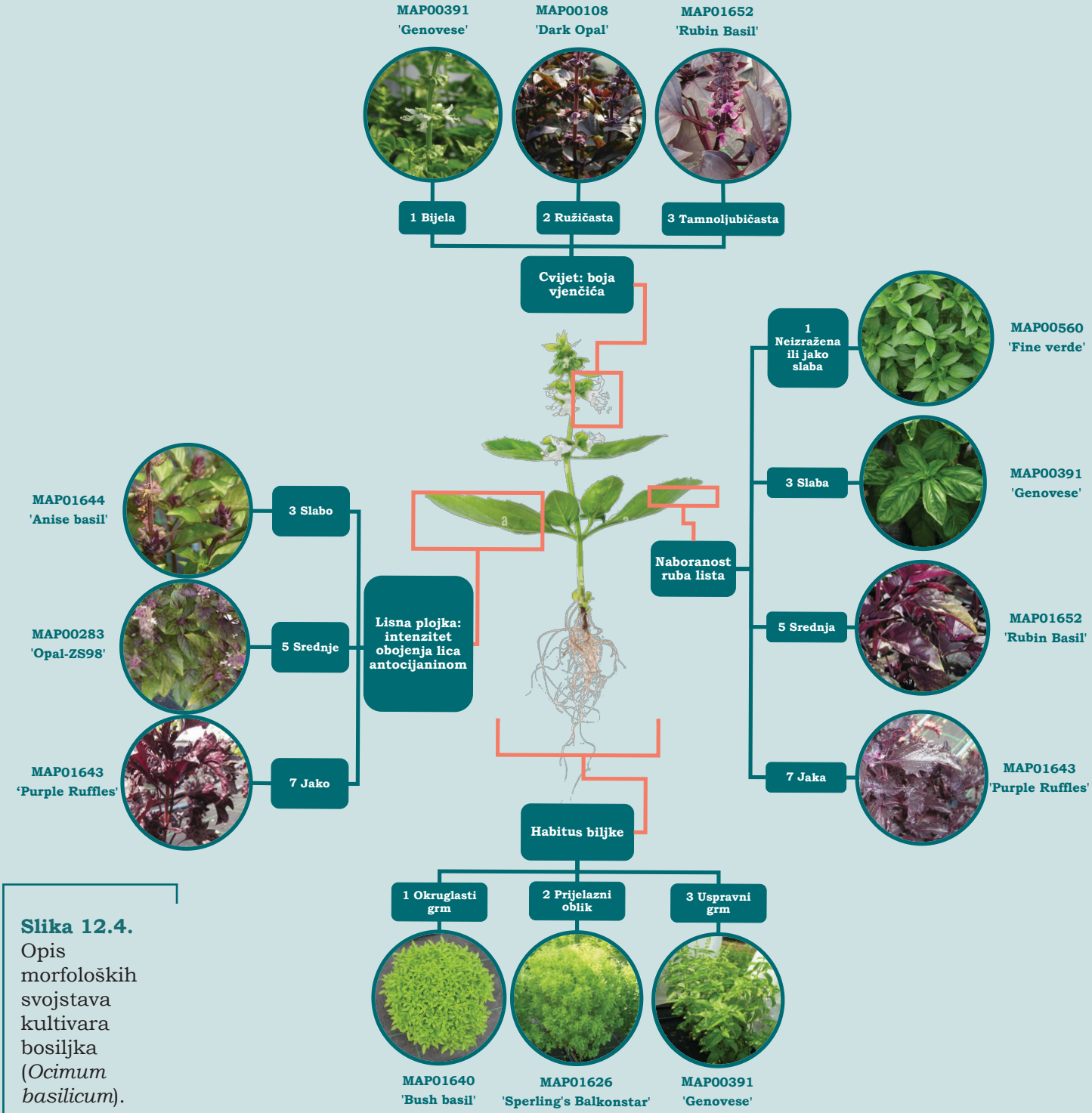
Budući da postoji vrlo velik broj kultivara bosiljka, u svrhu njihovog opisa Međunarodno je udruženje za zaštitu novih biljnih kultivara (UPOV; **vidi potpoglavlje 5.1**) izradilo listu deskriptora koja se sastoji od 27 kvalitativnih i kvantitativnih morfoloških svojstava (**Tablica 12.4**).

Navedena lista deskriptora korištena je u opisu primki bosiljka koje su sastavni dio Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja, Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske (**vidi potpoglavlje 11.3**). Kolekcija bosiljka 2023. godine sastojala se od preko 100 primki modernih i tradicijskih kultivara. Prilikom registracije svakoj je primki dodijeljen MAP (*Medicinal and Aromatic Plants*) broj, a svi podaci o primkama, uključujući opis i procjenu svojstava, te rezultate biokemijskih analiza (sastav eteričnog ulja) slobodno su dostupni na mrežnim stranicama Hrvatske baze podataka o biljnim genetskim izvorima (engl. *Croatian Plant Genetic Resources Database*; CPGRD; **vidi potpoglavlje 12.3**).

Na **Slici 12.4** prikazana su četiri odabrana morfološka svojstva i njihove kategorije. Primke tipičnih kultivara pridružene su odgovarajućoj kategoriji svojstva.

Tablica 12.4. Lista deskriptora za bosiljak (*Ocimum* sp.) organizacije UPOV.

SVOJSTVO
1. Habitus biljke
2. Visina stabljike
3. Kompaktnost biljke
4. Stabljika: obojanost antocijaninom
5. Stabljika: intenzitet obojenosti antocijaninom
6. Stabljika: dlakavost
7. Stabljika: broj cvjetnih izboja
8. Lisna plojka: oblik
9. Lisna plojka: dužina
10. Lisna plojka: širina
11. Lisna plojka: obojanost lica antocijaninom
12. Lisna plojka: intenzitet obojenja lica antocijaninom
13. Lisna plojka: distribucija antocijanina
14. Lisna plojka: boja kod kultivara bez antocijanina
15. Lisna plojka: sjajnost
16. Lisna plojka: tekstura lista
17. Položaj lisne plojke
18. Nazubljenost ruba lista
19. Jačina nazubljenosti ruba lista
20. Naboranost ruba lista
21. Peteljke: dužina
22. Cvat: dužina internodija
23. Cvat: ukupna dužina
24. Cvat: dlakavost pricvjetnih listova
25. Cvijet: boja vjenčića
26. Cvijet: boja tučka
27. Vrijeme cvatnje



Slika 12.4. Opis morfoloških svojstava kultivara bosiljka (*Ocimum basilicum*).

Priča o dalmatinskom buhaču: Procjena agronomski važnih svojstava

Dalmatinski je buhač (*Tanacetum cinerariifolium*) biljna vrsta iz porodice glavočika (Asteraceae). Endemična je vrsta istočne obale Jadranskog mora, koja raste na degradiranim staništima; na propusnim, vapnenastim, kamenitim i pjeskovitim tlima. U Republici Hrvatskoj ima status strogo zaštićene biljne vrste. Biljke dalmatinskog buhača sintetiziraju sekundarni metabolit piretrin koji ima insekticidna svojstva. Kao kontaktni insekticid djeluje na živčani sustav štetnika, uzrokuje paralizu i smrt. Ima i repelentno djelovanje, odnosno svojim mirisom odbija veliki broj štetnika. Koristi se u ekološkoj proizvodnji, kućanstvima, komercijalnim, industrijskim i javnim zdravstvenim ustanovama. Sadržaj piretrina najviši je u cvatnim glavicama, dok je u ostalim biljnim dijelovima prisutan samo u tragovima. Piretrin je smjesa šest aktivnih sastavnica (piretrin I i II, cinerin I i II te jasmolin I i II), a od navedenih su sastavnica piretrin I i II najzastupljeniji i o njihovom omjeru ovisi insekticidni potencijal piretrinskog ekstrakta. Piretrin je ekološki prihvatljiv insekticid koji predstavlja izvanrednu zamjenu sintetičkim insekticidima.

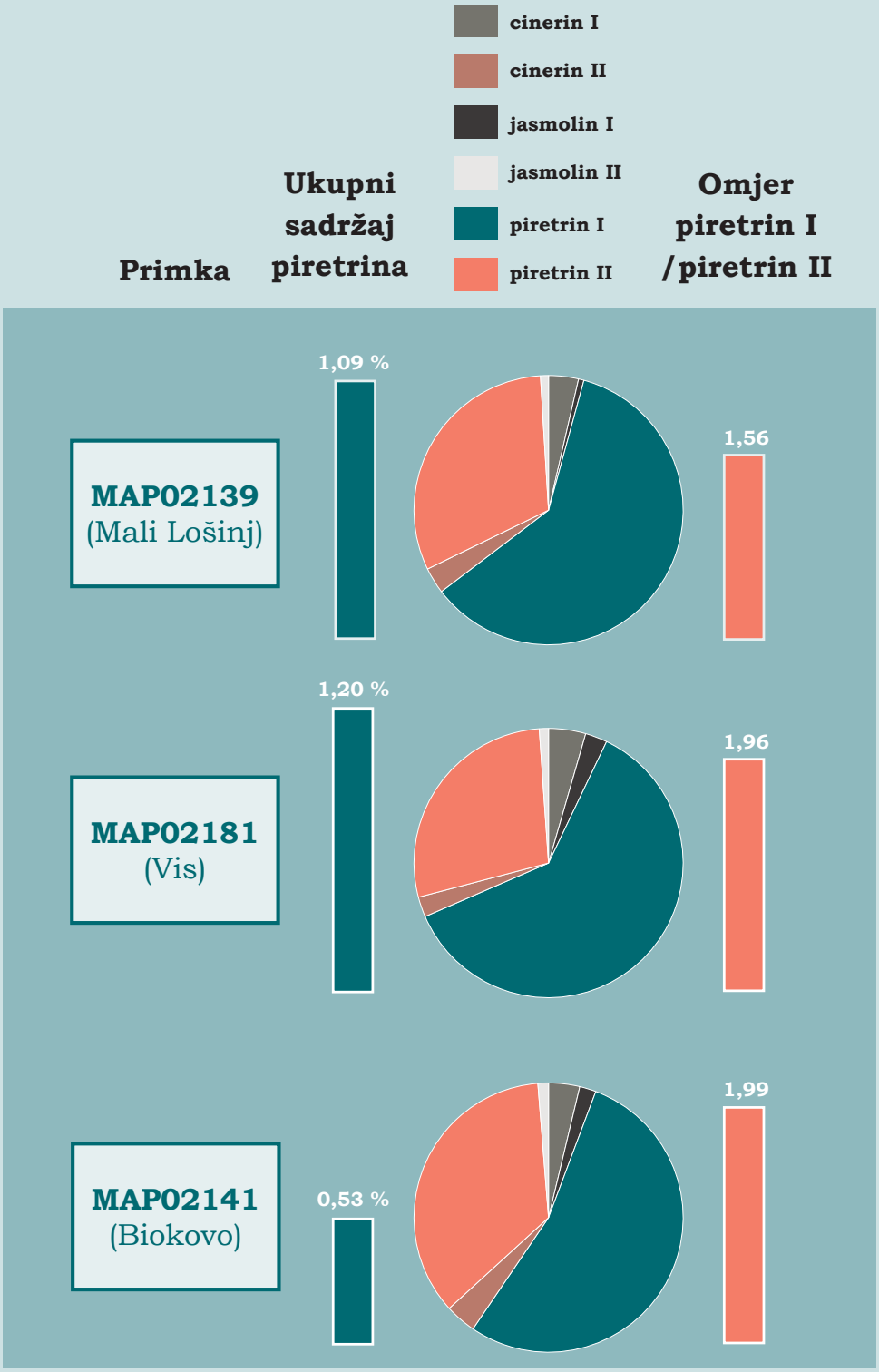
Korištenje dalmatinskog buhača u kućanstvima i poljoprivrednim sustavima na području Dalmacije i dalmatinskih otoka započinje u prvoj polovici XIX. stoljeća. Prema dostupnim literaturnim podacima, insekticidno djelovanje otkrio je dubrovački ljekarnik Antun Drobac (1810. – 1882.), nakon čega dolazi do masovne potražnje za biljkama dalmatinskog buhača i prikupljanja samoniklih populacija. Oko 1845. godine podižu se prvi nasadi u okolici Dubrovnika, a kasnije se proizvodnja širi i na ostale dijelove jadranske obale. Na dalmatinskim otocima poljoprivrednici su podmetali požare u šumama kako bi na pustom zemljištu sijali dalmatinski buhač. Sadio se i u vinogradima koji su masovno propali zbog napada filoksere, odnosno trsovog ušenca (*Daktulosphaira vitifoliae*), i jedina je poljoprivredna kultura koja je u to vrijeme donosila novčanu dobit i spašavala brojne obitelji od gladi. Prah dalmatinskog buhača izvozio se u Europu i prodavao po europskim ljekarnama pod nazivom „*Flores Crisanthemi*“, a od 1885. godine osušeni cvatovi izvozili su se i u SAD. Razdoblje od 1910. do 1930. godine smatra se *zlatnim dobom* proizvodnje dalmatinskog buhača u Dalmaciji. Tada se dalmatinski buhač uzgajao na površini od preko 2000 ha i to najviše u okolici Šibenika, Splita, Hvara i Dubrovnika, Zadra, Preka i Biograda, a u manjoj mjeri u Makarskoj, na Braču, Korčuli i Dalmatinskoj zagori. U međuvremenu proizvodnja dalmatinskog buhača započinje i u Japanu, Keniji i Tanzaniji, a nešto kasnije i na Tasmaniji. Od 1930. godine dolazi do drastičnog smanjenja površina pod dalmatinskim buhačem, posebice tijekom II. svjetskog rata kada je intenzivna proizvodnja u Keniji zadovoljavala veliki dio tržišne potražnje. Na dodatno smanjenje i u konačnici prestanak proizvodnje buhača utjecalo je otkriće i početak masovnog korištenja sintetskih insekticida kao što je DDT (dikloro-difenil-trikloroetan). Pokušaji revitalizacije proizvodnje u Hrvatskoj 60-ih godina prošlog stoljeća nisu bili uspješni jer je trošak uvoza piretrinskog ekstrakta bio daleko niži od troškova domaće proizvodnje.

Kemijska struktura sastavnica piretrina otkrivena je nekoliko desetljeća nakon početka upotrebe i uzgoja buhača u Hrvatskoj. Kemijska struktura piretrina I i II identificirana je 1924. godine, što je pošlo za rukom njemačkom kemičaru Hermannu Staudingeru (1881. – 1965.) kao i hrvatskom znanstveniku, dobitniku Nobelove nagrade Lavoslavu Ružički (1887. – 1976.). Kemijska struktura cinerina I i II otkrivena je 1945. godine, a jasmolina I i II, 1966. godine.

U okviru Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja (**vidi potpoglavlje 11.3**), proveden je ekozemljopisni pregled i prikupljanje primki te autohtone biljne vrste i postavljanje poljskog pokusa (**Slika 12.5**) u svrhu procjene potencijalne agronomske vrijednosti prirodnih populacija. Agronomska vrijednost primki dalmatinskog buhača ogleda se u sastavu i sadržaju piretrina, odnosno insekticidnom potencijalu piretrinskog ekstrakta koji ovisi o omjeru piretrina I i piretrina II. Što je omjer veći, veća je i insekticidna aktivnost. Ekstrakcija piretrina iz suhih cvatnih glavica dalmatinskog buhača provedena je primjenom ultrazvučne ekstrakcije (engl. *ultrasound extraction*), dok je identifikacija i utvrđivanje sadržaja svih šest sastavnica provedena tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (engl. *High Performance Liquid Chromatography*; HPLC). **Slika 12.6** prikazuje rezultate procjene svojstava primki dalmatinskog buhača prikupljenih na Malom Lošinju, Visu i Biokovu. Ti rezultati dio su opsežnijeg istraživanja, a takve primke odabrane su u svrhu prikaza varijabilnosti biokemijskih profila s obzirom na različitost zemljopisnog podrijetla i prevladavajućih okolišnih uvjeta. Sadržaj svake sastavnice izražen je kao udio u ukupnom sadržaju piretrina (% od ukupnog sadržaja piretrina), a ukupni sadržaj piretrina kao postotak u masi suhog biljnog materijala (% ST). Takva istraživanja, provode se s ciljem utvrđivanja potencijala prikupljenih primki za korištenje u oplemenivačkim programima usmjerenim na stvaranje kultivara poželjnih biokemijskih svojstava, odnosno povećanog insekticidnog djelovanja, prilagođenih na različite okolišne čimbenike.



Slika 12.5. Poljski pokus dalmatinskog buhača u Kaštel Starom (s desna na lijevo Zlatko Šatović, Klaudija Carović-Stanko, Martina Grdiša).



Slika 12.6. Sadržaj piretrina u primkama dalmatinskog buhača.

