

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)



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Republika Hrvatska

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
(izdavač)

OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

Udžbenik Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Autori: prof. dr. sc. Zlatko Šatović, izv. prof. dr. sc. Martina Grdiša, dr. sc. Nina Jeran
i dr. sc. 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

Izv. Prof. dr. sc. Domagoj Šimić
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

XXXX

Naklada

XXX primjeraka

ISBN

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



Odlukom Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, KLASA: XXXXXXXX, URBROJ: XXXXXXX, na XX sjednici održanoj XX. XXXXX. XXXX. Godine odobrava se korištenje naziva udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta

Sadržaj

1. UVOD / 1

2. SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST EKOSUSTAVA / 3

2.1 Razine organizacije biološke raznolikosti / 5

2.2 Mjere procjene bioraznolikosti / 11

2.3 Zaštita prirode / 16

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 / 38

Priča o sredozemnom smilju: Kako zaštititi vrstu od prekomjernog sakupljanja? / 42

4. SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: UNUTARVRVNA RAZNOLIKOST / 45

4.1 Biljni genetski izvori za hranu i poljoprivredu / 46

4.2 Analiza biljnih genetskih izvora / 47

4.3 Razlozi za očuvanje biljnih genetskih izvora / 48

Priča o krumpiru: Opasnost od genetske ranjivosti / 50

Priča o Normanu Borlaugu: Podrijetlo gena Zelene revolucije / 54

Priča o „kaktusu“ Hoodia: Tradicijsko znanje i biogusarstvo / 58

5. STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: KULTIVIRANI BILJNI MATERIJAL / 61

5.1 Moderni kultivari / 63

Priča o pšenici: Koje su posljedice modernog oplemenjivanja pšenice? / 67

5.2 Tradicijski kultivari / 70

Priča o maslini: Homonimija, sinonimija i unutarstorna raznolikost tradicijskih kultivara / 72

5.3 Oplemenjivački i genetski materijal / 78

Priča o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima / 84

6. STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: DIVLJI BILJNI MATERIJAL / 87

6.1 Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal / 88

Priča o žutom srčaniku: Prikupljati ili uzgajati? / 89

6.2 Divlji biljni materijal upotrebljiv na neizravan način / 91

Priča o rajčici: Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju / 95

6.3 Potencijalno upotrebljiv divlji biljni materijal / 99

Priča o Richardu E. Schultesu: Otac moderne etnobotanike / 102

7. TENDENCIJE RAZVITKA MODERNE POLJOPRIVREDE / 105

7.1 Genetsko usko grlo / 108

Priča o soji / 111

7.2 Genetska ranjivost / 114

Priča o kukuruzu / 118

7.3 Genetska erozija / 120

8. EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: UDOMAĆENJE / 131

8.1 Povijesni pregled / 132

Priča o Nikolaju Ivanoviču Vavilovu: Znanstvenik u zlosretnom vremenu / 137

8.2 Centri podrijetla agrikulture i centri udomaćenja / 145

Priča o pšenici: Hibridizacija, poliploidizacija i udomaćenje / 166

8.3 Sindrom udomaćenja / 169

Priča o kukuruzu: Genetska osnova sindroma udomaćenja / 172

9. EVOLUCIJA KULTURNIH BILJNIH VRSTA: ŠIRENJE UZGOJA / 175

9.1 Modeli, faze i razine udomaćenja kulturnih biljnih vrsta / 176

Priča o kupusu: Mehanizmi udomaćenja / 179

9.2 Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta / 188

Priča o kukuruzu: Kako je kukuruz osvojio svijet / 193

9.3 Kulture koje prehranjuju čovječanstvo / 196

Priča o banani: Isplativa ili uzdržavajuća kultura? / 203

10. STRATEGIJE OČUVANJA BILJNIH GENETSKIH IZVORA / 211

10.1 Očuvanje ex situ / 213

Priča o Svalbardu / 221

10.2 Očuvanje in situ / 224

Priča o makadamiji / 227

Priča o sjekirici (Lathyrus sativus) - 'Fava Feneou' / 231

Priča o breskvi (Prunus persica) - Buco Incavato / 231

10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena / 232

11. CILJEVI I ZADACI BANAKA BILJNIH GENA IZVORA / 241

11.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora / 242

Priča o tustopizdi i kurcoglavu / 247

11.2 Opis i procjena svojstava primki / 249

Priča bosiljku (Ocimum spp.): opis svojstava primki / 252

Priča od dalmatinskom buhaču (Tanacetum cinerariifolium): procjena agronomski važnih svojstava / 254

11.3 Dokumentacijsko-informacijski sustav u bankama biljnih gena / 257

12. PRAVNI OKVIR ZA OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA / 261

12.1 Međunarodne organizacije i ugovori u očuvanju biljnih genetskih izvora / 262

12.2 Zakonodavstvo o očuvanju biljnim genetskim izvorima u R. Hrvatskoj / 267

12.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu / 268

INDEKS POJMOVA / 275

IZVORI SLIKA / 280

PREGLEG KORIŠTENE LITERATURE / 282

ŽIVOTOPISI AUTORA / 291

UVOD

Bilo da je riječ o divljim ili kultiviranim biljnim svojstama, biljke predstavljaju temeljno obilježje kopnenog dijela našeg planeta. Kao primarni proizvođači organske tvari biljke imaju ključnu ulogu u većini ekosustava na Zemlji. Biljne vrste i tip vegetacije glavni su čimbenik koji oblikuje fizičku strukturu ekosustava i izvor su energije i ostalih resursa koji omogućuju raznolikost drugih vrsta organizama na nekom staništu.

Važan razlog za očuvanjem biljnih vrsta je očuvanje tzv. *usluga ekosustava* (engl. *ecosystem services*) - dobrobiti koje ljudi imaju od ekosustava, uključujući sve izravne i neizravne doprinose, a koje mahom proizlaze iz fizikalne, kemijske i biološke uloge biljaka u ekosustavima. Biljke su uključene u mnoge ekološke procese regulacije i održavanja koji doprinose ljudskoj civilizaciji. Tako biljni pokrov može značajno utjecati na regulaciju klime (uključujući i mikroklimu), snabdijevanje vodom (kao i sprečavanje poplava i regulaciju riječnih tokova) te na stabilnost tla (sprečavanje erozije), kao i njegovo stvaranje, pročišćavanje vode i zraka, kruženje nutrijenata te razgradnju otpadnih i štetnih tvari, pružanje staništa oprašivačima, biološku kontrolu štetnika i slično. Također, biljke imaju značajnu estetsku, kulturnu, i duhovnu vrijednost te omogućuju društvenu upotrebu, rekreaciju i turizam. Posljedično, biljke su usko povezane s ljudskom ekonomijom te stoga način na koji čuvamo biljne vrste iz temelja određuje kvalitetu naših života, i, dugoročno, opstanak čovječanstva. Bioraznolikost predstavlja mjeru složenosti i biološkog „zdravlja“ nekog područja i ekosustava koje sadrži, pri čemu dominantnu ulogu ima upravo biljna komponenta bioraznolikosti. Očuvana bioraznolikost ključna je komponenta stabilnih i otpornih ekosustava, a samo takvi mogu pružati veći broj usluga ekosustava.

Čovjek je oduvijek bio povezan s biljkama koje ga okružuju. Pored toga što su glavni izvor hrane za ljude i životinje, biljke su i *izvor brojnih dragocjenih sirovina*. Biljne vrste, divlje i kultivirane, imaju neprocjenjivu ulogu u životu ljudi, pogotovo u ruralnim područjima brojnih zemalja diljem svijeta. Kao izvor sirovina za različite se svrhe koristi barem 20% globalnih biljnih vrsta (samo za medicinsku upotrebu oko 50 000), a za mnoge se vrste tek čeka otkrivanje njihove upotrebe. Primjeri biljnih sirovina uključuju npr. drvo kao materijal za gradnju i izradu različitih predmeta; vlakna za tekstil; izvor goriva, guma, ulja i voskova; izvor lijekova, začina, aroma, napitaka, otrova, halucinogena, ukrasno bilje za hortikulturu, medonosne biljke i slično.

Još jedan važan razlog očuvanja biljne raznolikosti proizlazi iz činjenice da populacije biljnih vrsta predstavljaju *izvore biljne genetske raznolikosti*. Biljni genetski izvori (engl. *plant genetic resources*) u širem smislu označavaju sveukupnost unutarvrstne raznolikosti određene biljne vrste, te se općenito smatra da predstavljaju određeno bogatstvo naše planete koje bi se trebalo iskorištavati na održiv način, kao i ostala prirodna bogatstva.

Visoka razina genetičke raznolikosti povećava mogućnost opstanka vrste ili populacije. S obzirom da su populacije mnogih vrsta reducirane, gubitak genetičke raznolikosti biljnih vrsta je danas vrlo raširen problem. S druge strane, dokazano je kako je uključivanje gena tradicijskih kultivara i divljih srodnika u moderne kultivare znatno povećalo prinose u posljednjih 70ak godina, što posebno ističe ekonomsku vrijednost zaštite divljih srodnika i važnost istraživanja genetičke raznolikosti kod oplemenjivanja kultiviranih svojti.

Na kraju, priroda i u njoj sadržana bioraznolikost ima sama po sebi nemjerljivu intrinzičnu vrijednost zbog koje zaslužuje biti zaštićena.

Cilj ovog udžbenika je dati (studentima) detaljna saznanja o teoretskim i praktičnim aspektima očuvanja i održive upotrebe biljnih genetskih izvora. Budući da proizvodnja hrane i drugih poljoprivrednih proizvoda izravno ovisi o biljnim genetskim izvorima iskorištenima u svrhu oplemenjivanja novih, visokoprinosa kultivara visoke kakvoće i otpornih na bolesti. Udžbenik će obuhvatiti značenje bioraznolikosti, evoluciju i raznolikost kultiviranih biljnih vrsta, upotrebu biljnih genetskih izvora, te strategije očuvanja biljnih genetskih izvora.

SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: RAZNOLIKOST EKOSUSTAVA

2.1 Razine organizacije biološke raznolikosti

2.2 Mjere procjene bioraznolikosti

2.3 Zaštita prirode

Uvod

Bioraznolikost, odnosno **biološka raznolikost**, je složen pojam i obuhvaća mnogo komponenti i razina biološke varijacije. U popularnoj upotrebi, riječ bioraznolikost najčešće se odnosi na sve jedinke svih vrsta koje žive na nekom području. Ako to područje proširimo na cijeli svijet, možemo bioraznolikost sažeti kao „sveukupan život na Zemlji“.

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 unutar vrsta, raznolikost između vrsta, te raznolikost između ekosustava.

Predstavljajući sve vrste u svim ekosustavima svijeta, bioraznolikost je povezana s dvije znanstvene discipline ključne za razumijevanje njezine dvostruke prirode: **evolucijom** (evolucijskom biologijom) i **ekologijom**. S jedne strane postoji čitav spektar živih organizama (bakterija, gljiva, biljaka i životinja) nastalih evolucijom, a s druge strane „igra života“ odvija se u ekosustavima, gdje dolazi do protoka materije i energije između organizama te između organizama i okoliša.

EVOLUCIJA - znanost koja proučava nasljedne promjene svojstava organizama i procese koji dovode do nastanka novih vrsta.

EKOLOGIJA (grč. *oikos* = dom, *logos* = znanost) - znanost koja proučava odnose između organizama i njihovog živog (biotičkog) i neživog (abiotičkog) okoliša.

No, bioraznolikost nije samo običan zbroj principa ekologije i evolucije, već rezultat njihova međudnosa, koji obuhvaća i fizičke sustave u kojima se život odvija. U širem smislu, bioraznolikost uključuje ne samo organizme, već i evolucijske procese koji ih stvaraju kao i ekološke procese: međusobne *interakcije organizama* (kompeticija; razmnožavanje, simbioza, parazitizam itd.), *interakcije organizama s abiotičkim (neživim) čimbenicima* njihovog okoliša, te *načine* na koje organizmi koriste esencijalne resurse kao što su hrana, voda i prostor. Organizmi i njihov okoliš međusobno su ovisni – okoliš utječe na evoluciju vrsta, a vrste utječu na promjenu okoliša. Raznolikost vrsta, ekosustava i krajobraza koji danas oblikuju naš fizički i biološki okoliš, „proizvod“ su barem 3,8 milijarde godina evolucije života na Zemlji.

Konvencija o biološkoj raznolikosti (Convention on Biological Diversity, CBD), najvažniji je međunarodni sporazum o očuvanju prirode i biološke raznolikosti, kojeg je do danas potpisalo 198 zemalja svijeta, a većina (196) ga je i ratificirala (npr. SAD su potpisale, ali nisu ratificirale Konvenciju), čime su se obvezale očuvati biološku raznolikost na svom teritoriju i težiti održivoj upotrebi bioloških resursa (vidi potpoglavlje **12.1**). Održiva upotreba definirana je Konvencijom kao „upotreba komponenti biološke

Konvencija o biološkoj raznolikosti (Convention on Biological Diversity; CBD)

Prihvaćanje: 1992. godina

Stupanje na snagu: 1993. godina

Mjesto prihvaćanja: Rio de Janeiro, Brazil

Pozadina: Konferencija Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju (*United Nations Conference on Environment and Development*; UNCED)

Broj zemalja članica: 196

Značaj: temeljni dokument za zaštitu biološke raznolikosti, koji uspostavlja očuvanje biološke raznolikosti kao temeljno međunarodno načelo u zaštiti prirode i zajedničku obvezu čovječanstva.

Glavni ciljevi:

1. Očuvanje sveukupne biološke raznolikosti,
2. Održiva upotreba sastavnica biološke raznolikosti i
3. Pravedna i ravnomjerna raspodjela dobiti koje proizlaze iz upotrebe genetskih izvora.

Obveze zemalja članica: izrada strategije i akcijskog plana te izrada izvješća o poduzetim mjerama.

Republika Hrvatska

Punopravna stranka: od 1997. godine

Zakonski i pravni akti:

- *Zakon o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti* (NN MU 6/96)
- *Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine* (NN 72/2017)
- *Šesto nacionalno izvješće Republike Hrvatske (Sixth National Report of the Republic of Croatia to the Convention on Biological Diversity)* (2019).

raznolikosti na način koji dugoročno neće uzrokovati smanjenje biološke raznolikosti te koji ne ugrožava potrebe sadašnjih i budućih generacija“.

Glavne sastavnice bioraznolikosti mogu se objasniti na slijedećim primjerima zaštićenih dijelova bioraznolikosti Republike Hrvatske:

- (1) Raznolikost ekosustava - npr. nacionalni parkovi: Sjeverni Velebit, Kornati, Kopački rit
- (2) Raznolikost vrsta - npr. endemi: velebitska degenija (*Degenia velebitica*), hrvatska perunika (*Iris croatica*), hrvatski klinčić (*Dianthus croaticus*) itd.
- (3) Unutarvrstna raznolikost - npr. tradicijski kultivari (sorte) maslina: oblica, dužica, murgulja.

Podijeljena su mišljenja o tome treba li definicija bioraznolikosti uključivati i komponentu koja je rezultat čovjekova djelovanja. Dio biologa smatra bioraznolikost varijacijama u prirodi, pri čemu isključuju ekosustave nastale djelovanjem čovjeka. Drugi, pak, smatraju čovjeka dijelom priode pa tako i dijelom bioraznolikosti, uključujući i kulturnu raznolikost ljudskih populacija i njihovu interakciju sa staništem i drugim vrstama. S obzirom da je „prirodnost“ ekosustava danas vrlo teško procijeniti, jer je utjecaj čovjeka toliko sveprisutan i raznolik, mnogi biolozi čine kompromis između potpunog isključenja ili uključivanja ljudskih aktivnosti u definiciju bioraznolikosti te prepoznaju raznolikost i sastav vrsta te ekologiju poljoprivrednih ekosustava kao dio bioraznolikosti.

2.1 Razine organizacije bioraznolikosti

Bioraznolikost, odnosno život na Zemlji, može se podijeliti na više kategorija odnosno razina **ekološke hijerarhije** ili **ekološke organizacije** (Slika 2.1). Osnovne razine ekološke organizacije su: jedinka, populacija, životna zajednica, ekosustav, biom i biosfera. Bioraznolikost možemo proučavati na svakoj razini ekološke organizacije. Dok se genetička raznolikost, raznolikost organizama, populacijska raznolikost i raznolikost vrsta odnose na raznolikost samih organizama; raznolikost zajednica, ekosustava i krajobrazna raznolikost odnose se i na funkcionalne međuodnose između tih organizama, kao i njihovog okoliša.

Genetička raznolikost je temelj svih ostalih razina raznolikosti organizama. Genetička raznolikost predstavlja bilo koju varijaciju u sekvenci nukleotida (A, T, G, C) DNA molekule. Može se promatrati unutar određenih gena (nasljednih uputa DNA za određeno svojstvo) ili izvan gena. Razlike između varijacija DNA sekvenci (tzv. alela) mogu se koristiti za procjenu raznolikosti između jedinki iste populacije, različitih populacija ili različitih vrsta. Osim različitih kombinacija gena, vrste se također mogu razlikovati po broju, obliku i kompoziciji kromosoma na kojima su geni (tzv. kariologija).

Jedinka je organizam određene vrste; predstavlja najnižu razinu ekološke hijerarhije. **Raznolikost organizama**, osim genetičke raznolikosti, obuhvaća varijacije u fenotipskim osobinama jedinki (anatomskim, morfološkim, fiziološkim, biokemijskim, osobinama ponašanja i sl.). Fenotipske osobine predstavljaju ekspresiju gena i važnu mjeru adaptacije organizama na okoliš. Fenotipska raznolikost organizama također se može koristiti za procjenu raznolikosti na razini populacije, različitih populacija ili različitih vrsta. Iako su analize fenotipskih osobina obično manje precizne mjere raznolikosti organizama od genetičkih, one mogu biti korisnije za dobivanje informacije o povezanosti između raznolikosti organizama i njihovog okoliša.

Populacija je skupina jedinki iste vrste koje žive na određenom području u određenom vremenu. **Raznolikost populacija** odnosi se prvenstveno na varijaciju u kvantitativnim (broj prisutnih jedinki) i prostornim (geografski opseg odn. prostorna raspodjela) osobinama populacija. To su ključni elementi za procjenu ukupne veličine populacije te efektivne veličine populacije (engl. *effective population size*) - broja jedinki koje stvarno sudjeluju u stvaranju iduće generacije, a koje predstavljaju mjeru potencijalne genetičke raznolikosti unutar populacije, s obzirom da veće populacije obično imaju veći genski skup (engl. *gene pool*) (vidi poglavlje 6). Viša razina genetičke raznolikosti obično predstavlja veći potencijal za evoluciju novih kombinacija gena, a time i veći kapacitet za adaptaciju na okolišne promjene. Populacija je temeljna jedinica u populacijskoj biologiji i populacijskoj genetici – disciplini koja se bavi promjenama alelnih učestalosti u populaciji nastalih djelovanjem evolucijskih sila.

Vrsta je osnovna jedinica biološke klasifikacije (vidi potpoglavlje 3.1). Vrstu čini više populacija (rijetko samo jedna) koje su geografski manje ili više odvojene i koje dijele određene zajedničke karakteristike, različite od populacija druge vrste. **Raznolikost vrsta** odnosi se na varijaciju u broju i taksonomskoj raznolikosti te filogenetskoj (ili evolucijskoj) povezanosti vrsta na nekom području. Raznolikost vrsta je najčešće korištena mjera ukupne bioraznolikosti.

Biocenoza ili **životna zajednica** je skup populacija jedinki različitih vrsta (biljaka, životinja, gljiva i mikroorganizama) koje žive na određenom području u određenom vremenu. One su u međusobnoj interakciji pri čemu sudjeluju u prijenosu energije između članova zajednice. Možemo razlikovati biljnu zajednicu (fitocenozu) i životinjsku zajednicu (zoocenozu). **Raznolikost životnih zajednica** ovisi o prirodnim resursima koji omogućuju život u njima prisutnim populacijama i vrstama. Najprecizniji način mjerenja raznolikosti zajednice je utvrđivanje broja međusobnih veza u hranidbenoj mreži između populacija i vrsta unutar zajednice. No, s obzirom da u praksi može biti teško kvantificirati interakcije između organizama različitih populacija i vrsta koje dijele stanište, najjednostavnije je procijeniti raznolikost zajednice procjenom broja prisutnih populacija i vrsta. Također, raznolikost zajednice može se procijeniti kroz taksonomsku i evolucijsku raznolikost vrsta. Klasifikacija životnih zajednica najčešće se temelji na vanjskim obilježjima staništa na kojem se ta zajednica nalazi, poput npr. zajednica stijena. Češće se klasifikacija bazira na dominantnim vrstama npr. zajednica mediteranske šikare. Danski botaničar C. Raunkiaer razvio je sustav klasifikacije biljaka

na temelju pet osnovnih životnih oblika, koji predstavlja korisnu mjeru raznolikosti zajednice.

Ekosustav (ekološki sustav) je sustav koji se sastoji od životnih zajednica (biocenoza) i njihovog neživog okoliša (stanište; biotop). Stoga ekosustav čine *abiotička* (neživa) sastavnica koja obuhvaća okolišne čimbenike kao što su: sunčeva svjetlost, temperatura, atmosferski plinovi, voda i tlo; te *biotička* sastavnica koju čine živi organizmi, a uključuje i funkcionalne međuodnose između tih organizama. Organizmi se mogu svrstati u tri grupe: proizvođači - organizmi koji sami stvaraju organsku tvar; potrošači - organizmi koji se hrane drugim organizmima (potrošači prvog reda – biljojedi te potrošači drugog reda – mesojedi) i razlagači - organizmi koji razlažu organske tvari.

Raznolikost ekosustava predstavlja raznolikost bioloških jedinica i njihovih ekoloških međuodnosa (predatorstvo ili parazitizam između vrsta, kompeticija za dostupne prirodne resurse), te tipova fizičkih resursa dostupnih u određenom staništu i načinu na koji ih organizmi koriste (funkcionalna raznolikost). Raznolikost ekosustava često se opisuje kroz složenost hranidbenih mreža (trofičke odnose odn. cikluse energije), koja nam govori o sveukupnoj složenosti i ekološkoj stabilnosti ekosustava. S obzirom da nije jednostavno kvantificirati raznolikost ekoloških međuodnosa unutar ekosustava, često se kao mjera procjene sveukupne raznolikosti ekosustava koristi broj prisutnih populacija i vrsta te taksonomska raznolikost vrsta. Ekosustavi se mogu klasificirati i s obzirom na dominantan tip staništa, npr. ekosustav slane močvare ili ekosustav suhih travnjaka.

Pojam vezan uz ekosustav je **stanište (biotop)** - područje na kojem živi određeni organizam ili životna zajednica, karakterizirano određenim okolišnim uvjetima. Stanište je jedinstvena funkcionalna jedinica ekološkog sustava određena zemljopisnim i abiotičkim svojstvima. Sva staništa istog tipa čine jedan stanišni tip. Pojam koji se često upotrebljava vezano uz stanište je **nalazište (lokalitet)**, a ono označava područje u zemljopisnom smislu na kojem je rasprostranjen određeni organizam.

Krajobraz (engl. *landscape*) je širok pojam, a prema općoj definiciji obuhvaća “mozaik heterogenih reljefnih oblika, različitih tipova vegetacije odnosno staništa te načina upotrebe zemljišta”. Dakle, skupovi različitih ekosustava sačinjavaju krajobraz na Zemlji. Red veličine krajobraza varira od oko 100 km² (npr. veličina nacionalnog parka) pa do preko 1 milijuna km² (veličina velike fiziografske regije kao što je sliv rijeke). Prema službenoj definiciji, „krajobraz je područje, doživljeno od strane ljudi, čiji je karakter rezultat akcije i interakcije prirodnih i ljudskih faktora“. U širem smislu, krajobraz nije samo dio okoliša, već je cjelovita prostorna pojava sa subjektivnim i objektivnim atributima koja se mijenja s obzirom na promjene čovjekovih aktivnosti u prostoru.

Razine ekološke organizacije

Razine organizacije biološke raznolikosti



Slika 2.1.

Organizacija biološke raznolikosti u odnosu na razine ekološke organizacije.

Raznolikost krajobraza obuhvaća varijacije s obzirom na različite krajobrazne tipove i različite ekosustave (kopnene, slatkovodne i morske) koje obuhvaća(ju) ovisno o varijacijama okolišnih uvjeta i vrstama koje taj okoliš podržava. Krajobrazi su značajno utjecani aktivnošću prisutnih vrsta. Aktivnost modernog čovjeka je jedan od najvažnijih čimbenika koji su utjecali na izgled krajobraza u posljednjih nekoliko tisuća godina, a posebice posljednjih stoljeća i desetljeća.

U kontekstu bioraznolikosti, raznolikost krajobraza se često opisuje kroz krajobrazni okvir sastavljen od ekoregija i bioregija. **Ekoregije** su geografska područja definirana ekološkim čimbenicima ekosustava od kojih se sastoje, od kojih su najvažniji klima, geologija (npr. nadmorska visina) i prevladavajuća vegetacija, a koji podržavaju određene skupine vrsta i životnih zajednica. Ekoregije mogu biti relativno manje (npr. ekoregija mediteranske šume na Kreti površine oko 8000 km²), ili mogu prekrivati čitave krajobraze (primjerice, istočnosibirski tajga, koja se prostire na gotovo 4 milijuna km²). Trend mapiranja bioraznolikosti kroz ekoregije postoji još od 1980-ih. Ekoregije su široko prihvaćene kao važne jedinice na kojima se temelji očuvanje prirode s obzirom da veličina njihove geografske površine omogućava razvoj regionalnih programa očuvanja temeljenih na grupiranju ekosustava u područja sa zajedničkim okolišnim uvjetima. Identificirano je više ekoregija s visokim brojem vrsta ili endema, jedinstvenim ili rijetkim staništima ili nekom drugom posebnom ekološkom ili evolucijskom karakteristikom. Upravljanje ekoregijama uglavnom uključuje i lokalne autohtone zajednice ljudi s obzirom da one koriste prirodne resurse.

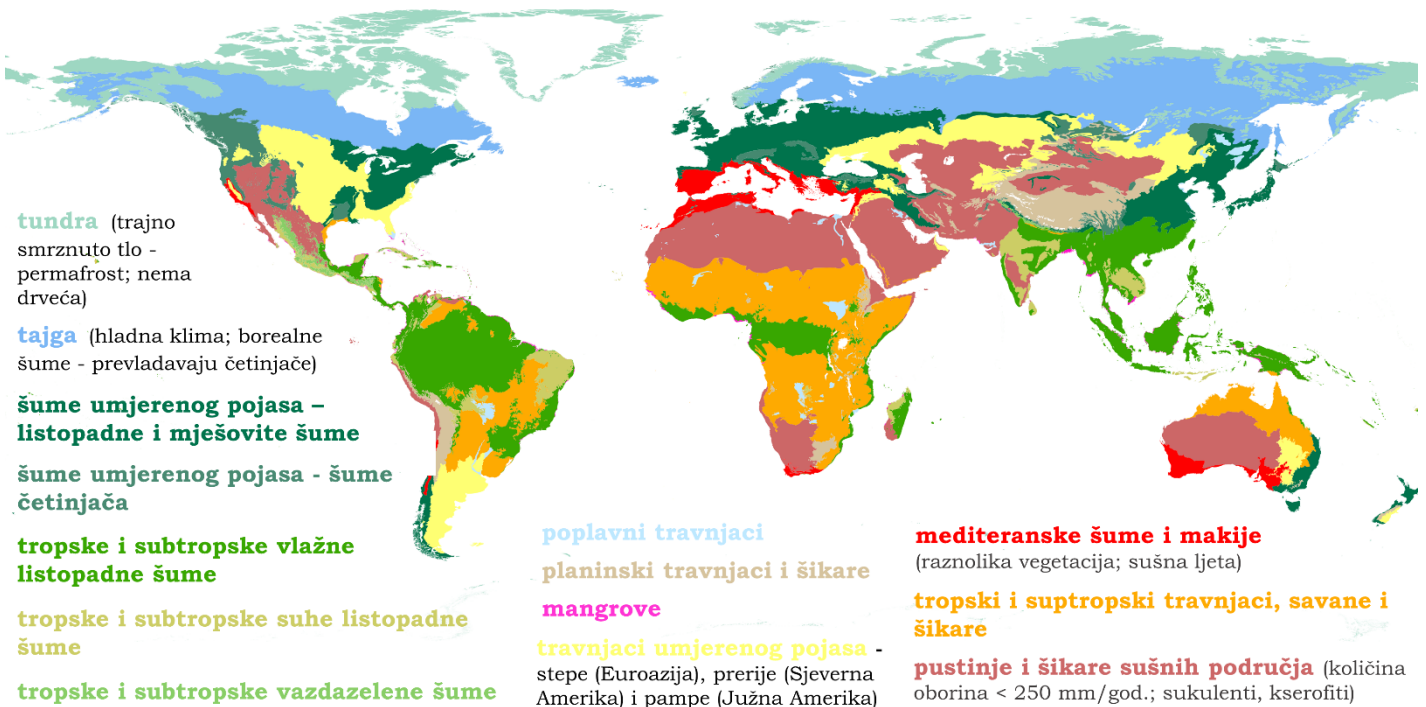
Biogeografske regije ili **bioregije** su geografska područja koje se sastoje od više ekoregija (građevne jedinice bioregija), na način da kopnene ekoregije uključuju i pripadajuće slatkovodne i morske ekoregije u jedinstvenu cjelinu. Promatranje povezanih ekoregija kao cjelinu jedna je od prednosti bioregija iz perspektive očuvanja, a one su uvedene jer su kopnene ekoregije često premale i prebrojne za planiranje zaštite prirode na razini države ili većih područja. Bioregije se, pak, mogu u nekom smislu smatrati „državama prirode“, a po svojoj veličini odgovaraju površini država - prosječno oko 800 000 km², u rasponu od 100 000 km² pa do 4 milijuna km² (izuzev malih otočnih država ili Sibira koji ima 3 podpodručja, ali se smatra jednom velikom bioregijom). Pojedine bioregije nalaze se unutar jednog tipa bioma (vidi dalje), a definirane su presijecanjem područja bioma s većim geološkim strukturama, kao što su primjerice planinski lanci, velike ravnice, slivovi; ili prema standardnim klimatološkim zonama. Europu pokriva devet bioregija (alpska, kontinentalna, mediteranska, panonska, borealna, atlantska, crnomorska, stepska i makaronezijska). Granice bioregija omogućuju praćenje trendova očuvanja vrsta i staništa u sličnim uvjetima diljem Europe bez obzira na državne granice. Područje Republike Hrvatske obuhvaća tri bioregije: alpinska, mediteranska i kontinentalna.

Biom 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 različitih kontinenata (**Slika 2.2**). S obzirom na klimatske uvjete (prosječnu

godišnju temperaturu i prosječnu godišnju količinu oborina) razlikujemo 14 glavnih kopnenih bioma s karakterističnom vegetacijom, od čega je 6 šumskih.

Biogeografska carstva su najšira podjela zemljine površine na 14 područja unutar kojih skupine organizama dijele zajedničku evolucijsku povijest, a koje se u određenoj mjeri poklapaju s kontinentima, dodatno podijeljenima prema klimatskim zonama: subarktička Amerika, Sjeverna Amerika, Središnja Amerika, Južna Amerika, subarktička Euroazija (= Paleartik - hladni i umjereni pojas Europe, Sjeverne Afrike i Azije), Zapadna Euroazija, Centralna Euroazija, Istočna Euroazija, Južna Euroazija, Afrotropik (subsharska Afrika), Indomalajsko područje, Australazija, Oceanija i Antarktika. Nova biogeografska podjela površine Zemlje nazvana **Bioregije 2020** (*Bioregions 2020*), dijeli 14 glavnih biogeografskih carstava na 185 bioregija na temelju velikih geoloških struktura, a bioregije se dalje dijele na 846 ekoregija. **Biogeografska raznolikost** odnosi se na povezanost evolucijske povijesti živih organizama neke regije (i pripadajuće raznolikosti vrsta) s geološkom i geografskom poviješću. Rasprostranjenost svih vrsta po cijelom planetu rezultat je kompleksnih procesa širenja ili smanjenja areala pojedinih vrsta, uvjetovanih geološkim i klimatskim promjenama, što je dovelo i do nestanka starih i nastanka novih vrsta tijekom evolucije. Ove procese koji su doveli do biogeografske raznolikosti proučava **biogeografija**, koja se bavi prostornom i vremenskom distribucijom organizama po kontinentima (obično vrsta ili viših taksonomskih skupina) kroz zemljinu povijest; te sam proces rasprostranjivanja ili širenja organizama (obično jedinki ili populacija).

Slika 2.2. Osnovni biomi svijeta.



Biosfera 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

Osim organizacijske dimenzije bioraznolikosti od razine jedinke, preko ekosustava i krajobraza do biogeografskih carstava, postoji i prostorna dimenzija raspodjele bioraznolikosti - na različitim prostornim razinama (od lokalne, preko regionalne, nacionalne i globalne). Raspodjela bioraznolikosti u prostoru pod utjecajem je klime, geologije i fiziografije.

Uvidom u raspodjelu bioraznolikosti na Zemlji, uočava se kako bioraznolikost nije jednolično raspoređena po Zemljinoj površini već postoje određeni prostorni gradijenti bioraznolikosti. Najuočljiviji gradijent je onaj na globalnoj razini - povećanje bogatstva vrsta od viših geografskih širina prema nižima tj. od polova prema ekvatoru. Sličan obrazac vidljiv je i kod viših taksonomskih kategorija (rodovi, porodice). Slično tomu, postoji gradijent bioraznolikosti s nadmorskom visinom te generalno nalazimo manje vrsta na višim nadmorskim visinama.

Bioraznolikost (vrsta, ekosustava, krajobraza) se često uspoređuje između različitih područja, primjerice prilikom određivanja prioritarnog područja za očuvanje. Kod planiranja mreža zaštićenih područja, procjene gubitka vrsta ili proučavanja procesa koji održavaju raznolikost vrsta, važno je spoznati organizaciju bioraznolikosti u prostoru. Također, u nekom značajnom području uzima se informacija o početnom stanju i provodi praćenje kroz vrijeme (engl. *monitoring*) kako bi se uočile promjene u stanju bioraznolikosti.

Budući da je teško mjeriti sve komponente bioraznolikosti nekog područja, koriste se mjere procjene sveukupne bioraznolikosti koje su reprezentativne i praktične 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). Usporedba bogatstva vrsta u odnosu na površinu uzorkovanog područja jedna je od važnijih metoda za kvantifikaciju prostorne raspodjele bioraznolikosti s obzirom da veći broj vrsta često odražava i veću genetičku raznolikost, raznolikost organizama i ekosustava. Povezanost broja vrsta i površine područja opisuju različiti tzv. SAR modeli (engl. *species-area relationship*), čime se dobiva krivulja (obično logaritamska) koja pokazuje broj vrsta naspram površine. Tako bogatstvo flore nekog područja ovisi o odnosu broja vrsta i površine područja. Hrvatska ima najveće bogatstvo flore po jedinici površine na uzorku od 40 europskih zemalja. Obično se uzorkovanjem

većeg područja pronađe i veći broj vrsta, međutim, odnos broja vrsta i površine područja može jako ovisiti o tome uzorkujemo li maleno područje ili čitav ekosustav ili krajobraz. Na temelju praćenja odnosa između broja vrsta i površine područja vidljivo je kako smanjenje staništa zbog ljudske aktivnosti, primjerice fragmentacija (cijepanje) staništa u izolirana smanjena područja, uzrokuje i smanjenu bioraznolikost ovih staništa.

S ekološkog gledišta, faktori koje treba usporediti uz bogatstvo vrsta su i ujednačenost vrsta i njihova gustoća. Ujednačenost vrsta (engl. *evenness*) odn. ujednačenost s kojom su vrste zastupljene na nekom području, označava se još i kao E-vrijednost te izražava numerički. Primjerice, ekosustav s jednoličnijom raspodjelom vrsta (većom E-vrijednosti) je raznolikiji od ekosustava u kojem neke vrste dominiraju, a većina ostalih je prisutna s tek nekoliko jedinki. Gustoća vrsta (engl. *abundance of species*), odn. broj jedinki (katkad pokrov, biomasa i sl.) neke vrste/ha, daje mjeru bogatstva vrsta i ujednačenosti. Za izražavanje stupnja bioraznolikosti često se koriste i indeksi raznolikosti kao što su Shannon-Wiener-ov (Shannon-ov) indeks raznolikosti ili Simpsonov indeks. Shannon-ov index kombinira mjere ujednačenosti i bogatstva, a ne ovisi toliko o dominantnim vrstama, dok je Simpsonov indeks ustvari indeks sličnosti (veća vrijednost označava nižu raznolikost). Za mjerenje promjene u sastavu vrsta između određenih prostornih jedinica (tzv. beta-raznolikost, vidi dalje) često se koristi Sørensen-ov index sličnosti.

No, treba imati na umu da je sam broj i raspored biljnih vrsta na nekom području prilično grub pokazatelj važnosti nekog područja za očuvanje. Kao prvo, bogatstvo vrsta pojednostavljuje raznolikost jer ne uzima u obzir moguću varijaciju u taksonomskoj ili filogenetskoj raznolikosti prisutnih vrsta.

Taksonomska raznolikost uzima u obzir ne samo ukupan broj vrsta već i njihovu međusobnu povezanost na višim taksonomskim kategorijama, kao što je broj vrsta koji pripada istom rodu ili porodici. Primjerice, neko područje može imati dvostruki broj vrsta u odnosu na drugo područje i tako biti raznolikije prema bogatstvu vrsta. No, to drugo područje može imati veću taksonomsku raznolikost, jer ima predstavnike više različitih taksonomskih skupina, što znači da je genetički i ekološki raznolikije. Međutim, taksonomska raznolikost vrednuje sve različite svojte kao da su jednako međusobno udaljene, ne uzimajući u obzir činjenicu da različite vrste imaju različitu evolucijsku povijest. Tako se zajednice s istim stupnjem taksonomske raznolikosti mogu poprilično razlikovati s obzirom na njihovu evolucijsku povijest i vrijeme odvajanja od zajedničkog pretka.

Filogenetska (evolucijska) raznolikost, s druge strane, odražava evolucijske odnose i razlike između vrsta/svojti s obzirom na vrijeme odvajanja od zajedničkog pretka te govori o genetičkoj povezanosti između vrsta, kao i filogenetski očuvanim ekološkim i fenotipskim razlikama između vrsta. Zajednice s većom filogenetskom raznolikošću obično su otpornije i produktivnije s obzirom da posjeduju evolucijski potencijal prilagodbe na promjene okolišnih uvjeta. Stoga se sve više prepoznaje ključna uloga filogenetske dimenzije raznolikosti za razumijevanje strukture i funkcije sastava vrsta.

Ako moramo birati da li sačuvati vrstu koja nema niti jednog živućeg bliskog srodnika, poput npr. rijetke pustinjske biljke roda *Welwitschia* ili vrstu koja ima mnogo bliskih srodnika npr. vrstu roda *Carex* (šas), vjerojatno će prioritet za očuvanje biti posljednja poznata staništa taksonomski udaljene vrste jer bi njihovo nestajanje predstavljalo mnogo veći gubitak s obzirom na njihovu evolucijsku povijest i genetičku raznolikost. Zato se kod donošenja odluke o očuvanju u obzir uzima i filogenetska povezanost, tako da se identificiraju područja koja će osigurati očuvanje evolucijskog potencijala filogenetski različite vrste. Također, s obzirom da je očuvanje genetičke raznolikosti čest cilj konzervacijske biologije, poželjno je uključiti neku od mjera genetičke raznolikosti u vrednovanje staništa za očuvanje. Iako zajednica u kojoj su vrste međusobno srodnije ima nižu filogenetsku raznolikost, neka područja u kojima je nastalo mnogo bliskosrodnih vrsta mogu biti zanimljiva i važna zbog pružanja uvida u uvjete koji su doveli do tako visoke stope *specijacije* (engl. *speciation*; nastanak novih vrsta). Nadalje, neke regije nisu toliko bogate vrstama, ali su mjesta nastanka bazalnih predstavnika nekih skupina vrsta, koji su važni jer nam govore o načinu na koje su nastala određena svojstva u grupi. Primjerice, Madagaskar je stanište mnogim bazalnim („najprimitivnijim“) predstavnicima nekih taksonomskih skupina, stoga ima posebnu vrijednost za raznolikost vrsta s obzirom na njihovu filogenetsku ili evolucijsku povijest.

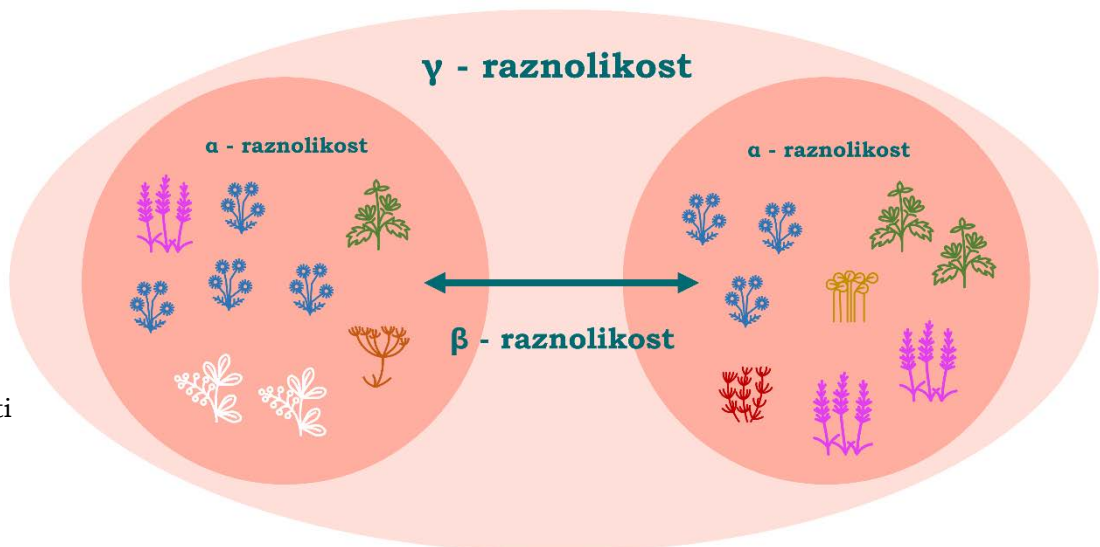
Filogenetska raznolikost se može izraziti kvantitativno bilo kroz topologiju filogenetskih stabala ili kladograma, kroz genetičku različitost ili koristeći oboje, a ponajviše se oslanja na molekularne podatke.

Funkcionalna raznolikost predstavlja raznolikost u funkcionalnim svojstvima vrsta, tj. svojstvima organizama koja utječu na funkciju ekosustava. To uključuje interakcije vrsta s njihovim neživim okolišem, njihove strategije adaptacije kao što su različiti načini upotrebe resursa (hrana, voda i prostor) te različiti oblici rasta i različite ekološke funkcije. Primjerice, funkcionalna raznolikost biljaka ovisi o svojstvima kao što su visina biljke, površina lista, sukulentnost, vrijeme cvatnje, trajnost i sl. Funkcionalna raznolikost je komponenta bioraznolikosti koja ima veću ekološku važnost nego taksonomska raznolikost s obzirom da utječe na dinamiku ekosustava, otpornost, produktivnost, ravnotežu nutrijenata kao i različite ekološke funkcije (koje utječu na usluge ekosustava). Zajednice s potpuno različitim sastavom vrsta mogu se jako malo razlikovati u funkcionalnim svojstvima, s obzirom da nesrodne vrste u njima mogu imati slične uloge u ekosustavu. Iako povećano bogatstvo vrsta ne osigurava nužno i veću ekološku otpornost, ovisno o funkcionalnoj raznolikosti vrsta, povećanjem broja i taksonomske raznolikosti vrsta obično se povećava i funkcionalna kompleksnost ekosustava, zbog čega se smatra da su veći ekosustavi otporniji na okolišne promjene. U ekosustavu s malim brojem vrsta, gubitak samo jedne vrste već može utjecati na većinu preostalih vrsta u ekosustavu, te postoji mogućnost da on više neće pravilno funkcionirati što može dovesti i do kolapsa ekosustava. Veća filogenetska raznolikost obično označava i veću raznolikost funkcionalnih oblika organizama u zajednici, što omogućava veću stabilnost zajednice.

Istraživanja bioraznolikosti su desetljećima bila usmjerena na taksonomsku dimenziju raznolikosti, i to specifično na bogatstvo vrsta. No, taksonomski pristup ne obuhvaća adekvatno druge dimenzije raznolikosti, stoga trendovi u procjeni bioraznolikosti posljednja dva desetljeća nastoje simultano istraživati taksonomsku, funkcionalnu i filogenetsku dimenziju. Doprinos ove tri dimenzije funkciji ekosustava je različit, a funkcionalna raznolikost ima veći utjecaj nego taksonomska raznolikost.

Praktični pristup koji se koristi za opisivanje raspodjele bioraznolikosti u prostoru, kao što je krajobraz ili veća heterogena regija je sustav tzv. alfa (α), beta (β) i gama (γ) raznolikosti (Slika 2.3), koji je osmislio Whittaker 1972. godine, a primjenjuje se za opisivanje različitih gore navedenih dimenzija bioraznolikosti (taksonomske, filogenetske i funkcionalne).

Alfa (α) - raznolikost odnosi se na raznolikost unutar pojedine zajednice ili ekosustava nekog područja (ili raznolikost neke druge manje, definirane prostorne jedinice). Primjerice, često se koristi broj vrsta u ekosustavu, kao mjera bogatstva vrsta područja. S obzirom da različiti ekosustavi sadrže različite vrste i zajednice, možemo uspoređivati različitost ili stupanj promjene vrsta između različitih zajednica odn. ekosustava. Ovu usporedbu raznolikosti između područja nazivamo **β - raznolikost**. je mjera ukupne raznolikosti krajobraza ili nekog većeg područja koje obuhvaća više ekosustava, pa po tome predstavlja proširenu inačicu α -raznolikosti. Podaci o alfa (lokalnoj), beta (između zajednica), i gama (regionalnoj) raznolikosti su ključni za planiranje očuvanja bioraznolikosti te očuvanja funkcije i stabilnosti ekosustava. Prilikom donošenja odluke o očuvanju nekog područja potrebno je uzeti u obzir sve razine prostorne raznolikosti, posebice α - i β - raznolikost. Primjerice, program koji uključuje stvaranje čistina unutar šumskog područja može povećati β - raznolikost regije stvaranjem dodatnih šumskih rubnih područja koje naseljava veći broj vrsta nego u



Slika 2.3. Prikaz sustava alfa (α), beta (β) i gama (γ) raznolikosti za opisivanje prostorne raspodjele raznolikosti područja.

neposjećenju šumi. Međutim neke od vrsta koje nastanjuju isključivo unutrašnjost šume neće opstati u tom području, čime će doći do smanjenja α - raznolikosti tog izmijenjenog područja.

Nadalje, sam broj i raspored vrsta na nekom području bez informacije o **autohtonosti** prisutnih vrsta i o tome u kojim staništima se te vrste prirodno nalaze, može navesti na pogrešne zaključke o vrijednosti nekog područja. Npr. netko bi mogao zaključiti na temelju njihovog relativnog bogatstva vrsta, da su suburbani vrtovi velikih gradova (npr. Velike Britanije) ili oceanski otoci masovno nastanjeni stranim vrstama, prioritetna mjesta za očuvanje. Generalno, prirodniji tipovi staništa su od većeg interesa za očuvanje od izmijenjenih staništa. Primjerice, obično su prirodne šume bogate biljnim vrstama ograničenog areala, dok su šume koje su pod intenzivnim utjecajem čovjekove djelatnosti obično staništa vrstama šireg rasprostranjenja. Međutim, postoje i iznimke od ovog pravila, kao što su sekundarna staništa važna za očuvanje, primjerice poluprirodni travnjaci u dijelovima Europe te čak neki tipovi kultiviranih područja koji sadrže rijetke korovne vrste.

Primjeri posebno važne autohtone flore su **endemi** (engl. *endemic species*) – vrste koje su *endemične* za određeno područje, odn. nalazimo ih samo u jednom području svijeta te se često koriste kao mjera bioraznolikosti regije (vidi potpoglavlje 3.2).

Različita staništa razlikuju se po broju i autohtonosti odnosno jedinstvenosti vrsta koje sadrže i nalaze se pod različitim razinama pritisaka i stupnjevima ugroženosti (za kategorije ugroženosti vrsta vidi potpoglavlje 3.3). S obzirom da su u većini svijeta praktični i ekonomski resursi za očuvanje bioraznolikosti vrlo ograničeni, potrebno je odrediti prioritete za očuvanje bioraznolikosti. Neke vrste i staništa smatraju se posebno vrijednima za očuvanje. Obično se u obzir uzima raznolikost ili posebnost čitavog ekosustava, a ne samo individualnih vrsta te se uspoređuje bioraznolikost različitih područja i donose odluke o prioritetima za očuvanje.

S obzirom na navedeno, možemo identificirati područja od posebnog značaja za očuvanje biljnih vrsta, na temelju nekih od slijedećih indikatora:

- **kriterij vrste:** područja iznimno bogata autohtonim vrstama; visokog stupnja bioraznolikosti tzv. vruće točke bioraznolikosti; područja endemičnih i/ili ugroženih vrsta; područja bitna za evoluciju (centri aktivne specijacije) ili prisutnost filogenetski bazalnih članova nekih grupa; prisutnost vrsta s ključnom ulogom u ekosustavima; prisutnost vrsta indikatora tipova staništa od posebnog značaja za očuvanje (npr. upotreba indikatorskih vrsta kod identifikacije starih šuma u UK);
- **kriterij staništa:** rijetka staništa; staništa važna za pružanje usluga ekosustava ili izvor važnih sirovina; staništa koja se teško oporavljaju; staništa bogata važnim biljnim genetskim izvorima; važna kulturna područja i slično.

Osim toga, neka ugrožena područja nisu dovoljno istražena, ali se smatraju potencijalno važnima za očuvanje (npr. dijelovi brazilske Amazone), pa se nastoji usmjeriti

istraživanja bioraznolikosti prema takvim područjima. Unatoč velikim naporima botaničara, status očuvanja mnogih vrsta je i dalje nepoznat, što se posebno odnosi na tropska i subtropska područja. Najviše aktivnosti zaštite okoliša usmjereno je upravo na tropsko područje, gdje su ekosustavi kompleksniji po broju i taksonomskoj raznolikosti vrsta te stoga biološki bogatiji u usporedbi s ekosustavima umjerene klime. Idealno, globalni cilj je očuvati bioraznolikost svih bioma.

Jedan od pristupa utvrđivanja područja od posebne važnosti za raznolikost na svjetskoj razini jest utvrđivanje **botanički važnih područja** ili tzv. **IPA područja** (engl. *Important Plant Areas*). Ona predstavljaju najvažnija područja za raznolikost divljih biljnih vrsta (i gljiva) i njihovih staništa na svijetu. Iako svaka zemlja odabire IPA područja u skladu s nacionalnim kriterijima selekcije, postoje određeni generalni kriteriji koji omogućuju usporedbu između zemalja, a to je zadovoljavanje jednog ili više od tri uvjeta:

- (1) prisutnost ugrožene vrste (sadrže populaciju jedne ili više vrsta od globalnog ili regionalnog značaja)
- (2) botaničko bogatstvo (prisutnost posebno bogate flore u regionalnom kontekstu, uključujući društveno, ekonomski i kulturno značajne biljke) i
- (3) ugrožena staništa tj. prisutnost vrijednih/značajnih staništa ili tipa vegetacije važnog za očuvanje na regionalnoj ili globalnoj razini.

Koncept IPA područja ima za cilj potaknuti međunarodnu zajednicu na određivanje primarnih područja za zaštitu biljnih vrsta, na način da svaka zemlja odredi i zaštititi botanički važna područja te donese nacionalni plan očuvanja divljih vrsta biljaka i gljiva, na razini primjenjivoj za planiranje i praktično upravljanje na terenu. IPA područja nisu službeno zaštićena područja, pa je potreban niz različitih zakonskih alata za njihovu zaštitu. Koncept promovira i podupire *Plantlife International* od svog osnutka 1989. godine te održava otvorenu bazu podataka sa slobodnim pristupom o svim IPA područjima. Valorizacijom cijelog teritorija Republike Hrvatske na temelju definiranih kriterija, utvrđena su 94 područja važna za floru, koja ukupno pokrivaju oko 17% kopnenog teritorija.

2.3 Zaštita prirode

Do 1960-ih godina znanstvenici su spoznali da bioraznolikost populacija, vrsta i ekosustava ubrzano nestaje zbog negativnog utjecaja ljudske aktivnosti. Kao odgovor na zabrinutost zbog gubitka bioraznolikosti razvila se disciplina konzervacijska biologija (engl. *conservation biology*), koja integrira znanje prirodnih i društvenih znanosti u cilju očuvanja bioraznolikosti. Disciplina se ubrzano razvila 1990-ih, a istraživanja bioraznolikosti postala su središnja tema u genetici, taksonomiji, biogeografiji, ekologiji, antropologiji, socioekonomiji te u upravljanju prirodnim resursima. Proučavanje i zaštita

bioraznolikosti također su postali bitan dio globalne politike. Glavne aktivnosti konzervacijske biologije na regionalnoj i globalnoj razini su:

- procjena i inventarizacija bioraznolikosti,
- vrednovanje prijetnji bioraznolikosti,
- procjena važnosti bioraznolikosti za ljude,
- sprečavanje gubitka bioraznolikosti i
- strategije očuvanja preostale bioraznolikosti.

Očuvanje biljnih vrsta ili zajednica može se provoditi na razini zaštite pojedinih vrsta, zaštite pojedinačnih staništa npr. šumskih rezervata ili farmi, ili na razini čitavih krajobraza.

Program očuvanja pojedinih vrsta koje imaju malu ekonomsku vrijednost ostvariv je uglavnom u dobrostojećim državama s jakom tradicijom očuvanja prirodne baštine. Primjer takvog programa je očuvanje planinskih vrba (rod *Salix*) u Škotskoj. S obzirom da (biljne) vrste ne mogu preživjeti bez staništa, jedan od naglasaka CBD-a je da primarni okvir za očuvanje treba biti **pristup temeljen na ekosustavu** (engl. *ecosystem approach*). Takav pristup zasniva se na holističkom pristupu očuvanju koji sagledava 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. Ovaj pristup uključuje rezultate znanstvenih istraživanja, kao i znanje i suradnju s lokalnim stanovništvom, što je prednost ovog pristupa u odnosu na tradicionalni pristup u kojem se lokalno stanovništvo percipira kao problem u očuvanju prirode. 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. Primjerice, jedno istraživanje na području Amazone u Peruu pokazalo je da lokalno stanovništvo za svoje održavanje koristi prosječno oko 94% drvenastih vrsta u čak 6 različitih tipova šume (neke za hranu i drvo, druge za medicinske biljke) od kojih su najvažnije poplavne šume. Ekstrapolirajući zaključke na cijelo područje Amazone, zaključeno je da održavanje kulturne autonomije zahtijeva da ljudi s područja Amazone imaju pristup svim tipovima šume.

Zaštićena područja su jedan od najkorisnijih načina za zaštitu bioraznolikosti biljnih vrsta. Kada su mreže zaštićenih područja dovoljno velike, povezane, dobro upravljane i raspoređene kroz raznolika staništa, one održavaju populacije ugroženih vrsta i ekosustava. Većina zemalja diljem svijeta ima proglašena zaštićena područja u brojnim kategorijama za koje se koristi čak 1388 različitih termina. U namjeri ujednačavanja te kako bi se potaknula usporedba između zemalja, organizacija IUCN (vidi dalje) je uvela međunarodni sustav klasifikacije zaštićenih područja, u kojem su ona podijeljena u kategorije I-IV. Zaštićeno područje je po definiciji IUCN-a područje koje kao glavni cilj ima očuvanje bioraznolikosti i povezanih kulturnih resursa.

Prepoznajući važnost zaštićenih područja za zaštitu prirode i usluga ekosustava, CBD-om je postavljen cilj zaštite 30% kopnene površine i slatkovodnih ekosustava do 2030. godine. Neki znanstvenici podupiru zaštitu čak 50% kopnene površine kako bi se održale funkcije ekosustava potrebne za opstanak ljudi te je razvijena strategija *Nature Needs Half* (NNH). Ova strategija pokriva četiri prostorna cilja konzervacijske biologije: (1) zastupljenost svih prirodnih tipova ekosustava i stadija sukcesije diljem njihovog prirodnog područja; (2) održavanje vijabilnih populacija svih autohtonih vrsta u prirodnim obrascima gustoće i distribucije; (3) održavanje ekoloških i evolucijskih procesa; i (4) opažanje promjena u okolišu. Predloženi su alati i načini za zaštitu 50% zemljine površine do 2050. g. kroz pažljivo balansiran pristup temeljen na ekoregijama koji istovremeno promiče prehranjivanje i održavanje modernog ljudskog društva. Paralelno sa sve većom urbanizacijom, nužan je i trend prema sve učinkovitijoj upotrebi zemlje i resursa uz redukciju degradacije okoliša.

Zaštita prirode provodi se na razini vlada, nevladinih organizacija i ostalih skupina korištenjem različitih mehanizama. Zakonska zaštita počiva na globalnim aktima kao što su *Konvencija o biološkoj raznolikosti* (1992), *Konvencija o trgovanju ugroženim vrstama* (1973), *The Endangered Species Act* (1973) itd. Privatne nevladine organizacije provode brojne aktivnosti u cilju očuvanja i zaštite biljnih vrsta, poput *The Wildlife Conservation Union*, *Conservation International*, *World Wildlife Fund*, *The Nature Conservancy* itd.

Glavni globalni autoritet za status prirode i mjere njezina očuvanja je Međunarodna unija za očuvanje prirode - IUCN (*International Union for Conservation of Nature*). Osnovana je 1948. godine, a danas u njezino članstvo ulazi preko 1400 organizacija (vladinih i nevladinih) i 18 000 stručnjaka iz 160 zemalja. Članovi iz Republike Hrvatske su: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (unutar kojeg je Zavod za zaštitu okoliša i prirode), Hrvatsko biološko društvo, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Hrvatsko herpetološko društvo te Udruga BIOM. Glavni ciljevi IUCN-a su poticati očuvanje bioraznolikosti zaštitom vrsta i područja kroz uspostavljanje standarda očuvanja, kao što su definicije kategorija zaštićenih područja i stupnja ugroženosti vrsta. IUCN radi na širokom spektru tema vezanih uz pitanja ekologije i očuvanja prirode i okoliša, kao što su upotreba prirodnih resursa na ekološki održiv način, upravljanje ekosustavima, očuvanje šuma, voda, mora, klimatske promjene, rješenja temeljena na prirodi, pravo zaštite okoliša i donošenje globalnih politika.

Zaštita prirode u Republici Hrvatskoj, regulirana je Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19), temeljnim zakonskim propisom na području zaštite prirode.

PRIRODA je definirana ovim Zakonom kao sveukupna bioraznolikost, krajobrazna raznolikost i georaznolikost. Također, priroda i dijelovi prirode od interesa su za Republiku Hrvatsku i uživaju njezinu osobitu zaštitu.

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, spomenik parkovne arhitekture

(2) zaštićene vrste: u kategoriji strogo zaštićena divlja vrsta

(3) zaštićeni minerali i fosili (dio su georaznolikosti)

ZAŠTIĆENO PODRUČJE je geografski jasno određen prostor koji je namijenjen zaštititi prirode i kojim se upravlja radi dugoročnog očuvanja prirode i pratećih usluga ekološkog sustava.

Temeljem navedenog Zakona u Republici Hrvatskoj ukupno je zaštićeno 409 područja na ukupno 817 383,34 ha što čini 9,3 % ukupnog teritorija Republike Hrvatske. Ova područja spadaju unutar devet kategorija zaštite (**Slika 2.4**): strogi rezervat (2), nacionalni park (8), posebni rezervat (79), park prirode (12), regionalni park (2), spomenik prirode (79), značajni krajobraz (81), park-šuma (27) te spomenik parkovne arhitekture (120). Ove nacionalne kategorije uglavnom odgovaraju jednoj od međunarodno priznatih IUCN-ovih kategorija zaštićenih područja. U Republici Hrvatskoj postoje dva stroga rezervata: Hajdučki i Rožanski kukovi te Bijele i Samarske stijene. U Republici Hrvatskoj postoji 8 nacionalnih parkova (npr. Sjeverni Velebit).

STROGI REZERVAT je područje kopna i/ili mora s neizmijenjenom ili neznatno izmijenjenom sveukupnom prirodom, namijenjen isključivo očuvanju izvorne prirode, znanstvenim istraživanjima, te praćenju stanja prirode. U strogom rezervatu zabranjene su gospodarske i druge djelatnosti.

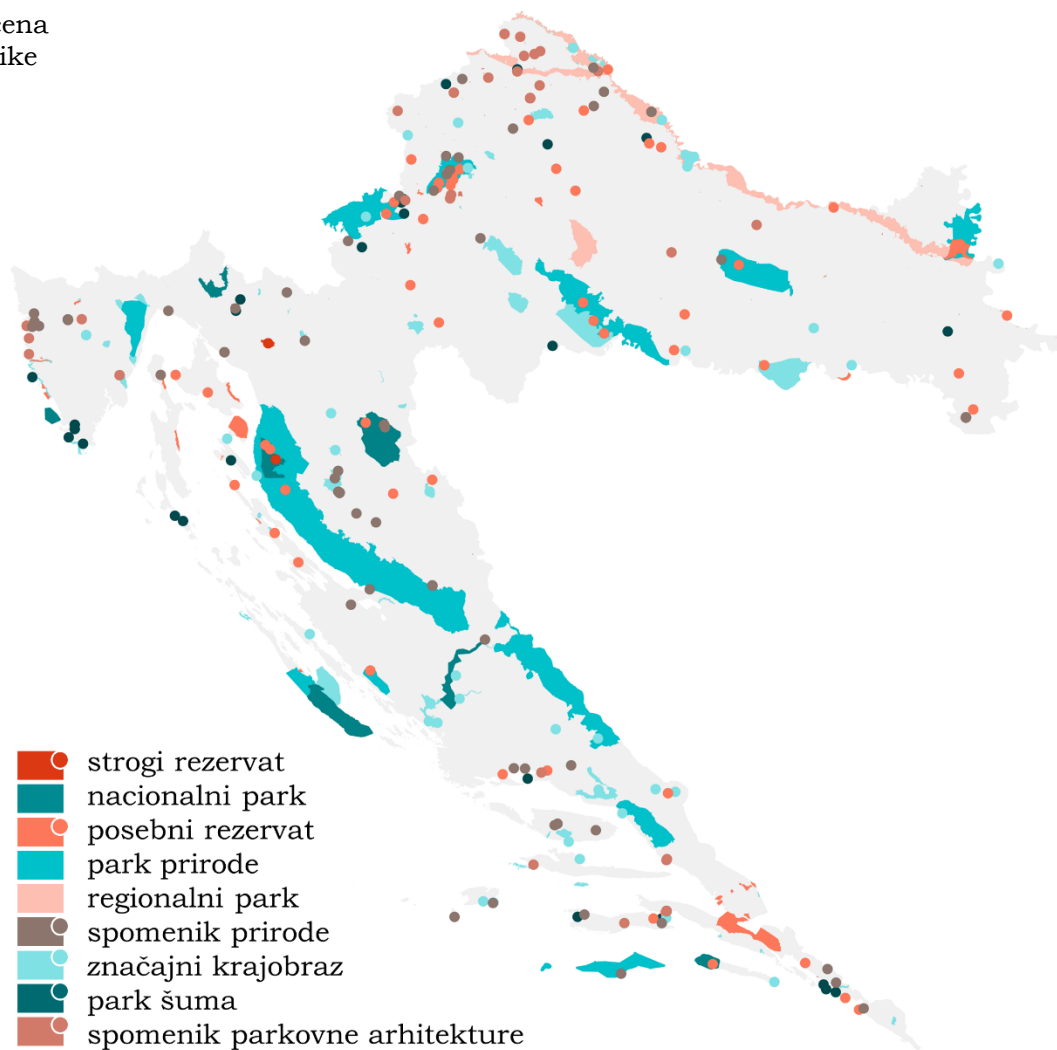
NACIONALNI PARK je prostrano, pretežno neizmijenjeno područje kopna i/ili mora iznimnih i višestrukih prirodnih vrijednosti. U nacionalnom parku je zabranjena gospodarska uporaba prirodnih dobara, dok je dopušteno obavljanje ugostiteljsko-turističkih i rekreacijskih djelatnosti, kao i bavljenje poljoprivredom,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

Posebni rezervat može biti: floristički, mikološki, zoološki (ornitološki, ihtiološki i dr.), zatim 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 ornitološki, 9 botaničkih, po 2 zoološka, ihtiološka i ihtiološko-ornitološka rezervata u moru te po 1 paleontološki, geografsko-botanički i botaničko-zoološki rezervat. Primjer botaničkog

rezervata je rezervat “Visibaba” na Velebitu s najvećim nalazištem endemične (pod)vrste hrvatske sibireje (*Sibiraea altaiensis* ssp. *croatica*).