12.3 Dokumentacijsko-informacijski sustav u bankama biljnih gena

Dokumentacijsko-informacijski sustav temelj je svakog programa očuvanja i održive upotrebe biljnih genetskih izvora jer krajnjim korisnicima omogućava dostupnost podataka o čuvanim biljnim genetskim izvorima. Brza i točna razmjena podataka između institucija i organizacija uključenih u programe očuvanja, ključna je za povećanje učinkovitosti zaštite i održive upotrebe biljnih genetskih izvora.

Dobra institucionalna suradnja, kako nacionalna tako i međunarodna, povećava učinkovitost nacionalnih programa očuvanja biljnih genetskih izvora. Okosnicu suradnje čini zajednički interes za očuvanje određene biljne vrste ili skupine biljnih vrsta, a primarni je ishod suradnje uspostava središnjih baza podataka.

Središnje, sveobuhvatne baze podataka kolekcija koje se čuvaju u različitim institucijama važne su jer:

(1) olakšavaju pronalazak biljnog materijala i pratećih podataka (npr. podataka o rasprostranjenosti vrste, opisu i procjeni svojstava),

(2) pridonose upotrebi primki u znanstvenim istraživanjima i oplemenjivanju,

(3) omogućavaju identifikaciju duplikata, pri čemu se smanjuju troškovi čuvanja i umnažanja pojedinih primki,

(4) omogućavaju detaljan pregled prikupljenih biljnih genetskih izvora i utvrđivanje nedostataka na temelju kojih se određuju prioritetne vrste ili područja za provedbu budućih prikupljačkih ekspedicija te

(5) omogućavaju pronalazak najprikladnije lokacije za održavanje i umnožavanje primki uzimajući u obzir okolišne uvjete, znanstvenu i stručnu osposobljenost osoblja, kao i tehnologiju kojom određena banka gena raspolaže.

Zbog svega navedenog, podaci koji čine bazu podataka moraju biti pouzdani, točni i redovito ažurirani. Standardizacija podataka neophodna je za brz i učinkovit prijenos i povezivanje u središnju bazu podataka.

Tipovi podataka pohranjeni u bazama podataka biljnih genetskih izvora su:

(1) putovnički podaci (engl. *passport data*),

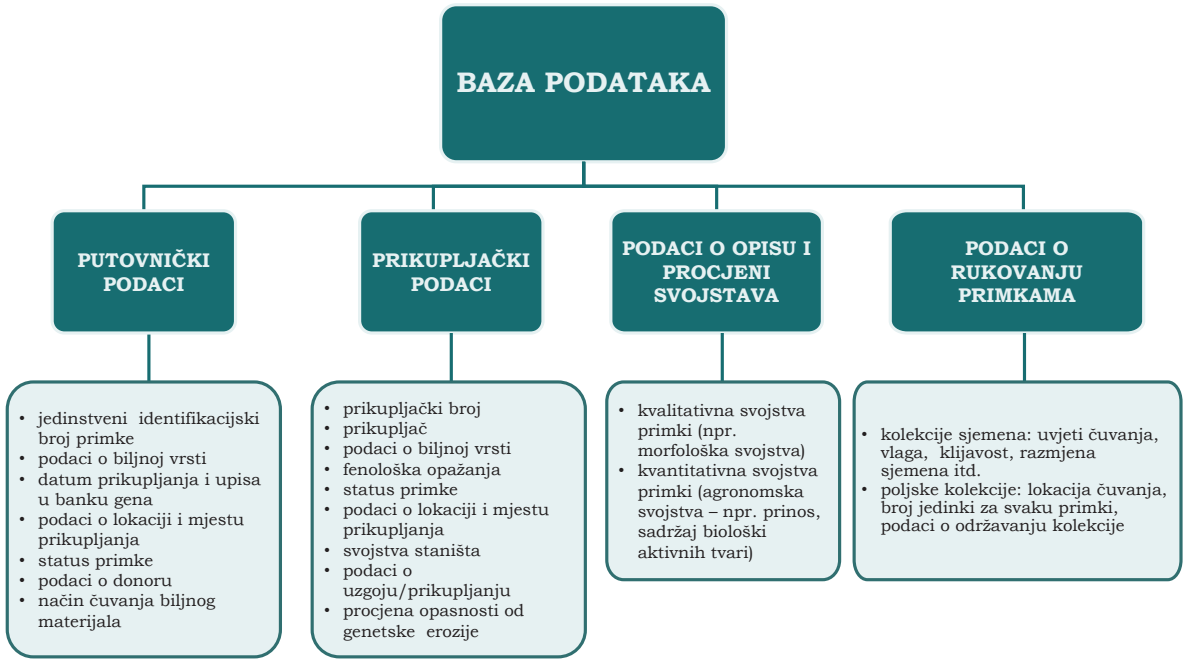
(2) prikupljački podaci (engl. *collecting data*),

(3) podaci o opisu i procjeni svojstava (engl. *characterization and evaluation data*) i

(4) podaci o rukovanju prikupljenim biljnim materijalom (engl. *management data*).

Opća struktura baze podataka o biljnim genetskim izvorima prikazana je na **Slici 12.7**. Prvi i najvažniji podaci o nekoj primci putovnički su podaci, bez kojih je ona praktično bezvrijedna u kontekstu očuvanja i upotrebe. **Putovnički podaci** uključuju osnovne podatke

o primci, jedinstveni identifikacijski broj primke, podatke o biljnoj vrsti, datumu i mjestu prikupljanja, statusu primke te instituciji u kojoj se primka čuva. Većina podataka bilježi se na lokaciji prikupljanja i prati primku sve do registracije u banku biljnih gena. U svrhu standardizacije putovničkih podataka i olakšavanja razmjene podataka između banaka koristi se međunarodno prihvaćena Lista deskriptora za putovničke podatke (*Multi-Crop Passport Descriptor*; MCPD; **vidi potpoglavlje 12.1**) koja je univerzalna za sve biljne vrste. Baze podataka biljnih genetskih izvora također sadrže i prikupljačke podatke. Takvi su podaci specifični za vrstu, odnosno skupinu vrsta i prikupljaju se prilikom uzorkovanja biljnog materijala (**vidi potpoglavlje 12.1**). U slučaju tradicijskih kultivara, prikupljaju se i podaci o tradicijskom načinu uzgoja. Podaci o opisu i procjeni svojstava sadrže podatke o morfološkim i agronomskim svojstvima primki. Sadržaj podataka o rukovanju prikupljenim primkama ovisi o metodi čuvanja biljnih genetskih izvora (banke sjemena, *in vitro* i krioprezervirane kolekcije, poljske kolekcije). Ukoliko se radi o kolekciji sjemena, bilježe se podaci o početnoj vlazi i klijavosti sjemena, datumu regeneracije, provedenim pokusima i distribuciji sjemena, a ako se radi o poljskim kolekcijama sadrži podatke o lokaciji poljske kolekcije, shemi nasada, načinu održavanja nasada, provedenim pokusima i distribuciji biljnog materijala.



Slika 12.7. Struktura baza podataka biljnih genetskih izvora.

Možemo izdvojiti nekoliko najvažnijih baza podataka biljnih genetskih izvora. Europski kooperativni program za biljne genetske izvore (*European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*; ECPGR; **vidi potpoglavlje 11.1**) održava Središnju bazu podataka ECPGR (ECPGR *Central Crop Databases*) koja sadrži podatke o biljnim genetskim izvorima koji se čuvaju u državama uključenima u navedeni program. Baza je uspostavljena kroz inicijativu pojedinih instituta i radnih skupina koje djeluju u sklopu ECPGR-a. Mrežne stranice ECPGR-a

omogućavaju pristup i pojedinačnim nacionalnim bazama podataka te bazama podataka o prikupljačkim ekspedicijama, kao i međunarodnim bazama podataka o biljnim genetskim izvorima. Baza podataka sadrži putovničke podatke, a donekle i podatke vezane uz opis primki. Dostupan je pristup i nacionalnim bazama podataka o biljnim genetskim izvorima kao što je Nacionalni inventorij Austrije (*National Inventory of Austria*), bugarska Nacionalna banka gena (*National Seed Genebank*) i češki Informacijski sustav za biljne genetske izvore (*Information System on Plant Genetic Resources*). Uz europske, ECPGR omogućava pristup i nekim međunarodnim bazama podataka – kao što su baza podataka biljnih genetskih izvora povrća (*The Asian Vegetable Research and Development Center Vegetable Genetic Resources Information System*; AVRDC), Svjetskom portalu divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta (*Crop Wild Relative Global Portal*) i bazi podataka Milenijske banke sjemena (*Millenium Seed Bank Seed Lists*).

Europski katalog za pretraživanje biljnih genetskih izvora (*The European Search Catalogue for Plant Genetic Resources*; EURISCO) je baza podataka koja objedinjuje putovničke i fenotipske podatke o kolekcijama *ex situ* europskih banaka biljnih gena i svih institucija koje se bave biljnim genetskim izvorima. Trenutno sadrži podatke od preko dva milijuna primki kultiviranih biljnih vrsta i divljih srodnika koje se čuvaju u kolekcijama *ex situ* u više od 400 institucija. Takvi uzorci predstavljaju više od pola čuvanih primki *ex situ* u Europi te više od 20 % ukupno čuvanih primki u svijetu. Baza podataka temelji se na mreži Nacionalnih kataloga (*National Inventories*) iz 43 zemlje članice i predstavlja značajan doprinos očuvanju svjetske bioraznolikosti. Od 2003. do 2014. godine EURISCO je održavala organizacija *Bioversity International*, a od 2014. godine Lajpciški institut za biljnu genetiku i istraživanje kulturnih biljnih vrsta (*Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research*; IPK) u Gaterslebenu, Njemačka. Podaci o primkama koje se čuvaju u Nacionalnoj banci biljnih gena Republike Hrvatske dostupni su u Hrvatskoj bazi podataka o biljnim genetskim izvorima (*Croatian Plant Genetic Resources DataBase;* CPGRD; **vidi potpoglavlje 11.3**); prenose se u EURISCO od 2009. pa su time i dostupni u bazi podataka GENESYS.

GENESYS je najznačajnija svjetska baza podataka o biljnim genetskim izvorima koja objedinjuje podatke o primkama koje se čuvaju u više od 450 institucija u svijetu. S radom je započela 2008. godine, a 2022. sadržavala je podatke o četiri milijuna primki, što čini polovinu ukupnog broja primki koje se čuvaju u svijetu. GENESYS omogućava bankama gena, institutima i svima uključenima u očuvanje biljnih genetskih izvora da objavljuju podatke o prikupljenim primkama, a oplemenjivačima i ostalim korisnicima brzo pretraživanje i podnošenje zahtjeva za nabavom primki. GENESYS objavljuje putovničke podatke, podatke o opisu i procjeni svojstava primki koje se čuvaju u svijetu, a isto tako osigurava podršku bankama gena u dokumentaciji podataka u skladu s postojećim standardima. Bazu GENESYS razvila je organizacija *Bioversity International* u suradnji sa Savjetodavnom skupinom za međunarodna poljoprivredna istraživanja (CGIAR; **vidi potpoglavlje 10.3**), Svjetskim fondom za raznolikost kulturnog bilja (*Global Crop Diversity Trust*) i Upravnim tijelom Međunarodnog ugovora o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (*Governing Body of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA).

Već spomenuti Svjetski sustav informiranja i ranog upozoravanja o biljnim genetskim izvorima za prehranu i poljoprivredu (WIEWS; **vidi potpoglavlje 11.1**) baza je podataka koja služi za prikupljanje podataka za pripremu periodičnih izvještaja pojedinih država o statusu očuvanja biljnih genetskih izvora. Izvješća podnose nacionalni koordinatori koje imenuje vlada. Na temelju izvješća država-članica, FAO prati implementaciju aktivnosti Globalnih planova

akcije za biljne genetske izvore za prehranu i poljoprivredu (GPA; **vidi potpoglavlje 11.1**). FAO svim institucijama koje su uključene u aktivnosti očuvanja biljnih genetskih izvora dodjeljuje jedinstvene identifikacijske kodove (WIEWSCODE) koji se koriste za njihovo označavanje na globalnoj razini u razmjeni podataka te za izvještavanje o provedbi Globalnog plana akcije.

Indeks pojmova i vrsta

A

Acmella oleracea (L.) R.K.Jansen **183**
Adansonia digitata L. **159**
Aegilops tauschii Coss. **164**, **166**, **176**
afrička riža **147**, **159**, **231**, **234**
afrički krumpir **156**, **157**, **159**
Agrobacterium radiobacter (Beijerinck and van Delden 1902) Conn 1942 **78**
agrumi **210**, **216**, **223**
akmela **183**
Alfred Russel Wallace **25**, **102**, **133**
Allium cepa L. **61**, **68**
Allium sativum L. **68**, **213**, **215**, **246**
Alocasia macrorrhizos (L.) G.Don **163**
alohtona flora **141**–**143**
Alphonse Pyramus de Candolle **133**, **139**
Amaranthus caudatus L. **156**, **158**, **204**
Amaranthus cruentus L. **146**, **157**, **204**
Amaranthus hybridus L. **204**
Amaranthus hypochondriacus L. **146**, **157**, **204**
Amaranthus retroflexus L. **204**
amfidiploid **177**
aneuploidija **60**, **79**
Annona cherimola Mill. **204**
Antirrhinum majus L. **170**
apulijska orjašica **254**
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. **75**, **78**, **170**
Arachis duranensis Krapov. & W.C.Greg. **176**
Arachis hypogaea L. **156**, **158**, **175**, **176**, **196**, **233**, **234**
Arachis ipaensis Krapov. & W.C.Greg. **176**
Arachis monticola Krapov. & Rigoni **176**
arakača **130**
Arctium lappa L. **163**
Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng. **40**
areal **31**, **34**, **35**, **38**, **141**, **142**, **177**, **184**, **185**
Armoracia rusticana G.Gaertn., B.Mey. & Scherb. **68**
Arnica montana Hook. **68**
arnika **40**
Árpád von Degen **35**
Arracacia xanthorrhiza Bancr. **130**
Artemisia absinthium L. **183**
Artemisia annua L. **183**
Artemisia scoparia Waldst. & Kit. **183**
artičoka **183**
Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg **8**, **148**, **149**, **163**, **195**, **202**, **203**
Artocarpus camansi Blanco **203**
Artocarpus heterophyllus Lam. **204**
Artocarpus mariannensis Trécul **203**
asinapsa **80**, **81**
August von Hayek **35**
autohtona flora **31**, **141**, **142**, **229**, **230**
Avena abyssinica Hochst. **158**, **159**, **186**
Avena sativa L. **176**, **228**, **246**
avokado **146**, **157**, **210**

B

Bactris gasipaes Kunth **158**
balsamoriza **183**
bambus **213**
Bambusa Mutis ex Caldas **213**
banana **8**, **94**, **145**, **148**, **149**, **158**, **159**, **163**, **173**, **176**, **195**, **196**, **199**–**201**, **213**–**215**, **232**

baobab 159
barbadoski pamuk 158
Berlandierova loboda 146, 157
Beta vulgaris L. 7, 155, 194, 195
bijela babljača 254
bijela loboda 254
bijeli fonio 147, 159, 186
bijeli jam 156, 159, 196–198
biljna germplazma 59, 70, 108, 109
biljni genetski izvori 5, 6, 8, 9, 12, 43–47, 50–52, 54, 55, 59, 60, 69, 83, 89, 94, 100, 108, 110, 116, 132–135, 137, 140, 141, 174, 181, 189, 193, 207–211, 214–218, 221, 223, 225–229, 231, 232, 235–245, 247–249, 255, 258, 259, 264–267
biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu 6, 43, 44, 193, 208, 210, 235–241, 266, 267
biogusarstvo 43, 54, 55, 57, 94
biološka raznolikost 5, 11–13, 19, 27, 57, 220, 235–237, 240–242, 256
biopotraga 94
bioraznolikost 5, 11–14, 16–19, 22–24, 27, 28, 32–34, 37, 38, 40, 43, 46, 55, 86, 94, 95, 98, 101, 118, 122–124, 126, 127, 179, 230, 238, 241, 243, 266
biserno proso 7, 126, 140, 145, 147, 156, 158, 159, 176, 186, 193–195
bob 59, 75, 79–81, 128, 148, 162, 187, 232, 233
Boehmeria nivea (L.) Gaudich. 161, 163
bosiljak 247, 258, 259
Brassica carinata A.Braun 177–179
Brassica juncea (L.) Czern. 177–179
Brassica napus L. 177–179, 246
Brassica nigra (L.) W.D.J.Koch 177–179
Brassica oleracea L. 68, 130, 167, 168, 177–180, 254
Brassica rapa L. 129, 177–179
brazilski grah 158
breskva 163, 207, 227
breskvina palma 158
brokula 168, 180
'Buco Incavato' 207, 227

C

Cajanus cajan (L.) Huth 162
Campanula aureliana Bogdanovic, Resetnik, Brullo & Shuka 29, 31
Campanula comosiformis (Hayek & Janch.) Frajman & Schneew. 29
Campanula cremnophila Bogdanovic, Resetnik, M.Jericevic, N.Jericevic & Brullo 29, 31
Campanula fenestrellata Feer 29, 30
Campanula garganica Ten. 29
Campanula portenschlagiana Schult. 29
Campanula poscharskyana Degen 29
Campanula reatina Lucchese 29
Campanula skanderbegii Bogdanovic, Brullo & D.Lakušic 29, 31
Campanula teutana Bogdanovic & Brullo 29, 30
Campanula tommasiniana K.Koch 29
Canavalia ensiformis (L.) DC. 158
Canna indica L. 130, 158
Cannabis sativa L. 163, 228
Capsicum annuum L. 68, 204, 210, 228, 240, 246
Capsicum chinense Jacq. 158
Carl von Linné 24, 25
Carthamus tinctorius L. 183
Cenchrus americanus (L.) Morrone 7, 126, 140, 145, 147, 156, 158, 159, 176, 186, 194, 195
Cenchrus violaceus (Lam.) Morrone 194
centar podrijetla agrikulture 6, 126, 131, 132, 141–149, 154, 160, 161
centar podrijetla biljne vrste 132–136,

138–142, **144**
centar raznolikosti **6**, **135**, **140**, **141**, **143**, **174**, **181**, **184**, **185**, **187–190**, **200**
centar udomaćenja **6**, **47**, **69**, **80**, **91**, **128**, **131–133**, **140–148**, **154–162**, **164**, **169**, **173**, **174**, **181**, **182**, **184–191**, **194**, **196–199**, **202–204**
Charles B. Davenport **139**
Charles Darwin **25**, **102**, **131–133**, **138**, **149**, **151**
Chenopodiastrum murale (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch **254**
Chenopodium album L. **254**
Chenopodium berlandieri Moq. **146**, **157**
Chenopodium pallidicaule Aellen **158**
Chenopodium quinoa Willd. **128**, **156**, **158**
Chenopodium vulvaria L. **254**
Chondrodendron tomentosum Ruiz & Pav. **98**
Cicer arietinum L. **80**, **148**, **162**, **184**, **187**, **188**, **233**
Cichorium endivia L. **183**
Cichorium intybus L. **183**
cikorija **183**
citoplazmatska muška sterilnost **111**, **112**
Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai **199**
Citrus L. **210**, **216**, **223**
Coccinia abyssinica (Lam.) Cogn. **158**, **159**
Coccinia grandis (L.) Voigt **162**
Cochliobolus heterostrophus (Drechsler) Drechsler (1934) **112**
Cocos nucifera L. **176**, **210**, **213**
Coffea arabica L. **94**, **159**, **176**, **185**, **187**, **193**, **210**
Coix lacryma-jobi L. **163**
Cola acuminata (P.Beauv.) Schott & Endl. **157**, **159**, **187**, **193**
Cola nitida (Vent.) Schott & Endl. **157**, **159**, **187**
Coleus esculentus (N.E.Br.) G.Taylor **156**, **158**
Colocasia esculenta (L.) Schott **8**, **148**, **149**, **157**, **162**, **163**, **189**, **195**, **202**, **203**
Colocasia fallax Schott **202**
Colocasia lihengiae C.L.Long & K.M.Liu **202**
Colocasia menglaensis J.T.Yin, H.Li & Z.F.Xu **202**
crna gorušica **177–179**
crni dud **204**
crni fonio **147**, **159**, **185**, **186**
crni grah mungo **148**, **162**
crnookica **80**, **147**, **159**, **175**, **234**
Cucumis melo L. **162**, **163**, **189**
Cucumis sativus L. **162**, **199**, **210**
Cucurbita argyrosperma C.Huber **157**
Cucurbita ecuadorensis Cutler & Whitaker **146**, **158**
Cucurbita ficifolia Bouché **158**
Cucurbita maxima Duchesne **156**, **158**
Cucurbita moschata Duchesne **145**, **146**, **158**
Cucurbita pepo L. **145**, **146**, **155**, **157**, **189**, **199**, **204**, **246**
cvjetača **168**, **179**, **180**
Cyamopsis senegalensis Guill. & Perr. **192**
Cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub. **191**
Cynara cardunculus L. **183**

Č

čajot **157**
čerimoja **204**
češnjak **68**, **213**, **215**
čičoka **183**
čili **146**, **157**, **204**
čunjasta rotkva **254**
čuvana sorta **67**, **68**, **241**, **242**

D

Daktulosphaira vitifoliae (Fitch, 1855) **261**
dalmatinski buhač **183**, **247**, **249**, **253**, **261**–**263**
dalmatinsko zvonce **29**
Daucus carota L. **128**, **240**
deforestacija **123**–**126**
Degenia velebitica (Degen) Hayek **34**–**37**, **40**
degradacija tla **7**, **125**, **239**
dezertifikacija **125**, **126**
diblje zelje **253**, **254**
*Digitaria exilis (*Kippist) Stapf **147**, **159**, **186**
Digitaria iburua Stapf **147**, **159**, **185**, **186**
dinja **162**, **163**, **189**
Dioscorea abyssinica Hochst. ex Kunth **196**
Dioscorea alata L. **162**, **163**, **189**, **196**–**198**
Dioscorea burkilliana J.Miège **197**
Dioscorea cayenensis Lam. **156**, **158**, **159**, **189**, **196**–**198**
Dioscorea esculenta (Lour.) Burkill **163**, **198**
Dioscorea nummularia Lam. **197**, **198**
Dioscorea pentaphylla L. **198**
Dioscorea praehensilis Benth. **196**
Dioscorea transversa R.Br. **198**
Dioscorea trifida L.f. **158**, **196**
Diplotaxis tenuifolia (L.) DC. **254**
divergentni odabir **178**, **181**
diverzifikacija vrsta **6**, **23**, **24**, **140**, **174**, **181**
divlji srodnik **6**, **7**, **8**, **51**, **83**, **87**, **89**, **91**–**93**, **104**, **105**, **108**, **114**, **126**, **134**, **140**–**143**, **174**, **175**, **184**, **197**, **204**, **207**, **208**, **216**, **220**–**223**, **228**, **229**, **233**, **239**, **248**, **258**, **266**
divovski taro **163**
djeteline **228**
Dmitrij Ivanovič Mendeljejev **134**
dobra poljoprivredna praksa **101**
Drosophila melanogaster Meigen, 1830 **137**
dugi jam **198**
duhan **176**

E

Echinochloa colonum (L.) Link **162**
Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv. **163**
editiranje genoma **100**, **101**
Edraianthus dalmaticus (A.DC.) A.DC. **29**
egzoni **107**
ekologija **11**, **12**, **19**, **27**, **230**
ekološka poljoprivreda **99**, **101**, **229**
ekološka sukcesija **37**
ekonomska botanika **95**, **98**
ekozemljopisni pregled **8**, **40**, **95**, **241**, **243**, **247**, **248**, **262**
eksplantat **209**, **213**, **214**
ekvadorska bundeva **146**, **158**
Elaeis guineensis Jacq. **60**, **157**, **159**, **187**, **193**
Eleusine coracana (L.) Gaertn. **158**, **159**, **186**
endem **21**, **23**, **28**, **29**, **31**–**35**, **39**, **40**, **94**, **120**, **122**, **147**, **222**, **223**, **230**, **261**
endivija **183**
Ensete ventricosum (Welw.) Cheesman **158**, **159**
Eragrostis pilosa (L.) P.Beauv. **186**
Eragrostis tef (Zuccagni) Trotter **158**, **159**, **185**, **186**
erozija tla **5**, **118**, **125**, **126**, **251**
esparzeta **228**
EST-SNP biljezi **70**

etiopska banana 158, 159
etiopska gorušica 177–179
etiopska zob 158, 159, 186
etiopski grašak 158, 159
etnobotanika 83, 94–97, 247, 248, 253, 254
evolucijska biologija 11, 12, 25

F

Fagopyrum esculentum Moench 161, 163, 228
Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn. 161, 163
'Fava Feneou' 207, 226
Ficus carica L. 204, 246
filogenetika 25, 26
filoksera 261
Foeniculum vulgare Mill. 254
Francisko Pizarro 128

G

Gaspard Bauhin 48
genetika 11, 12, 19, 26, 78, 79, 92, 136–139, 266
genetska erozija 7, 37, 51, 67, 68, 85, 99, 100, 113, 114, 116, 118, 125, 130, 221, 222, 248–250, 265
genetska karta visoke rezolucije 76
genetska ranjivost 43, 46, 47, 50, 99, 100, 107, 110, 113, 187
genetska transformacija 78, 100, 101
genetski materijal 6, 44, 46, 53, 59, 60, 74, 75, 78, 79, 100, 115, 225, 242
genetski otklon 102, 103, 174, 175
genetski rezervati 208, 222, 223
genetsko zaleđe 63, 65, 66
genski skup 87–90, 92, 105, 108, 109
Gentiana lutea L. 40, 85, 86
georaznolikost 22, 28, 32
Glebionis coronaria (L.) Cass. ex Spach 183
Glebionis segetum (L.) Fourr. 183
Glycine clandestina J.C.Wendl. 105
Glycine falcata Benth. 105
Glycine latifolia (Benth.) Newell & T.Hymowitz 105
Glycine max (L.) Merr. 7, 78, 105, 106, 124, 148, 155, 162, 163, 168, 175, 189, 194, 195, 210, 229, 246
Glycine tabacina (Labill.) Benth. 105
Goeppertia allouia (Aubl.) Borchs. & S.Suárez 158
gorka kola 157, 159, 187
gorska moravka 40
gorski pelin 183
Gossypium barbadense L. 158
Gossypium hirsutum L. 176, 196
gotovo izogene linije 75, 76
grah azuki 162, 163
grah bambara 159, 234
grah kulthi 148, 160, 162, 189
grah lima 146, 157, 158, 189
grah mungo 148, 160, 162, 189
grašak 80, 148, 162, 187, 210, 228
Gregor Mendel 6, 25, 138
grimizna bundeva 162
guahe 157
guar 191, 192
Guizotia abyssinica (L.f.) Cass. 158, 159, 183
gvajale 183
gvinejsko proso 147, 159, 186

H

habanero 158
Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O.Grose 125
Helianthus annuus L. 146, 155, 157, 183, 229
Helianthus tuberosus L. 183
Helichrysum italicum (Roth) G.Don 40, 42, 60, 120
heljda 161, 163, 228
Henry A. Wallace 108
Hermann J. Muller 138
Hermann Staudinger 261
heterozis 111, 114
Hevea brasiliensis (Willd. ex A.Juss.) Müll. Arg. 98, 193
Hibiscus cannabinus L. 159
Hibiscus sabdariffa L. 159
hikama 157
homonimija 59, 68–74
Hoodia gordonii (Masson) Sweet ex Decne. 55, 56
Hordeum bulbosum L. 87, 88
Hordeum chilense Roem. & Schult. 88
Hordeum murinum L. 88
Hordeum vulgare L. 87, 88, 128, 140, 148, 151, 153, 162, 176, 187, 228, 233, 240, 246
hren 68

I

Ilja Iljič Mečnikov 137
inbred linija 61, 74, 106, 111, 113–116
inbred linije povratnog križanja 75
indijanski jam 158, 196, 198
indijska bundeva 163
indijska gorušica 177, 178, 179
indijsko proso 162
introni 107
Ipomoea batatas (L.) Lam. 7, 146, 158, 176, 194, 195, 213, 215, 216, 233
Ipomoea corymbosa (L.) Roth 97
isplative kulture 8, 116, 156, 157, 159, 160, 173, 174, 187, 192–195, 197, 199–201
iva 146, 157, 183
Iva annua L. 146, 157, 183
Ivan Vladimirovič Mičurin 138
izvorni uzorak 211, 212

J

jabuka 91, 128, 215, 216, 223, 228, 258
Jack R. Harlan 132, 139–141, 144, 145, 149, 184, 188, 189
jakon 183
jam 8, 176, 195, 196, 198, 232, 234
japansko proso 163
Jean-Baptiste Lamarck 138
ječam 87, 88, 128, 140, 148, 151, 153, 162, 176, 187, 228, 232, 233, 240
jednogodišnja vlasnjača 228
jestiva kana 130, 158
Jobove suze 163

K

kajan 162
kakaovac 156, 158, 187, 193, 210
kaniva 158
karda 183
karipsko zelje 158
kasava 8, 128, 156–158, 195, 196, 213,

215, 231, 232, 234
kaučukovac 98, 193
kava 94, 159, 176, 185, 187, 193, 210, 216
kazaški maslačak 183
kelj 168, 179, 180
kelj pupčar 130, 168, 180
kenaf 159
kikiriki 156, 158, 175, 176, 196, 232–234
kinoa 128, 156, 158
klad 71
klimatske promjene 5, 7–9, 33, 51, 67, 125–127, 131, 149, 152, 220, 224, 226, 238, 239
Kliment Arkadievič Timirjazev 136, 138
klipasti muhar 163
klonska selekcija 69, 71
kokosova palma 176, 210, 213
kola 157, 159, 187, 193
komercijalni kultivar 60, 62, 77, 108
konoplja 163, 228
konzervacijska biologija 19
korabica 168, 180
krastavac 56, 162, 199, 210
krioprezervacija 214, 215, 228, 233, 240
križani šćir 204
kruhovac 8, 148, 149, 163, 195, 202–204
krumpir 7, 43, 47–51, 61, 91, 107, 128–130, 156, 158, 176, 187, 193–196, 213, 215, 216, 228, 229, 232, 233
krumpir ačote 159
krumpirova plijesan 50, 51
krupnik 148, 164–166
kruška 223, 228
kružno gospodarstvo 122
krvavocrveni šćir 146, 157, 204
kukuruz 7, 52, 61, 78, 99, 106, 108, 109, 111–116, 128, 131, 145, 146, 155–157, 169–171, 173–175, 181, 187, 189–191, 194, 195, 202, 204, 205, 210, 219, 223, 228, 229, 231, 232, 234, 239, 240, 243–246, 258
kultivar 44–51, 54, 61–66, 69–74, 76, 77, 79, 84, 88, 91, 92, 100, 101, 106–111, 113, 116, 128, 133, 137, 147, 155, 157, 160, 181, 186, 188, 189, 194, 196, 197, 199, 200, 202, 203, 209, 213, 224, 227, 229, 231, 237, 245, 249, 250, 258, 259, 262
kultura tkiva 87, 213
kupus 68, 167, 168, 173, 175, 177–180, 258
kurcoglav 247, 248, 253–255

L

lablab 157, 159
Lablab purpureus (L.) Sweet 157, 159
Lactuca sativa L. 68, 175, 183, 240, 246
lan 148, 162, 228
Lathyrus oleraceus Lam. 158, 159
Lathyrus sativus L. 226
Lavoslav Ružička 261
leća 80, 148, 162, 175, 187, 228, 232
Lens culinaris Medik. 80, 148, 162, 175, 187, 228, 232
Lepidium meyenii Walp. 130
leren 158
Leucaena esculenta (Moc. & Sessé ex DC.) Benth. 157
linije udvostručenih haploida 75, 76, 88
Linum usitatissimum L. 148, 162, 228
lisnati kelj 168, 179, 180
lista deskriptora 129, 245, 247, 249, 252, 256–259, 265
listićasti timijan 120
loboda kamenjarka 254
Lophophora williamsii (Lem. ex Salm-Dyck) J.M.Coult. 97

lubenica **199**
lufa **162**
Luffa Mill. **162**
luk **61**, **68**, **258**
lukasta kozja brada **183**
lukovičasti ječam **87**, **88**
Lupinus angustifolius L. **192**
Lupinus luteus L. **192**

LJ

ljekovita kadulja **249**, **253**
ljekovita slezenica **26**
ljekoviti maslačak **183**
ljekoviti nadlišak **40**
ljubičasti jam **162**, **163**, **189**, **196–198**

M

Macadamia integrifolia Maiden & Betche **223**, **224**
Macadamia jansenii C.L.Gross & P.H.Weston **223**
Macadamia ternifolia F.Muell. **223**, **224**
Macadamia tetraphylla L.A.S.Johnson **223**, **224**
Macrotyloma uniflorum (Lam.) Verdc. **148**, **160**, **162**, **189**
mah tresetar **26**
maka **130**
makadamija **207**, **223–225**
mala kadifica **183**
mali jam **163**, **198**
mali zimzelen **55**
Malus domestica (Suckow) Borkh. **215**, **216**, **223**, **228**, **246**, **258**
Malva sylvestris L. **254**
mandragora **40**
Mandragora officinarum L. **40**
Mangifera indica L. **213**
mango **213**
Manihot esculenta Crantz **8**, **128**, **156–158**, **195**, **196**, **213**, **215**, **231**, **234**
marelica **163**
maslina **26**, **45**, **59**, **61**, **67–74**, **148**, **162**, **213**, **216**
mašua **99**, **116**, **128–130**, **156**, **158**, **233**
mauka **130**
Mentha L. **215**
Metroxylon sagu Rottb. **163**, **189**
metvica **215**
Microseris scapigera (G.Forst.) Sch.Bip. **183**
migracija **102**, **116**, **121**, **126**, **248**
mikroseris **183**
Mirabilis expansa (Ruiz & Pav.) Standl. **130**
mirisni pelin **183**
mišja grahorica **89**, **90**
moderna evolucijska sinteza **25**
moderni kultivar **6**, **7**, **46**, **49–52**, **54**, **59**, **60**, **62–64**, **67**, **69**, **77**, **87**, **89**, **91**, **92**, **104–110**, **113**, **114**, **116**, **182**, **187**, **188**, **202**, **208**, **225**, **227**, **228**, **233**, **240**, **252**, **258**, **259**
Moisés Santiago Bertoni **192**
mombin **157**
Momordica charantia L. **162**
momordika **162**
Morus nigra L. **204**
mrkva **128**, **240**
Musa × *paradisiaca* L. **94**, **176**, **198**, **200**, **213**
Musa acuminata Colla **145**, **148**, **149**, **163**, **198**, **199**
Musa balbisiana Colla **198**, **199**
Musa schizocarpa N.W.Simmonds **198**, **199**