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

Slika 2.4. Zaštićena područja Republike Hrvatske.



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

PARK PRIRODE je prostrano 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.

Navedena zaštićena područja ukupno zauzimaju 880 600 ha, od čega kopnenih 817 383 ha, što znači da se kroz zaštićena područja štiti 12,22 % kopnenog državnog teritorija odn. 9,3 % ukupnog teritorija Republike Hrvatske.

Dodatno, proglašena je **Ekološka mreža** Republike Hrvatske koja obuhvaća 36,73 % kopnenog teritorija i predstavlja područja ekološke mreže Europske unije, **Natura 2000**, čiji je glavni opći cilj održati ili vratiti povoljan status očuvanosti određenih vrsta i prirodnih stanišnih tipova u njihovom prirodnom području rasprostranjenosti. Mreža Natura 2000 ima posebne režime upravljanja.

Biportal je web portal informacijskog sustava zaštite prirode koji sadrži i GIS preglednik te osigurava javni pristup potiče znanstveno-stručna istraživanja te pridonosi edukaciji šire javnosti o prirodnom bogatstvu Hrvatske i važnosti očuvanja bioraznolikosti. Informacijski sustav zaštite prirode čini skup baza podataka o bioraznolikosti, georaznolikosti i krajobraznoj raznolikosti te zaštiti prirode u RH koji vodi Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja RH.

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*) se često smatra osnovnom jedinicom bioraznolikosti. Vrste je lakše identificirati i kategorizirati nego ekosustave, a lakše je i utvrditi njihovu brojnost na određenom području u usporedbi s analizom genetske raznolikosti. Stoga je brojnost različitih vrsta najjednostavniji i najupotrebljiviji indikator stanja i/ili gubitka bioraznolikosti, pa se često kako globalna bioraznolikost tako i bioraznolikost određenog područja često izražava brojem vrsta. Do sada je znanstveno opisano oko 2,1 milijuna vrsta, 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 nam govore da je tijekom prošlosti bilo barem pet razdoblja masovnih izumiranja tijekom kojih je velik broj vrsta nestao, nakon čega je uslijedila evolucijska **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*) je evolucijski proces pri kojem dolazi do različitih lokalnih prilagodbi populacija iste vrste te dovodi do nastanka novih vrsta odnosno specijacije (engl. *speciation*)

Do danas je opisano preko 380 000 biljnih vrsta, dok se procjene stvarnog broja kreću oko 500 000. Prema nekim procjenama smatra se da je više od 13 % svjetske flore ugroženo te velikom broju vrsta prijete izumiranja. Sprečavanje izumiranja vrsta je prioritet u očuvanju, jer biljne vrste koje jednom izgubimo zauvijek su izgubljene, a to obično dovodi i do gubitka drugih vrsta zbog izravne ovisnosti nekih organizama o samo jednoj ili nekoliko biljnih vrsta. 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 način se 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 vrste.

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

Prema morfološkom konceptu vrsta je populacija ili skupina populacija koje se od drugih populacija razlikuju u dovoljnom broju morfoloških svojstava. Morfološki koncept je najstariji i iako se smatra djelomice zastarjelim, još uvijek se široko koristi jer je najjednostavniji za opažanje i primjenu. Pritom je problem postojanje kriptičnih vrsta (engl. *cryptic species*), taksonomski različitih vrsta koje je teško razlikovati na fenotipskoj razini.

Prema biološkom konceptu vrsta je skupina prirodnih populacija koje se mogu međusobno razmnožavati i tvoriti plodno potomstvo, a reproduktivno su izolirane od ostalih skupina te u prirodi zauzimaju specifičnu nišu. Za razliku od životinja, kod biljaka je nešto teže postaviti jasne granice biološke vrste, s obzirom da jedinke koje pripadaju različitim vrstama, pa čak i različitim rodovima, mogu međusobno križati.

Prema filogenetskom konceptu vrsta je skupina organizama koja ima zajedničkog pretka, razlikuje se od ostalih sličnih skupina.

Ovi koncepti nisu sasvim podudarni, te su njihove prednosti i mane predmet debata. 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 svojstava, a te se razlike ne mogu pripisati unutarvrstnoj raznolikosti, te se skupne 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 tehnike za analizu njihove raznolikosti, često dolazi do promjena u klasifikaciji čime su i procjene 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**.

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*) znanstvena disciplina koja se bavi opisom, identifikacijom, klasifikacijom i nomenklaturom organizama.

Nomenklatura ili imenovanje organizama podrazumijeva pridavanje znanstvenih imena organizmima i provodi se prema pravilima binomne nomenklature, 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.

SVOJTA (takson, engl. *taxon*) označava bilo koju klasifikacijsku jedinicu u sustavu odnosno skupinu jedinki bilo koje taksonomske kategorije (npr. porodica Poaceae; rod *Triticum*; vrsta *Triticum aestivum* L.; podvrsta *Triticum aestivum* ssp. *spelta*).

Razvitkom tehnika molekularne genetike kao i biometričkih metoda koje se u molekularnoj filogeniji 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** je prikazano sedam glavnih taksonomskih kategorija kojima pripadaju vrste kao što su mah tresetar (*Sphagnum palustre*), ljekovita slezenica (*Asplenium caterach*), obična smreka (*Picea abies*), pšenica (*Triticum aestivum*) i maslina (*Olea europaea*). Uz sedam 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 našoj Planeti, 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), (3) golosjemenjače unutar sjemenjača (Spermatophyta / Gymnospermae), te (4) jednostupnice (Monocotyledonae) i (5) dvosupnice (Dicotyledonae) unutar kritosjemenjača (Angiospermae) koje kao i golosjemenjače pripadaju sjemenjačama (Spermatophyta).

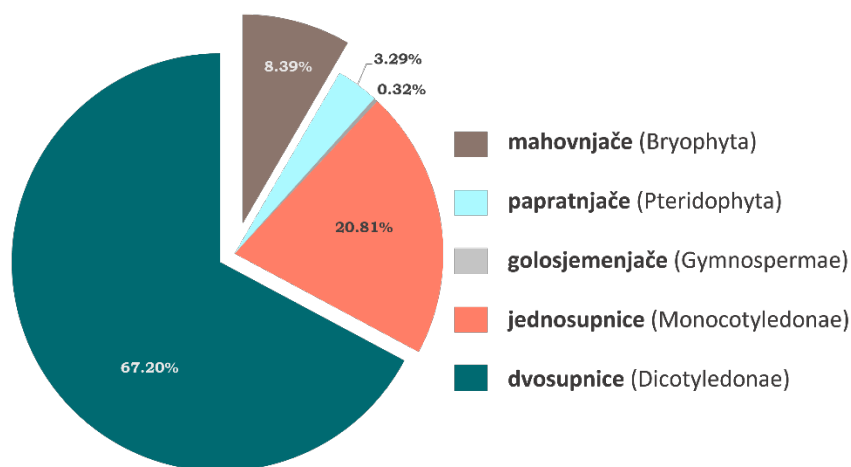


Slika 3.1. Taksonomska pripadnost pet karakterističnih biljnih vrsta [mah tresetar (*Sphagnum palustre*), ljekovita slezenica (*Asplenium ceterach*), obična smreka (*Picea abies*), pšenica (*Triticum aestivum*) i maslina (*Olea europaea*)] na temelju sedam klasičnih taksonomskih kategorija i tri neformalne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

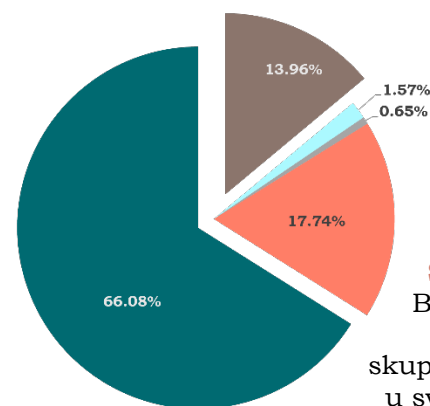
Najpouzdaniji i najopsežniji izvor podataka o biljnim vrstama koji uključuje prihvaćeni znanstveni naziv vrste, njezin opis i rasprostranjenost je mrežni portal WFO (engl. *World Flora Online*; <http://www.worldfloraonline.org/>). Ukupan broj opisanih biljnih vrsta na Zemlji je preko 380 000, a procjenjuje se da ih je do 500 000. Na temelju broja vrsta po pojedinim skupinama mahovnjače (Bryophyta) čine oko 8,3 % vrsta, papratnjače (Pteridophyta) 3,3 %, golosjemenjače (Spermatophyta / Gymnospermae) 0,33 %, jednosupnice (Spermatophyta / Angiospermae / Monocotyledonae) 20,80 %, a dvosupnice (Spermatophyta / Angiospermae / Dicotyledonae) 67,19 % (**Slika 3.2A**).

Podaci o flori Republike Hrvatske dostupni su na mrežnoj stranici *Flora Croatica Database* (FCD; <https://hirc.botanic.hr/fcd/>) koju je utemeljio i ažurira prof. dr. sc. Toni Nikolić sa Sveučilišta u Zagrebu, Prirodoslovnog-matematičnog 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 upotreba i mjerama zaštite pojedinih vrsta uz opsežnu bibliografiju. Hrvatsku floru čini ukupno 4463 biljnih vrsta, a podjela po pojedinim skupinama je prikazana na **Slici 3.2B**.

(A) Svijet



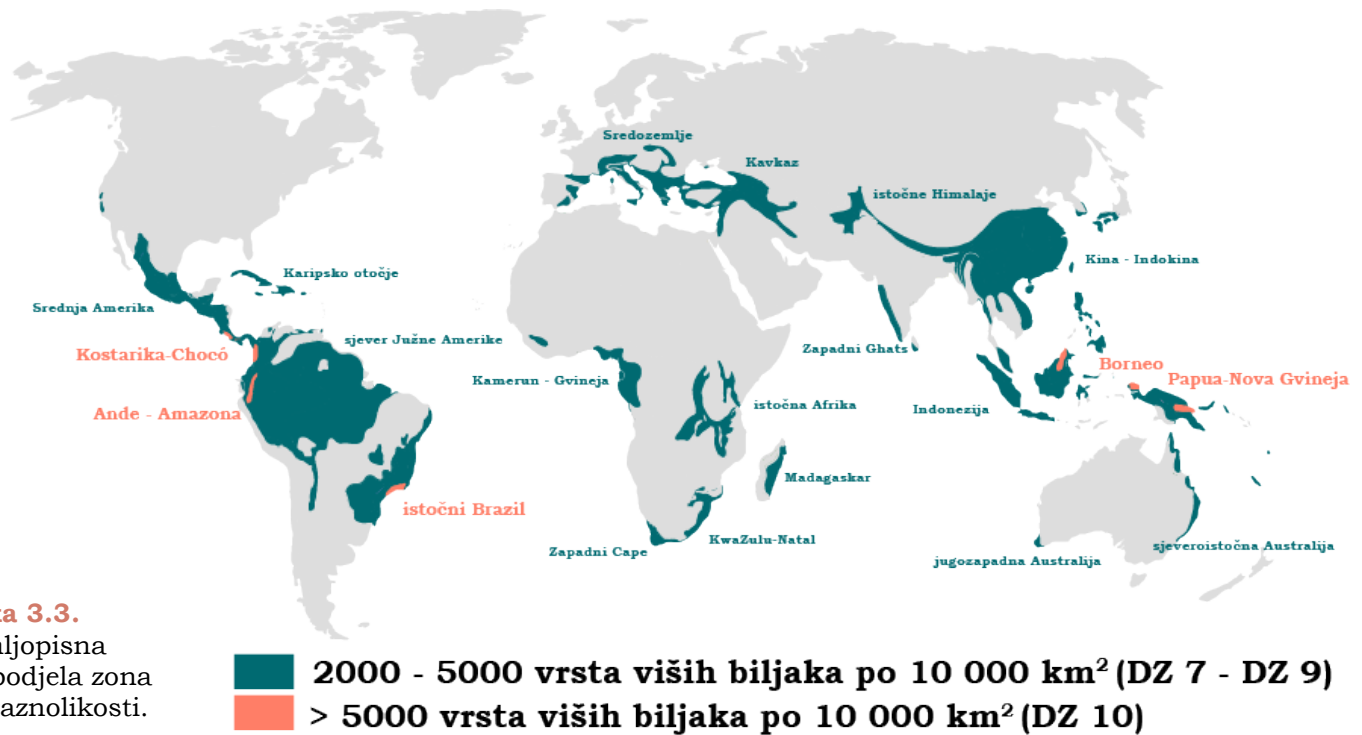
(B) Hrvatska



Slika 3.2. Broj biljnih vrsta po skupinama (A) u svijetu i (B) u Hrvatskoj.

Bogatstvo se flore određenog područja može kvantificirati brojem vrsta viših biljaka na 10 000 km². 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 km², u drugoj (DZ 2) su one s 20 do 200 vrsta, dok su najbogatije florom 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, a na karti (Slika 3.3) su prikazana i sva područja koja imaju od 2000 do 5000 vrsta (DZ 7 - DZ 9) kojem 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 km² (površina Španjolske), pustinja Namib na jugozapadu Afrike, zbog izrazite georaznolikosti i oceanskog utjecaja, zanimljiv je izuzetak, s procijenjenih



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.

4500 do 7000 biljnih vrsta na području od 50 000 km² od kojih 35 do 50% pripadaju endemičnim vrstama.

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 je svakako 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) kao i devete (Kavkaz, Kina-Indokina, Borneo) 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 *Garganicae* (*Campanula* ser. *Garganicae*) koja se sastoji gotovo isključivo od endemičnih vrsta otkrivenih u Italiji (*C. reatina*, *C. 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*), Sjevernoj Makedoniji (*C. debarensis*) i Grčkoj (*C. cephallica*, *C. acarnanica*).

Godine 2009. profesor Sandro Bogdanović, botaničar sa Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, otkrio je na sjevernoj strani otoka Visa u blizini sela Oključina 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. Sjeme navedenih vrsta analizirano je i pretražnom elektronskom mikroskopijom (engl. *scanning electron microscopy*; SEM) pri čemu su utvrđene znatne razlike u mikromorfologiji sjemene ljuske.

U svrhu provedbe filogenetske analize sekvenirani su ulomci unutrašnje transkribirajuće razmaknice (engl. *Internal transcribed spacer*; ITS) kao i ulomak *trnL-trnF* koji se nalazi unutar Taberletove regije kloroplastne DNA. Navedene 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 *trnL* i *trnF*. Sekvence gena su pritom vrlo konzervirane, te 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 varijabilnosti između različitih svojti. Sekvenirani su ulomci 34 svojte, uključujući zvončice 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 zakorijenjivanje filogenetskog stabla, izabrana je vrsta *Trachelium caeruleum*.

Filogenetska analiza je provedena koristeći uobičajene metode izrade filogenetskog stabla kao što su metoda maksimalne štedljivosti (engl. *maximum parsimony methods*), 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 vrsta *C. debarensis* iz Sjeverne Makedonije joj je bila najsirodnija.



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

U znanstvenom radu objavljenom u časopisu *Phytotaxa* profesor Sandro Bogdanović dao je iscrpan morfološki opis vrste uključujući i ključ za razlikovanje hrvatskih svojiti 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) koji 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 je otkrio 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*; <https://powo.science.kew.org/>), IPNI (*International Plant Names Index*; <https://www.ipni.org/>) i WCVF (*The World Checklist of Vascular Plants*; <https://wcvf.science.kew.org/>)

3.2 Endemizam

Kao što je već rečeno bogatstvo se flore određenog područja može kvantificirati brojem vrsta viših biljaka na 10 000 km². Međutim, biljne se vrste međusobno mogu znatno razlikovati s obzirom na veličinu **areala**. Vrste koje imaju znatno ograničenu rasprostranjenost nazivamo **endemima** (engl. *endemic species*). S obzirom da su endemične vrste specifične samo za jednu regiju, obično su od posebnog interesa za zaštitu. Nasuprot endemima su kozmopoliti (engl. *cosmopolitan species*) – vrste široke rasprostranjenosti.

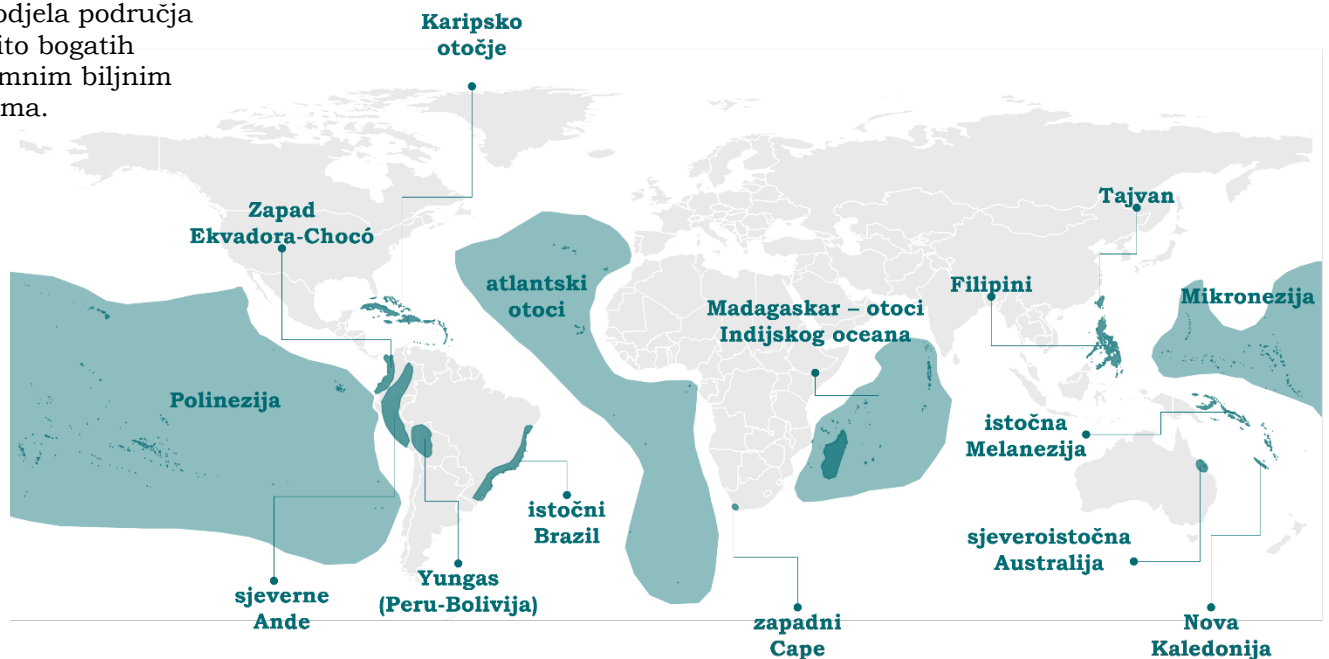
AREAL (engl. *distribution range*) je područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne vrste.

ENDEM (engl. *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*), su vulkansko otočje koje se nalazi preko 3 000 km od najbližeg kontinenta. Objе regije imaju sličnu površinu (oko 16 000 km²), a Tiringija ima nešto veći broj autohtonih biljnih vrsta (1570) od Havaja (1140). Međutim, u Tiringiji ne nalazimo niti 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 km². U tu je svrhu svijet bio podijeljen na 90 biozemljopisnih regija od kojih je 14 bilo 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 kojima je 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 1210 km istočno od obale australskog kontinent, za koju je endemno bogatstvo procijenjeno na ER = 1350. Slično bogatstvo nalazimo na pacifičkim (Polinezija i Mikroenzija; ER = 680) i atlantskim otocima (ER = 650). Od 14 regija najbogatiji 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 je u otočnim regijama 9.5 puta veće od onog u kontinentalnim regijama: 172.3 u otočnim naprama 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 tipova 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

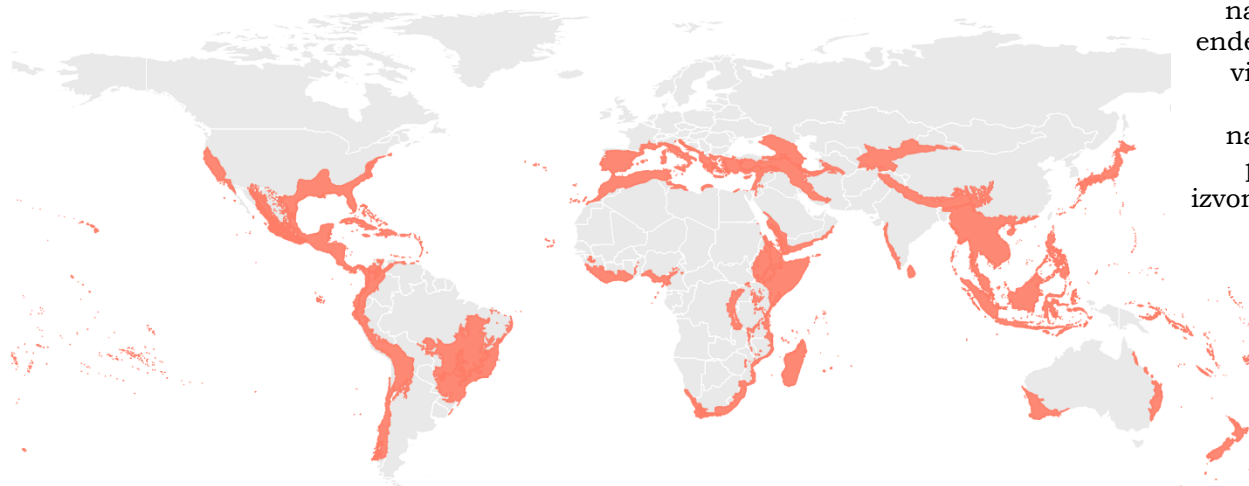
Slika 3.5. Zemljopisna raspodjela područja izrazito bogatih endemnim biljnim vrstama.



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 koji 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).

U svrhu uspostave međunarodno priznatih prioriteta u očuvanju bioraznolikosti na našoj Planeti 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. Vrućom se točkom bioraznolikosti stoga smatra ona regija u kojoj možemo naći najmanje 1500 endemičnih vrsta viših biljaka, a izgubila je najmanje 70 % površine svog izvornog staništa. Navedne 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 km² ili 15.9% kopnene površine Zemlje. Više od 85% površine staništa svih vrućih točaka dosad je uništeno tako da netaknuta izvorna staništa danas iznose samo 3.4 milijuna km² ili tek 2.3% kopnene površine Zemlje. S druge strane, u vrućim točkama nalazimo preko 152 000 endemičnih vrsta viših biljaka što čini

Slika 3.6. Vruće točke bioraznolikosti definirane kao regije u kojoj možemo naći najmanje 1500 endemičnih vrsta viših biljaka, a izgubile su najmanje 70 % površine svog izvornog staništa.



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

preko 50% ukupnih endema na svijetu. U tim regijama obitava čak 22 939 vrsta kopnenih kralježnjaka što čini 77% ukupnog broja vrsta u svijetu od kojih 10 600 nalazimo samo u jednoj vrućoj točki. Vegetacija navedenih regija je u opasnosti 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 subtropskom kao i u umjerenom području.

Jedna od vrućih točaka bioraznolikosti je 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/nm na zapadu (gorje Atlas, Maroko) i 3756 m/nm na istoku (Taurusko gorje, Turska). Nadzorom, analizom i očuvanjem vrućih točaka bioraznolikosti bavi se niz međunarodnih organizacija za očuvanje prirode kao što su Conservation International (Arlington, SAD), Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF, Arlington, SAD) i Svjetska organizacija za zaštitu prirode (engl. *World Wide Fund for Nature*; WWF, Gland, Švicarska).

Definiranje endema ovisi o zemljopisnom području i dobiva smisao tek kada se navede na koje se područje odnosi. Iako istraživanje bogatstva nacionalne flore nameće definiranje endema na temelju političkih granica, areal nekih endema često prelazi nacionalne granice. 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 su klasificirani u tri okvirno definirane skupine: stenoendemi (svojta vrlo ograničenog areala), endemi (veći areal od stenoendema) te subendemi (veći areal od endema), a definirani su područjem rasprostranjenja:

(A) stenoendem: svojta ograničena na maleno područje isključivo unutar granica Hrvatske; ukupna rasprostranjenost rijetko prelazi 4000 km². Primjeri: Velebitska degenija (*Degenia velebitica*, Brassicaceae), rasprostranjena samo na Velebitu i Maloj Kapeli; istarski kukurijek (*Helleborus multifidus* ssp. *istriacus*, Ranunculaceae) – stenoendem Istre.

(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 km². Primjeri: hrvatska gušarka (*Cardaminopsis croatica*, Brassicaceae) i hrvatski klinčić (*Dianthus giganteus* ssp. *croaticus*, Caryophyllaceae) – rasprostranjenost: Hrvatska, Bosna i Hercegovina.

(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 km² te se ponekad tretiraju i kao balkanski stenoendemi. Primjeri: krški kukurijek (*Helleborus multifidus*, Ranunculaceae) – rasprostranjenost: Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Srbija; hrvatska perunika (*Iris croatica*, Iridaceae) – rasprostranjenost: Hrvatska, Slovenija.

U Republici Hrvatskoj ukupno su zabilježene 394 endemične svojte (vrste i podvrste), što je 7,5 % ukupnog broja biljnih vrsta, a trenutno postoji i 29 dvojbenih endema. S obzirom na taksonomsku kategoriju, broj endemičnih vrsta je 283, a podvrsta 111. Broj endema i subendema je 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, Čićarija); Kvarnerski otoci, Velebit, Biokovo te pučinski otoci. Kao stenoendemima izrazito bogata područja ističu se: Kvarnersko i Šibensko otočje, otoci južnog Jadrana (osobiti pučinski), Kozjak, Mosor, Biokovo, Velebit, područje Konavala. Endemima u širem smislu ističu se: Učka, Gorski kotar, Kapela, Lička Plješivica, Plitvička jezera, Dinara, Kamešnica te Žumberačko i Samoborsko gorje. Visoka učestalost endema karakteristična je za čitav dinarski masiv.

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/nm. Najprije 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*.

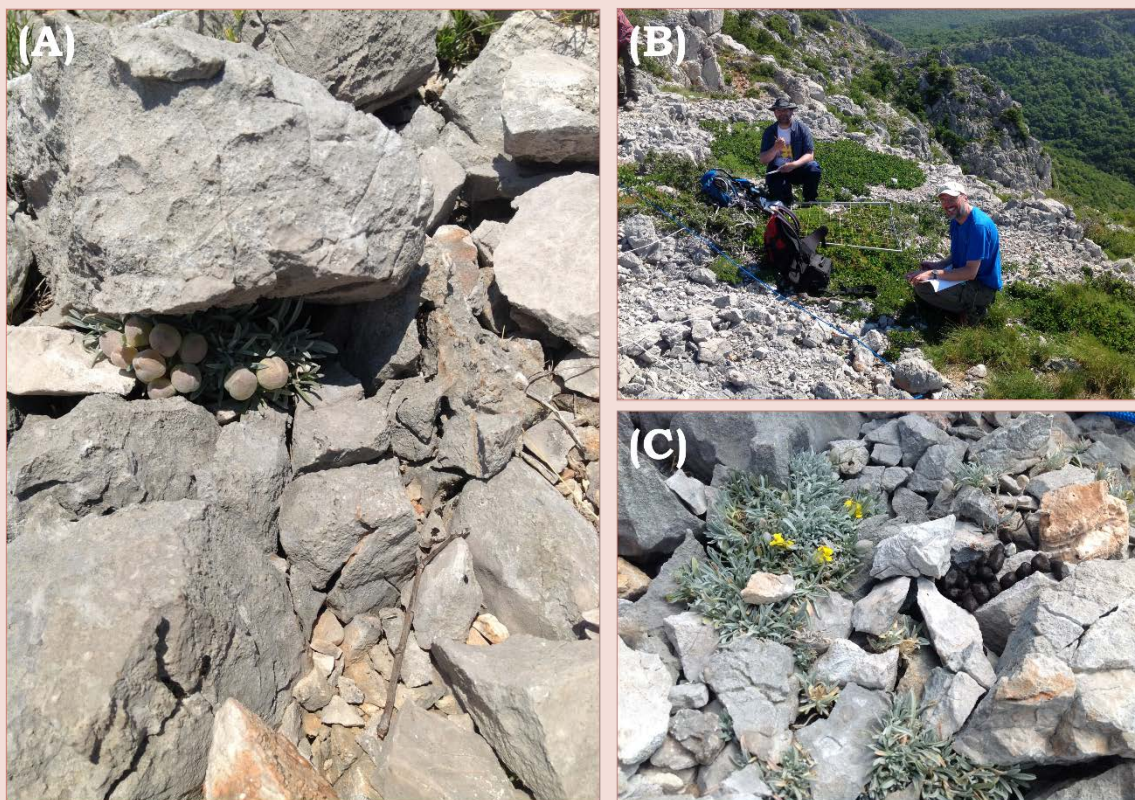
Velebitska je degenija jedna od najpoznatijih stenoendema hrvatske flore i njezini su žuti cvjetovi jedni od dobro znanih simbola Republike Hrvatske. Nešto je manje poznat izgled njenih plodova – okruglastih, nadutih komuščica srebrnastosive boje (**Slika 3.7A**). Tipično joj je stanište točilo, rastresita 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 degenija je 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.

Znanstveno istraživanje započeto 2015. godine imalo je za cilj utvrditi rasprostranjenost, procijeniti brojnost i analizirati genetsku raznolikost i strukturu populacija velebitske degenije. Potvrđena su tri nalazišta velebitske degenije: 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 po prvi put uočio i opisao novootkrivenu biljnu vrstu (lat. *locus classicus*) nije pronađena niti 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 u svrhu ekstrakcije DNA i provedbu genetske analize provedene pomoću biljega AFLP (polimorfizam dužine umnoženih ulomaka; engl. *Amplified Fragment Length Polymorphism*).

Slika 3.7. Velebitska degenija (*Degenia velebitica*) na nalazištu Tomišina draga: **(A)** plod (kumušica), **(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.