Musa textilis Née **198**, **199**
muškatna bundeva **145**, **146**, **158**
mutacija **69**, **72**, **75**, **77**, **78**, **102**, **138**, **166**, **171**, **174**, **214**

N

nacionalni park **20**, **21**, **223**
nangka **204**
napredna generacija dobivena križanjem više roditelja **75**, **76**
nematerijalna kulturna baština **96**, **97**
Nerium oleander L. **55**
Nicotiana tabacum L. **176**
niger **158**, **159**, 1**83**
Nikolaj Ivanovič Vavilov **8**, **43**, **131**–**141**, **144**, **207**, **228**
Norman Borlaug **43**, **51**–**54**, **100**
Norman Myers **33**

O

obična bundeva **145**, **146**, **155**, **157**, **189**, **199**
obična smreka **26**
obični grah **68**, **80**, **146**, **155**–**158**, **185**, **189**, **201**, **204**, **210**, **228**, **232**, **258**
obični komorač 254
obnovljivi izvori energije **122**
Ocimum × *africanum* Lour. **259**
Ocimum americanum L. **259**
Ocimum basilicum L. **246**, **259**, **260**
Ocimum gratissimum L. **259**
Ocimum tenuiflorum L. **259**
očuvanje *ex situ* **8**, **89**, **207**–**210**, **221**, **222**, **225**, **229**, **238**, **243**, **248**, **266**
očuvanje *in situ* **8**, **20**, **207**–**209**, **220**–**223**, **225**, **238**, **243**, **248**
očuvanje na gospodarstvu **8**, **207**, **209**, **225**–**227**, **239**
odabir **6**, **44**, **52**, **53**, **63**, **66**, **67**, **69**, **74**, **76**, **100**–**104**, **107**, **132**, **133**, **134**, **140**, **142**, **156**, **161**, **165**–**168**, **170**, **171**, **173**–**176**, **178**, **181**, **182**, **187**, **200**
odabir potpomognut biljezima **92**, **100**, **101**
održiva upotreba **8**, **12**, **13**, **69**, **208**, **227**, **235**–**244**, **248**, **249**, **255**, **264**
oka **99**, **116**, **128**–**130**, **156**, **158**, **186**, **233**
Olea europaea L. **26**, **45**, **61**, **67**–**69**, **162**, **213**, **216**, **246**
oleander **55**
Onobrychis viciifolia Scop. **228**
oplemenjivački materijal **7**, **51**, **52**, **54**, **63**–**67**, **69**, **74**, **86**, **89**, **100**, **101**, **106**, **108**, **109**, **133**, **137**, **148**, **157**, **182**, **191**, **194**, **201**, **202**, **223**, **224**, **229**, **249**
ortodoksno sjeme **207**, **209**–**211**, **213**
Orville Vogel **54**
Oryza barthii A.Chev. **234**
Oryza glaberrima Steud. **147**, **159**, **231**
Oryza minuta J.Presl **234**
Oryza nivara S.D.Sharma & Shastry **161**, **234**
Oryza officinalis Wall. ex Watt **234**
Oryza punctata Kotschy ex Steud. **234**
Oryza rufipogon Griff. **161**, **234**
Oryza sativa L. **7**, **78**, **147**, **148**, **160**, **161**, **163**, **176**, **189**, **193**–**195**, **210**, **228**, **231**, **234**
ošrodlakavi šćir **204**
oštri ostak **254**
ovčja jedinica **119**
Oxalis chicligastensis R.Knuth **129**
Oxalis tuberosa Molina **128**, **129**, **156**, **158**, **186**, **233**

P

Pachyrhizus ahipa (Wedd.) Parodi **130**
Pachyrhizus erosus (L.) Urb. **157**
pacifički jam **197**, **198**
palma sago **163**, **189**
pamuk **176**, **196**
Panaeolus papilionaceus (Bull.) Quél. **97**
Panicum miliaceum L. **145**, **148**, **163**, **228**, **233**
Panicum sumatrense Roth **145**, **148**, **162**
paprika **68**, **210**, **228**, **240**
park prirode **20**–**22**, **40**
Parthenium argentatum A.Gray **183**
Pastinaca sativa L. **68**
pastrnjak **68**
patlidžan **47**, **199**, **228**
patotip **110**, **111**, **113**
pejotl **97**
perila **163**
Perilla frutescens (L.) Britton **163**
Persea americana Mill. **146**, **157**, **210**
peršin **68**
Petar Mihajlovič Žukovski **135**, **136**
peterolisni jam **198**
Petroselinum crispum (Mill.) Fuss **68**
Phaseolus lunatus L. **146**, **157**, **158**, **189**
Phaseolus vulgaris L. **68**, **80**, **146**, **155**–**158**, **185**, **189**, **201**, **204**, **210**, **228**, **246**, **258**
Phytophthora infestans (Mont.) de Bary **49**, **51**, **93**
Picea abies (L.) H.Karst. **26**
pir dvozrnac **140**, **148**, **151**, **153**, **164**–**166**, **176**
pir jednozrnac **151**, **164**–**166**
Pisum sativum L. **80**, **148**, **162**, **187**, **210**, **228**, **246**
pjegavost lista kukuruza **99**, **111**, **112**
plamenjača **49**, **51**, **93**
Planta hortifuga **141**, **143**, **171**, **184**
Poa annua L. **228**
Polytrichum commune Hedw. **26**
poljski ostak **254**
Portenšlagov zvončić **29**
posebni rezervat **20**, **21**, **22**
Praecitrullus fistulosus (Stocks) Pangalo **163**
pravi pir **148**, **164**–**166**
predoplemenjivanje **109**, **110**
primarni centar udomaćenja **6**, **69**, **80**, **106**, **128**, **132**, **140**, **142**–**148**, **154**–**164**, **169**, **181**, **186**–**189**, **194**, **197**, **198**, **202**–**204**
primka **8**, **134**, **208**, **210**–**214**, **216**, **217**, **219**, **228**–**231**, **233**, **234**, **239**, **240**, **243**, **245**, **247**–**250**, **252**, **253**, **255**–**257**, **259**, **260**, **262**–**266**
primorski ostak **254**
proso **145**, **148**, **163**, **228**, **233**
prstasto proso **158**, **159**, **186**
Prunus armeniaca L. **163**
Prunus persica (L.) Batsch **163**, **227**
Pseudopodospermum hispanicum L.) Zaika, Sukhor. & N.Kilian **183**
Psilocybe caerulescens Murrill **97**
Psilocybe cubensis (Earle) Singer **97**
Psilocybe mexicana R.Heim **97**
pšenica **7**, **26**, **49**, **51**–**54**, **59**, **61**, **63**–**66**, **75**–**79**, **88**, **113**, **128**, **131**, **137**, **138**, **140**, **145**, **148**, **151**, **153**, **162**, **164**–**166**, **168**, **174**–**176**, **186**, **187**, **193**–**196**, **210**, **223**, **228**, **229**, **231**–**233**, **240**, **243**
pustenasti dubačac **249**
Pyrus communis L. **223**, **228**, **246**

R

radič 183
rajčica 47, 68, 78, 83, 88, 89, 91–93, 156, 176, 199, 210, 228
ramija 161, 163
Ranunculus ficaria L. 254
Raphanus raphanistrum L. 254
raštika 168, 179, 180, 254
razgranjeno proso 160, 162
raž 228
regionalno važne prehrambene kulture 7, 8, 155, 156, 174, 192, 195, 196
Reichardia picroides (L.) Roth 183
rekalcitrantno sjeme 207, 210, 213, 215, 217, 218, 221
rekombinantne inbred linije 74, 75
repa 129, 177–179
repati šćir 156, 158, 204
repica 177–179
Richard E. Schultes 83, 95, 97, 98
riža 7, 78, 147, 148, 160, 161, 163, 176, 189, 193–195, 210, 228, 231, 234
Robert H. Whittaker 18
rodoslovna linija 24, 71
rotkvica 130
rozela 159

S

Saccharum officinarum L. 7, 163, 176, 194, 195
salata 68, 175, 183, 240
salinizacija tla 125
Salvia officinalis L. 246, 249, 253
Scolymus hispanicus L. 183
Secale cereale L. 228
Sechium edule (Jacq.) Sw. 157
sekundarni centar udomaćenja 6, 47, 91, 106, 128, 132, 142–148, 154–163, 176, 186–189, 191, 196, 197, 202, 204
selekcijski pritisak 166, 168, 182, 220, 221
serija 29, 30
Sesamum indicum L. 148, 162
Sesleria juncifolia Suffren 37
Setaria italica (L.) P.Beauv. 163
sezam 148, 162
sindrom udomaćenja 131, 132, 167–169, 171, 176, 179–182, 186, 199, 202, 204
sinonimija 59, 68–71, 74
sirak 7, 140, 147, 157, 159, 186, 188, 189, 193–195, 228, 232, 233
sistematika 25–27
sjekirica 207, 226
sjetvena rotkva 254
sjetveni ravan 183
Skenderbegov zvončić 31
skupina svojti 88–90, 108, 109
slanutak 80, 148, 162, 185, 187, 188, 232, 233
slatki krumpir 7, 146, 158, 176, 193–195, 213, 215, 216, 233
Smallanthus sonchifolius (Poepp.) H.Rob. 183
smokva 204
smokvolisna bundeva 158
smrdljiva loboda 254
soja 7, 78, 99, 105–107, 124, 148, 155, 162, 163, 168, 175, 189, 193–195, 210, 229, 232
Solanum ajanhuiri Juz. & Bukasov 48
Solanum berthaultii Hawkes 48
Solanum brevicaule Bitter 47
Solanum cheesmaniae (L.Riley) Fosberg 88, 92, 93
Solanum chilense (Dunal) Reiche 88, 92, 93

Solanum curtilobum Juz. & Bukasov **48**
Solanum habrochaites S.Knapp & D.M.Spooner **88**, **92**, **93**
Solanum juglandifolium Humb. & Bonpl. ex Dunal **88**
Solanum juzepczukii Bukasov **48**
Solanum lycopersicum L. **47**, **68**, **78**, **88**, **92**, **156**, **158**, **176**, **199**, **210**, **228**, **246**
Solanum melongena L. **47**, **199**, **228**
Solanum ochranthum Humb. & Bonpl. ex Dunal **88**
Solanum pennellii Correll **88**, **92**, **93**
Solanum peruvianum L. **88**, **92**, **93**
Solanum pimpinellifolium L. **88**, **91**–**93**
Solanum tuberosum L. **7**, **47**, **48**, **61**, **128**, **156**, **158**, **176**, **194**, **195**, **196**, **213**, **215**, **216**, **228**, **233**, **246**
somaklonska varijabilnost **213**, **214**, **217**
Sonchus arvensis L. **254**
Sonchus asper (L.) Hill **254**
Sonchus maritimus L. **254**
Sonchus oleraceus L. **183**, **254**
Sorghum bicolor (L.) Moench **7**, **126**, **140**, **147**, **157**–**159**, **176**, **186**, **188**, **194**, **195**, **228**
Sphagnum palustre L. **26**
Spondias mombin L. **157**
sredozemna bršaka **183**
sredozemno smilje **23**, **40**–**42**, **60**, **120**
staklenički plinovi **126**, **127**
Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni **183**, **185**, **192**
stevija **183**, **185**, **192**
strogi rezervat **20**, **21**
Strychnos toxifera R.H.Schomb. ex Lindl. **98**
sumatransko proso **145**, **148**, **162**
suncokret **111**, **146**, **155**, **157**, **183**, **229**

Š

šafranika **183**
šećerna repa **7**, **155**, **193**–**195**
šećerna trska **7**, **163**, **176**, **193**–**195**, **204**, **223**
šibasti pelin **183**
španjolska dragušica **183**
španjolski zmijak **183**
šumski sljez **254**

T

Tagetes minuta L. **183**
taksonomija **24**–**26**, **47**, **134**
tamnobojni šćir **146**, **157**, **204**
Tanacetum cinerariifolium (Trevis.) Sch.Bip. **183**, **246**, **249**, **253**, **261**
Taraxacum kok-saghyz Rodin **183**
Taraxacum sect. *Taraxacum* F.H.Wigg. **183**
taro **8**, **148**, **149**, **157**, **162**, **163**, **189**, **195**, **202**, **203**
tatarska heljda **161**, **163**
tef **158**, **159**, **185**, **186**
tel **188**
teozinta **169**, **175**, **181**
Teucrium montanum L. **249**, **253**
Teucrium polium L. **249**, **253**
Teucrium × *rohlenae* K.Malý **249**, **253**
Teutin zvončić **23**, **29**, **30**
Thalov uročnjak **75**, **78**, **79**, **170**
Theobroma cacao L. **156**, **158**, **187**, **193**, **210**
Theodore Hymowitz **191**
Thomas H. Morgan **137**, **138**
Thymus bracteosus Vis. ex Benth. **120**
Tommasinijev zvončić **29**

Tordylium apulum L. **254**
Trachelium caeruleum L. **30**
tradicijski kultivar **6**–**8**, **46**, **48**–**51**, **53**, **54**, **59**, **60**, **67**–**71**, **87**, **89**, **91**, **95**, **96**, **104**–**109**, **113**–**117**, **126**, **128**–**130**, **133**–**135**, **142**, **143**, **156**, **169**, **174**, **179**–**182**, **184**, **187**–**191**, **197**, **201**, **202**, **204**, **208**, **209**, **225**–**228**, **231**, **233**, **234**, **240**, **248**, **252**, **259**, **265**
Tragopogon porrifolius L. **183**
trava iva **249**
trešnjolika rajčica **91**, **92**, **156**, **158**
Trichosanthes cucumerina L. **163**
Trifolium pratense L. **246**
× *Triticosecale* Wittm. ex A.Camus **228**, **246**
Triticum aestivum L. **7**, **26**, **61**, **64**, **65**, **75**, **78**, **79**, **88**, **128**, **140**, **148**, **164**–**166**, **175**, **176**, **194**–**196**, **210**, **223**, **228**, **229**, **231**, **233**, **240**, **246**
Triticum monococcum L. **151**, **164**, **165**, **223**
Triticum turgidum L. **88**, **140**, **148**, **149**, **153**, **164**–**166**, **176**
Triticum urartu Thumanjan ex Gandilyan **164**–**166**, **223**
tritikale **228**
× *Tritordeum* Asch. & Graebn. **88**
Trofim Denisovič Lisenko **138**
Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav. **129**, **130**, **156**, **158**, **233**
trsovo ušence **261**
tustopizda **247**, **248**, **253**–**255**
tvrda pšenica **88**, **148**, **164**–**166**

U

učinak staklenika **126**, **127**
udomaćenje **6**, **25**, **47**, **59**, **60**, **69**, **72**, **80**, **83**, **84**, **91**, **99**, **100**, **102**, **104**–**107**, **128**, **131**–**134**, **140**–**151**, **153**–**164**, **166**–**171**, **173**–**192**, **194**, **196**–**199**, **202**, **204**, **222**
ugljična neutralnost **122**, **123**
Ullucus tuberosus Caldas **129**, **130**, **156**, **158**, **233**
uljez **30**, **71**
uljna palma **60**, **123**, **157**, **159**, **187**, **193**
uljuko **99**, **116**, **128**–**130**, **156**, **158**, **233**
unutarsortna raznolikost **59**, **68**–**72**, **74**
urartski pir jednozrnac **164**–**166**
Urochloa deflexa (Schumach.) H.Scholz **147**, **159**, **186**
Urochloa ramosa (L.) T.Q.Nguyen **160**, **162**
Urospermum picroides (L.) Scop. ex F.W.Schmidt **254**
uskolisna šašika **37**
uskolisna vučika **192**
uskolisni dvoredac **254**
uzdržavajuće kulture **8**, **116**, **160**, **173**, **174**, **193**, **194**, **195**, **196**, **197**, **199**, **200**, **201**

V

Vandana Shiva **55**
vanilija **119**
Vanilla planifolia Andrews **119**
velebitska degenija **23**, **34**–**37**, **40**
velika bundeva **156**, **158**
velika zjevalica **170**
veliki čičak **163**
Vicia faba L. **75**, **80**, **81**, **128**, **148**, **162**, **187**, **233**
Vicia galilaea Plitmann & Zohary **90**
Vicia hyaeniscyamus Mouterde **90**
Vicia johannis Tamamsch. **90**
Vicia kalakhensis Khattab, Maxted & F.A.Bisby **90**
Vicia narbonensis L. **89**, **90**