Procijenjeno je da je ukupna površina pojavljivanja velebitske degenije 48 560 m², 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 Šugarkoj 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/nm i nalazi se relativno blizu naseljenog mjesta te je stoga vidljiv antropogeni utjecaj (**Slika 3.7C**).

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

Br.	Podlokalitet	Nadmorska visina (m/nm)	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	1 770	6 240	5,33
P3	Krivi kuk	1260 – 1279	860	3 750	4,36
P4	Krug	1241 – 1289	1.800	2 916	1,62
P5	Pavanovka	1297 – 1313	130	231	1,77

n – broj analiziranih biljaka; N_{pr} – broj jedinstvenih biljega (engl. *private bands*); I – Shannonov informacijski indeks (engl. *Shannon information index*; mjerilo raznolikosti populacija); R_{popst} – koeficijent rijetkosti (engl. *rarity index*; pozitivna vrijednost ukazuje na to da populacija svojim rijetkim biljezima doprinosi sveopćoj raznolikosti vrste)

Jedno od mogućih objašnjenja je 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 su ostaci 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) evidentno preživjele razdoblje glacijacije, te nakon zatopljenja u holocenu našle odgovarajuću ekološku nišu i uspješno se razmnožile. No, bez obzira na brojnost, genetska je analiza pokazala visoku srodnost jadinki navedenih populacija koja je vjerojatno uzrokovana ograničenim brojem predaka koji su preživjeli ledeno doba. Ta se pojava naziva učinkom osnivača (engl. *founder effect*).

Razlozi za zabrinutost u svezi budućnosti naše najpoznatije endemične biljke su višestruki 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 sukcesije prema zajednici uskolisne šašike (*Sesleria juncifolia*). To je najvjerojatniji razlog nestanka velebitske degenija 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 su genetski znatno raznolikije populacije Šugarske dulibe (P3, P4 i P5) znatno manje.

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 faktoru koji omogućava opstanak ljudske civilizacije. Glavni uzrok gubitka vrsta diljem svijeta je izmjena, gubitak ili fragmentacija njihovog staništa. Smatra se da je to uzrok opadanja brojnosti populacija te posljedično izumiranja za oko 75 % svih ugroženih vrsta. Glavni razlozi za to su upotreba zemljišta za intenzivnu poljoprivredu, sječa šuma, urbanizacija te vađenje sirovina i isušivanje močvara. Ostali važni uzroci gubitaka vrsta su neposredno uništavanje, branje i komercijalna eksploatacija, zagađenje zraka, tla i vode, prekomjerna upotreba raznih biocida unos stranih invazivnih vrsta te klimatske promjene. Nisu svi biomi jednako ugroženi gubitkom staništa. Posebno visoku razinu endemizma i β - raznolikosti imaju četiri bioma: tropski i subtropski travnjaci, savane i šikare; mediteranske šume i šikare; tropska sušna šuma i tropska kišna šuma. Stoga izmjena staništa kod ova četiri bioma uzrokuje veći gubitak bioraznolikosti nego kod ostalih bioma. Primjerice, sječa tropskih kišnih šuma, biološki najbogatijih područja na Zemlji, uzrokuje gubitak stotina biljnih i životinjskih vrsta godišnje.

Neke su vrste posebno osjetljive na što upućuju neki od indikatora osjetljivosti biljne vrste koji uključuju: malu veličinu populacije ili jako fragmentirane populacije; odgovarajuće stanište je ograničene površine, smanjuje se ili teško regenerira; ili postoji trend smanjivanja gustoće populacije ili površine staništa. Nadalje, sama biologija vrste može ju činiti osjetljivom – npr. spora stopa rasta ili dug period sazrijevanja; vrsta osjetljiva na oštećenje; oprašivanje ili rasprostranjivanje sjemenki ovisno je o specijalnim vrstama. Potencijalno ugrožene mogu biti vrste koje se sabiru u prirodi, popularne su ili se sabire dio koji uzrokuje veća oštećenja na biljci; kao i vrste kod kojih ne postoji zamjenska vrsta iste namjene te vrste za koje ne postoji zakonska zaštita ili ih ne štite lokalna pravila i običaji.

Svjetska udruga za zaštitu prirode (engl. *International Union for Conservation of Nature*; IUCN) osnovana 1948. godine s ciljem poticanja međunarodne suradnje u svrhu očuvanja bioraznolikosti 1964. je godine utemeljila Crveni popis ugroženih vrsta (engl. *The IUCN Red List of Threatened Species*). Crveni popis je diljem svijeta prihvaćen kao najobjektivniji i najopsežniji izvor informacija o globalnom stanju bioraznolikosti i riziku izumiranja vrsta. Kroz procjenu stanja ugroženosti vrste, jedna od glavnih svrha Crvenog popisa je identificirati i istaknuti vrste kojima prijete visoki rizik od izumiranja i potaknuti njihovo očuvanje. Crveni popis nije samo registar imena i njihovih kategorija ugroženosti, već skup opsežnih, stručnih informacija o brojnim vrstama: o taksonomiji, statusu očuvanosti i prijetnjama, geografskoj distribuciji uz karte rasprostranjenosti, ekološkim zahtjevima staništa, biologiji, populacijama, upotrebi vrste i akcijama očuvanja. Pružajući ove ključne informacije o stanju i trendovima promjena statusa divljih vrsta, omogućuje se detaljna analiza bioraznolikosti i uvid u globalno stanje i promjenu bioraznolikosti te bolje donošenje planova zaštite. Crveni popis kontinuirano prati status odabranih vrsta indikatora bioraznolikosti koji pokrivaju sve glavne ekosustave svijeta. Lista se obnavlja svake godine i slobodno je dostupna (www.iucnredlist.org).

Kao odgovor na krizu izumiranja, a u cilju očuvanja bioraznolikosti, IUCN je utemeljio Crveni popis ugroženih vrsta (*The IUCN Red List of Threatened Species - The IUCN Red List*; u daljnjem tekstu Crveni popis). Crveni popis je diljem svijeta prihvaćen kao autoritet te najobjektivniji i najopsežniji izvor informacija o globalnom stanju očuvanosti i riziku izumiranja vrsta. Kroz procjenu stanja ugroženosti vrste, jedna od glavnih svrha Crvenog popisa je identificirati i istaknuti vrste kojima prijete visoki rizik od izumiranja i potaknuti njihovo očuvanje. Crveni popis nije samo registar imena i njihovih kategorija ugroženosti, već skup opsežnih, stručnih informacija o brojnim vrstama: o taksonomiji, statusu očuvanosti i prijetnjama, zemljopisnoj rasprostranjenosti, ekološkim zahtjevima staništa, biologiji, populacijama, upotrebi vrste i akcijama očuvanja. Pružajući ove ključne informacije o stanju i trendovima promjena statusa divljih vrsta, omogućuje se detaljna analiza bioraznolikosti i uvid u globalno stanje i promjenu bioraznolikosti te bolje donošenje planova zaštite. Crveni popis kontinuirano prati status odabranih vrsta indikatora bioraznolikosti koji pokrivaju sve glavne ekosustave svijeta. Lista se obnavlja svake godine i slobodno je dostupna (www.iucnredlist.org).

Procjena se provodi na temelju utvrđenih kategorija i kriterija za procjenu ugroženosti svojte, 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 u prirodnim staništima od min. 50 % u idućih 10 godina ili 3 generacije.

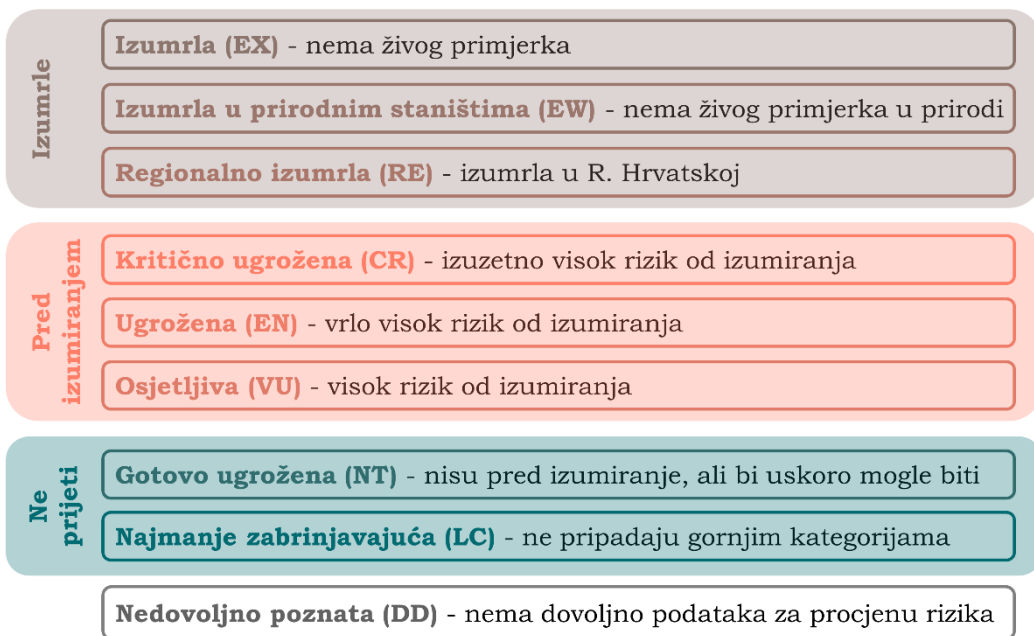
Na temelju niza kvantitativnih kriterija vezanih uz trend stanja populacije, veličinu i strukturu ili zemljopisno područje, svakoj od procijenjenih vrsta dodjeljuje se jedna od osam kategorija (**Slika 3.8**).

Kategorije vrsta koje se smatraju ugroženima i pred izumiranjem su: Kritično ugrožena (CR), Ugrožena (EN) i Osjetljiva (VU). Ugrožene vrste su prisutne u toliko malom

broju da su u opasnosti od izumiranja u divljini, dok osjetljive vrste imaju pad veličine populacije te su u opasnosti da postanu ugrožene u skoroj budućnosti. Ostale kategorije vrsta kojima za sad ne prijete izumiranje su: Gotovo ugrožena (NT), Najmanje zabrinjavajuća (LC) i Nedovoljno poznata (DD). Vrstama kojima nije procijenjen status, dodjeljuje se oznaka Neobrađena (NE).

Od 2,1 milijuna opisanih vrsta na Zemlji do sada je putem Crvenog popisa procijenjeno samo oko 147 500 (oko 7 %) vrsta. Tako da možemo reći kako je broj procijenjenih ugroženih vrsta samo vrh ledenog brijega stvarnog broja vrsta koji je pod ozbiljnim rizikom od izumiranja, a još uvijek smo daleko od spoznaje o pravom statusu bioraznolikosti Zemlje. Od toga je u razdoblju 1996. do 2022. godine procijenjeno oko 60 000 biljnih vrsta, od čega je za njih oko 24 000 utvrđeno da su ugrožene, s time da pri tome treba imati na umu da prioritet procjene imaju vrste za koje unaprijed postoji indikacija da su ugrožene.

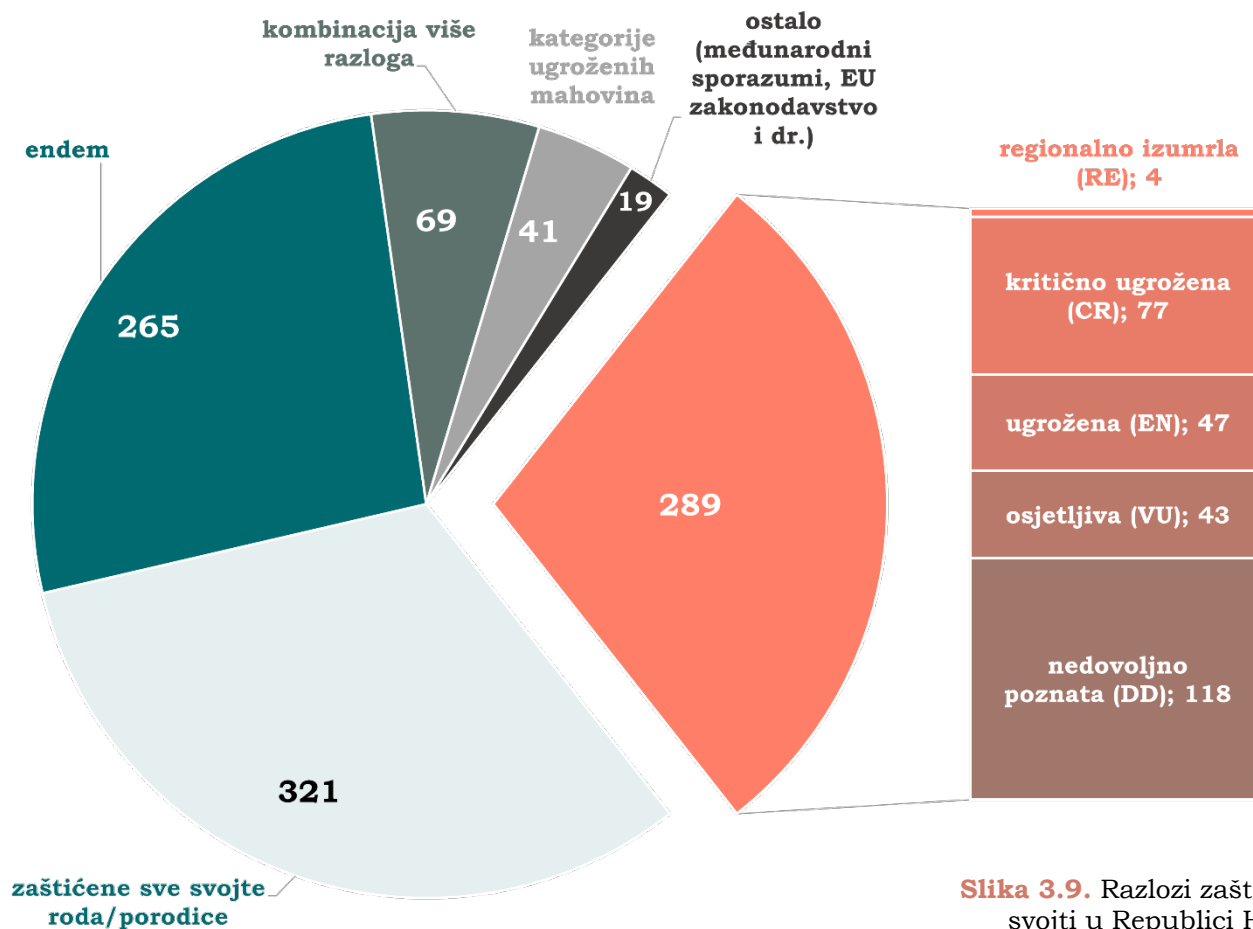
Danas gotovo da i nema područja na Zemlji na kojem flora nije ugrožena ljudskim djelovanjem, pa tako nije pošteđena niti flora Hrvatske. Nakon posljednjeg tiskanog izdanja Crvene knjige vaskularne flore Hrvatske 2005. godine, pokrenut je projekt Crvena knjiga Hrvatske On-Line u sklopu postojeće baze *Flora Croatica Database* (FCD), napravljenoj prema aktualnim IUCN kriterijima i smjernicama za njihovu primjenu na nacionalnoj razini kako bi podaci o ugroženosti flore bili stalno ažurni i lako dostupni. Prema posljednjim podacima procjene ugroženosti nacionalne flore od rizika izumiranja, od 812 na popisu opisanih svojiti, izumrle su ukupno 234 svojite (kategorija EX, uključujući kategorije Izumrla u prirodnim staništima - EW i Regionalno izumrla - RE). Pred izumiranjem je 228 vrsta (ukupno 28 %), od čega 94 kritično ugroženih, 62 ugrožene te 72 osjetljive.



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

Biljne vrste u Republici Hrvatskoj, zaštićene su Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama, koji sadrži popis strogo zaštićenih biljnih vrsta (odnosno svojti). Trenutnom verzijom Pravilnika, zaštićena je ukupno 691 vrsta, i to po skupinama: mahovine (49), papratnjače (12), sjemenjače (630). 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 (**Slika 3.9**).

Zabranjeno je branje, rezanje, sječa, iskopavanje, sakupljanje ili uništavanje jedinki strogo zaštićenih biljaka, gljiva, lišajeva i algi iz prirode u njihovu prirodnom području rasprostranjenosti.



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 vrsta. Postupak nadzora sastoji se od slijedećih koraka: (1) Ekozemljopisni pregled rasprostranjenosti i

brojnosti populacija, stanje populacija i staništa, (2) Analiza bioraznolikosti: uključuje morfološku raznolikost (opis i biologija vrste) i genetsku raznolikost (genetska struktura populacija) te filogenetske odnose između vrsta/rodova, (3) Mjere zaštite - zaštićeno područje / strogo zaštićena vrsta, kao i (4) Aktivno gospodarenje prirodnim okolišem - reintrodukcija / komercijalizacija.

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

Prikupljanje za korištenje u ljekovite svrhe jedan je od mogućih razloga ugroženosti pojedinih biljnih vrsta. Prema Međunarodnoj uniji za zaštitu prirode (vidi potpoglavlje 3.), u ovu skupinu spadaju biljne vrste kao što su ljekoviti nadlišak (mandragora; *Mandragora officinarum*), zimzelena medvjетка (*Arctostaphylos uva-ursi*), gorska moravka (arnika; *Arnica montana*), žuti srčanik (*Gentiana lutea*) i jesenski gorocvijet (*Adonis annua*). Prirodne populacije navedenih biljnih vrsta ugrozio je čovjek prekomjernim prikupljanjem na prirodnom staništu 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*). Sredozemno smilje je višegodišnja vrsta 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. Nalazi 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 bazirane 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 dodatni izvor prihoda za lokalno stanovništvo.

Značajan porast interesa za sredozemnim smiljem u prva dva desetljeća 21. stoljeća potaknula je velika potražnja od strane 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 značajnijih količina sredozemnog smilja, a otkupna cijena je u 2014. dosegla i 25 kn 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 smilja bilo je potrebno ishoditi dozvolu od nadležnog Ministarstva, a na temelju izdane dozvole bile su propisane i dozvoljene kvote za prikupljanje. Međutim, na području Hrvatske veliki broj ilegalnih sakupljača smilja prikupljao je znatno veće količine od onih dozvoljenih, čupajući čitave biljke iz korijena, što je dovelo do potpunog uništenja prirodnih staništa, posebice onih na području Kvarnerskih otoka. Brojni novinski članci iz tog razdoblja spominju ilegalno prikupljanje i do tone biljnog materijala sredozemnog smilja. Uz dozvolu za prikupljanje, nadležno tijelo od 2012. g. propisuje i vremensko razdoblje u kojem je ono i 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. 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 ove stručne podloge prikupljanje sredozemnog smilja na Kvarnerskim otocima (Krak, Rab, Cres, Lošinj i Pag) bilo je zabranjeno, a na ostalim područjima vremenski ograničeno. Propisani su i uvjeti prikupljanja 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 odredbama se u određenoj mjeri uspjelo regulirati prikupljanje smilja iako je i dalje postojao veliki broj ilegalnih berača i otkupljivača koji se nisu pridržavali propisanih uvjeta.

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 mjeri se 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 prikuplja u komercijalne svrhe i za vlastitu upotrebu u kućanstvima, ali u znatno manjoj mjeri. Danas je na snazi Pravilnik o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta, koji regulira prikupljanje i propisuje izradu Stručne podloge kojom se određuju posebne mjere upravljanja i zaštite pojedinih vrsta ili skupina vrsta, pa tako i smilja.

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 prirodne populacije 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 kemotip. 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.



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

SASTAVNICE BIORAZNOLIKOSTI: UNUTARVRNSNA RAZNOLIKOST

4.1 Biljni genetski izvori za hranu 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 naše planete ogleda se i u unutarvrсноj 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. Unutarvrсна 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 hranu 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 hranu i poljoprivredu

Unutarvrсна 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 unutarvršne raznolikosti određene biljne vrste, te se općenito smatra da predstavljaju bogatstvo naše planete 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 unutarvršna 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 unutarvršne raznolikosti prvenstveno kulturnih, a potom i divljih biljnih svojti na način da: „Biljni genetski izvori za hranu 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 (engl. *The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) kojeg je predložilo Povjerenstvo za genetske izvore za hranu i poljoprivredu (engl. *Commission on Plant Genetic Resources*; CGRFA) Organizacije za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (engl. *Food and Agriculture Organization*; FAO). Navedeni ugovor stupio je na snagu 2004. godine, a Republika Hrvatska mu je pristupila 2009. godine izglasavanjem Zakona o potvrđivanju Međunarodnog ugovora o biljnim genetskim resursima za hranu i poljoprivredu.

BILJNI GENETSKI IZVORI ZA PREHRANU I POLJOPRIVREDU (engl. *plant genetic resources for food and agriculture*; PGRFA) su genetski 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 kultivirani 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, variety*) ili kultivirani varijetet (engl. *cultivated variety*) definiran je kao skupina 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 (engl. *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants*; ICNCP) Međunarodnog društva za hortikulturene znanosti (engl. *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.

KULTIVAR (engl. *cultivar, variety*) ili sorta je skupina biljaka nastalih oplemenjivanjem na određeno svojstvo ili skup svojstva koja je različita, ujednačena i postojana u svojim svojstvima, te ta svojstva zadržava ukoliko se razmnaža na primjeren način.

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. Međutim, navedena svojstva po svojoj prirodi mogu biti kvalitativna ili kvantitativna. Kvalitativna su svojstva sva lakouočljiva 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 agronomskog razini moguće je analizirati postavljanjem poljskih pokusa, po mogućnosti na više lokacija tijekom više godina kako bi se utvrdila i interakcija između genotipa i okoliša (engl. *genotype–environment interaction*; $G \times E$). Agronomska svojstva prvenstveno uključuju svojstva prinosa i njegovih sastavnica, svojstva otpornosti na biotske i abiotske

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) uočavaju supstitucije jednog 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 Oplemenjivački i genetski materijal

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 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 njihovu korist 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 (epidemije bolesti i štetnika) kao i abiotičkih (suše, poplave) stresova. Upotrebom 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 se politike brojnih zemalja trude 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. Genetska ranjivost (engl. *genetic vulnerability*) stanje je uzrokovano širokim uzgojem određene kulturne biljne vrste koja je ujednačeno osjetljiva na abiotske i biotske 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“.

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

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 međuvrtni križanci, a česta je i pojava poliploidije. Osnovni broj kromosoma je $x = 12$, 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. brevicaulis* 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 7.2) 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. ajunhuiri* (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/nm) u sjevernom Peru i središnjoj Boliviji (**Slika 4.1**).

Prvi zapis o krumpiru u Europi potječe iz 1567. godine s Kanarskih otoka. Već 1573. godine uzgaja se u okolici Sevilje 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. Nenaiknuti 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 ($2n = 2x = 48$). Svi moderni kultivari

krumpira zapravo su međuvrsni križanci jer je tijekom oplemenjivanja korišteno čak petnaestak divljih vrsta krumpira sekcije *Petota* u svrhu prijenosa poželjnih gena u kulturni krumpir.



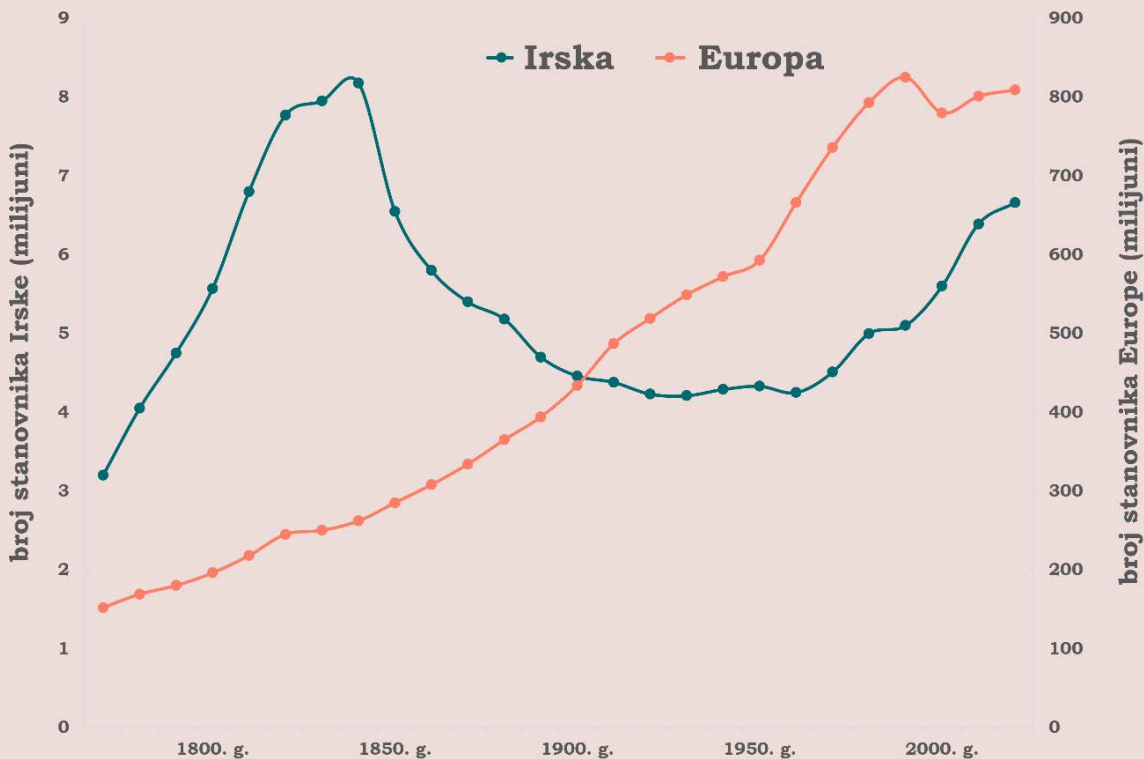
Slika 4.1. Raznolikost peruanskih tradicijskih kultivara krumpira iz kolekcije Međunarodnog centra za krumpir (*The International Potato Centre; CIP*) u Limi, Peru.

Na Irskom se otoku krumpir uzgaja od XVII. st, 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 sredstava za zaštitu, 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**).

Uzročnik plamenjače ili krumpirove plijesni je 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

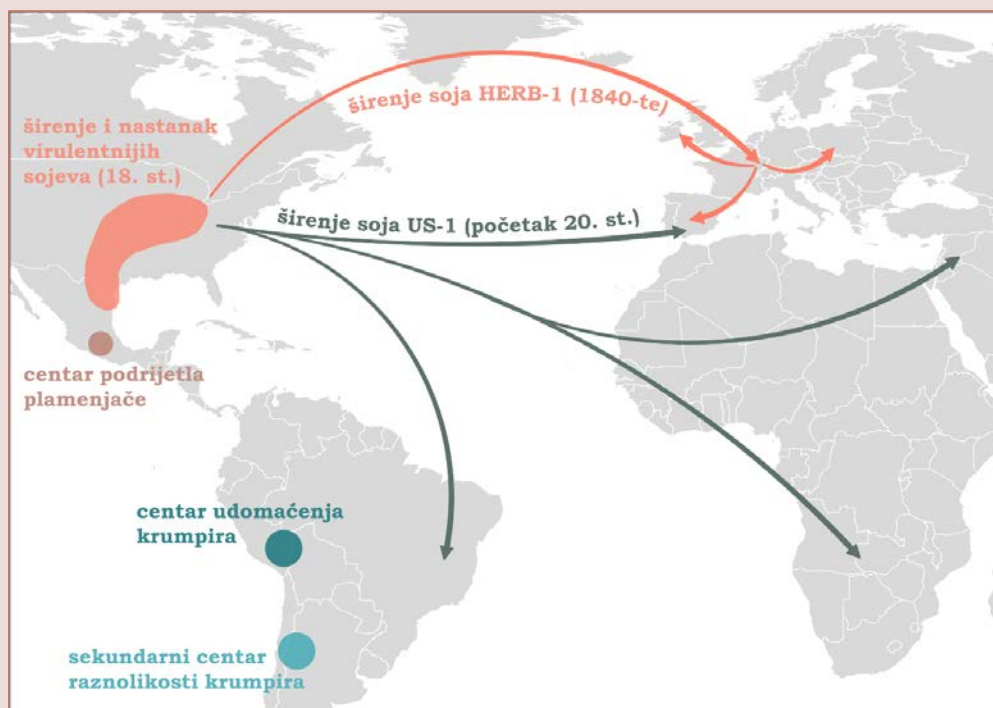


Slika 4.2. Spomenik žrtvama gladi (engl. *Famine Memorial*) u Dublinu, Irska koji je u znak sjećanja na „Veliku glad u Irskoj“ (engl. *Great Famine*; 1845. – 1850.) izradio irski kipar Rowan Gillespie (r. 1953.).



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

odgovoran za „Veliku glad u Irskoj“ vjerojatno je nastao u XVIII. st. u SAD-u, te se naknadno proširio po Europi. Po Europi je 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 4.4. Nastanak i širenje sojeva gljive *Phytophthora infestans*, uzročnika plamenjače ili krumpirove plijesni.

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 (engl. *genetic vulnerability*), stanja koje može dovesti do znatnog smanjenja prinosa. U slučaju krumpira u Irskoj genetska je ranjivost rezultirala katastrofalnim posljedicama.

Katastrofalne posljedice genetske ranjivosti donekle je moguće spriječiti uzgojem većeg broja kulturnih biljnih vrsta kao i uzgojem genetski različitih kultivara, uvođenjem i 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.

(2) **Buduća vrijednost biljnih genetskih izvora** ogleda se u mogućnostima njene 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 patuljavosti 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 Bourlagu“.

GENETSKA EROZIJA (engl. *genetic erosion*) je smanjenje 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 Bourlag (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, 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.

Bourlag 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 seljake.

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 se uvozilo. Bourag je započeo intenzivan rad na osuvremenjivanju agrotehničkih metoda i oplemenjivanju pšenice koji je rezultirao senzacionalnim rastom prinosa i proizvodnje pšenice u Meksiku.



Slika 4.5. Američki agronom i oplemenjivač Norman Borlaug (1914. – 2009.) snimljen 1970. godine na pokušalištu 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 oplemenjivačkog centra za kukuruz i pšenicu, El Batán, Meksiko (engl. *International Maize and Wheat Improvement Center*, CIMMYT) i na toj poziciji ostaje sve do umirovljenja 1979. godine.

Bourlagov odgovor na probleme u poljoprivrednoj proizvodnji u Meksiku bio je, kada se to gleda 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.

Bourlag 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 m/nm), ne bi li ujesen iste godine posijao požnjeveno sjeme u dolini Yaqui blizu grada Ciudad Obregón, u sjevernom Meksiku, uz pacifičku obalu (39 m/nm). Odabirom poželjnih genotipova u dvije klimatski i edafski različite okoline želio je stvoriti kultivare koji su prilagođeni na različite okoline, otporni na široki spektar različitih sojeva patogena i neosjetljivi na fotoperiod (dužinu dana). I to mu je, uglavnom, i uspjelo.

Međutim, pritom se pojavio i prilično neočekivan problem. Novonastali kultivari imali su znatno veći prinos od tradicijskih, te uočeno je 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 patuljavosti u svoj genetski materijal. Tako su nastale jedne od prvih polupatuljastih (engl. *semi-dwarf*) pšenica koje su istodobno bile i visokoprinodne 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 patuljavosti (engl. *reduced height genes; Rht*), otporne su na polijeganje, 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 patuljavosti kojeg je i Bourlag 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 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 bioaktivnih 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*) koje se definira kao komercijalno 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) je u knjizi „Zaštititi ili opljačkati?: Razumijevanje Prava intelektualnog vlasništva“ (engl. „*Protect or Plunder?: Understanding Intellectual Property Rights*“) objavljenoj 2001. godine definirala 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 ovom slučaju priča ima relativno sretan kraj, što vrlo vjerojatno nije tako u brojnim drugim slučajevima koji su, nažalost, ostali nepoznati široj znanstvenoj javnosti.

BIOGUSARSTVO (engl. *biopiracy*) je komercijalno 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.

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*), žive 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 !k oznaka za „coktajući“ suglasnik ili „klik“ (engl. *click consonant*) koji nastaje naglim odmicanjem jezika od nepca, a zaštitni je znak kojsanske (engl. *Khoisan*) porodice jezika s juga Afrike.



Slika 4.6. Vrsta *Hoodia gordonii* u Prekograničnom parku !Ai-!Ais / Richtersveld (engl. *!Ai-!Ais / Richtersveld Transfrontier Park*) koji se nalazi na području Namibije (!Ai-!Ais) i Južnoafričke republike (Richtersveld).

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 olaendrom (*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 pješćanim i kamenitim neplodnim tlima, a može preživjeti i ekstremne vrućine (> 40 °C).

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 Južnoafričko vijeća za znanstvena i industrijska istraživanja (engl. *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 dvadesetog 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 (engl. *South African San Council*; SASC) u ime skupine naroda San 2001. godine podiže tužbu protiv CSIR 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*) o „pravednoj i ravnomjernoj raspodjeli dobiti 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, i često 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.

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

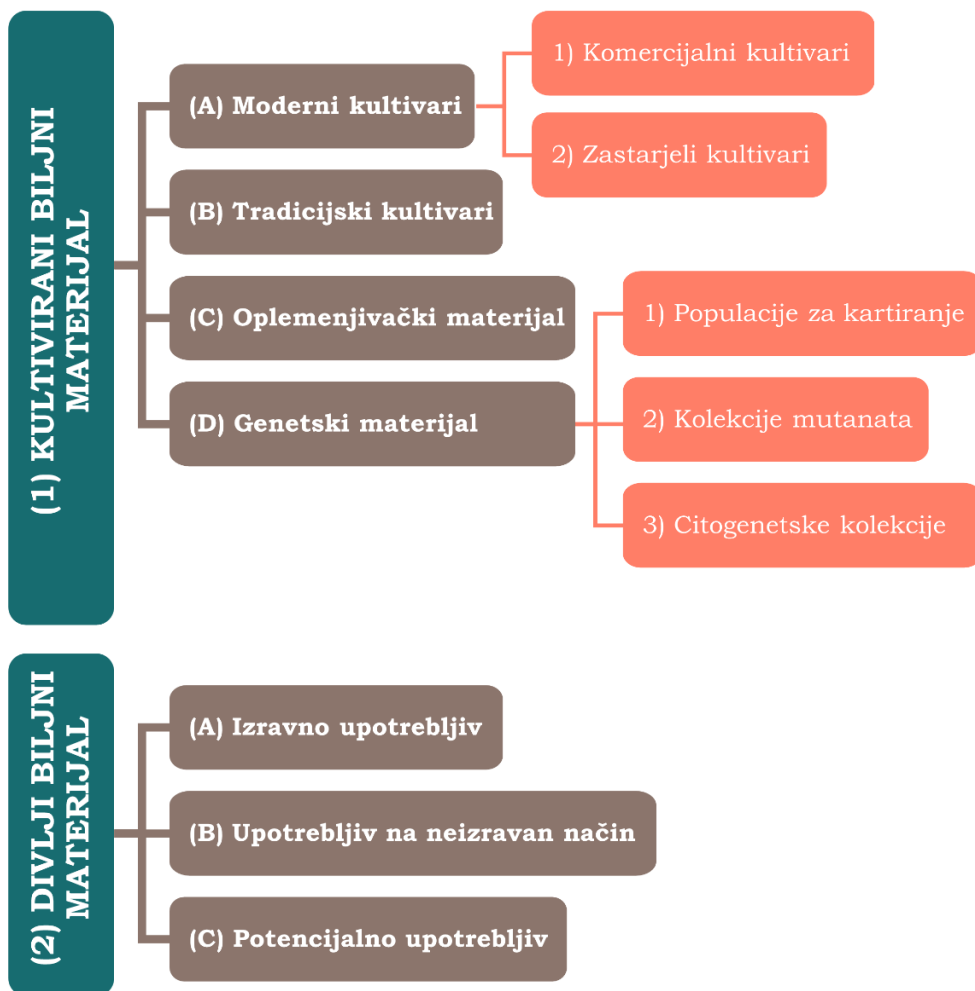
Priča o bobu: Upotreba trisomika u genetskim istraživanjima

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) (**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.

BILJNA GERMLAZMA (engl. *plant germplasm*) je naziv 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*) je bez sumnje, 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.



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 razmnožavanja i oplodnje (generativno ili vegetativno razmnožavanje; stranooplodna ili samooplodna biljna vrsta). 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)*; kultivirani varijetet] je skupina 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 riječi kultivar je sorta (njem. *Sorte*, tal. *sorta*, lat. *sors*).

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 nacionalne sorte komisije. 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 upotrebljen, odnosno, poznatog su rodoslovlja (pedigre; engl. *pedigree*). Moderne kultivare možemo podijeliti na komercijalne i zastarjele.

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

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

ZASTARJELI KULTIVAR (engl. *obsolete cultivar*) je moderni 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.

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	<i>pure-line cultivar</i>	krušna pšenica (<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i>)	generativno razmnažanje / samooplodna	sjeme dobiveno samooplodnjom jedne jedinke	visoka homozigotnost jedinki	genetski gotovo identične
Kultivar slobodne oplodnje	<i>open-pollinated cultivar</i>	luk (<i>Allium cepa</i>)	generativno razmnažanje / stranooplodna	sjeme dobiveno križanjem genetski različitih jedinki	uglavnom heterozigoti	fenotipski ujednačene, no genetski različite
Hibridni kultivar	<i>hybrid cultivar</i>	kukuruz (<i>Zea mays</i>)	generativno razmnažanje / obično stranooplodna, ali može biti i samooplodna	sjeme F1 generacije iz križanja homozigotnih inbred linija	potpuni heterozigoti	genetski identične
Klonski kultivar	<i>clonal cultivar</i>	vinova loza (<i>Vitis vinifera</i>)	vegetativno razmnažanje	vegetativno: potomstvo jedne jedinke	uglavnom heterozigoti	genetski identične

S ciljem zaštite oplemenjivačkih prava kao oblika intelektualnog vlasništva 1961. je u Parizu osnovana Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih kultivara (engl. *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 (engl. *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 i brojnim pripadajućim pravilnicima. Ovim 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. *distinctness*) i postojanosti (engl. *stability*) poznatim pod nazivom DUS ispitivanje (engl. *DUS testing*). Uključivanjem u Sortnu listu Republike Hrvatske dozvoljena je proizvodnja i prodaja sjemena i sadnog materijala navedenog kultivara. Za priznavanje 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 katalog sorata poljoprivrednih biljnih vrsta (engl. *Common catalogue of varieties of agricultural plant species*) koji se sastoji od nacionalnih sortnih listi 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.

DUS ispitivanje

- **D** (= engl. *Distinctness*) - **Različitost** - dva kultivara su različita ako je razlika između njih utvrđena na barem jednom pokusnom mjestu. - problemi: kvalitativna i kvantitativna svojstva
- **U** (= engl. *Uniformity*) - **Ujednačenost** - kultivar mora biti dovoljno ujednačen. - maksimalni dozvoljeni broj atipičnih biljaka ovisi o biljnoj vrsti (naročito o npr. načinu razmnažanja) i propisan je Vodičem za provođenje testova
- **S** (= engl. *Stability*) - **Postojanost** - kultivar zadržava utvrđena svojstva tijekom generacija razmnažanja uz uvažavanje specifičnosti biljne vrste (način razmnažanja)

DUS ispitivanje provodi se na temelju Vodiča za provođenje testova različitosti, ujednačenosti i postojanosti (engl. *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 lakouočljivih morfoloških svojstava važnih za identifikaciju kultivara pojedinih biljnih vrsta.

Različitost, ujednačenost i postojanost kultivara definirana je na sljedeći način:

(1) Kultivar (sorta) se smatra „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 razmnožavanja.

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

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 posljedice oplemenjivanja su 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 koja se želi poboljšati tijekom procesa oplemenjivanja.

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 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 pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.) je 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 biljgom ($3 \text{ genoma} \times 7 \text{ kromosoma} \times 2 \text{ kraka} = 42$) (vidi potpoglavlje 8.2).

Kultivare je razvrstao u pet vremenskih razdoblja ovisno o vremenu njihovog priznavanja, te izračunao alelnu 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 alelnu 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.

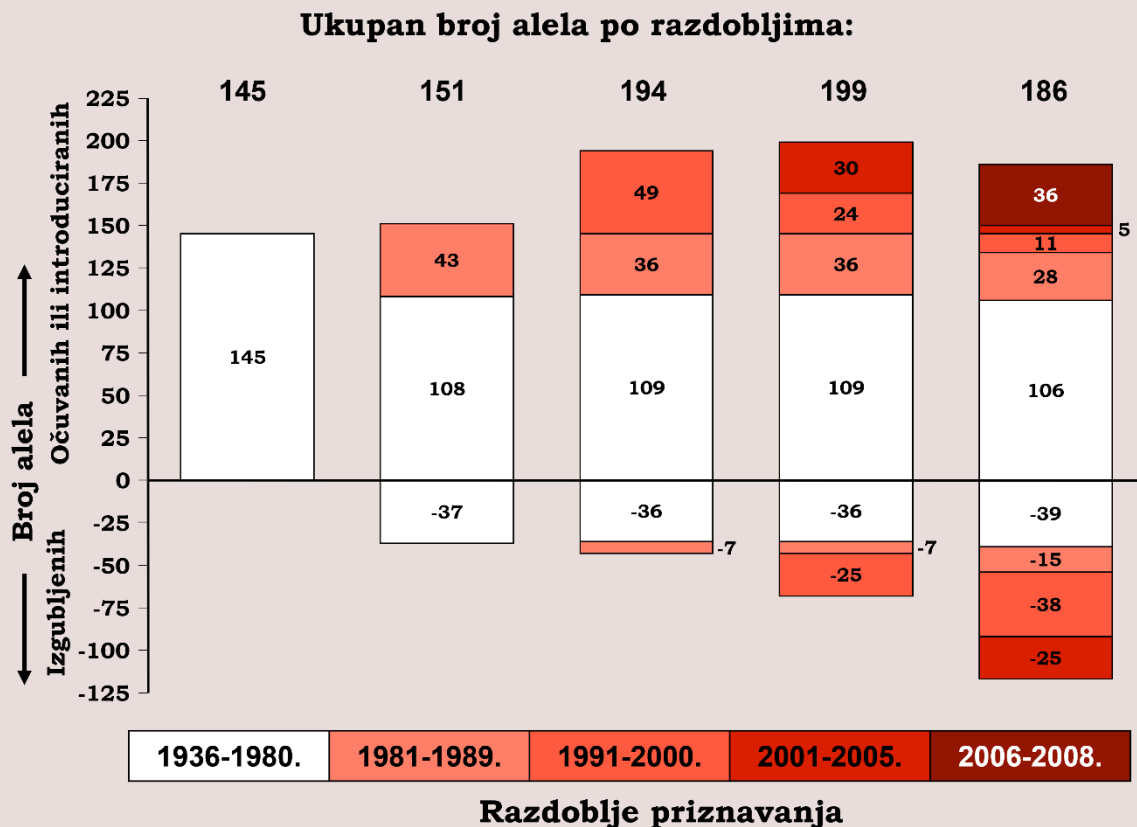
Na temelju genetske analize utvrđeno je da se ni alelnu bogatstvo (N_{ar}) niti genska raznolikost (H_E) nije smanjila tijekom dugogodišnjeg oplemenjivačkog programa Poljoprivrednog instituta Osijek (PIO) (Tablica 5.2).

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

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	0.570
P(KW)*			0.165 ^{ns}	0.233 ^{ns}

*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 priznatih tijekom pet vremenskih razdoblja.

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 alelna bogatstvo zadržano usprkos kontinuiranog odabira koji je rezultirao znatnim povećanjem prinosa i kakvoće novostvorenih kultivara.

4.2 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 i 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 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 i masline 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). 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 se čuvane sorte ne smije 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 4.3**.

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

Za razliku od brojnih tradicijskih kultivara žitarica, mahunarki i povrća koji su gotovo nestali iz proizvodnje uslijed pojave modernih visokoprinosnih kultivara, uzgoj vinove loze i maslina još uvijek počiva na tradicijskim kultivarima. Međutim, i tu postoje brojni tradicijski kultivari kojima prijete genetska erozija, 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 razdobljima priznavanja.

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

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 rodnosti nastali su brojni tradicijski kultivari. Populacije divljih maslina još uvijek postoje u mnogih 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. Genetskom je analizom utvrđeno da izvorne divlje masline možemo naći na Pagu, Hvaru i Lastovu, dok su na Pelješcu većinom prisutni feralni tipovi (križanci divljih i kulturnih maslina). 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 moderni kultivari dobiveni križanjem i odabirom pogodnih genotipova za uzgoj u gustom sklopu su '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*) je postupak 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), a slične su kolekcije naknadno uspostavljene u Marakešu (Maroko) i Izmiru (Turska).

U okviru Andaluzijskog instituta za istraživanja i obrazovanje u poljoprivredi, ribarstvu, prehrambenoj tehnologiji i ekološkoj proizvodnji (španj. *Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica*; IFAPA) je pomoću zajedničkog projekta Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO) i Nacionalnog instituta za poljoprivredu i hranu (španj. *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria*; INIA), te uz podršku Međunarodnog vijeća za maslinu (engl. *International Olive Council*; IOC) 1970. godine osnovana Svjetska banka germplazme masline (engl. *World Olive Germplasm Bank*; WOGB) u Kordobi (Španjolska). U Svjetskoj se banci germplazme masline danas čuva više od 1000 primki maslina iz 29 zemalja te predstavlja svjetsku referentnu kolekciju maslina. Tijekom više od 50 godina provedena su mnogobrojna morfološka, agronomska, fitopatološka, biokemijska i genetska istraživanja maslina koja su rezultirala ključnim novim saznanjima.

U okviru Nacionalnog programa očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj (vidi potpoglavlje **12.3**) 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 dolazimo do problema (1) homonimije (engl. *homonymy*), (2) sinonimije (engl. *synonymy*) i (3) unutarsortne raznolikosti (engl. *intra-cultivar variability*; *intravarietal variability*) što otežava točnu identifikaciju i izbor 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 sličje krilima lastovice) ili praktičnoj upotrebi ('Uljarica') određenog kultivara, pa su tako slučajevi homonimije vrlo česti u svim maslinarskim regijama. Po bjelkastosivoj boji naličja lista su uz slovensku 'Istarsku 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 plodu je uz naš najrašireniji 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 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. 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*) su jedan od brojnih sustava molekularnih biljega SNP [polimorfizam pojedinačnog nukleotida ili jednonukleotidni polimorfizam (SNP); *single-nucleotide polymorphism (SNP) markers*] koji su utvrđeni na temelju eksprimiranih nukleotidnih sljedova (EST; *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 je raznolikost temelj 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. Kao **uljez** (engl. *outgroup*) pomoću kojeg je zakorišteno filogenetsko stablo izabrana je 'Perišićeva mastrinka', stablo masline iz Kaštel Štafilića proglašeno je 1990. godine Zaštićenim spomenikom prirode zbog svoje iznimne starosti (**Slika 5.4**). Analiza je provedena na temelju 12 mikrosatelitnih biljega. Nakon obrade podataka koja je uključivala izračun matrice genetske udaljenosti i izrade filogenetskog stabla, utvrđeno je postojanje četiri **klada** (engl. *clade*) (**Slika 5.5**).



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

U kladu A nalazila su se sva analizirana stabla 'Istarske 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 poteklama 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.

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).

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

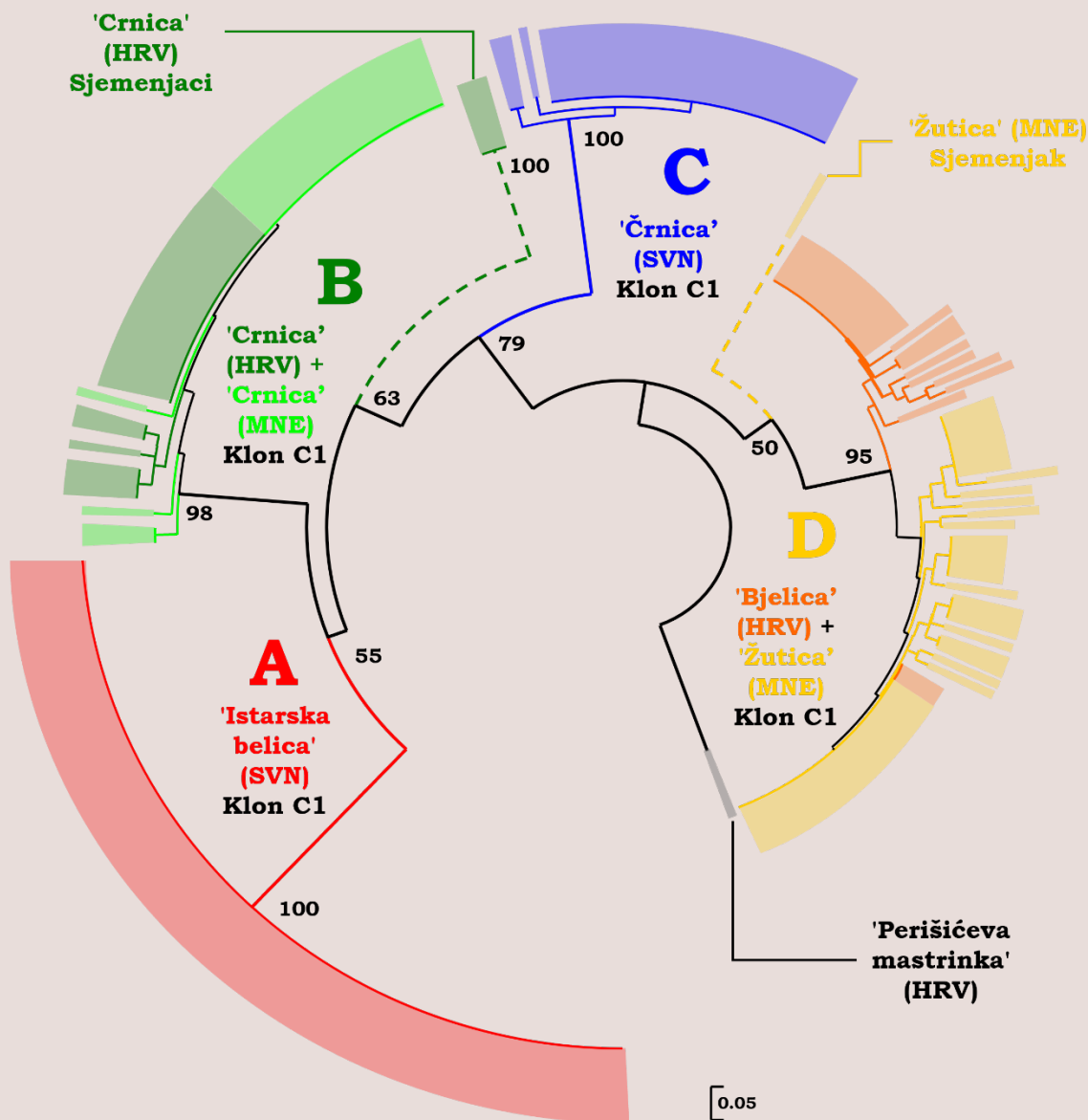
Istraživanje je također pokazalo znatne razlike u razinama unutar-sortne raznolikosti između analiziranih kultivara. Kod svih 49 analiziranih stabala 'Istarske belice' (SVN) potvrđen je identičan multilokusni genotip, dok je kod 'Žutice' (MNE) zapaženo 14 genotipova, a kod 'Bjelice' (HRV) devet. Imajući 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).

Navedeno je istraživanje ukazalo na postojanje različitih razina unutar-sortne 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, unutar-sortna 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. Objasnjenje vjerojatno leži u izvornoj poliklonalnosti navedenog kultivara. 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'.



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

(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 (olivastru) 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.

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.

4.3 Oplemenjivački i genetski materijal

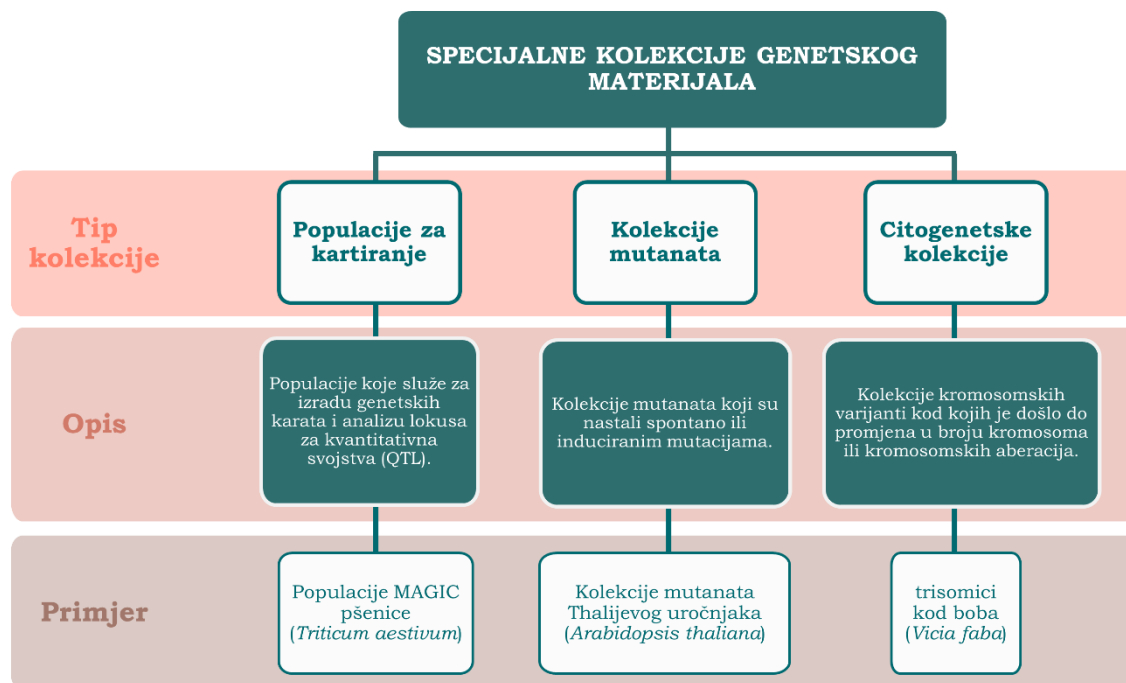
Moderni oplemenjivački programi uključuju velik broj različitih križanja, razvitak određenog broja generacija nastalih od početnog križanja, te odabir u potomstvu na temelju nekog jasno definiranog oplemenjivačkog kriterija kao što je visok prinos, visoka kakvoća i/ili otpornost na određene bolesti ili štetnike. Tijekom navedenog procesa oplemenjivač zadrži samo vrlo mali broj linija koje su se u mikropokusima pokazale poželjnima te ih uključuje u makropokuse. Nakon višegodišnjeg ispitivanja na više lokacija oplemenjivač predlaže nacionalnom povjerenstvu za priznavanje sorti samo neznatan broj linija u svrhu registracije novostvorenog kultivara. Oplemenjivači često održavaju kolekcije **oplemenjivačkog materijala** kojeg su razvili tijekom oplemenjivačkih programa jer im može poslužiti kao vrijedan ishodišni biljni materijal u daljnjim ciklusima križanja i odabira.

OPLEMENJIVAČKI MATERIJAL (engl. *breeding material; breeding lines; unregistered lines*) je biljni 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.

Pod **genetskim se biljnim materijalom** (engl. *genetic stock collection*) podrazumijevaju 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).



Slika 5.6. Primjeri specijalnih kolekcija genetskog materijala.

(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 jedinice generacije F1 (dobivene križanjem homozigotnih roditeljskih linija) ili generacija povratnog križanja (engl. *backcross*; BC) nastala križanjem jedinice 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 nastalih tijekom više ciklusa samooplodnje. 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 i tijekom više godina, što omogućava analizu interakcije genotip × okoliš (engl. *genotype × environment interaction*; G×E). Sve su navedene populacije (RILs, BILs, NILs, DHs) proistekle iz križanja dvaju roditelja te se stoga nazivaju biparentalnim (engl. *biparental populations*). „Besmrtna“ 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) su skupina 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 POVATNOG KRIŽANJA (engl. *backcross inbred lines*; BILs) su skupine homozigotnih linija nastalih samooplodnjom jedinki generacije povratnog križanja (engl. *backcross*; BC).

GOTOVO IZOGENE LINIJE (engl. *near-isogenic lines*; NILs) su skupina 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) su skupina biljaka nastalih indukcijom 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) je skupina 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 (engl. *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*) je genetska 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.

U stvaranju populacije MAGIC Elite sudjelovalo je osam kultivara osnivača (engl. *founder varieties*). Radilo se o elitnim kultivarima registriranim 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 $A \times B$, $C \times D$, $E \times F$ i $G \times H$), dva četverosmjerna (križanci $AB \times CD$ i $EF \times GH$), te jedno osmosmjerno križanje (dvostruki križanci $ABCD \times EFGH$) 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. $A \times C$, $B \times D$, $E \times G$, $F \times H$ 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 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 *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 familija 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 kakova 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 biotehnoških metoda, kolekcije mutanata su nadopunjavane 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 Thalijeovog 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 tumefaciens* 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 Thalijeovog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*), kao i dvoklasičaste 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 Thalijeovog uročnjaka

Thalijev 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 Thalijev 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 Thalijevog uročnjaka sadrži 30 do 60 sjemenki, a biljka obično ima 50 do 60 komuški. Daljnje prednosti Thalijevog 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 Thalijevom uročnjaku. Prva genetska karta Thalijevog 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 Thalijevog uročnjaka.

Za napredak znanstvenih istraživanja na Thalijevom uročnjaku vrlo je važan Centar za biološke izvore Thalijevog uročnjaka (engl. *Arabidopsis Biological Resource Center*; ABRC) koji je osnovan na Sveučilištu Ohio (engl. *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 Thalijevog uročnjaka te rado doniraju vlastiti biljni materijal na čuvanje nakon provedenih znanstvenih istraživanja. Uz preko 6000 biljaka koje predstavljaju prirodnu raznolikost Thalijevog 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 prednost navedenog biljnog materijala je 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 istodobno i citogenetske kolekcije većinom objedinjene zajedno 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. Uz niz mahunarki kao što su grašak (*Pisum sativum*), slanetak (*Cicer arietinum*) i leća (*Lens culinaris*), bob je udomaćen na području Bliskog istoka (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec; vidi potpoglavlje 7.2). Po proizvodnji bob je šesta mahunarka u svijetu; nakon graha (*Phaseolus vulgaris*), slanutka (*Cicer 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 jednim od najučinkovitijih među svim mahunarkama.

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 ($2n = 22$).

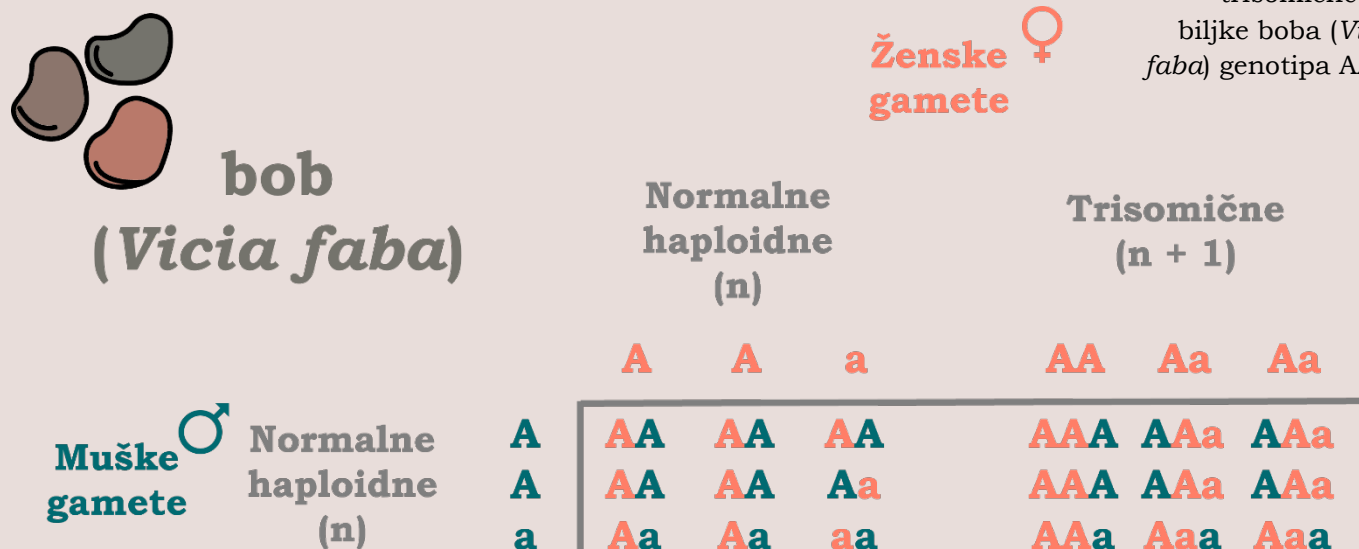
Sedamdesetih godina prošlog stoljeća u potomstvu biljaka boba tretiranih kemijskim mutagenim sredstvom, etil-metan sulfonatom (EMS), pronađene su **asinaptičke** biljke kojima se potomstvo nakon križanja s diploidnim biljkama većinom sastojalo od normalnih, diploidnih biljaka, ali i trisomičnih. Pritom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

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 svojstva 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).

STRUKTURA BILJNIH GENETSKIH IZVORA: DIVLJI BILJNI MATERIJAL

6.1 Izravno upotrebljiv divlji biljni materijal

Priča o žutom srčaniku: Prikupljati 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 potvrđene procesu udomaćenja (domestikacija; engl. *domestication*). Smatra se da je od ukupnog broja opisanih biljnih vrsta na našoj Planeti (382 339, procjena: ~ 500 000) 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 se svakako 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 poljoprivredu.

(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 se njihova potencijalno poželjna svojstva još uvijek ne poznaju. Razlog za njihovo očuvanje je njihova 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 prikupljaju samonikle u prirodi (engl. *wild collection*; *wild gathering*; *wild harvesting*) i izravno koriste. Primjer takovih vrsta su 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 takove vrste koje se pojavljuju i u uzgoju iako je većina biljnog materijala na tržištu prikupljena u prirodi.

Postoje brojni objektivni razlozi zašto se određena vrsta ne uzgaja. Katkad se radi o spororastućim biljnim vrstama koje mogu imati dugu vegetativnu fazu ili pak biljnim vrstama koje imaju specijalne zahtjeve u svezi okolišnih uvjeta (klima, nadmorska visina, tlo), ili pak, vrlo nisku klijavost sjemena ili osjetljivost na bolesti i štetnike u agrikulturnom okruženju. Također, za neke biljne vrste **udomaćenje** (domestikacija; engl. *domestication*) nije isplativo s obzirom da je to dugoročan 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 prikupljenog biljnog materijala je toliko niska da uzgoj čini neprofitabilnim. Nadalje, ljudi koji prikupljaju samonikli biljni materijal često nemaju dovoljno financijskih sredstava da bi zasnovali proizvodnju.