Vicia serratifolia Jacq. **90**
Vigna angularis (Willd.) Ohwi & H.Ohashi **162**, **163**
Vigna mungo (L.) Hepper **148**, **162**
Vigna radiata (L.) R.Wilczek **148**, **160**, **162**, **189**
Vigna subterranea (L.) Verdc. **147**, **159**, **234**
Vigna unguiculata (L.) Walp. **80**, **147**, **159**, **175**, **234**
Vinca minor L. **55**
vinova loza **61**, **67**–**69**, **199**, **216**, **228**, **245**
vinska mušica **5**, **137**
Vitis vinifera L. **61**, **67**, **68**, **199**, **216**, **228**, **246**
vrsta **5**–**9**, **11**–**21**, **23**–**35**, **37**–**41**, **43**–**51**, **53**–**56**, **60**–**63**, **67**, **68**, **71**, **77**–**80**, **83**–**92**, **94**, **95**, **97**–**100**, **102**–**105**, **107**–**111**, **114**, **116**–**120**, **122**, **123**, **125**–**149**, **151**–**171**, **173**–**179**, **181**–**189**, **192**–**194**, **196**, **197**, **199**, **201**–**204**, **207**–**215**, **217**–**225**, **228**–**234**, **237**, **239**, **240**, **245**, **246**, **248**, **249**, **251**–**254**, **256**–**259**, **261**, **262**, **264**–**266**
vruća točka bioraznolikosti **32**–**34**, **118**, **122**, **123**, **230**

W

Willard F. Libby **132**
Wyethia sagittata (Pursh) Mabb. **183**

X

Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott **158**

Z

zapostavljene kulture **8**, **89**, **96**, **116**, **129**, **130**, **156**, **157**, **160**, **161**, **174**, **179**, **186**, **192**, **195**, **197**, **198**, **200**–**202**, **204**, **233**
zastarjeli kultivar **60**, **62**, **77**, **108**, **225**, **226**
zaštićeno područje **16**, **19**–**21**, **95**, **208**, **221**, **222**
Zea diploperennis Iltis, Doebley & R.Guzmán **109**, **169**, **170**, **223**
Zea luxurians (Durieu & Asch.) R.M.Bird **109**, **169**, **170**
Zea mays L. **7**, **61**, **78**, **106**, **109**, **111**, **128**, **145**, **146**, **155**, **157**, **169**, **170**, **175**, **181**, **194**, **195**, **204**, **210**, **223**, **228**, **229**, **231**, **234**, **240**, **246**, **258**
Zea mexicana (Schrad.) Kuntze **109**, **169**, **170**
Zea nicaraguensis Iltis & B.F.Benz **109**, **169**, **170**
Zea perennis (Hitchc.) Reeves & Mangelsd. **109**, **169**, **170**, **223**
zelena infrastruktura **122**, **123**
zelenkasti ravan **183**
zeljasti ostak **183**, **254**
zimska bundeva **157**
zimzelena medvjetka **40**
zlatica **254**
Zlatkov zvončić **31**
zmijska bundeva **163**
zob **176**, **228**
zvonasti smetlištar **97**

Ž

žuta vučika **192**
žuti jam **156**, **158**, **159**, **189**, **196**, **197**
žuti srčanik **40**, **83**, **85**, **86**

Izvori fotografija

Veći dio vizualnih prikaza korištenih u ovom udžbeniku djela su autora. Manji dio fotografija preuzet iz drugih izvora kako slijedi:

Slika 3.4. Teutin zvončić (*Campanula teutana*) iznad ulaza u Kraljičinu špilju na otoku Visu. (izvor: Sandro Bogdanović, 2009.)

Slika 3.10. Dr. sc. Tonka Ninčević Runjić, djelatnica Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša, Split na pokusnom polju sredozemnog smilja (*Helichrysum italicum*) u Vojniću Sinjskom. (izvor: Marko Runjić, 2022.).

Slika 4.1. Raznolikost peruanskih tradicijskih kultivara krumpira iz kolekcije Međunarodnog centra za krumpir (*The International Potato Centre; CIP*) u Limi, Peru. (izvor: The International Potato Centre, 2020.)

Slika 4.2. Spomenik žrtvama gladi (engl. *Famine Memorial*) u Dublinu, Irska koji je u znak sjećanja na „Veliku glad u Irskoj" (engl. *Great Famine*; 1845. – 1850.) izradio irski kipar Rowan Gillespie (r. 1953.). (izvor: Ana Miljanić, 2023.)

Slika 4.5. Američki agronom i oplemenjivač Norman Bourlag (1914. – 2009.) snimljen 1970. godine na pokušalištu pšenice u Meksiku. (izvor: Lou Gold, 2009.)

Slika 4.6. Vrsta *Hoodia gordonii* u Prekograničnom parku /*Ai-/Ais* / Richtersveld *(engl. /Ai-/Ais / Richtersveld Transfrontier Park)*. (izvor: iStock, 2014.)

Slika 5.2. Dr. sc. Krešimir Dvojković na pokušalištu Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO). (izvor: Krešimir Dvojković, 2022.)

Slika 5.4. Dr. sc. Tatjana Klepo, maslinarska stručnjakinja zaposlena u Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu ispred stabla 'Perišićeve mastrinke', Kaštel Štafilić. (izvor: Klementina Tadin, 2023.)

Slika 6.1. Uzgoj žutog srčanika (*Gentiana lutea*) na planini Tari u zapadnoj Srbiji. (izvor: Dragoja Radanović, 2022.)

Slika 6.4. *Ololiúqui* (*Ipomoea corymbosa*), sveta biljka drevnih Azteka.(izvor: iStock,, 2022.)

Slika 7.11A. Zapostavljene gomoljaste kulture Anda: oka (*Oxalis tuberosa)*. (izvor: iStock, 2015.)

Slika 7.11B. Zapostavljene gomoljaste kulture Anda: uljuko (*Ullucus tuberosus*). (izvor: David Bautista, 2019.)

Slika 7.11C. Zapostavljene gomoljaste kulture Anda: mašua (*Tropaeolum tuberosum* ssp. *tuberosum*). (izvor: iStock, 2015.)

Slika 9.3. Bernard Prekalj u pokusnom polju raštike, Institut za poljoprivredu i turizam Poreč (IPTPO). (izvor: Danko Cvitan, 2022.)

Slika 9.6. Polje bisernog prosa (*Cenchrus americanus*) u Bangaloreu, Indija. (izvor: H. Ashwini,

2018.)

Slika 9.7. Bijeli jam (*Dioscorea cayenensis* ssp. *rotundata*) na tržnici Makola u Accri, Gana. (izvor: Boris Lazarević, 2023.)

Slika 9.8. Banane (*Musa* × *paradisiaca*) na tržnici u Šri Lanci. (izvor: Juanan Tamayo-Ramos, 2019.)

Slika 9.9. Gomolji taroa (*Colocasia esculenta*) na tržnici u Tajvanu. (izvor: iStock, 2018.)

Slika 10.4. *In vitro* kolekcija primki banana (*Musa* spp.) Međunarodnog tranzitnog centra germplazme banana (*International Musa Germplasm Transit Centre*; ITC) u Leuvenu, Belgija. (izvor: Michael Major/Crop Trust, 2018.)

Slika 10.5. Kriprezervacija biljnih uzoraka tkiva u tekućem dušiku. (izvor: iStock, 2017.)

Slika 10.6. Dr. sc. Angjelina Belaj, kustosica Svjetske banka germplazme masline (*World Olive Germplasm Bank*) u Kordobi, Španjolska. (izvor: Angjelina Belaj, 2023.)

Slika 10.8A. Svjetska banka sjemena na Svalbardu. Ulaz u banku sjemena. (izvor: Svalbard Global Seed Vault, 2021.)

Slika 10.8B. Svjetska banka sjemena na Svalbardu. Dr. sc. Åsmund Asdal, koordinator banke. (izvor: NordGen - Nordic Genetic Resource Center, 2020.)

Slika 10.8C. Svjetska banka sjemena na Svalbardu. Tunel koji vodi u prostorije u kojima se čuva sjeme. (izvor: NordGen - Nordic Genetic Resource Center, 2020.)

Slika 10.10A. Makadamija (*Macadamia* spp.). Ubrani plodovi. (izvor: Jamaludin Yusup, 2022.)

Slika 10.10B. Makadamija (*Macadamia* spp.). Plantaža na području Novog Južnog Walesa, Australija. (izvor: iStock, 2022.)

Slika 10.11. Plod tradicijskog kultivara breskve *'Buco Incavato'* iz Massa Lombarde, Italija. (izvor: Claudio Buscaroli, 2016.)

Slika 12.3. Zlarinske gastronomske poslastice s dibljim zeljem: **(A)** Fažol s dibljim zeljem, **(B)** Zelenjak i **(C)** Kulin. (izvor: Martin Šatović, 2010.)

Slika 12.4. Opis morfoloških svojstva kultivara bosiljka (*Ocimum basilicum*). (izvor centralne fotografije: iStock, 2019.; fotografije primki: Klaudija Carović Stanko, 2014.)

Slika 12.5. Poljski pokus dalmatinskog buhača u Kaštel Starom (s desna na lijevo Zlatko Šatović, Klaudija Carović-Stanko, Martina Grdiša). (izvor: Tatjana Klepo, 2018.)

Pregled korištene literature

- Abbo, Shahal, Jens Berger, and Neil C. Turner. 2003. 'Viewpoint: Evolution of Cultivated Chickpea: Four Bottlenecks Limit Diversity and Constrain Adaptation'. *Functional Plant Biology : FPB* 30 (10): 1081–87. https://doi.org/10.1071/FP03084.
- Ahmed, Ibrar, Peter J. Lockhart, Esperanza M.G. Agoo, Kyaw W. Naing, Dzu V. Nguyen, Dilip K. Medhi, and Peter J. Matthews. 2020. 'Evolutionary Origins of Taro (*Colocasia esculenta*) in Southeast Asia'. *Ecology and Evolution* 10 (23): 13530. https://doi.org/10.1002/ECE3.6958.
- Ames, Mercedes, and David M. Spooner. 2008. 'DNA from Herbarium Specimens Settles a Controversy about Origins of the European Potato'. *American Journal of Botany* 95 (2): 252–57. https://doi.org/10.3732/AJB.95.2.252.
- Anthony, F., M. C. Combes, C. Astorga, B. Bertrand, G. Graziosi, and P. Lashermes. 2002. 'The Origin of Cultivated *Coffea arabica* L. Varieties Revealed by AFLP and SSR Markers'. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik* 104 (5): 894–900. https://doi.org/10.1007/S00122-001-0798-8.
- Asdal, Åsmund, and Roland von Bothmer. 2019. 'The Svalbard Global Seed Vault – Operated by NordGen'. In *40 Years of Nordic Collaboration in Plant Genetic Resources*, edited by Yndgaard Flemming and Svein Øivind Solberg, 92–96. Alnarp, Sweden: Nordic Genetic Resource Center.
- Babić, S., M. Grdiša, M. Periša, D. Ašperger, Z. Šatović, and M. Kaštelan Macan. 2012. 'Ultrasound-Assisted Extraction of Pyrethrins from Pyrethrum Flowers'. *Agrochimica* 56 (4–5): 193–206.
- 'Background | WIEWS - World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture | Food and Agriculture Organization of the United Nations'. n.d. Accessed 17 September 2021. https://www.fao.org/wiews/background/en/.
- Bagousse-Pinguet, Yoann Le, Santiago Soliveres, Nicolas Gross, Rubén Torices, Miguel Berdugo, and Fernando T. Maestre. 2019. 'Phylogenetic, Functional, and Taxonomic Richness Have Both Positive and Negative Effects on Ecosystem Multifunctionality'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116 (17): 8419–24. https://doi.org/10.1073/pnas.1815727116.
- Barthlott, Wilhelm. 2010. 'Global Assessments of Plant Species Richness and Endemism : Implications for Conservation in a Changing World'. In *Conservation Biogeography: Integrating Biogeography and Conservation Science in a Changing World, UNESCO IYB Science-Policy Conference*. Pariz, Francuska. www.nees.uni-bonn.de.
- Bélanger, J., Pilling, D. (eds.). 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. FAO. https://doi.org/10.4060/CA3129EN.
- Bellon, Mauricio R. 2008. 'Do We Need Crop Landraces for the Future? Realizing the Global Option Value of in Situ Conservation'. In *Agrobiodiversity Conservation and Economic Development*, edited by Andreas. Kontoleon, Unai Pascual, and Melinda. Smale, 75–85. United Kingdom: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203890127-13.
- Bellon, Mauricio R., Ehsan Dulloo, Julie Sardos, Imke Thormann, and Jeremy J. Burdon. 2017. 'In Situ Conservation—Harnessing Natural and Human-Derived Evolutionary Forces to Ensure Future Crop Adaptation'. *Evolutionary Applications* 10 (10): 965–77. https://doi.org/10.1111/EVA.12521.
- Benić Penava, M. 2012. 'Proizvodnja Buhača u Dubrovačkom Kotaru Između Dva Svjetska Rata'. *EKONOMSKA I EKOHISTORIJA (Journal for Economic History and Environmental History* 8 (8): 108–15.
- Benz, B. F. 2001. 'Archaeological Evidence of Teosinte Domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98 (4): 2104–6. Bioversity International. 2007. *Guidelines for the Development of Crop Descriptor Lists. Bioversity Technical Bulletin Series*. Rome, Italy.

- Bisby, F. A., and J Coddington. 1995. 'Biodiversity from a Taxonomic and Evolutionary Perspective'. In *Global Biodiversity Assessment*, edited by V. H. Heywood and R. T. Watson, 27–57. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bogdanović, Sandro, Salvatore Brullo, Ivana Rešetnik, Dmitar Lakušić, Zlatko Satovic, and Zlatko Liber. 2014. '*Campanula skanderbegii*: Molecular and Morphological Evidence of a New *Campanula* Species (Campanulaceae) Endemic to Albania'. *Systematic Botany* 39 (4): 1250–60. https://doi.org/10.1600/036364414X682571.
- Bogdanovic, Sandro, Salvatore Brullo, Ivana Rešetnik, Zlatko Satovic, and Zlatko Liber. 2014. '*Campanula teutana*, a New Isophyllous *Campanula* (Campanulaceae) from the Adriatic Region'. *Phytotaxa* 162 (1): 1–14. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.162.1.1.
- Bogdanović, Sandro, Ivana Rešetnik, Salvatore Brullo, and Lulëzim Shuka. 2015. '*Campanula aureliana* (Campanulaceae), a New Species from Albania'. *Plant Systematics and Evolution* 301 (6): 1555–67. https://doi.org/10.1007/s00606-014-1171-0.
- Borlaug, N. E. 2000. 'Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry'. *Plant Physiology* 124 (2): 487–90. https://doi.org/10.1104/PP.124.2.487.
- Borlaug, Norman E. 1983. 'Contributions of Conventional Plant Breeding to Food Production'. *Science* 219 (4585): 689–93. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.219.4585.689.
- Branca, Ferdinando. 2007. 'Cauliflower and Broccoli'. *Vegetables I*, December, 151–86. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_5.
- Breman, Elinor, Daniel Ballesteros, Elena Castillo-Lorenzo, Christopher Cockel, John Dickie, Aisyah Faruk, Katherine O'donnell, et al. 2021. 'Plant Diversity Conservation Challenges and Prospects—The Perspective of Botanic Gardens and the Millennium Seed Bank'. *Plants 2021, Vol. 10, Page 2371* 10 (11): 2371. https://doi.org/10.3390/PLANTS10112371.
- Cardoso, Pedro, François Rigal, José C. Carvalho, Mikael Fortelius, Paulo A.V. Borges, Janos Podani, and Denes Schmera. 2014. 'Partitioning Taxon, Phylogenetic and Functional Beta Diversity into Replacement and Richness Difference Components'. *Journal of Biogeography* 41 (4): 749–61. https://doi.org/10.1111/jbi.12239.
- Carović-Stanko, K., A. Šalinović, M. Grdiša, Z. Liber, I. Kolak, and Z. Satovic. 2011. 'Efficiency of Morphological Trait Descriptors in Discrimination of *Ocimum basilicum* L. Accessions'. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/11263504.2011.558677* 145 (2): 298–305. https://doi.org/10.1080/11263504.2011.558677.
- Casida, John E, and Gary B. Quistad, eds. 1995. *Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology, and Uses*. New York: Oxford University Press.
- Ceballos, Gerardo, Paul R Ehrlich, Anthony D Barnosky, Andrés García, Robert M Pringle, and Todd M Palmer. 2015. 'Accelerated Modern Human–Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction', no. June: 1–5. papers3://publication/doi/10.1126/sciadv.1400253.
- Ceccarelli, Salvatore. 2009. 'Plant Breeding and Farmer Participation', January. https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/67522.
- CGIAR. 2021. 'CGIAR Genebank Platform Annual Report'. Bonn, Germany. http://www.genebanks.org/genebanks/.
- Christelová, Pavla, Edmond De Langhe, Eva Hřibová, Jana Čížková, Julie Sardos, Markéta Hušáková, Ines Van den houwe, et al. 2017. 'Molecular and Cytological Characterization of the Global *Musa* Germplasm Collection Provides Insights into the Treasure of Banana Diversity'. *Biodiversity and Conservation* 26 (4): 801–24. https://doi.org/10.1007/S10531-016-1273-9/TABLES/3.
- Coetzee, Bernard W.T., Kevin J. Gaston, and Steven L. Chown. 2014. 'Local Scale Comparisons of Biodiversity as a Test for Global Protected Area Ecological Performance: A Meta-Analysis'. *PLoS ONE* 9 (8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105824.