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

Postavlja se pitanje treba li prikupljati ili uzgajati biljni materijal, a više je razloga koji idu u prilog poticanja uzgoja. Poticanje uzgoja i ograničavanje prikupljanja 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 bi trebali 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 bi se razvio 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 prikupljaju 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 je često teško uspostaviti jer cijena na tržištu varira. Povremeno prikupljanje u prirodi je važan izvor zarade najsiromašnijih slojeva društva koji nemaju tu financijsku moć 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 priječi provedbu obuke potencijalnih proizvođača, jer se često radi o biljnim vrstama u kojima nitko od 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, prikupljanje je, u mnogim slučajevima, nužno. Prekomjernim iskorištavanjem može doći do smanjenja raznolikosti odnosno genetske erozije biljnih vrsta (vidi potpoglavlje 7.3). No, razvitkom i primjenom pravila za održivo prikupljanje u prirodi moguće je izbjeći genetsku eroziju. Potrebno je uspostaviti standarde za održivo prikupljanje imajući na umu podatke o brojnosti i rasprostranjenosti biljnih vrsta. To je potaklo razvoj Međunarodnih standarda za održivo prikupljanje ljekovitog i aromatičnog bilja u prirodi (*International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants*; ISSC-MAP). U skladu s navedenim standardima potrebno je prikupiti i očuvati što veći broj populacija s različitih lokaliteta kako bi se provele analize biljne raznolikosti na morfološkoj, agronomskoj (uključujući i biokemijsku razinu) i genetskoj razini te kako bi se omogućila raspoloživost široke raznolikosti ishodišnog biljnog materijala za buduće programe oplemenjivanja.

Priča o žutom srčaniku: Prikupljati ili uzgajati?

Žuti srčanik (*Gentiana lutea*), poznat i po nazivima kao što su *lincura*, *sirištara*, *uho košuce* i *zelje od srca* višegodišnja je zeljasta biljka, kratkog i debelog podanka koji se grana u dugi, mesnati korijen (*Gentianae radix*). Sadrži gorke glikozide (genciopikrin, amarogentin) koji poboljšavaju probavu (stomahik; digestiv) i pojačavaju tonus organizma (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 stanište žutog srčanika su planinske livade (800 – 2.500 m/nm), 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 *vardjani* (ssp. *vardjani*) može se naći relativno uskom području u jugoistočnim Alpama, a podvrsta *montserratti* (ssp. *montserratti*) isključivo u središnjim Pirinejima.

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

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

Žuti srčanik se može uzgajati, no u Europi se uzgaja na samo 150 ha i ne vidi se trend povećanja uzgoja, jer postoje brojni problemi prilikom uzgoja. Sjeme žutog srčanika je obično dormantno i mora se provesti stratifikacija sjemena. Sjeme se prije sjetve u lijehe mora navlažiti i čuvati dva mjeseca na 2 °C ili se može tretirati 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/nm (**Slika 6.1**). U svrhu učinkovite proizvodnje potrebno je provesti brojna dodatna znanstvena i stručna istraživanja u svrhu analize genetske i biokemijske raznolikosti prirodnih populacija, te odabira ishodišnog materijala za buduće oplemenjivačke programe. Stoga nije za očekivati da će proizvodnja žutog srčanika zamijeniti prikupljanje u prirodi i 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) je divlja biljna svojta koja posjeduje neizravnu uporabnu vrijednost koja proističe iz njene genetske srodnosti s određenom kulturnom biljnom vrstom te se može

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

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

(1) Primarni genski skup (GP-1): U primarni genski skup određene kulturne biljne vrste ubrajaju se svojite koje botanički pripadaju toj vrsti. Primarni genski skup može se podijeliti na podskup GP-1a kojem pripada kulturna svojita (uključujući podvrste, moderne i tradicijske kultivare, te oplemenjivački materijal) i podskup GP1b kojem pripadaju divlje svojite 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 napraviti 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. No, upotrebom modernih biotehnoloških metoda (kultura stanica i tkiva; udvostručenje kromosoma) moguće je donekle iskoristiti i genetsku raznolikost svojiti sekundarnog genskog skupa u oplemenjivanju dotične kulturne biljne vrste.

(3) Tercijarni genski skup (GP-3): U tercijarni se genski skup ubrajaju taksonomski srodne svojite s kojim se kulturna biljna vrsta može križati, ali nije moguće dobiti životnosposobne križance ili su pak ti križanci potpuno sterilni. Budući da je križanje svojiti tercijarnog genskog skupa s kulturnom biljnom vrstom moguće, još uvijek postoji mogućnost da će se daljnjim razvitkom biotehnologije moći iskoristiti i genetska varijabilnost svojiti 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 sekundarnom genskom skupu (GP-2) ječma nalazimo 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 \times *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}).

Navedena podjela pretpostavlja provedbu sveoubovratnih istraživanja mogućnosti međuvrskih 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*) je kategorija u klasifikaciji svojti na temelju taksonomske srodnosti s određenom kulturnom biljnom vrstom.

Razlikujemo sljedeće skupine svojti:

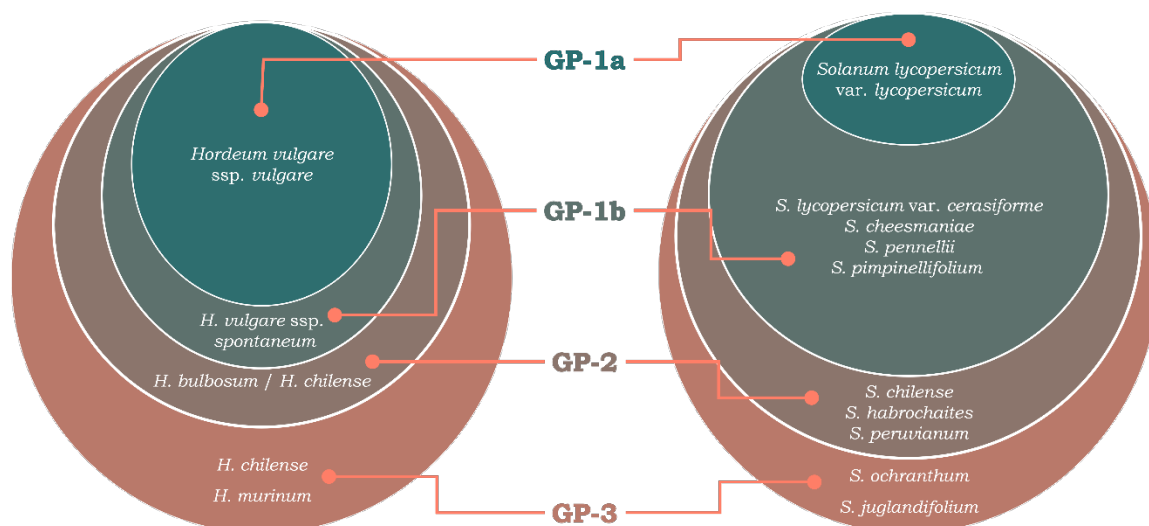
(1) Prva skupina svojti (TP-1): U prvu skupinu svojti ubrajaju se svojte koje botanički pripadaju određenoj kulturnoj vrsti. Na isti način kao i u slučaju primarnog genskog skupa, podskup TP-1a čini kulturna svojta [kulturna podvrsta (*subspecies*; ssp.) ili kulturni varijetet (*varietas*; var.)], a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

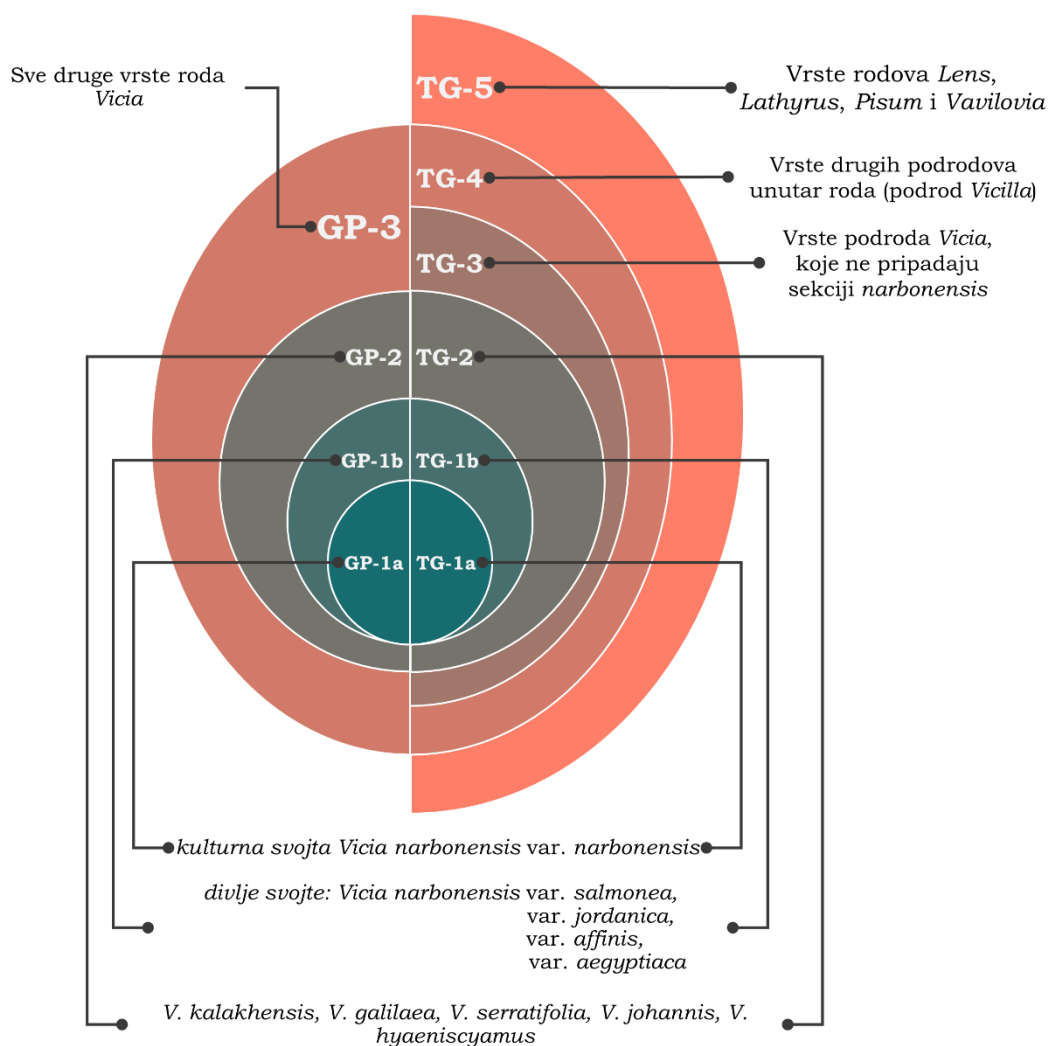
(4) Četvrta skupina svojti (TP-4): Četvrtoj skupini svojti pripadaju vrste drugih podrodova unutar istog roda.

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



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

Na **Slici 6.3** je prikazan odnos skupina svojti i genskih skupova na primjeru mišje grahorice (*Vicia narbonensis* var. *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.



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

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 raznolikost 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 tradicijskim kultivarima (vidi potpoglavlje 6.2). Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju bilja opisana je u Priči o rajčici.

Priča o rajčici: Upotreba divljih srodnika u oplemenjivanju

U priči o krumpiru spomenuli smo da rod *Solanum* čini preko 1,500 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, pradaвне 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 *lycopersium* (*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 (eng. *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 španjolske moreplovci proširili uzgoj rajčice na Filipinima odakle su 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 se redovito uzgaja kao povrće u Italiji u Španjolskoj, a tek od XIX. stoljeća i osvaja srednju i sjevernu Europu kao i SAD.

Početak 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 je kod rajčice išao nevjerojatnom brzinom tako da na primjeru rajčice možemo pratiti i napredak u znanosti o oplemenjivanju bilja. Godine 1934. gen otpornosti na baršunastu plijesan rajčice uzrokovanu gljivičnom vrstom *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 svježih rajčica hibridni kao i većina industrijskih rajčica. Rajčica je jedna od prvih kultura koja je ušla u pretpostavljenu četvrtu poljoprivrednu revoluciju obilježenu brzim napretkom molekularne genetike i biotehnologije. Godine 1992. objavljena je prva genetska karta (eng. *linkage map*; *genetic map*) rajčice čime je započela era molekularnog oplemenjivanja bilja (eng. *molecular plant breeding*) kao i provedbe prvih programa selekcije potpomognute biljezima (eng. *marker-Assisted Selection*; MAS). Godine 1994. registriran je prvi transgenski kultivar rajčice 'Flavr-Savr'TM koji se mogao izuzetno duže skladištiti (duljina skladištenja; eng. *shelf-life*) od ostalih tada postojećih kultivara. No, 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 je i dalje 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 kultiviranom 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 je stoga 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 svojstama podskupa GP1b 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** su navedena određena svojstva otpornosti odnosno tolerantnosti za koje je kao donor poželjnih gena korišten određeni divlji srodnik rajčice.

Tablica 6.1. Divlji srodnici rajčice koji se koriste u njenom oplemenjivanju.

Br.	Divlji srodnik	Izvor otpornosti/tolerantnosti	Uzročnik
1	<i>S. cheesmaniae</i>	tolerantnost na slanost	
2	<i>S. chilense</i>	otpornost na sušu	
3	<i>S. chilense</i>	baršunasta plijesan	<i>Passalora fulva</i>
4	<i>S. chilense</i>	pepelnica	<i>Leveillula taurica</i>
5	<i>S. chilense</i>	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV
6	<i>S. habrochaites</i>	otpornost na hladnoću	
7	<i>S. habrochaites</i>	baršunasta plijesan	<i>Passalora fulva</i>
8	<i>S. habrochaites</i>	pepelnica	<i>Oidium neolycopersici</i>
9	<i>S. habrochaites</i>	krumpirov virus Y	PVY
10	<i>S. habrochaites</i>	mozaik virus rajčice	ToMV
11	<i>S. habrochaites</i>	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV

Nastavak **Tablice 6.1**

12	<i>S. pennellii</i>	otpornost na sušu	
13	<i>S. pennellii</i>	krastavost ploda rajčice	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>
14	<i>S. pennellii</i>	uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>
15	<i>S. peruvianum</i>	baršunasta plijesan	<i>Passalora fulva</i>
16	<i>S. peruvianum</i>	plutavost korjena	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>
17	<i>S. peruvianum</i>	nematoda gukavosti korijena	<i>Meloidogyne incognita</i>
18	<i>S. peruvianum</i>	mozaik virus rajčice	ToMV
19	<i>S. peruvianum</i>	virus pjegavosti i venuća rajčice	TSWV
20	<i>S. pimpinellifolium</i>	bakterijska pjegavost	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>
21	<i>S. pimpinellifolium</i>	krumpirova cistolika nematoda	<i>Globodera restochiensis</i>
22	<i>S. pimpinellifolium</i>	baršunasta plijesan	<i>Passalora fulva</i>
23	<i>S. pimpinellifolium</i>	plamenjača	<i>Phytophthora infestans</i>
24	<i>S. pimpinellifolium</i>	siva pjegavost lista	<i>Stemphylium</i> spp.
25	<i>S. pimpinellifolium</i>	uvenuće	<i>Verticillium dahliae</i>
26	<i>S. pimpinellifolium</i>	uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>
27	<i>S. pimpinellifolium</i>	virus kovrčavosti lista rajčice	TLCV
28	<i>S. pimpinellifolium</i>	virus žućenja i kovrčavosti lista rajčice	TYLCV

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

5.3 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 analize potencijalne uporabe divljih biljnih vrsta često za 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 (engl. 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 (španj. *Instituto Nacional de Biodiversidad*; INBIO), Heredia, Kostarika, javnog znanstvenog instituta. U sklopu ugovora o biopotrazi Institut INBio prikupio je uzorke biljaka, kukaca i mikroorganizama 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 km², kao i veliko bogatstvo endema (>50 endemičnih biljnih vrsta/10 000 km²). Glavni izvozni poljoprivredni proizvodi Kostarike su banane i kava, 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 stripa o „Čarobnjaku iz Ida“ (engl. *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 prilično vrlo tanka.

Znanstvena temelj za biopotrugu kao i za biogusarstvo 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. Etnobotanikom se prvenstveno bave botaničari i etnolozi, imajući na umu da su znanstveno utemeljena etnobotanička istraživanja često multidisciplinarna te zahtijevaju poznavanje arheologije, biokemije, ekologije, lingvistike, povijesti i sociologije.

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

Naziv etnobotanika prvi je upotrijebio američki botaničar John W. Harshberger (1869. – 1929.). Na predavanju u Sveučilišnom arheološkom društvu, održanom 1885. godine na Pennsylvanijskom sveučilištu (engl. *University of Pennsylvania*), objasnio je da se „etnobotanika bavi biljkama koje koriste primitivni i aboridžinski narodi, kao npr. američki Indijanci, te kao predmet istraživanja ima biljne proizvode koji se koriste u različite svrhe, za vlakno i za hranu.“ Putujući po Sjevernoj Americi, u svrhu botaničkih istraživanja, često je nailazio na starosjedilačka plemena koja su koristila mnogobrojne biljne vrste, dotad gotovo nepoznate znanstvenoj zajednici. Ciljeve etnobotaničkih istraživanja Harshberger je postavio na sljedeći način: (1) utvrditi „kulturnu razinu primitivnih zajednica“ na temelju upotrebe biljaka (Harshberger je pritom imao na umu „podjelu rasa na pastoralne, agrikulturne, polucivilizirane i civilizirane“); (2) utvrditi rasprostranjenost biljnih vrsta u prošlosti; (3) utvrditi glavne trgovačke putove kojima su kulturne biljne vrste prenošene u nove regije te (4) utvrditi korisna svojstva biljnih vrsta. Mnogi Harshbergerovi izrazi i podjele danas se smatraju uvredljivima i više ne pripadaju znanstvenom diskursu. Ocem moderne etnobotanike smatra se američki botaničar Richard E. Schultes (1915. – 2001.) kojem je posvećena Priča u nastavku ovog poglavlja. Po Schultesu, najvažniji doprinos etnobotaničkih istraživanja cjelokupnom ljudskom znanju ogleđa se u: (1) očuvanju tradicijskog znanja o biljkama i načinima njihove upotrebe; (2) poznavanju i zaštiti biljnih vrsta kojima prijete izumiranje te (3) mogućnostima udomaćivanja novih korisnih biljnih vrsta, uključujući očuvanje i upotrebu genetskih izvora kulturnih biljnih vrsta.

Etnobotanici srodno područje je **ekonomska botanika** (engl. *economic botany*), i često se definicije i djelokrug ovih dviju znanosti prilično poklapaju. Iako mnogi autori smatraju ove nazive sinonimima, drugi pak smatraju da glavna razlika između

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

etnobotanike i ekonomske botanike leži u pristupu: etnobotanika prvenstveno želi objasniti važnost i društvenu funkciju biljnih vrsta s gledišta određene ljudske zajednice, dok ekonomska botanika biljne vrste vrednuje isključivo s gledišta suvremene znanosti. Navedena se gledišta u antropološkim istraživanjima često nazivaju emskim, odnosno etskim pristupom, imajući na umu teoriju koju je postavio američki lingvist i antropolog Keneth L. Pike (1912. – 2000.). Dok emski pristup analizira kulturu iznutra, iznoseći načela koja su važna i razumljiva samo pripadnicima određene kulture, etski pristup teži biti kulturno neutralan te svaku kulturu analizira pomoću znanstveno utemeljenih konceptualnih shema koje je nužno postaviti a priori, ako je cilj istraživanja testirati određenu hipotezu ili usporediti različite kulture. Moderna etnobotanička istraživanja pokušavaju objediniti oba pristupa u znanstvenom radu, štoviše, upotrijebiti rezultate tih istraživanja u praktične svrhe, imajući na umu da tradicijsko poznavanje upotrebe biljnih vrsta u lokalnim ljudskim zajednicama mora igrati temeljnu ulogu u potrazi za rješenjima povezanim s očuvanjem bioraznolikosti i poticanjem održivog razvitka.

Imajući na umu da su donedavno mnoga etnobotanička istraživanja bila isključivo akademskog karaktera ili su pak od primjene rezultata istraživanja profitirali mnogi, ali ne i oni koji su u istraživanja bili uključeni samo kao kazivači, moderna etnobotanička istraživanja moraju svojim rezultatima pridonijeti i: (1) očuvanju bioraznolikosti (provedba ekozemljopisnih pregleda, utvrđivanje statusa ugroženosti biljnih vrsta, nadzor zaštićenih područja, poticanje botaničkih istraživanja i očuvanje tradicijskog botaničkog znanja); (2) sigurnosti prehrane (uvođenje zapostavljenih kulturnih biljaka u modernu poljoprivrednu proizvodnju te poticanje proizvodnje, prerade i prodaje lokalnih tradicijskih kultivara i njihovih karakterističnih prehrambenih proizvoda); (3) zdravstvenoj zaštiti (poticanje znanstvenih istraživanja u svrhu analize sastava i učinaka ljekovitih biljaka korištenih u tradicijskoj medicini; poticanje upotrebe tradicijskih biljnih preparata) te (4) očuvanju etničkog i nacionalnog identiteta (borba za prava lokalnih ljudskih zajednica i zaštita njihove materijalne i nematerijalne baštine). Tijekom etnobotaničkih istraživanja potrebno je pridržavati se Etičkog kodeksa Međunarodnog etnobiološkog društva (engl. *Code of Ethics of the International Society of Ethnobiology*).

Tradicijsko poznavanje biljnih vrsta, njihovih svojstava i načina upotrebe, dio je **nematerijalne kulturne baštine** određene ljudske zajednice. U Konvenciji o zaštiti nematerijalne kulturne baštine (engl. *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*), usvojenoj na općoj skupštini Organizacije Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu (engl. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*; UNESCO) održanoj 2003. godine u Parizu, „nematerijalna kulturna baština” označava vještine, izvedbe, izričaje, znanja, umijeća, kao i instrumente, predmete, rukotvorine i kulturne prostore koji su povezani s tim, koje zajednice, skupine

NEMATERIJALNA KULTURNA BAŠTINA (engl. *intangible cultural heritage*) označava 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

i u nekim slučajevima, pojedinci prihvaćaju kao dio svoje kulturne baštine. Ovu nematerijalnu kulturnu baštinu, koja se prenosi iz naraštaja u naraštaj, zajednice i skupine stalno iznova stvaraju kao odgovor na svoje okruženje, svoje međusobno djelovanje s prirodom i svojom poviješću koja im pruža osjećaj identiteta i kontinuiteta te tako promiče poštivanje kulturne raznolikosti i ljudske kreativnosti.“ Pritom poznavanje biljaka, kao temelja poljoprivredne proizvodnje i pučke medicine, čini jednu od najznačajnijih sastavnica kulturne baštine, a time i identiteta svake ljudske zajednice.

Priča o Richardu E. Schultesu: Otac moderne etnobotanike

Richard E. Schultes (1915. - 2001.) bio je američki botaničar, poznat kao 'otac moderne etnobotanike'. Schultes je rođen u Bostonu, Massachusetts, SAD. Tijekom studija botanike na Sveučilištu Harvard proveo je šest tjedana u starosjedilačkom plemenu Kiowa, analizirajući ritualnu upotrebu kaktusa pejotl (*Lophophora williamsii*) koji sadrži halucinogeni alkaloid meskalin. U svrhu izrade doktorata, odlazi u meksičku saveznu državu Oaxacu, te boravi u plemenu Mazatec, bilježeći njihovo poznavanje i upotrebu biljaka i gljiva. Pritom prvi put znanstvenoj javnosti otkriva identitet drevnih svetih biljaka i gljiva Azteca: ololiúqui i teonanacatl. Ololiúqui (*Turbina corymbosa*), biljka iz porodice slakova, sadrži derivate D-lizerginske kiseline, vrlo srodne polusintetskoj psihodeličnoj drogi LSD-u (dietilamid lizerginske kiseline). Naziv teonanacatl („tijelo bogova“ na jeziku Azteca nahuatl) povezo je s gljivom zvonasti smetlištar (*Panaeolus sphinctrinus*), iako je prilikom ekspedicije prikupio i niz gljiva iz roda *Psilocybe* (*P. caerulescens*, *P. cubensis*, *P. mexicana*) za koje je, za razliku od zvonastog smetlištara, jasno utvrđeno da sadrže psihodelični alkaloid psilocibin. Schultes je doktorirao 1941. godine, te prihvatio mjesto znanstvenog suradnika Harvardskog botaničkog muzeja (engl. *Harvard Botanical Museum*). Iste je godine prvi put posjetio Amazoniju u svrhu istraživanja kurarea, ekstrakta biljaka *Strychnos toxifera* i *Chondrodendron tomentosum*. Južnoamerički su lovci kurare koristili kao otrov na strelicama, a njegova je upotreba kao mišićnog relaksanta pri operacijama, vrlo značajna u medicini. U Amazoniju se vraća već sljedeće godine kako bi prikupio primjerke različitih vrsta iz roda kaučukovaca, od kojih je najvažnija *Hevea brasiliensis*. Od 1941. do 1953. Schultes je putovao po Amazoniji, upoznao brojne lokalne zajednice i njihove običaje te prikupio preko 30 000 herbarijskih primjeraka biljnih vrsta od kojih je preko 300 dotad bilo nepoznato znanstvenoj zajednici. Bio je jedan od prvih zelenih aktivista koji je upozorio na uništavanje Amazonske prašume i nestanak tradicijskih lokalnih zajednica. Objavio je rezultate brojnih etnobotaničkih istraživanja, opisujući život starosjedilačkih plemena Amazonije, njihovo tradicijsko znanje i upotrebu biljnih vrsta u prehrani, liječenju i ritualima. Nakon povratka u SAD, postao je profesor na Sveučilištu Harvard i predavao je Ekonomsku botaniku. Godine 1959. osnovao je Društvo za ekonomsku botaniku (engl. *The Society for Economic Botany*) koje je još uvijek aktivno, te bio glavnim urednikom

znanstvenog časopisa *Economic Botany* tijekom 18 godina. U suradnji sa švicarskim kemičarom Albertom Hofmannom, poznatim po otkriću LSD-a, 1979. objavio je vrlo popularnu knjigu „Biljke bogova: Njihove svete, iscjeliteljske i halucinogene moći“ (engl. „*The Plants of the Gods: Their Sacred, Healing, and Hallucinogenic Powers*“).

TENDENCIJE RAZVITKA MODERNE POLJOPRIVREDE

7.1 Genetsko usko grlo

Priča o soji

7.2 Genetska ranjivost

Priča o kukuruzu

7.3 Genetska erozija

Uvod

Ako usporedimo kultivirane biljne vrste koje su danas možemo naći na poljima s njihovim divljim srodnicima možemo uočiti da je čovjek, svjesno ili nesvjesno, imao presudan utjecaj na evoluciju brojnih biljnih vrsta. Isto tako, tijekom višetisućljetne interakcije s biljkama, čovjek je potpuno promijenio i vlastiti način života, razvijajući civilizaciju i kulturu.

Razvitak poljoprivrede bio je dugotrajan i postupan, te se odvijao različitom brzinom u različitim regijama svijeta. U mnogim je regijama, a tako je i danas, koegzistirala već zastarjela agrotehnička praksa istodobno s primjenom najsuvremenijih metoda ovisno o platežnoj moći seljaka odnosno zemljoposjednika. Tijekom razvitka poljoprivrede dogodile su se barem četiri korjenite promjene nazvane poljoprivrednim revolucijama počevši s (1) Prvom poljoprivrednom revolucije 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 alternativni modernoj poljoprivrednoj proizvodnji kakva je proizašla Trećom poljoprivrednoj revolucijom. Stoga će Četvrta poljoprivredna revolucija, kojoj upravo svjedočimo, pričekat 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 prijelaza s lovačkog i sakupljačkog na novi način života koji su označavale 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 je posvećeno **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 (izrada cesta i mreža kanala, te od XIX. stoljeća razvitak željezničkog prometa). Pritom se razvila tržišna poljoprivreda i prinosi poljoprivrednih kultura su znatno 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.) u kojoj je također Velika Britanija igrala presudnu ulogu.

(3) **Treća poljoprivredna revolucija** ili Zelena revolucija odnosi se na razdoblje od 1930-tih do 1970-tih tijekom koje 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 je 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 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 devedesetih 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 koja omogućuju (A) **odabir potpomognut biljezima** (engl. *marker-assisted selection*; MAS) ili pak (B) **genetske transformacije** (engl. *genetic transformation*) i **editiranja genoma** (engl. *genome editing*) u svrhu kreiranja novih biljnih kultivara. Istodobno razvili su 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*).

ODABIR POTPOMOGNUT BILJEZIMA (engl. *marker-assisted selection*; MAS) je tehnika 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*) je genetska promjena uzrokovana transferom, 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 kreiranje 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 trenutno najobećavajućih tehnologija editiranja genoma je poznata pod imenom CRISPR-Cas9.

EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA (engl. *ecological agriculture, ecological farming*) je sustav poljoprivredne proizvodnje koji ima za cilj proizvodnju hrane primjenom prirodnih tvari i postupaka s ciljem odgovornog korištenja energije i prirodnih izvora, održavanja bioraznolikost i ekološke ravnoteže uz povećanje plodnosti tla i održavanje 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 takove proizvodnje.

Poljoprivredna proizvodnja proizašla iz Treće poljoprivredne revolucije kao razvitak modernih oplemenjivačkih programa rezultirali su znatnim povećanjem obima proizvodnje kao i prinosa poljoprivrednih kultura, ali i nekim štetnim posljedicama o kojima će u ovom poglavlju biti riječ. Međutim, prije razglabanja o štetnim nuspojavama 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**.

MUTACIJE (engl. *mutations*) su promjene u strukturi nasljednog materijala.

MIGRACIJAMA (engl. *migrations*) nazivamo prijenos gena (engl. *gene flow*) između populacija.

ODABIR (selekcija; engl. *selection*) je proces kojim određena svojstva u vrsti postaju zastupljenija od drugih svojstava.

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

Odabir kao evolucijski čimbenik može biti prirodan ili umjetan. Prirodni je odabir proces koji uzrokuje da one nasljedne osobine koje su pogodne za preživljavanje i razmnožavanje postanu češće, te da štetne osobine postanu rjeđe. Umjetan je pak odabir temelj oplemenjivanja bilja putem kojeg čovjek, svjesno ili nesvjesno, odabire jedinke koji posjeduju određena poželjna svojstva na temelju svog vlastitog kriterija.

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 je cjelokupan proces objašnjiv pomoću vrlo jednostavnog procesa poznatog pod nazivom prirodni odabir (engl. *natural selection*) 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 je povezana 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.

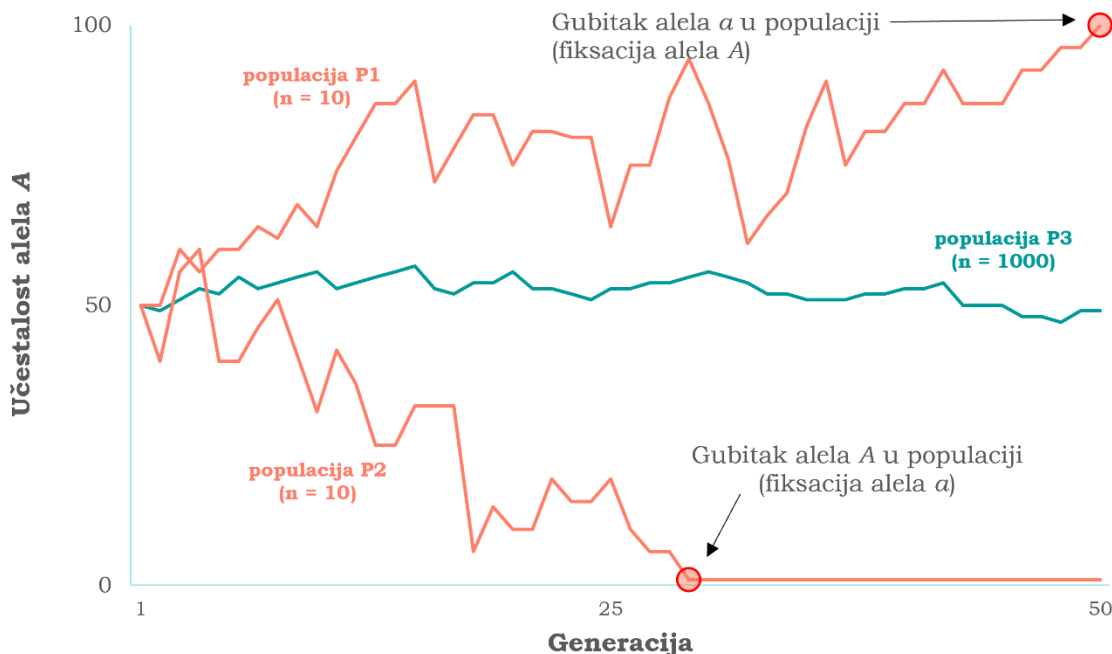
U slučaju umjetnog odabira (engl. *artificial selection*), koji je temelj oplemenjivanja bilja, proces teče na sličan način, no kriterij odabira je znatno drugačiji:

- (1) Čovjek odabire jedinke koji posjeduju određena poželjna svojstva.

(2) Umjetni odabir nije nužno povezan sa sposobnošću organizma da preživi i stvori potomstvo u prirodnom okolišu. Umjetnim odabirom se favorizira 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 prirodan odabir.

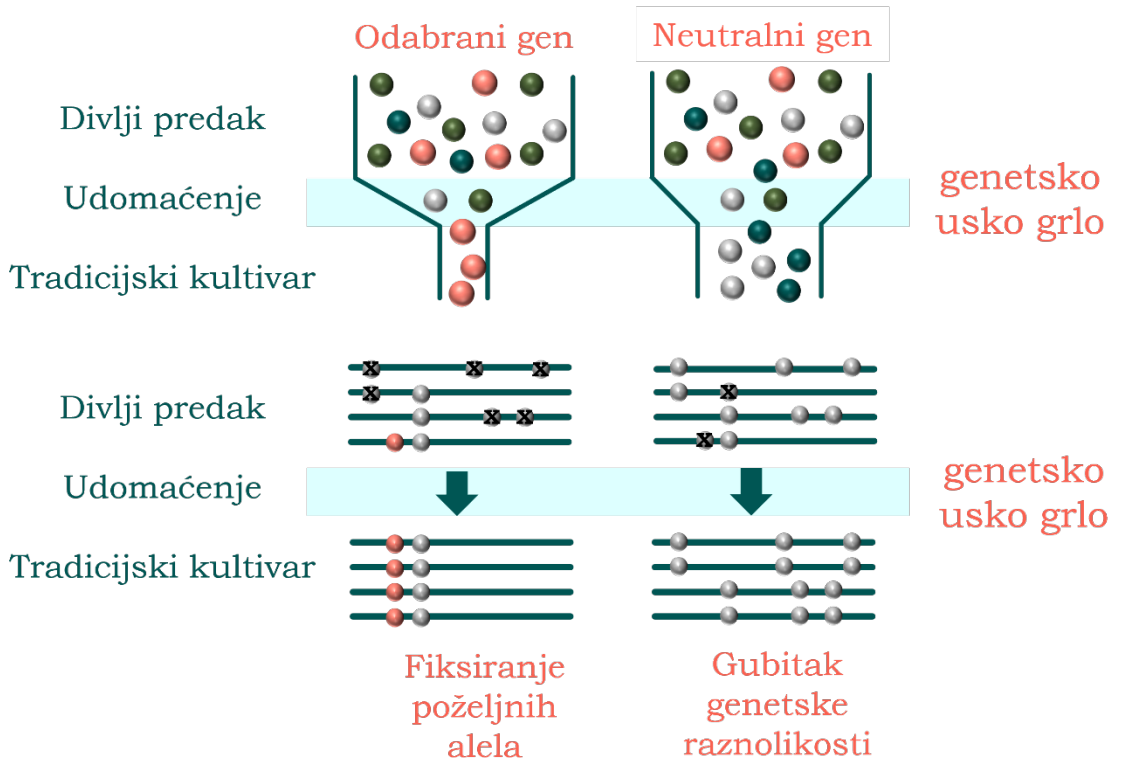
Uz umjetan odabir, na unutarvrstu raznolikost kultiviranih biljnih vrsta najviše je utjecao genetski otklon (genetski pomak; engl. *genetic drift*) – nasumična promjena alelnih učestalosti u populaciji tijekom generacija. Budući da je ukupnost alela u određenoj generaciji slučajan uzorak alela prethodne 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. Visoka 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
($n = 10$, $n = 1000$).

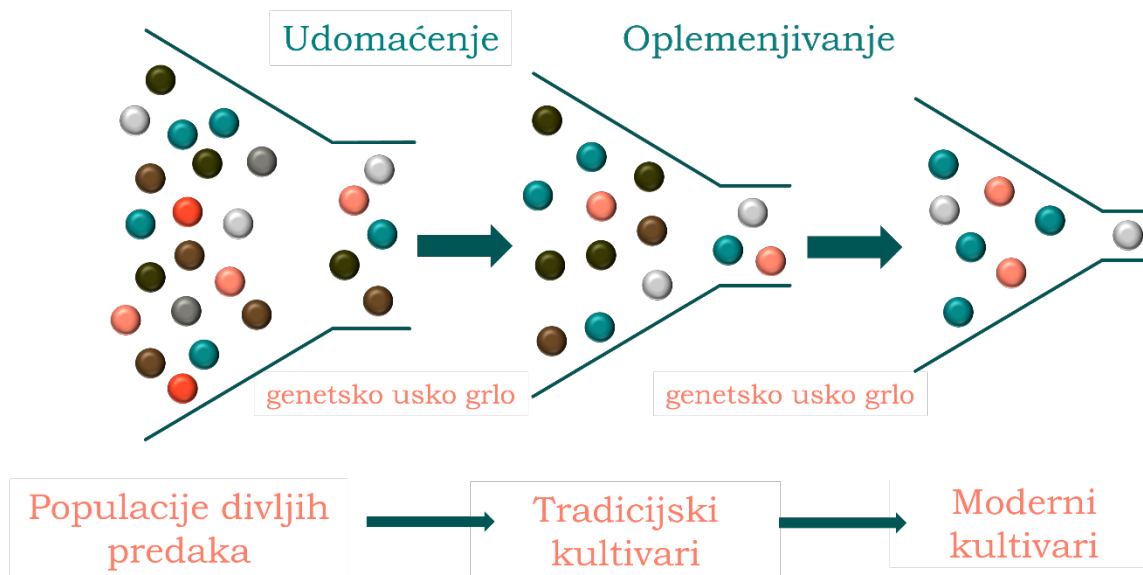
GENETSKO USKO GRLO (engl. *genetic bottleneck*) je pojava znatnog smanjenja genetske raznolikosti usljed brzog smanjenja veličine populacije.

Umjetni odabir je usmjeren 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 nikakav 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 abiotske i biotske stresove neizbježna posljedica kontinuiranog oplemenjivanja bilja genetska srodnost između modernih kultivara kao i sužavanje genetske osnove kulturnih biljnih vrsta.

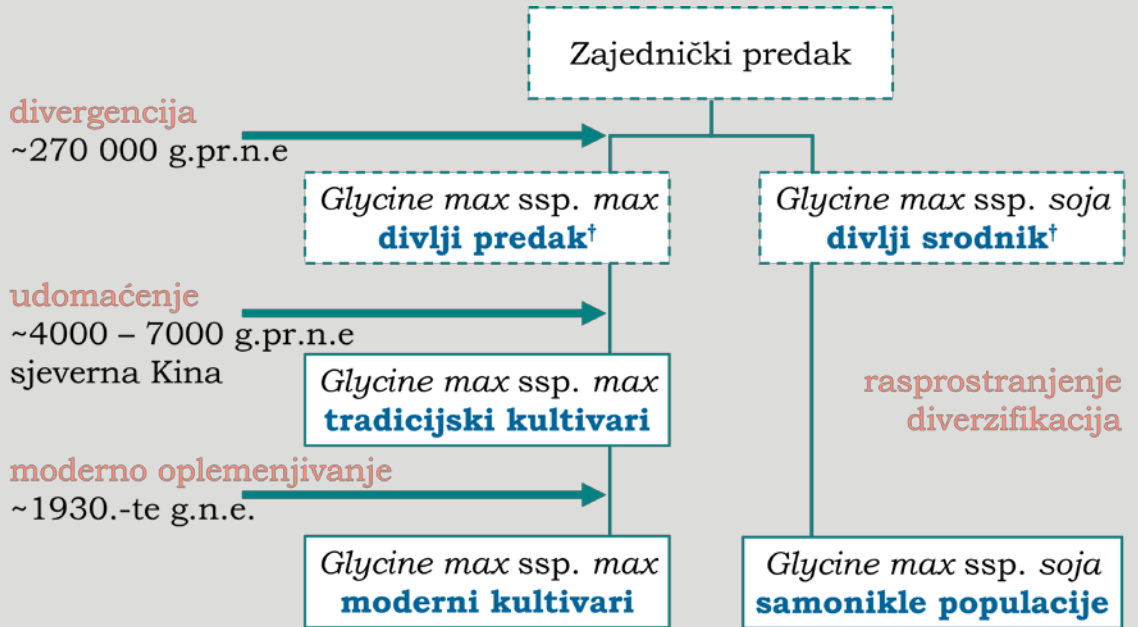


Slika 7.3. Gubitak genetske raznolikosti prilikom udomaćenja kao i tijekom modernog oplemenjivanja bilja.

Priča o soji: Genetsko usko grlo

Soja (*Glycine max* ssp. *max*) jednogodišnja je mahunarka iz porodice Fabaceae. Rod *Glycine* se dijeli 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 tercijskom genskom skupu kultivirane soje, a rasprostranjene su u široko 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*. *G. max* ssp. *soja* (sinonimi: *G. soja*, *G. ussuriensis*) je rasprostranjena na području Kine, Koreje, Japana i Rusije, ima isti broj kromosoma kao i kultivirana soja ($2n = 40$), s kojom se lako križa i daje fertile 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 %. *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).



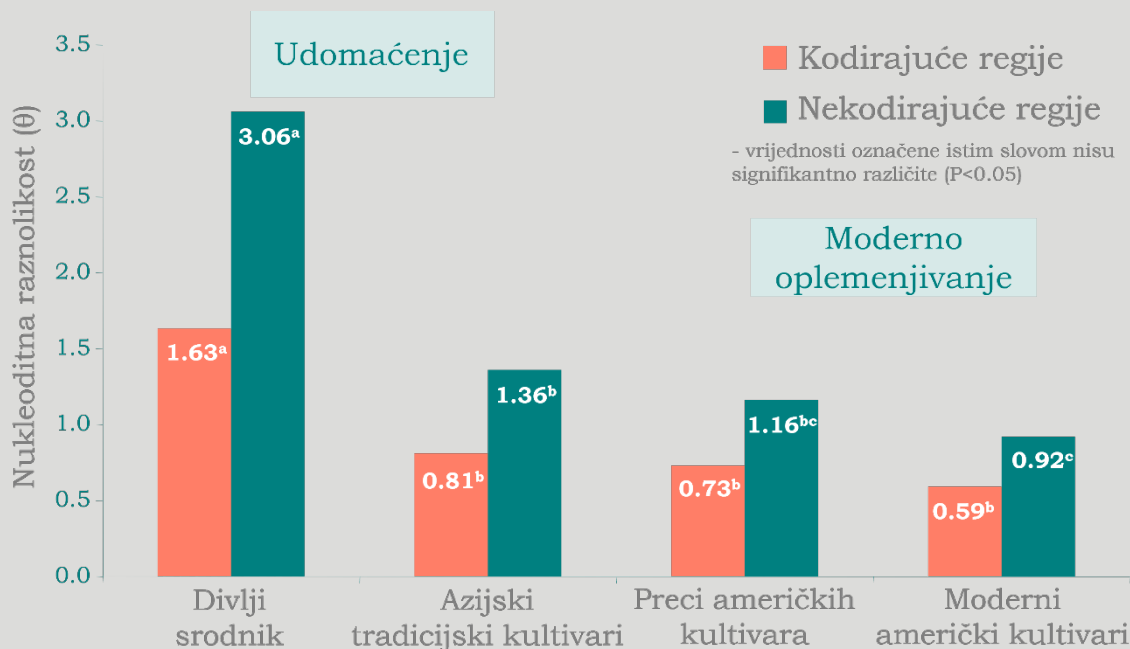
Slika 7.4. Gubitak genetske raznolikosti prilikom udomaćenja kao i tijekom modernog oplemenjivanja bilja.

Iako se donedavno smatralo da je *G. max* ssp. *soja* divlji predak kultivirane soje, skorašnjim je molekularnim istraživanjima 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 kao i na otoku Hokkaido, Japan o čemu govori veliko bogatstvo genetski raznolikih tradicijskih kultivara prilagođenih na vrlo različite klimatske i edafske prilike. Moderno oplemenjivanje soje započelo je tridesetih 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) Divlji srodnici: 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 tridesetih 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 osamdesetih 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 mjera nukleotidne raznolikosti je θ (grčko slovo theta), definirana kao udio polimorfni mjesta između genotipova koji pripadaju istoj skupini korigiran na veličinu uzorka. Od 53 000 parova baza, 25 genotipova modernih američkih

kultivara se podudaralo u 52 956 parova, a razlikovali su se u 44 para odnosno 0,83% (Slika 7.5). Navedena je razina nukleotidne raznolikosti ($\theta = 0.00083$) slična onoj zabilježenoj kod ljudi ($\theta = 0.00053-0.00083$), no znatno manja od one između modernih inbred linija kukuruza (*Zea mays*; $\theta = 0.00627$).



Slika 7.5. Usporedba nukleotidne raznolikosti divljih srodnika (*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 divljih srodnika ima signifikantno veću nukleotidnu raznolikost kako na temelju kodirajućih tako i na temelju nekodirajućih regija od kultivirane soje. Udomaćenje je imalo presudan učinak na smanjene raznolikosti, jer su azijski tradicijski kultivari zadržali tek 50 % ukupne nukleotidne raznolikosti u usporedbi s divljim srodnicima. S druge strane modernim oplemenjivanjem u SAD-e od tridesetih do osamdesetih godina prošlog stoljeća ukupna se nukleotidna raznolikost smanjila 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 je došlo zbog toga što su nukleotidne raznolikosti

nekodirajućih regija jer je došlo do naglog smanjenja veličine populacija, a time i do genetskog uskog grla.

7.2 Genetska ranjivost

Kao što smo je to 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*) je stanje uzrokovano širokim uzgojem određene kulturne biljne vrste koja je ujednačeno osjetljiva na abiotske i biotske 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 je jedan od glavnih zahtjeva proizvođača, prerađivača i potrošača, te je stoga cilj svakog modernog oplemenjivačkog programa. Štoviše, prilikom registracije novostvorenog kultivara (upisa sorte na sortnu listu) potrebno je dokazati da je taj kultivar dovoljno ujednačen jer je to jedna od važnih sastavnica DUS ispitivanja (engl. *DUS testing*) koje obuhvaća utvrđivanje različitosti (engl. *distinctness*), ujednačenosti (engl. *uniformity*) i postojanosti (engl. *stability*) (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 kao: (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 kultivari 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 GERMLAZMA (engl. *plant germplasm*) je naziv 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 (engl. *Corn Belt*) koji je 1956. godine tadašnji podpredsjednik SAD-a, Henry A. Wallace (1888. –1965) proglasio „najproduktivnijom agrikulturnom civilizacijom koju je svijet ikada vidio“. Naime, Kukuruzni je pojas naziv za plodno područje na Srednjem zapadu SAD-a prvenstveno na području američkih saveznih država Iowe, Illinois i Indiane poznato po postizanju rekordnih prinosa kukuruza. 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, visokoprosnim hibridima kukuruza koji su se brzo raširili u proizvodnji u SAD-u. S druge strane, Europski kukuruzni pojas (engl. *European Corn Belt*) se nalazi na području Panonske nizine i obuhvaća područja Hrvatske, Mađarske, Srbije, Rumunjske i Bugarske.

Odnos između podjele ishodišnog materijala 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 je prikazan 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 se mjeri 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).

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 koriste u **predoplemenjivanju** (engl. *prebreeding*) u okviru znanstvenih projekata financiranih od strane države na agronomski fakultetima i institutima, te u nacionalnim bankama biljnih gena. Predoplemenjivanje pritom

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 egozična germplazma (engl. <i>elite/exotic germplasm</i>)			
Elitna germplazma	Egzotična germplazma		
Genski skupovi (engl. <i>gene pools</i>)			
GP-1a	GP-1b	GP-2	
kulturna svojta	divlje svojte s kojima kulturna svojta može križati	srodne vrste s kojima je određenu kulturnu vrstu moguće križati (uz upotrebu modernih biotehnoloških metoda)	
Skupine svojti (engl. <i>taxon groups</i>)			
TG-1a	TG-1b	TG-2	
kulturna podvrsta	divlje podvrste	Vrste roda <i>Zea</i>	
<i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i>	<i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Zea</i>
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. <i>huehuetenangensis</i> ssp. <i>mexicana</i> ssp. <i>parviglumis</i> ssp. <i>mays</i>	<i>Zea diploperennis</i> <i>Zea perennis</i> <i>Zea luxurians</i> <i>Zea nicaraguensis</i>

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 u za učinkovitu upotrebu biljnih genetskih izvora u praktične svrhe. Rezultat predoplemenjivanja su često 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 biljni materijal pogodan za daljnje oplemenjivanje.

Na opasnost od genetske ranjivosti utječu brojni čimbenici od kojih su najvažniji (1) stupanj ujednačenosti gena za otpornost, (2) raširenost proizvodnje određene kulture ili kultivara te (3) promjene okolišnih uvjeta i evolucija patogena i štetnika.

(1) Stupanj ujednačenosti gena za otpornost: Od presudne važnosti za procjenu opasnosti od genetske ranjivosti je analiza stanja ujednačenosti gena za otpornost kod modernih kultivara koji su u uzgoju u određenoj regiji. Kao što je već bilo rečeno, moderni kultivari mnogih biljnih vrsta su međusobno prilično srodni jer se uglavnom temelje na 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 x okoliš, određeni kultivar može pokazivati zadovoljavajuću razinu otpornosti u nekim okolinama, 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 i rasa naročito ako se proizvodnja odvija u uskom plodoredu ili monokulturi uz upotrebu 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 poštiva 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 je 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 kukuruзу: Genetska ranjivost

U proizvodnji hibridnog sjemena kukuruza potrebno je križati **inbred linije** (engl. *inbred lines*) nastale kontroliranom samooplodnjom do postizanja potpune homozigotnosti. U svrhu osiguranja stranooplodnje 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.

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

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

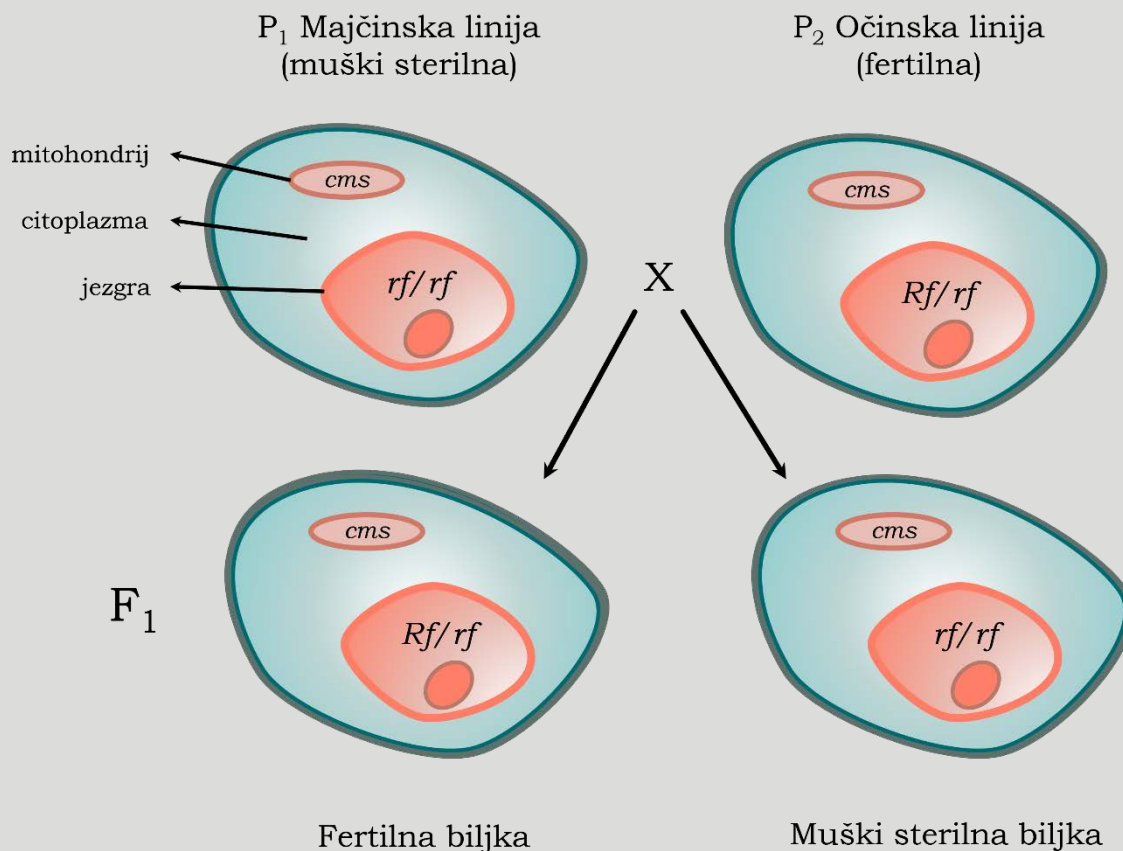
CITOPLAZMATSKA MUŠKA STERILNOST (engl. *cytoplasmic male sterility; cms*) je potpuna ili djelomična muška sterilnost koja se javlja kod mnogih biljnih vrsta, a uzrokovana je mitohondrijskim i/ili kloroplastnim genima kao i njihovom interakcijom s jezgrinim genima.

Tijekom pedesetih godina prošlog stoljeća u američkoj inbred liniji 'Golden June' primjećena 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 sterilnog T tipa uzrokovana je genom *T-urf13* koji se nalazi u mitohondrijskom genomu te se navedeno svojstvo nasljeđuje se po majci. Muški sterilne biljke tvore zakržljale prašnike te polen koji nije sposoban za oplodnju.

Plodnost potomstva muški sterilnih biljaka se može ponovo 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 se tako nastaju 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 odgovarajućih gene restorera ne utječe na prinos niti na bilo koje drugo agronomskog svojstvo.

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 pedesetih i šezdesetih godina prošlog stoljeća čak 85% površina pod kukuruzom bilo je zasijano hibridima sterilne citoplazme.



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

Godine 1970. se u SAD-u 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. Sva ranije provedena istraživanja su pokazala da nema znatnih razlika u otpornosti na bolesti između genotipova s tekšaškom (*cms-T*) i normalnom citoplazmom, pa tako i na otpornost na uobičajeni soj O pjegavosti lista kukuruza. Međutim, novonastali soj T bio je izrazito poguban za sve linije i hibride muški sterilne citoplazme tekšaškog tipa. Epidemija je započela na Floridi u ožujku 1970. godina, brzo se proširila prema sjeveru i zahvatila preko 30 američkih saveznih država. Godišnja se proizvodnja kukuruza u SAD 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 (engl. *Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops*) Nacionalne akademije znanosti (engl. *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“ (engl. *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 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 tekšaškog tipa. Naknadna analiza raširenosti pojedinih kultivara u proizvodnji u SAD-u je pokazala da se na ukupnoj površini pod kukuruzom od 26,9 milijuna hektara od 197 javno dostupnih inbred linija, njih šest je sudjelovalo u stvaranju hibridnih kultivara koje 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 hektara 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 genetska ujednačenost unutar kultivara koja je svakako poželjna, a pritom je i nužna posljedica prilikom razvitka F1 generacije odnosno 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 unutarvrstnoj 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*) je smanjenje 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 nestanka tradicijskih kultivara su (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 naše planete (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: 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.

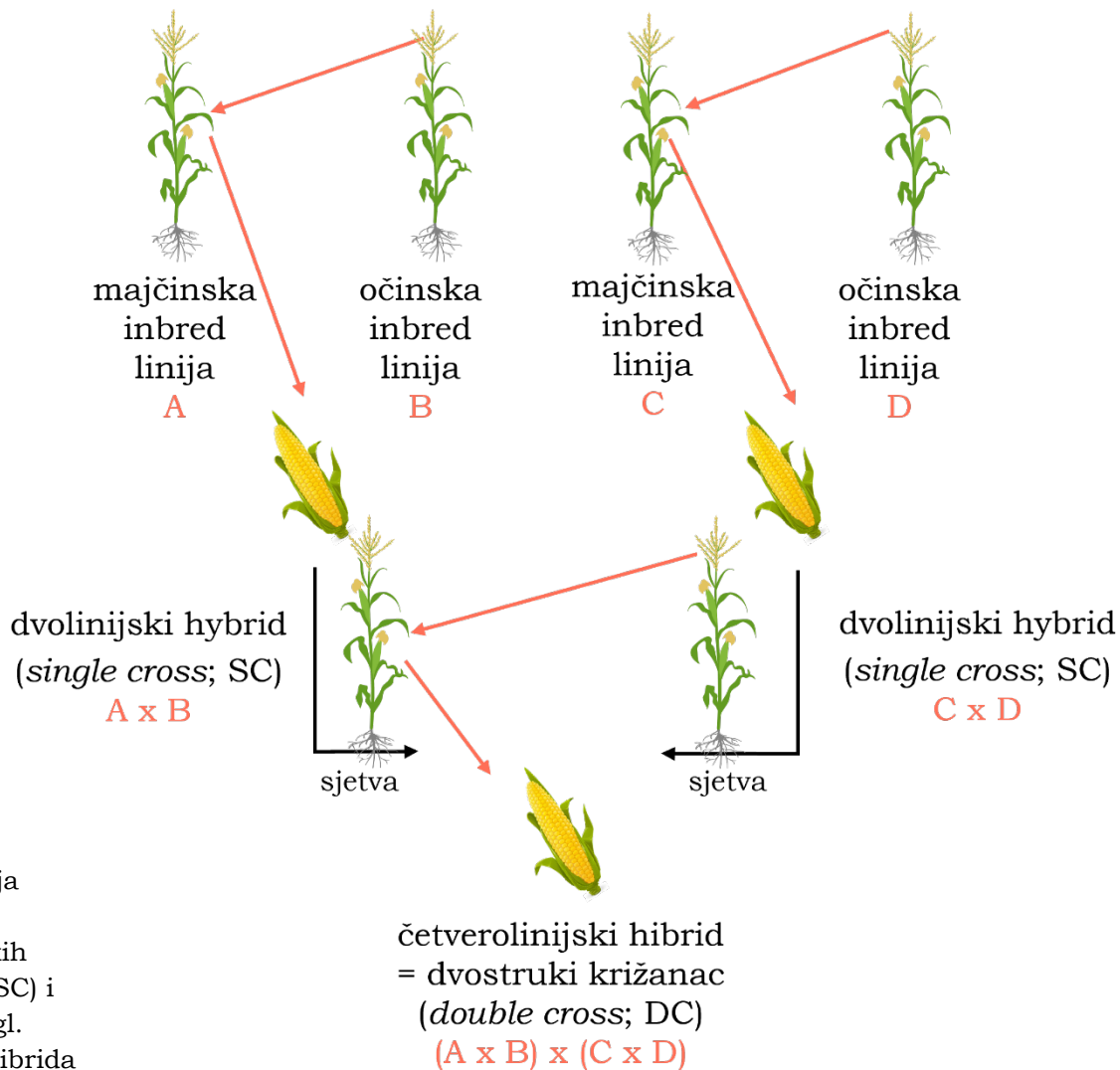
Proces zamjene tradicijskih kultivara modernima bit će objašnjen na primjeru nestanka tradicijskih kultivara kukuruza u SAD-u. Do '30-tih godina prošlog stoljeća proizvodnja kukuruza u SAD se temeljila na tradicijskim kultivarima slobodne oplodnje (engl. *open pollinated varieties*; OPV). Otkrićem heterozisa 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) koji su dominirali u proizvodnji od '30-tih sve do '60-tih godina XX. 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 prinostnije 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 je prosječan prinos kukuruza od druge polovice XIX. stoljeća do '30-godina prošlog stoljeća nije rastao, a u prosjeku iznosio je oko 2 t/ha. Uvođenje četverolinijskih hibrida prosječan se prinos od '30-tih do '60-tih 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 brojim tradicijskih kultivarima različitog podrijetla. Tradicijski kultivari 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.

Istraživanje provedeno 1994. godine je pokazalo da čak 87 % hibridnih kultivara koji su u uzgoju u SAD nastalo križanjem inbred linija koje su odabrane iz samo pet tradicijskih kultivara slobodne oplodnje ('Reid Yellow Dent', 'Lancaster Sure Crop', 'Learning Corn', 'Minnesota 13', 'Northwestern Dent'). Godine 1936. čak je 96 tradicijskih kultivara bilo korišteno 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.



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

(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 gospodarstva 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.

Postupno napuštanje uzgoja tradicijskih kultura opisano je na primjeru zapostavljenih gomoljastih kultura Anda.

UZDRŽAVAJUĆE KULTURE (engl. *subsistence crops*) su kulture koje služe za izravnu upotrebu na gospodarstvu za vlastite potrebe.

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

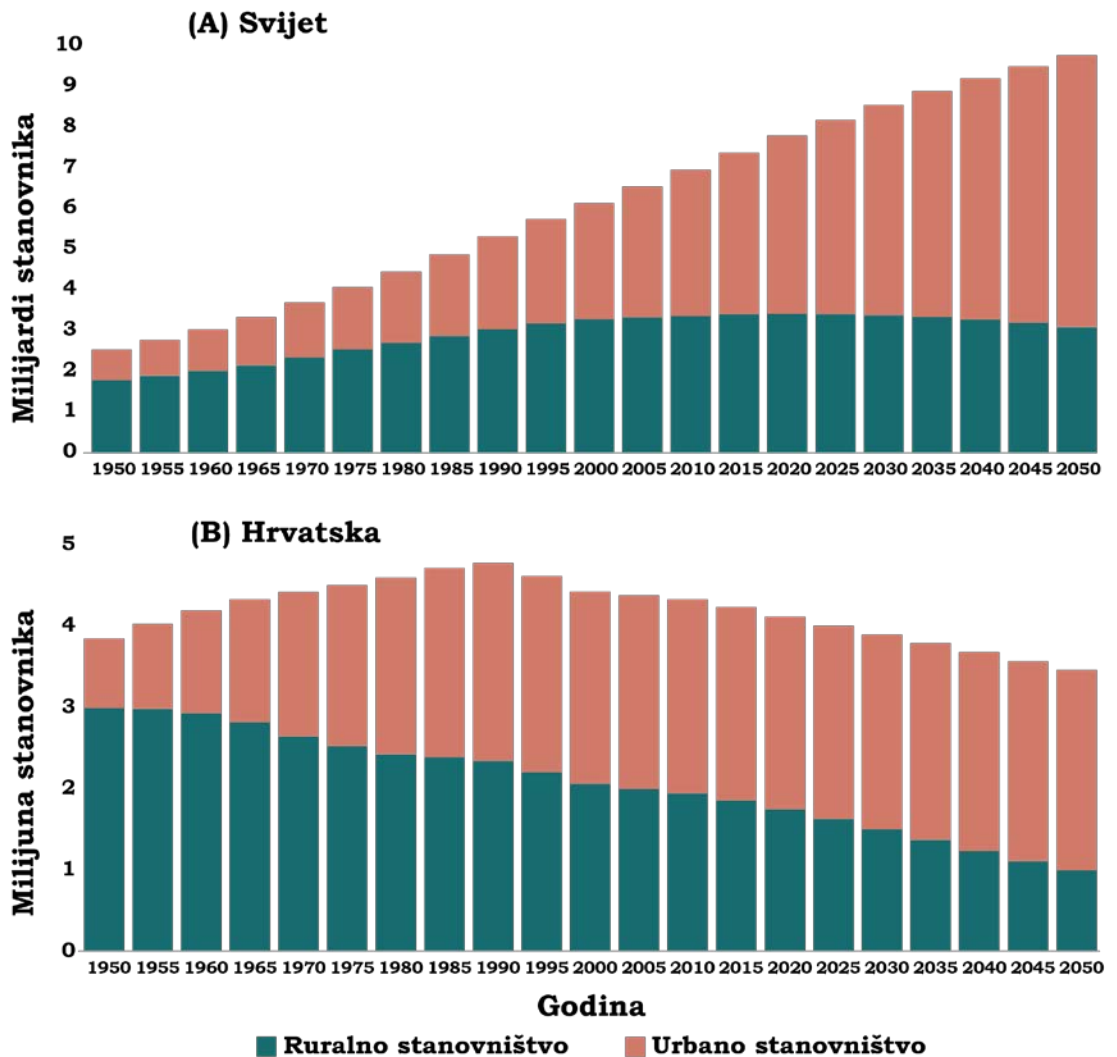
(2) Društveno-gospodarske promjene na selu: Najvažnije društveno-gospodarske promjene na selu koje znatno utječu na genetsku eroziju prvenstveno kulturnih biljnih vrsta su (2.1) Napuštanje poljoprivrede i migracija u gradove te (2.2) Ratna zbivanja i politička nestabilnost.