- Commission on Genetic Resources for food and agriculture. 2010. 'Second Report on the State of the World's - Plant Genetic Resources for Food and Agriculture'. Rome, Italy. https://www.fao.org/plant-treaty/tools/toolbox-for-sustainable-use/details/en/c/1373627/.
- Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. 2011. *SECOND GLOBAL PLAN OF ACTION for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Italy.
- Corinto, G. L. 2014. 'Nikolai Vavilov's Centers of Origin of Cultivated Plants with a View to Conserving Agricultural Biodiversity'. *Human Evolution* 29 (4): 285–301.
- Dalrymple, D. G. 1980. 'Development and Spread of Semi-Dwarf Varieties of Wheat and Rice in the United States. An International Perspective.' no. No.455.
- Das, Saubhik. 2016. 'Taxonomy and Phylogeny of Grain Amaranths'. In *Amaranthus: A Promising Crop of Future*, 57–94. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1469-7_5.
- Dempewolf, Hannes, Loren H. Rieseberg, and Quentin C. Cronk. 2008. 'Crop Domestication in the Compositae: A Family-Wide Trait Assessment'. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55 (8): 1141–57. https://doi.org/10.1007/S10722-008-9315-0/TABLES/3.
- Denham, Tim, Huw Barton, Cristina Castillo, Alison Crowther, Emilie Dotte-Sarout, S. Anna Florin, Jenifer Pritchard, Aleese Barron, Yekun Zhang, and Dorian Q. Fuller. 2020. 'The Domestication Syndrome in Vegetatively Propagated Field Crops'. *Annals of Botany* 125 (4): 581–97. https://doi.org/10.1093/AOB/MCZ212.
- Diamond, Jared. 1987. 'The Worst Mistake in the History of the Human Race'. *Discover*.
- Dinerstein, Eric, David Olson, Anup Joshi, Carly Vynne, Neil D. Burgess, Eric Wikramanayake, Nathan Hahn, et al. 2017. 'An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm'. *BioScience* 67 (6): 534–45. https://doi.org/10.1093/biosci/bix014.
- Doebley, John. 2004. 'The Genetics of Maize Evolution'. *Annual Review of Genetics* 38: 37–59. https://doi.org/10.1146/ANNUREV.GENET.38.072902.092425.
- Dubcovsky, Jorge, and Jan Dvorak. 2007. 'Genome Plasticity a Key Factor in the Success of Polyploid Wheat under Domestication'. *Science* 316 (5833): 1862–66. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1143986/SUPPL_FILE/DUBCOVSKY.SOM.PDF.
- Dzyubenko, N. I. 2018. 'Vavilov's Collection of Worldwide Crop Genetic Resources in the 21st Century'. *Biopreservation and Biobanking* 16 (5): 377–83. https://doi.org/10.1089/BIO.2018.0045.
- 'ECPGR: Landrace'. n.d. Accessed 17 July 2022. https://www.ecpgr.cgiar.org/in-situ-landraces-best-practice-evidence-based-database/landrace?landraceUid=13574.
- ECPGR. 2017. *ECPGR Concept for On-Farm Conservation and Management of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*. Rome, Italy.
- Eldredge, Niles, ed. 2003. *Life on Earth: An Encyclopedia of Biodiversity, Ecology and Evolution*. Vol. Volume 1. Santa Barbara, California: ABC Clio. https://doi.org/10.1108/09504120310504051.
- Emshwiller, E., and J. J. Doyle. 1998. 'Origins of Domestication and Polyploidy in Oca (Oxalis Tuberosa: Oxalidaceae): NrDNA ITS Data'. *American Journal of Botany* 85 (7): 975–85. https://doi.org/10.2307/2446364.
- Emshwiller, Eve, Terra Theim, Alfredo Grau, Victor Nina, and Franz Terrazas. 2009. 'Origins of Domestication and Polyploidy in Oca (*Oxalis tuberosa*; Oxalidaceae). 3. AFLP Data of Oca and Four Wild, Tuber-Bearing Taxa'. *American Journal of Botany* 96 (10): 1839–48. https://doi.org/10.3732/AJB.0800359.
- 'Engelmann, F. and Takagi, H. (2000) Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm. In Engelmann, F. and Takagi, H., Eds., Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm—Current Research Progress and Applications, JIRCAS, Tsukuba, 496. - References - Scientific Research Publishing'. n.d. Accessed 17 July 2023. https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1852833.

- Engelmann, Florent. 2004. 'Plant Cryopreservation: Progress and Prospects'. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant 2004 40:5* 40 (5): 427–33. https://doi.org/10.1079/IVP2004541.
- Engels, J., and L. Visser. 2003. *A Guide to Effective Management of Germplasm Collections. Economic Botany*. Vol. 59. https://books.google.com/books/about/A_Guide_to_Effective_Management_of_Germp.html?hl=hr&id=0yDvtufSneIC.
- Engels, Johannes M.M., and Andreas W. Ebert. 2021. 'A Critical Review of the Current Global *Ex Situ* Conservation System for Plant Agrobiodiversity. II. Strengths and Weaknesses of the Current System and Recommendations for Its Improvement'. *Plants (Basel, Switzerland)* 10 (9). https://doi.org/10.3390/PLANTS10091904.
- Eshed, Vered, Avi Gopher, Timothy B. Gage, and Israel Hershkovitz. 2004. 'Has the Transition to Agriculture Reshaped the Demographic Structure of Prehistoric Populations? New Evidence from the Levant'. *American Journal of Physical Anthropology* 124 (4): 315–29. https://doi.org/10.1002/AJPA.10332.
- European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources. Phase X (2019–2023). 2023. 'Annual Progress Report 2022'. Rome, Italy. https://www.ecpgr.cgiar.org/resources/germplasm-databases/ecpgr-central-crop-databases.
- Fao. 2014. *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rev. Ed.* Rome. www.fao.org/publications.
- Flannery, Kent V. 2003. 'The Origins of Agriculture'. *Http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev.an.02.100173.001415* 2 (1): 271–310. https://doi.org/10.1146/ANNUREV.AN.02.100173.001415.
- Food and Agriculture Organization. Rev. ed. 2014. *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Italy. https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/seeds-pgr/gbs/en/.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, and Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. 2017. *Voluntary Guidelines for the Conservation and Sustainable Use of Crop Wild Relatives and Wild Food Plants*. FAO, Rome, Italy.
- Fu, Zhi Xi, Bo Han Jiao, Bao Nie, Guo Jin Zhang, Tian Gang Gao, Zhi Duan Chen, An Ming Lu, et al. 2016. 'A Comprehensive Generic-Level Phylogeny of the Sunflower Family: Implications for the Systematics of Chinese Asteraceae'. *Journal of Systematics and Evolution* 54 (4): 416–37. https://doi.org/10.1111/JSE.12216/SUPPINFO.
- Fuller, Dorian Q. 2007. 'Contrasting Patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World'. *Annals of Botany* 100 (5): 903–24. https://doi.org/10.1093/AOB/MCM048.
- Fuller, Dorian Q., Aleese Barron, Louis Champion, Christian Dupuy, Dominique Commelin, Michel Raimbault, and Tim Denham. 2021. 'Transition From Wild to Domesticated Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) Revealed in Ceramic Temper at Three Middle Holocene Sites in Northern Mali'. *African Archaeological Review* 38 (2): 211–30. https://doi.org/10.1007/S10437-021-09428-8/TABLES/3.
- Fuller, Dorian Q., Tim Denham, Manuel Arroyo-Kalin, Leilani Lucas, Chris J. Stevens, Ling Qin, Robin G. Allaby, and Michael D. Purugganan. 2014. 'Convergent Evolution and Parallelism in Plant Domestication Revealed by an Expanding Archaeological Record'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (17): 6147–52. https://doi.org/10.1073/PNAS.1308937110/SUPPL_FILE/PNAS.1308937110.ST04.DOCX.
- 'Genesys PGR'. n.d. Accessed 15 July 2022. https://www.genesys-pgr.org/.
- Gerbault, Pascale, Robin G. Allaby, Nicole Boivin, Anna Rudzinski, Ilaria M. Grimaldi, J. Chris Pires, Cynthia Climer Vigueira, et al. 2014. 'Storytelling and Story Testing in Domestication'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (17): 6159–64. https://doi.org/10.1073/pnas.1400425111.

- Gerdes, J. T., C. F. Behr, J. G. Coors, and W. F. Tracy. 2012. *Compilation of North American Maize Breeding Germplasm. Compilation of North American Maize Breeding Germplasm*. https://doi.org/10.2135/1992.cropsandman.
- Gray, Claudia L., Samantha L.L. Hill, Tim Newbold, Lawrence N. Hudson, Luca Boïrger, Sara Contu, Andrew J. Hoskins, Simon Ferrier, Andy Purvis, and Jorn P.W. Scharlemann. 2016. 'Local Biodiversity Is Higher inside than Outside Terrestrial Protected Areas Worldwide'. *Nature Communications* 7 (May). https://doi.org/10.1038/ncomms12306.
- 'Guardians of Diversity: The Network of Genebanks Helping to Feed the World - CGIAR'. n.d. Accessed 17 September 2021. https://www.cgiar.org/news-events/news/guardians-of-diversity-the-network-of-genebanks-helping-to-feed-the-world/.
- Halapija Kazija, Dunja, Željka Cegur, Tomislav Petrović, Ivica Delić, and Sandra Zokić. 2021. 'Zakonodavni Okvir Nacionalnog Programa Očuvanja i Održive Uporabe Biljnih Genetskih Izvora Za Hranu i Poljoprivredu 2021. – 2027.' *Sjemenarstvo* 32 (2): 105–14.
- Hamilton, Alan, and Patrick Hamilton. 2006. *Plant Conservation - An Ecosystem Approach*. Edited by Martin Walters. London, UK: Earthscan, UK.
- Hamilton, Chris. 2008. 'Intellectual Property Rights, the Bioeconomy and the Challenge of Biopiracy'. *Genomics, Society and Policy 2008 4:3* 4 (3): 1–19. https://doi.org/10.1186/1746-5354-4-3-26.
- Hanson, A. A. 1952. *The Origin, Variation, Immunity, and Breeding of Cultivated Plants. Agronomy Journal*. Vol. 44. John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.2134/AGRONJ1952.00021962004400020016X.
- Hanson, Thor, Thomas M. Brooks, Gustavo A.B. Da Fonseca, Michael Hoffmann, John F. Lamoreux, Gary MacHlis, Cristina G. Mittermeier, Russell A. Mittermeier, and John D. Pilgrim. 2009. 'Warfare in Biodiversity Hotspots'. *Conservation Biology* 23 (3): 578–87. https://doi.org/10.1111/J.1523-1739.2009.01166.X.
- Harari, Yuval Noah. 2015. *Sapiens - Kratka Povijest Čovječanstva*. Fokus komunikacije d.o.o., Zagreb. https://shop.skolskaknjiga.hr/sapiens-kratka-povijest-covjecanstva.html.
- Harlan, J.R. 1976. 'Plant and Animal Distribution in Relation to Domestication'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 275 (936): 13–25. https://doi.org/10.1098/rstb.1976.0067.
- Harlan, Jack R. 1971. 'Agricultural Origins: Centers and Noncenters'. *Science* 174 (4008): 468–74. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.174.4008.468.
- Harlan, J.R. 2012. 'Crops and Man'. *Crops and Man*, January, 1–284. https://doi.org/10.2135/1992.cropsandman.
- Harris, David R. (David Russell), and Gordon C. Hillman. 1989. *Foraging and Farming : The Evolution of Plant Exploitation*. https://www.routledge.com/Foraging-and-Farming-The-Evolution-of-Plant-Exploitation/Harris-Hillman/p/book/9781138817906.
- Hayden, Brian. 1990. 'Nimrods, Piscators, Pluckers, and Planters: The Emergence of Food Production'. *Journal of Anthropological Archaeology* 9 (1): 31–69. https://doi.org/10.1016/0278-4165(90)90005-X.
- Heerden, F. R. van. 2008. '*Hoodia gordonii*: A Natural Appetite Suppressant'. *Journal of Ethnopharmacology* 119 (3): 434–37. https://doi.org/10.1016/J.JEP.2008.08.023.
- Herrera, Rene J., and Ralph Garcia-Bertrand. 2018. 'The Agricultural Revolutions'. In *Ancestral DNA, Human Origins, and Migrations*, edited by Rene J. Herrera and Ralph Garcia-Bertrand, 475–509. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804124-6.00013-6.

- Heun, Manfred, Ralf Schäfer-Pregl, Dieter Klawan, Renato Castagna, Monica Accerbi, Basilio Borghi, and Francesco Salamini. 1997. 'Site of Einkorn Wheat Domestication Identified by DNA Fingerprinting'. *Science* 278 (5341): 1312–14. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.278.5341.1312.
- Heywood, V.H., and M.E. Dulloo. 2005. *In Situ Conservation of Wild Plant Species: A Critical Global Review of Best Practices. IPGRI Technical Bulletin 11. IPGRI, Rome, Italy*. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute.
- Hilu, K. W., K. M'Ribu, H. Liang, and C. Mandelbaum. 1997. 'Fonio Millets: Ethnobotany, Genetic Diversity and Evolution'. *South African Journal of Botany* 63 (4): 185–90. https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30742-0.
- Hodkinson, Trevor R., Stephen Waldren, John A.N. Parnell, Colin T. Kelleher, Karine Salamin, and Nicolas Salamin. 2007. 'DNA Banking for Plant Breeding, Biotechnology and Biodiversity Evaluation'. *Journal of Plant Research* 120 (1): 17–29. https://doi.org/10.1007/S10265-006-0059-7.
- Hollern, Madeline. 2006. 'Moroccan Argan Trees Threatened by Climbing Goats'. *HerbalGram* 72: 18. https://www.herbalgram.org/resources/herbalgram/issues/72/table-of-contents/article3032/.
- Hummel, Christiaan, Dimitris Poursanidis, Daniel Orenstein, Michael Elliott, Mihai Cristian Adamescu, Constantin Cazacu, Guy Ziv, Nektarios Chrysoulakis, Jaap van der Meer, and Herman Hummel. 2019. 'Protected Area Management: Fusion and Confusion with the Ecosystem Services Approach'. *Science of the Total Environment* 651: 2432–43. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.033.
- Hunter, D., and V. H. Heywood. 2011. *Crop Wild Relatives A Manual of in Situ Conservation*. Washington DC: Earthscan.
- Hymowitz, T. 1972. 'The Trans-Domestication Concept as Applied to Guar'. *Economic Botany 1972 26:1* 26 (1): 49–60. https://doi.org/10.1007/BF02862261.
- Hyten, David L., Qijian Song, Youlin Zhu, Ik Young Choi, Randall L. Nelson, Jose M. Costa, James E. Specht, Randy C. Shoemaker, and Perry B. Cregan. 2006. 'Impacts of Genetic Bottlenecks on Soybean Genome Diversity'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103 (45): 16666–71. https://doi.org/10.1073/PNAS.0604379103.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 'Climate Change 2014: Synthesis Report'. Geneva, Švicarska. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_Front_matters.pdf.
- Isendahl, Christian. 2011. 'The Domestication and Early Spread of Manioc (*Manihot esculenta* Crantz): A Brief Synthesis'. *Latin American Antiquity* 22 (4): 452–68. https://doi.org/10.7183/1045-6635.22.4.452.
- Ives, Anthony R, and Stephen R Carpenter. 2007. 'Stability and Diversity of Ecosystems.' *Science* 317 (5834): 58–62. https://doi.org/10.1126/science.1133258.
- Jeran, Nina, Martina Grdiša, Filip Varga, Zlatko Šatović, Zlatko Liber, Dario Dabić, and Martina Biošić. 2021. 'Pyrethrin from Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./Sch. Bip.): Biosynthesis, Biological Activity, Methods of Extraction and Determination'. *Phytochemistry Reviews* 20: 875–905. https://doi.org/10.1007/s11101-020-09724-2.
- Johnson, Herbert W, H. F. Robinson, and R. E. Comstock. 1955. ' Estimates of Genetic and Environmental Variability in Soybeans 1 '. *Agronomy Journal* 47 (7): 314–18. https://doi.org/10.2134/AGRONJ1955.00021962004700070009X.
- Kameswara Rao, Nanduri Hanson, Ehsan Dulloo, M. Ghosh, Kakoli Nowell, David Larinde, Michael. 2006. *Manual of Seed Handling in Genebanks. Handbooks for Genebanks No. 8.* Rome, Italy: Bioversity International.
- Kantar, Michael B., Amber R. Nashoba, Justin E. Anderson, Benjamin K. Blackman, and Loren H. Rieseberg. 2017. 'The Genetics and Genomics of Plant Domestication'. *BioScience* 67 (11): 971–82. https://doi.org/10.1093/BIOSCI/BIX114.

- Kier, Gerold, Holger Kreft, Ming Lee Tien, Walter Jetz, Pierre L. Ibisch, Christoph Nowicki, Jens Mutke, and Wilhelm Barthlott. 2009. 'A Global Assessment of Endemism and Species Richness across Island and Mainland Regions'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (23): 9322–27. https://doi.org/10.1073/pnas.0810306106.
- Kim, Moon Young, Sunghoon Lee, Kyujung Van, Tae Hyung Kim, Soon Chun Jeong, Ik Young Choi, Dae Soo Kim, et al. 2010. 'Whole-Genome Sequencing and Intensive Analysis of the Undomesticated Soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc.) Genome'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (51): 22032–37. https://doi.org/10.1073/PNAS.1009526107.
- Larson, Greger, Dolores R. Piperno, Robin G. Allaby, Michael D. Purugganan, Leif Andersson, Manuel Arroyo-Kalin, Loukas Barton, et al. 2014. 'Current Perspectives and the Future of Domestication Studies'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (17): 6139–46. https://doi.org/10.1073/pnas.1323964111.
- Lee, Roberta A., and Michael J. Balick. 2007. 'Indigenous Use of *Hoodia gordonii* and Appetite Suppression'. *EXPLORE* 3 (4): 404–6. https://doi.org/10.1016/J.EXPLORE.2007.05.005.
- Li, Daijiang, Julian D. Olden, Julie L. Lockwood, Sydne Record, Michael L. McKinney, and Benjamin Baiser. 2020. 'Changes in Taxonomic and Phylogenetic Diversity in the Anthropocene'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287 (1929). https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0777.
- Li, Fengshi, Yongzhi Yan, Jianing Zhang, Qing Zhang, and Jianming Niu. 2021. 'Taxonomic, Functional, and Phylogenetic Beta Diversity in the Inner Mongolia Grassland'. *Global Ecology and Conservation* 28: e01634. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01634.
- Li, Lin Feng, Hua Ying Wang, Cui Zhang, Xin Feng Wang, Feng Xue Shi, Wen Na Chen, and Xue Jun Ge. 2013. 'Origins and Domestication of Cultivated Banana Inferred from Chloroplast and Nuclear Genes'. *PLOS ONE* 8 (11): e80502. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0080502.
- Liu, Udayangani, Elinor Breman, Tiziana Antonella Cossu, and Siobhan Kenney. 2018. 'The Conservation Value of Germplasm Stored at the Millennium Seed Bank, Royal Botanic Gardens, Kew, UK'. *Biodiversity and Conservation* 27 (6): 1347–86. https://doi.org/10.1007/S10531-018-1497-Y/TABLES/10.
- Locke, Harvey. 2013. 'Nature Needs (At Least) Half: A Necessary New Agenda for Protected Areas'. *Parks* 19: 9–18. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-551-9_1.
- Loskutov, Igor G., and International Plant Genetic Resources Institute. 1999. *Vavilov and His Institute : A History of the World Collection of Plant Genetic Resources in Russia*. IPGRI.
- Maccaferri, Marco, Neil S. Harris, Sven O. Twardziok, Raj K. Pasam, Heidrun Gundlach, Manuel Spannagl, Danara Ormanbekova, et al. 2019. 'Durum Wheat Genome Highlights Past Domestication Signatures and Future Improvement Targets'. *Nature Genetics 2019 51:5* 51 (5): 885–95. https://doi.org/10.1038/s41588-019-0381-3.
- Mace, Georgina M., Ken Norris, and Alastair H. Fitter. 2012. 'Biodiversity and Ecosystem Services: A Multilayered Relationship'. *Trends in Ecology and Evolution* 27 (1): 19–26. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006.
- Maharaj, V J, J V Senabe, and R M Horak. 2008. 'Hoodia, a Case Study at CSIR'. https://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/2539.
- Malice, Marie, and Jean-Pierre Baudoin. 2009. 'Genetic Diversity and Germplasm Conservation of Three Minor Andean Tuber Crop Species'. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 13 (3): 441–48.
- Matsuoka, Yoshihiro. 2005. 'Origin Matters: Lessons from the Search for the Wild Ancestor of Maize'. *Breeding Science* 55 (4): 383–90. https://doi.org/10.1270/JSBBS.55.383.

-
- Matsuoka, Yoshihiro, Yves Vigouroux, Major M. Goodman, Jesus G. Sanchez, Edward Buckler, and John Doebley. 2002. 'A Single Domestication for Maize Shown by Multilocus Microsatellite Genotyping'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99 (9): 6080–84. https://doi.org/10.1073/PNAS.052125199/SUPPL_FILE/1251TABLE3.XLS.
- Matthews, Peter Joseph, and Michel Edmond Ghanem. 2021. 'Perception Gaps That May Explain the Status of Taro (*Colocasia esculenta*) as an "Orphan Crop"'. *Plants, People, Planet* 3 (2): 99–112. https://doi.org/10.1002/PPP3.10155.
- Maxted, N., and L. Guarino. 2000. 'Ecogeographic Surveys'. *Plant Genetic Conservation*, 69–87. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1437-7_4.
- Maxted, N., L. Guarino, L. Myer, and E. A. Chiwona. 2002. 'Towards a Methodology for On-Farm Conservation of Plant Genetic Resources'. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49 (1): 31–46. https://doi.org/10.1023/A:1013896401710/METRICS.
- Maxted, Nigel, Brian Ford-Lloyd, J. G. Hawkes, J. T. Williams, and (eds.). 1997. *Plant Genetic Conservation : The in Situ Approach*. Edited by N. Maxted, B. V. Ford-Lloyd, and J.G. Hawkes. First Edit. London, United Kingdom: Chapman & Hall.
- Maxted, Nigel, Danny Hunter, and Rodomiro Ortiz Ríos. 2020. 'Germplasm Evaluation'. *Plant Genetic Conservation*, September, 428–42. https://doi.org/10.1017/9781139024297.017.
- Maxted, Nigel, Danny Hunter, and Rodomiro Ortiz Ríos. 2020. 'On-Farm Conservation'. In *Plant Genetic Conservation*, 249–77. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781139024297.011.
- Mayr, Ernst. 1942. *Systematics and the Origin of Species*. New York, SAD: Columbia University Press.
- McCann, Kevin Shear. 2000. 'The Diversity-Stability Debate'. *Nature* 405 (6783): 228–33. https://doi.org/10.1038/35012234.
- Médail, Frédéric, and Katia Diadema. 2009. 'Glacial Refugia Influence Plant Diversity Patterns in the Mediterranean Basin'. *Journal of Biogeography* 36 (7): 1333–45. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02051.x.
- Meyer, Rachel S., and Michael D. Purugganan. 2013. 'Evolution of Crop Species: Genetics of Domestication and Diversification'. *Nature Reviews Genetics 2013 14:12* 14 (12): 840–52. https://doi.org/10.1038/nrg3605.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. 2022. 'Bioportal'. 2022. http://www.bioportal.hr/gis.
- Mir, C., T. Zerjal, V. Combes, F. Dumas, D. Madur, C. Bedoya, S. Dreisigacker, et al. 2013. 'Out of America: Tracing the Genetic Footprints of the Global Diffusion of Maize'. *Theoretical and Applied Genetics 2013 126:11* 126 (11): 2671–82. https://doi.org/10.1007/S00122-013-2164-Z.
- Mojzsis, S J, G Arrhenius, K D McKeegan, T M Harrison, A P Nutman, and C R L Friend. 1996. 'Evidence for Life on Earth before 3,800 Million Years Ago'. *Nature* 384 (6604): 55–59. https://doi.org/10.1038/384055a0.
- Moreno, Claudia E., Gonzalo Castillo-Campos, and José R. Verdú. 2009. 'Taxonomic Diversity as Complementary Information to Assess Plant Species Diversity in Secondary Vegetation and Primary Tropical Deciduous Forest'. *Journal of Vegetation Science* 20 (5): 935–43. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01094.x.
- Mutke, Jens, and Wilhelm Barthlott. 2005. 'Patterns of Vascular Plant Diversity at Continental to Global Scales'. *Biologiske Skrifter* 55: 521-531. https://doi.org/10.3112/erdkunde.2007.04.01.
- Myers, Norman. 1988. 'Threatened Biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests'. *Environmentalist* 8 (3): 187–208. https://doi.org/10.1007/BF02240252.
- Myers, Norman, Russell A. Mittermeler, Cristina G. Mittermeler, Gustavo A.B. Da Fonseca, and Jennifer Kent. 2000. 'Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities'. *Nature* 403 (6772): 853–58. https://doi.org/10.1038/35002501.

- *Nacionalni Program Očuvanja i Održive Uporabe Biljnih Genetskih Izvora Za Hranu i Poljoprivredu u Republici Hrvatskoj Za Razdoblje Od 2021. Do 2027. Godine*. n.d.
- Neal, J. M. 2006. 'The Impact of Habitat Fragmentation on Wild *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche (Proteaceae) Population Viability'. University of New England, Armidale, Australia.
- Nikolić, T., B. Mitić, M. Ruščić, and B. Milašinović. 2014. 'Diversity, Knowledge and Spatial Distribution of the Vascular Flora of Croatia'. *Plant Biosystems* 148 (4): 591–601. https://doi.org/10.1080/11263504.2013.788091.
- Nikolić, Toni. 2020. *Flora Croatica, Volume 1*. Zagreb: Alfa d.d.
- Nikolić, Toni, Jasenka Topić, and Nina Vuković, eds. 2010. *Botanički Važna Područja Hrvatske*. Zagreb, Croatia: Školska knjiga, Zagreb.
- Nock, Catherine J., Craig M. Hardner, Juan D. Montenegro, Ainnatul A. Ahmad Termizi, Satomi Hayashi, Julia Playford, David Edwards, and Jacqueline Batley. 2019. 'Wild Origins of *Macadamia* Domestication Identified through Intraspecific Chloroplast Genome Sequencing'. *Frontiers in Plant Science* 10 (March): 425757. https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.00334/BIBTEX.
- Office of the United Nations High Commissioner for Refugees. 2022. 'The UN Refugee Agency (UNHCR)'. 2022. https://www.unhcr.org/.
- Ordás, Amando, and M. Elena Cartea. 2007. 'Cabbage and Kale'. In *Vegetables I*, 119–49. Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_4.
- Ovchinnikova, Anna, Ekaterina Krylova, Tatjana Gavrilenko, Tamara Smekalova, Mikhail Zhuk, Sandra Knapp, and David M. Spooner. 2011. 'Taxonomy of Cultivated Potatoes (*Solanum* Section Petota: Solanaceae)'. *Botanical Journal of the Linnean Society* 165 (2): 107–55. https://doi.org/10.1111/J.1095-8339.2010.01107.X.
- Ožanić, S. 1955. *Poljoprivreda Dalmacije u Prošlosti (in Croatian)*. Split, Croatia: Agronomic society NRH, Društvo agronoma NRH, Podružnica Split.
- Panis, Bart, Manuela Nagel, and Ines Van den Houwe. 2020. 'Challenges and Prospects for the Conservation of Crop Genetic Resources in Field Genebanks, in In Vitro Collections and/or in Liquid Nitrogen'. *Plants (Basel, Switzerland)* 9 (12): 1–22. https://doi.org/10.3390/PLANTS9121634.
- Pearce, Stephen, Robert Saville, Simon P. Vaughan, Peter M. Chandler, Edward P. Wilhelm, Caroline A. Sparks, Nadia Al-Kaff, et al. 2011. 'Molecular Characterization of Rht-1 Dwarfing Genes in Hexaploid Wheat'. *Plant Physiology* 157 (4): 1820–31. https://doi.org/10.1104/PP.111.183657.
- Peng, Junhua H., Dongfa Sun, and Eviatar Nevo. 2011. 'Domestication Evolution, Genetics and Genomics in Wheat'. *Molecular Breeding 2011 28:3* 28 (3): 281–301. https://doi.org/10.1007/S11032-011-9608-4.
- Pérez-Losada, M, and Ka Crandall. 2003. 'Can Taxonomic Richness Be Used as a Surrogate for Phylogenetic Distinctness Indices for Ranking Areas for Conservation?' *... Biodiversity and Conservation* 1: 77–84.
- Perrier, Xavier, Edmond De Langhe, Mark Donohue, Carol Lentfer, Luc Vrydaghs, Frédéric Bakry, Françoise Carreel, et al. 2011. 'Multidisciplinary Perspectives on (*Musa* Spp.) Domestication'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 (28): 11311–18.
- Perry, George H., Nathaniel J. Dominy, Katrina G. Claw, Arthur S. Lee, Heike Fiegler, Richard Redon, John Werner, et al. 2007. 'Diet and the Evolution of Human Amylase Gene Copy Number Variation'. *Nature Genetics 2007 39:10* 39 (10): 1256–60. https://doi.org/10.1038/ng2123.
- Pimm, Stuart L., Gareth J. Russell, John L. Gittleman, and Thomas M. Brooks. 1995. 'The Future of Biodiversity'. *Science* 269 (5222): 347–50. https://doi.org/10.1126/science.269.5222.347.
- Piperno, Dolores R. 2018. 'A Model of Agricultural Origins'. *Nature Human Behaviour* 2 (7): 446–47. https://doi.org/10.1038/s41562-018-0390-8.

- Plantlife. 2004. *Identifying and Protecting the World ' S Most Important Plant Areas. Plantlife International*. Salisbury, UK: Plantlife International.
- Popova, Elena. 2018. 'Special Issue on Agricultural Genebanks'. *Biopreservation and Biobanking* 16 (5): 325–26. https://doi.org/10.1089/BIO.2018.29044.EJP.
- Powell, Michael. 2014. *Wild about Macadamias - Conserving a National Icon*. Sydney: Horticulture Australia Ltd.
- Powell, Michael, and Liz Gould. 2019. *Macadamia Species Recovery Plan 2019-2024. Report to Department of the Environment and Energy, Canberra by the Australian Macadamia Society*. Lismore, Australia: Australian Macadamia Society.
- Priyanka, Veerala, Rahul Kumar, Inderpreet Dhaliwal, and Prashant Kaushik. 2021. 'Germplasm Conservation: Instrumental in Agricultural Biodiversity—A Review'. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 6743* 13 (12): 6743. https://doi.org/10.3390/SU13126743.
- Purugganan, Michael D., and Dorian Q. Fuller. 2009. 'The Nature of Selection during Plant Domestication'. *Nature* 457 (7231): 843–48. https://doi.org/10.1038/nature07895.
- Qvenild, Marte. 2008. 'Svalbard Global Seed Vault: A "Noah's Ark" for the World's Seeds'. *Development in Practice* 18 (1): 110–16.
- Raamsdonk, L. W.D. van. 1995. 'The Cytological and Genetical Mechanisms of Plant Domestication Exemplified by Four Crop Models'. *The Botanical Review 1995 61:4* 61 (4): 367–99. https://doi.org/10.1007/BF02912623.
- Radosavljević, Ivan, Jernej Jakse, Zlatko Satovic, Branka Javornik, and Zlatko Liber. 2014. 'Development and Characterization of New Polymorphic Microsatellite Markers for *Degenia velebitica* (Degen) Hayek (Brassicaceae)'. *Conservation Genetics Resources* 6 (2): 409–11. https://doi.org/10.1007/s12686-013-0105-4.
- Rajaram, Sanjaya. 2011. 'Norman Borlaug: The Man i Worked with and Knew'. *Annual Review of Phytopathology*. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095308.
- Rao, V Ramanatha, P J Matthews, P B Eyzaguirre, and D Hunter. 2010. *The Global Diversity of Taro Ethnobotany and Conservation. Museum*.
- Redford, Kent H., and Brian D. Richter. 1999. 'Conservation of Biodiversity in a World of Use'. *Conservation Biology* 13 (6): 1246–56. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97463.x.
- Reed, B. M. (Barbara M.), and International Plant Genetic Resources Institute. 2004. 'Technical Guidelines for the Management of Field and in Vitro Germplasm Collections', 106.
- Reed, Barbara M. 2017. 'Plant Cryopreservation: A Continuing Requirement for Food and Ecosystem Security'. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 53 (4): 285–88. https://doi.org/10.1007/S11627-017-9851-4/TABLES/1.
- Renkow, Mitch, and Derek Byerlee. 2010. 'The Impacts of CGIAR Research: A Review of Recent Evidence'. *Food Policy* 35 (5): 391–402. https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2010.04.006.
- Rešetnik, Ivana, Zlatko Satovic, Gerald M. Schneeweiss, and Zlatko Liber. 2013. 'Phylogenetic Relationships in Brassicaceae Tribe Alysseae Inferred from Nuclear Ribosomal and Chloroplast DNA Sequence Data'. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 69 (3): 772–86. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.06.026.
- Rindos, David, Homer Aschmann, Peter Bellwood, Lynn Ceci, Mark N. Cohen, Joseph Hutchinson, Robert S. Santley, Jim G. Shaffer, and Thurstan Shaw. 1980. 'Symbiosis, Instability, and the Origins and Spread of Agriculture: A New Model [and Comments and Reply]'. *Https://Doi.Org/10.1086/202569* 21 (6): 751–72. https://doi.org/10.1086/202569.
- Ríos, Domingo, Marc Ghislain, Flor Rodríguez, and David M. Spooner. 2007. 'What Is the Origin of the European Potato? Evidence from Canary Island Landraces'. *Crop Science* 47 (3): 1271–80. https://doi.org/10.2135/CROPSCI2006.05.0336.

- Rival, Laura, and Doyle McKey. 2015. 'Domestication and Diversity in Manioc (*Manihot esculenta* Crantz Ssp. Esculenta, Euphorbiaceae)'. 49 (6): 1119–28. https://doi.org/10.1086/593119.
- Roorkiwal, Manish, Eric J. Von Wettberg, Hari D. Upadhyaya, Emily Warschefsky, Abhishek Rathore, and Rajeev K. Varshney. 2014. 'Exploring Germplasm Diversity to Understand the Domestication Process in *Cicer* Spp. Using SNP and DArT Markers'. *PLOS ONE* 9 (7): e102016. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0102016.
- Ross-Ibarra, Jeffrey, Peter L. Morrell, and Brandon S. Gaut. 2007. 'Plant Domestication, a Unique Opportunity to Identify the Genetic Basis of Adaptation'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (SUPPL. 1): 8641–48.
- Salamini, Francesco, Hakan Özkan, Andrea Brandolini, Ralf Schäfer-Pregl, and William Martin. 2002. 'Genetics and Geography of Wild Cereal Domestication in the near East'. *Nature Reviews Genetics 2002 3:6* 3 (6): 429–41. https://doi.org/10.1038/nrg817.
- Sardos, Julie, Mathieu Rouard, Yann Hueber, Alberto Cenci, Katie E. Hyma, Ines van den Houwe, Eva Hribova, Brigitte Courtois, and Nicolas Roux. 2016. 'A Genome-Wide Association Study on the Seedless Phenotype in Banana (*Musa* Spp.) Reveals the Potential of a Selected Panel to Detect Candidate Genes in a Vegetatively Propagated Crop'. *PLOS ONE* 11 (5): e0154448. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0154448.
- Scarcelli, Nora, Philippe Cubry, Roland Akakpo, Anne Céline Thuillet, Jude Obidiegwu, Mohamed N. Baco, Emmanuel Otoo, et al. 2019. 'Yam Genomics Supports West Africa as a Major Cradle of Crop Domestication'. *Science Advances* 5 (5).
- Smale, Melinda. 1997. 'The Green Revolution and Wheat Genetic Diversity: Some Unfounded Assumptions'. *World Development* 25 (8): 1257–69. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(97)00038-7.
- Smith, Carine, and Annadie Krygsman. 2014. '*Hoodia gordonii*: To Eat, or Not to Eat'. *Journal of Ethnopharmacology* 155 (2): 987–91. https://doi.org/10.1016/J.JEP.2014.06.033.
- Spooner, David M., Karen McLean, Gavin Ramsay, Robbie Waugh, and Glenn J. Bryan. 2005. 'A Single Domestication for Potato Based on Multilocus Amplified Fragment Length Polymorphism Genotyping'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (41): 14694–99.
- Spooner, David M., Jorge Núñez, Guillermo Trujillo, María Del Rosario Herrera, Frank Guzmán, and Marc Ghislain. 2007. 'Extensive Simple Sequence Repeat Genotyping of Potato Landraces Supports a Major Reevaluation of Their Gene Pool Structure and Classification'. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (49): 19398–403.
- Stalker, H. T. (Harold Thomas), Marilyn Warburton, and Jack R. (Jack Rodney) Harlan. n.d. 'Harlan's Crops and Man : People, Plants and Their Domestication'.
- Stetter, Markus G., Thomas Müller, and Karl J. Schmid. 2017. 'Genomic and Phenotypic Evidence for an Incomplete Domestication of South American Grain Amaranth (*Amaranthus caudatus*)'. *Molecular Ecology* 26 (3): 871–86. https://doi.org/10.1111/MEC.13974.
- Stetter, Markus G., Mireia Vidal-Villarejo, Karl J. Schmid, and Stephen Wright. 2020. 'Parallel Seed Color Adaptation during Multiple Domestication Attempts of an Ancient New World Grain'. *Molecular Biology and Evolution* 37 (5): 1407–19. https://doi.org/10.1093/MOLBEV/MSZ304.
- Stitzer, Michelle C., and Jeffrey Ross-Ibarra. 2018. 'Maize Domestication and Gene Interaction'. *New Phytologist* 220 (2): 395–408. https://doi.org/10.1111/NPH.15350.
- Sugihara, Yu, Aoi Kudoh, Tamiru Oli, Hiroki Takagi, Satoshi Natsume, Motoki Shimizu, Akira Abe, et al. 2021. 'Population Genomics of Yams: Evolution and Domestication of Species'. In *Population Genomics*, edited by O.P. Rajora, 1–28. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/13836_2021_94.
- Sullivan, Shawn N. 2004. 'Plant Genetic Resources and the Law: Past, Present, and Future'. *Plant Physiology* 135 (1): 10. https://doi.org/10.1104/PP.104.042572.

- Svizzero, Serge, and Clement Tisdell. 2014. 'Theories about the Commencement of Agriculture in Prehistoric Societies: A Critical Evaluation'. *Rivista Di Storia Economica*, no. 3.
- Tanno, Ken Ichi, and George Willcox. 2006. 'How Fast Was Wild Wheat Domesticated?' *Science* 311 (5769): 1886.
- Tirado-Pérez, Bibiana, and Gabriela Sandoval-Cancino. 2022. 'Cryopreservation of Plant Genetic Resources: A Legacy for Humanity'. *African Journal of Biotechnology* 21 (2): 55–63. https://doi.org/10.5897/AJB2021.17379.
- Triantis, K A, M Mylonas, K Lika, and K Vardinoyannis. 2003. 'A Model for the Species – Area – Habitat Relationship'. *Journal of Biogeography* 30: 19–27.
- Troyer, A. Forrest. 2004. 'Background of U.S. Hybrid Corn II'. *Crop Science* 44 (2): 370–80. https://doi.org/10.2135/CROPSCI2004.3700.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. 'World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, (ST/ESA/SER.A/366)'.
- Varga, Filip, Nina Jeran, Zlatko Šatović, Martina Biošić, and Martina Grdiša. 2021. 'High Diversity of Natural Dalmatian Pyrethrum Based on Pyrethrin Composition at Intra- and Interpopulation Level'. *Phytochemistry* 192 (December). https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2021.112934.
- Vavilov, I.N. 2009. *Origin and Geography Cultivated Plants*. Edited by Doris Love. Cambridge University Press.
- Vavilov, N.I. 1951. 'The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants'. *Chron. Bot.*, no. 13 (January): 1–364.
- Vermaak, Ilze, Josias H. Hamman, and Alvaro M. Viljoen. 2011. 'Hoodia Gordonii: An Up-to-Date Review of a Commercially Important Anti-Obesity Plant'. *Planta Medica* 77 (11): 1149–60. https://doi.org/10.1055/S-0030-1250643.
- Vicente, M. Carmen de, and M. S. Andersson. 2006. *DNA Banks : Providing Novel Options for Genebanks?* Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute.
- Viculin, Marina, Željko Randić Barlek, Mirjana Šatović, Danilo Dučak, Zlatko Liber, Sandro Bogdanović, and Zlatko Šatović. 2022. *Tustopizde u Izobilju - Kurcoglava Ni Za Lijek: Samoniklo Jestivo Bilje Otoka Zlarina*. Zagreb, Croatia: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet / Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja.
- Vié, Jean-Christophe, Craig Hilton-Taylor, and Simon N. Stuart, eds. 2008. *WILDLIFE IN A CHANGING WORLD - An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species™*. Gland, Switzerland: IUCN. https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2010.00364.x.
- Vieira, Roberto F., and James E. Simon. 2000. 'Chemical Characterization of Basil (*Ocimum* Spp.) Found in the Markets and Used in Traditional Medicine in Brazil'. *Economic Botany* 54 (2): 207–16. https://doi.org/10.1007/BF02907824/METRICS.
- Weisdorf, Jacob L. 2005. 'From Foraging To Farming: Explaining The Neolithic Revolution'. *Journal of Economic Surveys* 19 (4): 561–86. https://doi.org/10.1111/J.0950-0804.2005.00259.X.
- Westengen, Ola T., Simon Jeppson, and Luigi Guarino. 2013. 'Global Ex-Situ Crop Diversity Conservation and the Svalbard Global Seed Vault: Assessing the Current Status'. *PLOS ONE* 8 (5): e64146. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0064146.
- Westengen, Ola T., Charlotte Lusty, Mariana Yazbek, Ahmed Amri, and Åsmund Asdal. 2020. 'Safeguarding a Global Seed Heritage from Syria to Svalbard'. *Nature Plants 2020 6:11* 6 (11): 1311–17. https://doi.org/10.1038/s41477-020-00802-z.
- Whittaker, R H. 1969. 'New Concepts of Kingdoms of Organisms. Evolutionary Relations Are Better Represented by New Classifications than by the Traditional Two Kingdoms.' *Science* 163 (3863): 150–60. https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150.

- Whittaker, Robert H. 1972. 'Evolution and Measurement of Species Diversity'. *Taxon* 21: 213–51.
- Wills, David M., Clinton J. Whipple, Shohei Takuno, Lisa E. Kursel, Laura M. Shannon, Jeffrey Ross-Ibarra, and John F. Doebley. 2013. 'From Many, One: Genetic Control of Prolificacy during Maize Domestication'. *PLOS Genetics* 9 (6): e1003604. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PGEN.1003604.
- Wilson, Maxwell C., Xiao Yong Chen, Richard T. Corlett, Raphael K. Didham, Ping Ding, Robert D. Holt, Marcel Holyoak, et al. 2016. 'Habitat Fragmentation and Biodiversity Conservation: Key Findings and Future Challenges'. *Landscape Ecology* 31 (2): 219–27. https://doi.org/10.1007/s10980-015-0312-3.
- Xu, Gen, Xuan Zhang, Wenkang Chen, Renyu Zhang, Zhi Li, Weiwei Wen, Marilyn L. Warburton, Jiansheng Li, Huihui Li, and Xiaohong Yang. 2022. 'Population Genomics of Zea Species Identifies Selection Signatures during Maize Domestication and Adaptation'. *BMC Plant Biology* 22 (1): 1–15. https://doi.org/10.1186/S12870-022-03427-W/FIGURES/6.
- Xu, Jinshi, Han Dang, Mao Wang, Yongfu Chai, Yaoxin Guo, Yu Chen, Chenguang Zhang, and Ming Yue. 2019. 'Is Phylogeny More Useful than Functional Traits for Assessing Diversity Patterns under Community Assembly Processes?' *Forests* 10 (12): 1–11. https://doi.org/10.3390/F10121159.
- Yoshida, Kentaro, Verena J. Schuenemann, Liliana M. Cano, Marina Pais, Bagdevi Mishra, Rahul Sharma, Chirsta Lanz, et al. 2013. 'The Rise and Fall of the *Phytophthora infestans* Lineage That Triggered the Irish Potato Famine'. *ELife* 2013 (2). https://doi.org/10.7554/ELIFE.00731.
- Zerega, Nyree J.C., M. N.Nur Supardi, and Timothy J. Motley. 2010. 'Phylogeny and Recircumscription of Artocarpeae (Moraceae) with a Focus on *Artocarpus*'. *Https://Doi.Org/10.1600/036364410X539853* 35 (4): 766–82. https://doi.org/10.1600/036364410X539853.
- Zerega, Nyree, Diane Ragone, and Timothy J. Motley. 2016. '10. Breadfruit Origins, Diversity, and Human-Facilitated Distribution'. In *Darwin's Harvest*, 213–38. Columbia University Press. https://doi.org/10.7312/MOTL13316-011/HTML.
- Zeven, AC, and Petr Mikhaĭlovich Zhukovskiĭ. 1975. *Dictionary of Cultivated Plants and Their Centres of Diversity, Excluding Ornamentals, Forest Trees, and Lower Plants*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. https://core.ac.uk/download/pdf/29387092.pdf.

Životopisi autora

ZLATKO ŠATOVIĆ

Zlatko Šatović (1965.) diplomirao je na Fakultetu poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu 1990. godine. Magristrirao je 1995. godine na International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM), Mediterranean institute of Zaragoza (IAMZ), Zaragoza, Španjolska. Doktorsku disertaciju obranio je 1999. na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Od 1990. radi na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu na kojem je 2012. izabran u redovitog profesora u trajnom zvanju. Znanstveni je interes Zlatka Šatovića očuvanje biljnih genetskih izvora, analiza molekularne raznolikosti i filogenetika, molekularno oplemenjivanje bilja te ljekovito i aromatično bilje. Voditelj je Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv).

MARTINA GRDIŠA

Martina Grdiša (1978.) diplomirala je (2004.) i doktorirala (2011.) na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Od 2006. zaposlena je na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu na kojem je 2021. izabrana u izvanrednu profesoricu. Znanstveni je interes Martine Grdiša ljekovito i aromatično bilje, očuvanje biljnih genetskih izvora te analiza molekularne i biokemijske raznolikosti. Članica je radne skupine za kadulje i dalmatinski buhač Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv).

NINA JERAN

Nina Jeran (1979.) diplomirala je biologiju - smjer ekologija (2003.) te doktorirala u polju biologije (2010.) na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 2016. zaposlena je na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu kao poslijedoktorand te kao stručni suradnik na projektu. Znanstveni interesi Nine Jeran obuhvaćaju analizu kemijske i genetske raznolikosti ljekovitih i aromatičnih biljnih vrsta te istraživanja u području primijenjene botanike kao što je održiva upotreba autohtonih, jestivih i korisnih svojti u ukrasnoj hortikulturi.

FILIP VARGA

Filip Varga (1989.) diplomirao je na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 2014. godine. Doktorsku disertaciju obranio je 2021. na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Od 2015. radi na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, prvo kao asistent, a trenutno kao poslijedoktorand. Znanstveni interesi Filipa Varge uključuju analizu molekularne raznolikosti, etnobotaniku, primjenu GIS-a u ekologiji i poljoprivredi te otvorene podatke. Član je radne skupine za kadulje i dalmatinski buhač Znanstvenog centra izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv).

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv)

Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv) istraživačka je mreža usmjerena na prijenos znanja i tehnologije sa svrhom izravnog doprinosa napretku istraživanja u poljoprivredi.

Istraživačka skupina uključuje znanstvenike triju fakulteta (Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet; Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti; Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet) i triju instituta (Institut za poljoprivredu i turizam Poreč; Poljoprivredni institut Osijek i Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split), stoga uključuje ugledne znanstvenike sa svih visokoškolskih institucija kao i znanstvenih instituta iz područja poljoprivrede u Hrvatskoj.

Ciljevi Znanstvenog centra izvrsnosti su: (a) povećanje dobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu, (b) identifikacija ključnih svojstava biljnih vrsta pomoću poljskih pokusa i laboratorijskih analiza, te optimizacija protokola fenotipizacije, (c) optimizacija protokola genotipizacije uvođenjem standardiziranih laboratorijskih postupaka, te (d) primjena novih pristupa u statističkoj analizi podataka.

Istraživanja se provode na osam biljnih vrsta - modela koji predstavljaju glavne poljoprivredne kulture, kao i kulture koje bi mogle postati zanimljive za poljoprivrednu proizvodnju u budućnosti u R. Hrvatskoj: kukuruz, pšenica, soja, vinova loza, maslina, kupusnjače/lukovi, grah i dalmatinski buhač/kadulje.

Krajnji je cilj Znanstvenog centra izvrsnosti poticanje suradnje i sinergije između hrvatskih sveučilišta i znanstvenih instituta na području poljoprivrede u svrhu utemeljenja nove istraživačke platforme koja će objediniti nova znanstvena saznanja i tehnološka postignuća u svrhu prevladavanja poteškoća u području oplemenjivanja bilja.

Za više informacija posjetite: http://biodiv.iptpo.hr

Prof. dr. sc. Zlatko Šatović, voditelj projekta
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb
Tel: 01 / 239 3935
E-mail: zsatovic@agr.hr

Europska unija
Zajedno do fondova EU

STRUKTURNI I INVESTICIJSKI FONDOVI

Operativni program
KONKURENTNOST I KOHEZIJA