(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 i kultivara te postupnog raspada specifičnih lokalnih poljoprivrednih sustava.

Na temelju javno dostupnih podataka Odjela za stanovništvo Zavoda za gospodarska i društvena pitanja Ujedinjenih naroda (engl. *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 našoj Planeti 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 tek nešto više 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 je iznosio 4,16 milijuna, a ruralno je stanovništvo činilo tek 44,71 %. Predviđanja oko kretanja broja stanovništva u Republici Hrvatskoj u 2050. godini su alarmantna i to je već općepoznata informacija. Broj stanovništva će se smanjiti na 3,46 milijuna, a samo 28.69 % će ostati živjeti na selu.

(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 svezi 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 (engl. *Office of the United Nations High Commissioner for Refugees; UNHCR*) 2021. godine je na svijetu 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).

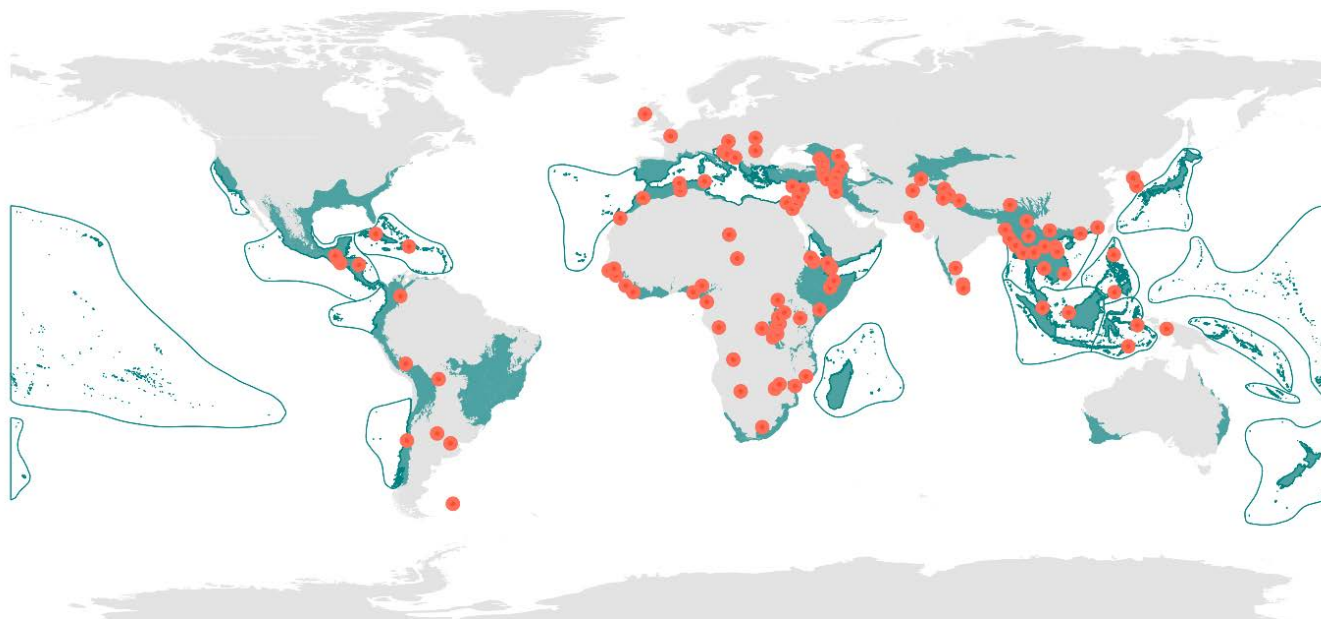
Razorne posljedice ratnih zbivanja na bioraznolikost jasno su vidljive iz rezultata istraživanja kojim se usporedila zemljopisna raspodjela vrućih točki bioraznolikosti (engl. *biodiversity hotspots*; vidi potpoglavlje 3.2) s vrućim točkama oružanih sukoba u razdoblju od 1950. do 2000. godine (Slika 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 vođena na području samih točki bioraznolikosti. Od tadašnje 34 točke bioraznolikosti, 23 su bile zahvaćene ratom.



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.).

(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 prikupljanje 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 (vjetar, voda) i invazije nepoželjnih, često alohtonih korovnih vrsta. Prekomjerno napasivanje je naročito izraženo na aridnim i poluaridnim područjima.



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

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 km². U Mongoliji se stepa proteže na 1,3 milijuna km² i predstavlja jedno je 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-tih 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-tih, 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 po hektaru 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.

OVČJA JEDINICA (engl. *sheep unit*; SU) je standardna 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 se u tu 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.

Brojnim istraživanjima u svrhu usporedbe stanja stepskih područja zahvaćenih intenzivnom ispašom i onih ekstenzivne ispaše (ili bez ispaše) utvrđene su znatne promjene u biljnom pokrovu, bogatstvu biljnih vrsta kao i nadzemnoj biomasi. Prilikom navedenih istraživanja u ozbir 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. Biljni pokrov, bogatstvo vrsta i nadzemna biomasa znatno je smanjena intenzivnom ispašom pustinjskih, suhih i visokoplaninskih stepa. Na livadnim stepama intenzivna je ispaša smanjila biljni pokrov, ali je povećala bogatstvo vrsta i nije imala gotovo nikakav utjecaj na nadzemnu biomasu, dok na planinskim stepama intenzivna ispaša nije imala nikakav utjecaj na biljni pokrov i bogatstvo vrsta, ali je zato nadzmena biomasa bila znatno smanjena. Prema „Nacionalnom izvješću o stanju pašnjaka u Mongoliji“ (engl. „*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).

(3.2) Nekontrolirano iskorištavanje samoniklih biljnih vrsta: Samonikle biljne vrste koje se najčešće nekontrolirano iskorištavaju i ilegalno prodaju su većinom drvenaste biljke, ljekovito i aromatičnog bilje te ukrasno bilje. Na temelju izvješća organizacije CITES (Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divljih životinja i biljaka; engl. *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 drvenu građu brojnih biljnih vrsta roda *Dalbergia* koja je cijenjena zbog, u većini slučajeva, crvenkaste boje i ugodna mirisa jer je bogata 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 kačunovice (*Orchidaceae*) koje se koje se koriste kao ukrasno bilje, za hranu kao i zbog ljekovitih svojstava. Za hranu se

prvenstveno koristi vanilija (*Vanilla* spp.) 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 se također beru i zbog ljekovitih svojstava, naročito u Indiji i Kini. Na ilegalnom tržištu ukrasnog bilja dominiraju vrste roda ciklas (*Cycas* spp.) kao i brojne vrste porodice kaktusovki (Cactaceae).

Prikupljanje samoniklih biljaka u komercijalne svrhe u Republici Hrvatskoj regulirano je kroz nekoliko pravnih dokumenata:

- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)
- Pravilnik o sakupljanju zaštićenih samoniklih biljaka u svrhu prerade, trgovine i drugog prometa (NN 154/08)
 - popis biljnih vrsta naveden je u Prilogu III. Pravilnika o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 99/09). Prikupljanje strogo zaštićenih biljaka je zabranjeno, osim u iznimnim slučajevima (znanstvena istraživanja, repopulacija i sl.)
 - strogo zaštićene biljne vrste navedene su u Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13) kojim je zabranjeno prikupljanje samoniklog bilja u nacionalnim parkovima, strogim rezervatima, te posebnim rezervatima ako se radi o samoniklim biljkama radi kojih je područje primarno zaštićeno.

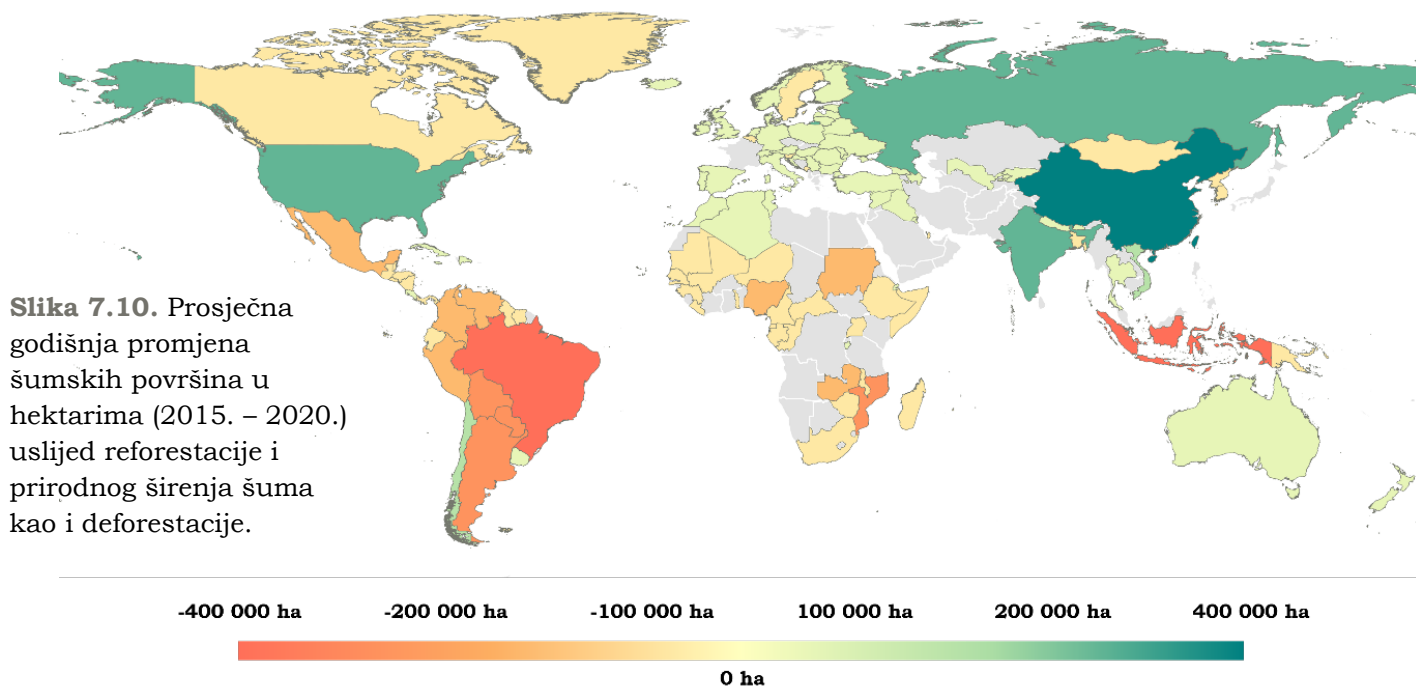
Ministarstvo zaštite okoliša i energetike izdaje dopuštenje za sakupljanje samoniklih biljaka u komercijalne svrhe. Godišnju količinu (kvotu) divljih biljaka za sakupljanje u komercijalne svrhe određuje Zavod za zaštitu okoliša i prirode unutar Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja. Zahtjev za sakupljanje samoniklih biljaka treba sadržavati sljedeće: podatke o podnositelju zahtjeva, znanstvene (latinske) i hrvatske nazive biljnih vrsta, biljne dijelove koji će se sakupljati, količinu koja se želi sakupiti, područje i razdoblje sakupljanja, metodu sakupljanja kao i namjenu sakupljenog bilja.

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

(4.1) Urbanizacija, industrijalizacija: Izgradnjom naselja, cesta, industrijskih kapaciteta, brana, turističke infrastrukture itd. prirodne se površine kontinuirano smanjuju i dolazi do njihove fragmentacije. Sve je više biljnih i životinjskih vrsta koje su ugrožene i prijeti im izumiranje zbog smanjenja brojnosti, veličine i raznolikosti populacija. U 2014. godini šest je gradova imalo preko 20 milijuna stanovnika: Tokio, Japan (38); Delhi, Indija (25); Shanghai, Kina (23); Mexico City, Meksiko (21); Mumbai, Indija (21); São Paulo, Brazil (21), a njihov se broj do 2020. godine povećao na 34.

(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 podacima organizacije FAO za razdoblje od 2015. do 2020. godine, šumske površine prosječno smanjivale za 1,45 milijuna hektara (**Slika 7.10**). Uslijed brzog rasta populacije došlo je

do izgradnje naselja i cesta, te potrebe za širenjem poljoprivrednog zemljišta. Također je ubrzan i razvoj stočarstva pa tako 25 % iskrčenih površina u Brazilu čine rančevi. Problem se dodatno pogoršava uslijed razvoja drvne industrije i velike svjetske potražnje za drvom, pa često dolazi i do ilegalne sječe. Uz to, područje Brazila odlikuje se velikim rudnim bogatstvom uključujući željezo, boksit, srebro i zlato što je dovelo do naglog razvitka rudarstva.



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

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

(5.1) Salinizacija tla, erozija tla, dezertifikacija: **Salinizacija tla**, erozija tla te **dezertifikacija** bitni su čimbenici koji doprinose genetskoj eroziji. U razdoblju od 1985. do 2000. godine obradive površine u svijetu smanjile su se za 20 %.

SALINIZACIJA TLA (engl. *soil salinization*) proces je akumuliranja soli u tlu, a posljedica je povlačenja oceana ili erozije stijena ili prevelikog navodnjavanja.

DEZERTIFIKACIJA (engl. *desertification*) proces je kvalitete tla na područjima aridne i poluaridne klime što uzrokuje nastajanje tj. Širenje pustinja ili uvjeta sličnih pustinjskima.

(5.2) Klimatske promjene: Klimatske promjene sve su veći problem za čovječanstvo. Iz tog razloga 1988. godine osnovano je 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 cilj ovog tijela prikupljanje je i obrada znanstvenih, tehničkih i društveno-gospodarskih informacija u svrhu poznavanja znanstvenog temelja za utvrđivanje rizika, potencijalnog utjecaja, te mjera prilagodbe klimatskim promjenama nastalima čovjekovim djelovanjem. Prema Petom izvješću o procjeni (IPCC Fifth Assessment Report; IPCC AR5) iz 2014. godine čovjekov utjecaj na klimatske promjene je nedvojbjen: rast globalnih temperatura zraka i oceana, otapanje snijega i leda, te porast razine mora uzrokovan je povećanjem koncentracije antropogenih stakleničkih plinova.

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

Priča o pšenici: Hibridizacija, poliploidizacija i udomaćenje

8.3 Sindrom udomaćenja

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 čovjekovoj evoluciji koji se dogodio relativno nedavno. Ukoliko pretpostavimo 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 najvažniji čimbenik utjecaja na klimatske, geološke i ekološke promjene.

Teorija evolucije engleskog znanstvenika i 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 je došlo do udomaćenja najstarijih kulturnih biljnih vrsta. Do prijelaza na agrikulturu 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). U arhologiji se vrijeme često izražava u godinama prije sadašnjosti (engl. *before present*, BP) što je uobičajen 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. BP godina 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. – 4.500. 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, 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. Konačno, 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) što 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*“; engl. „*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*“) koju je engleski znanstvenik i

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 i za nautjecajnu znanstvenu knjigu 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 *gentlemanu*, ne bi li im postupno objasnio da se sličan proces događa i bez čovjeka, u prirodi, pod utjecajem brojnih okolišnih čimbenika. Bit ovog 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 jedne te iste divlje vrste. Darwin je 1868. godine objavio i knjigu „*Promjene životinja i biljaka tijekom udomaćenja*“ (engl. „*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 *darwinizmom*. Engleski zoolog Alfreda Russela Wallace (1923. – 1913.) gotovo je istodobno i neovisno o Darwinu došao na istu ideju. Švicarski botaničar Augustin Pyramus de Candolle (1778. – 1841.) 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, što je po njegovim vlastitim riječima 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. Kako bismo utvrdili centar 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.

Priča o centrima podrijetla kultiviranih biljnih vrsta ima i svoju praktičnu stranu. Glavno je pitanje kako osigurati nužnu raznolikost ishodnišnog 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 oplemenjivanja. Postavši direktor Zavoda za primjenjenu 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 uzrokovane sušom tijekom koje je umrlo 5 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 okolinama 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 subtropskih područja Kavkaza i Turkeстана, pa sve do polarnog kruga. Vavilovljevi 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, „Vavilovljevi sveruski institut za biljnu proizvodnju“ (rus. „Всероссийский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова“; engl. „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 od više od 2000 biljnih vrsta (vidi potpoglavlje 10.3).

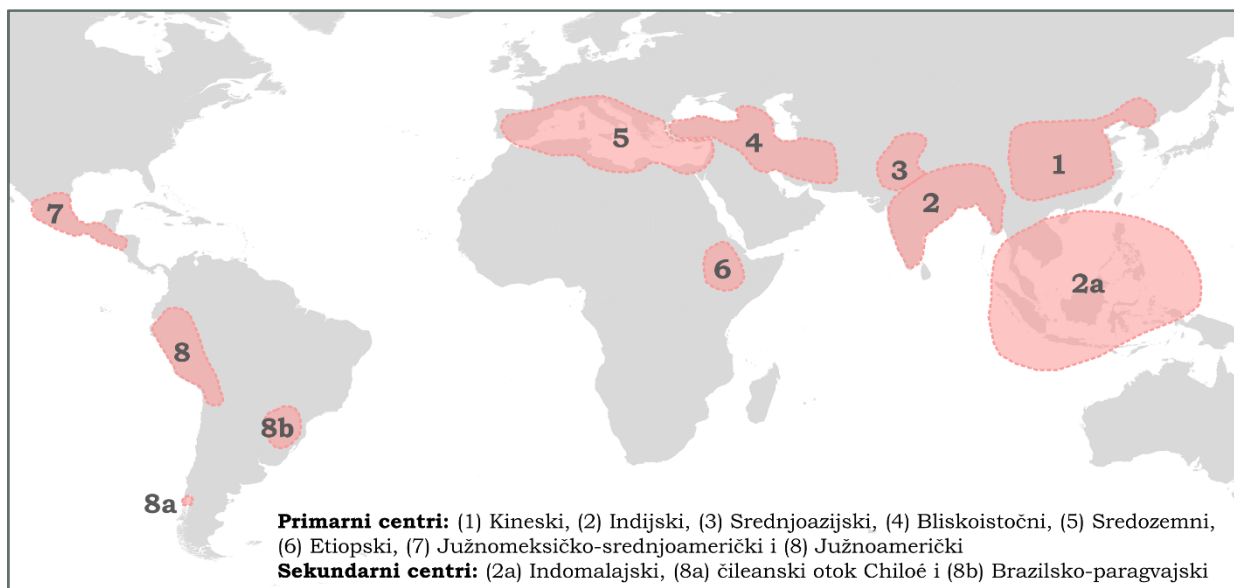
Tijekom prikupljačkih ekspedicija Vavilov je jasno uvidio da biljni genetski izvori nisu ujednačeno raspodijeljeni po svim regijama svijeta. Utvrdio je da u određenim regijama nalazimo znatno veću raznolikost određenih kulturnih biljnih vrsta kao i njihovih divljih srodnika. Godine 1926. je po prvi put 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 endemskim 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 otkrio je 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 svojstava 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 morfortipova 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.

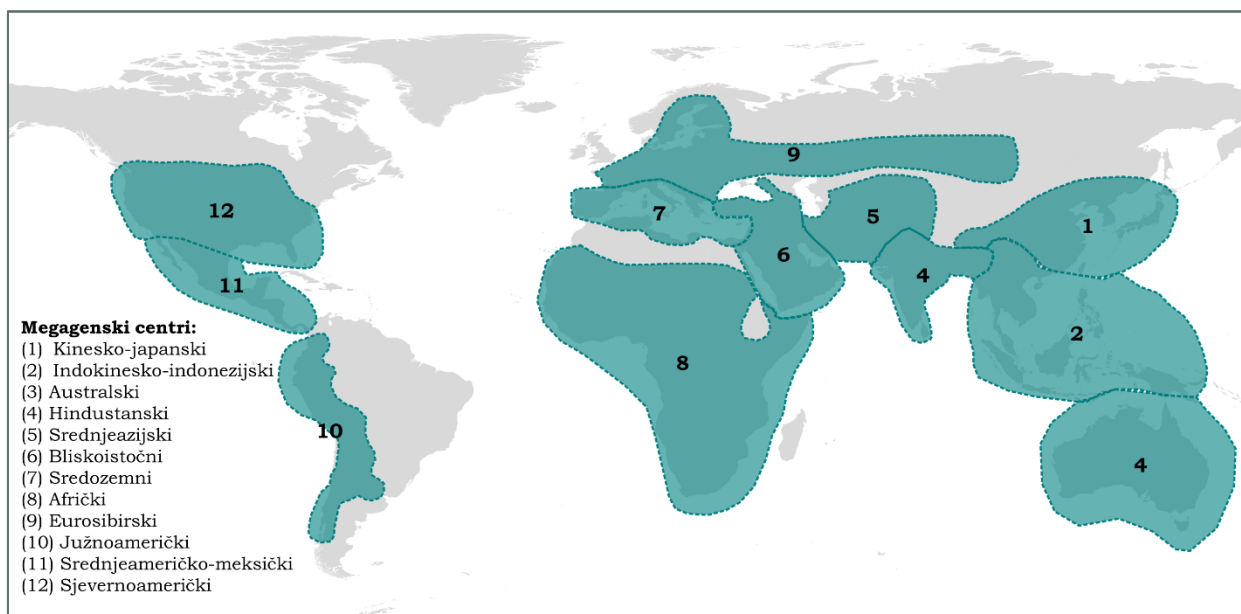
U nizu znanstvenih radova Vavilov je navodio različit broj centara podrijetla, od pet (1926. godine) do osam (1935. godine), imajući u vidu rezultate istraživanja na sve većem broju kulturnih biljnih vrsta, kao i iskustva tijekom sve većeg broja prikupljačkih ekspedicija. Godine 1935. uveo je i razliku 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 velika 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 Indija, 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 Eritreije, 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.



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) Srednjeazijski, (6) Bliskoistočni, (7) Sredozemni, (8) Afrički, (9) Eurosibirski, (10) Južnoamerički, (11) Srednjeameričko-meksički, te (12) Sjevernoamerički.



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

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. S druge strane, smatrao je da povijesni, arheološki i lingvistički podaci koji su mu bili dostupni nisu dovoljno precizni da bi se sa sigurnošću moglo utvrditi o kojoj se biljnoj vrsti i morfotipu radi.

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. Konačno, 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 Ivanovič 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, prinrodniji 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 Sveučilištu 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 primjenjenu 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 središnju i Južnu Ameriku. Između 1920. i 1940. Vavilov i njegove kolege proveli su 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 (engl. *U.S. Department of Agriculture*; USDA) te sudjeluje na kongresu fitopatologa u New Yorku. Nakon sedam godina izolacije tijekom I. svjetskog rata i Oktobarske revolucije Vavilov je bio u prilici posjetiti Veliku Britaniju, Švedsku i Nizozemsku, a najviše je vremena proveo s američkim genetičarima i oplemenjivačima. Posjetio je većinu američkih istraživačkih centara, a najviše ga je privukao laboratorij genetičara Thomasa H. Morgana (1866. – 1945.) na Sveučilištu Cornell u Ithaci. 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 pristo 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 velika, 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 Vavilovljevi život i rad postajao sve teži, uvelike zaslugom njegovog kolege Trofima Denisoviča Lisenka (1889. – 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 botačar 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 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 kao nastavljatelj djela ruskog biologa Ivana Vladimiroviča Mičurina (1855. – 1935.), izuzetno upješnog oplemenjivača voćnih vrsta, koji je bio sklon neolamarkizmu i smatrao Batesonove radove u genetici neznanstvenima. Stoga je Vavilovljev grijeh bio i taj što je Batesona osobno poznao 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 predsjedava. 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 podijetla kulturnih biljnih vrsta predlažući postojanje triju centara (engl. *centers*) i s njima povezanih triju ne-centara (engl. *noncenters*) podrijetla.

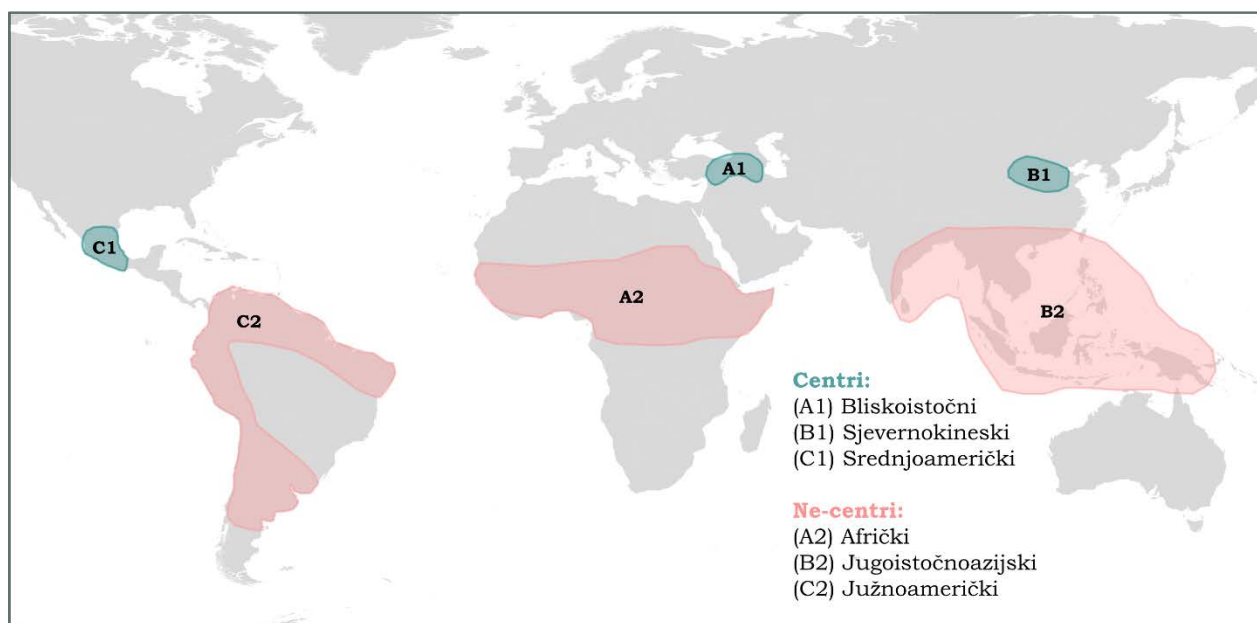
Tijekom prošlog stoljeća, a naročito poslije II. svjetskog rata, znanstvena su istraživanja postala neusporedivo brojnija i sveobuhvatnija, što je uključivalo razvitak novih znanstvenih teorija i metodoloških pristupa, kao i uvođenje novih tehnologija. Za istraživanja centara podrijetla kulturnih biljnih 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 i brojnih drugih istraživanja, kao što je to još u XIX. stoljeću predlagao francusko-švicarski botaničar Alphonse Pyramus de Candolle (1806. – 1893.). 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 veliku raznolikost određene kulturne biljne vrste nije nužno i regija u kojoj je ta biljna vrsta bila udomaćena. Pokazalo se npr. da najveću raznolikost 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). Velika 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 „kolijevke 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-



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

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 njegove 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*“ (engl. „*Crops and Man*“) Harlan piše: „Netom što sam dao ove prijedloge, nove su informacije počele nagrízati moje centre.“

8.1.3 Nazivlje

Vavilovljevo i Harlanovo nazivlje za područja na 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 udžebenika da unesu malo reda prilikom objašnjavanja procesa udomaćenja i posljedica koje su naknadno proizašle.

(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. Filogenetskim i filogeografskim istraživanjima na temelju sekvenci DNA moguće je procijeniti vrijeme genetskog razdvajanja (engl. *genetic divergence*) određene vrste od njome srodnih, te na temelju pretpostavljene onodobne rasprostranjenosti pretka i sestrinskih vrsta utvrditi na kojem je području došlo do specijacije, odnosno nastanka navedene vrste.

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 evlucijskih procesa.

AREAL (engl. *distribution range*) je područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne 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 današnjem. Samoniklu floru određene regije možemo podijeliti u autohtonu i alohtonu. **Autohtonu floru** (engl. *autochthonous/indigenous/native species*) pripadaju biljne vrste predstavljene je biljnim vrstama čija je nazočnost u određenoj regiji može rezultat isključivo prirodnih procesa, dok **alohtonu floru** (engl. *allochthonous/introduced/alien species*) čine biljne vrste čija je pojava u određenoj regiji uzrokovana ljudskim djelovanjem.

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.

(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 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 endemska 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.

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 vrste.

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

(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).

(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 alohtonj flori određene regije. Ukoliko se kulturna biljna vrsta uzgaja na području prirodnog rasprostranjenja 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 broj centara podrijetla agrikulture jer to zahtijeva podastiranje dokaza o autohtnosti 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 prijelaza na agrikulturu 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. Postoje različita mišljenja o broju i zemljopisnom smještaju centara podrijetla. 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).

Centri podrijetla koji su ujedno primarni centri udomaćenja označeni su brojevima (1-8), a 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, 3c).

(1) Istok Sjeverne Amerike: Na istoku Sjeverne Amerike je (usprkos udomaćenju niza kultura u srednjem holocenu o kojem danas postoje mnogobrojni dokazi) agrikultura u to doba ostala sporednom djelatnošću ili je čak i napuštena - što se rijetko događalo u drugim dijelovima svijeta. U tom je području udomaćena 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. Došlo je i do udomaćenja Berlandierove lobode (*Chenopodium berlandieri*) i ive (*Iva annua*) čiji se uzgoj potom potpuno zapustio, tako da danas ne postoje kulturni morfortipovi 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 i graha 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.

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	<i>Cucurbita pepo</i> ssp. <i>ovifera</i> var. <i>ovifera</i>	srednji holocen
2.	srednja Amerika	kukuruz	<i>Zea mays</i>	rani holocen
3.	sjeverne nizine Južne Amerike	muškatna bundeva	<i>Cucurbita moschata</i>	rani holocen
4.	zapadnoafričke savane	biserno proso	<i>Pennisetum glaucum</i>	srednji holocen
5.	Plodni polumjesec	pšenice	<i>Triticum</i> spp.	rani holocen
6.	zapadnoindijske savane	sumatransko proso	<i>Panicum sumatrense</i>	srednji holocen
7.	Kineska praporna visoravan	proso	<i>Panicum miliaceum</i>	rani holocen
8.	Nova Gvineja	banana	<i>Musa acuminata</i>	srednji holocen

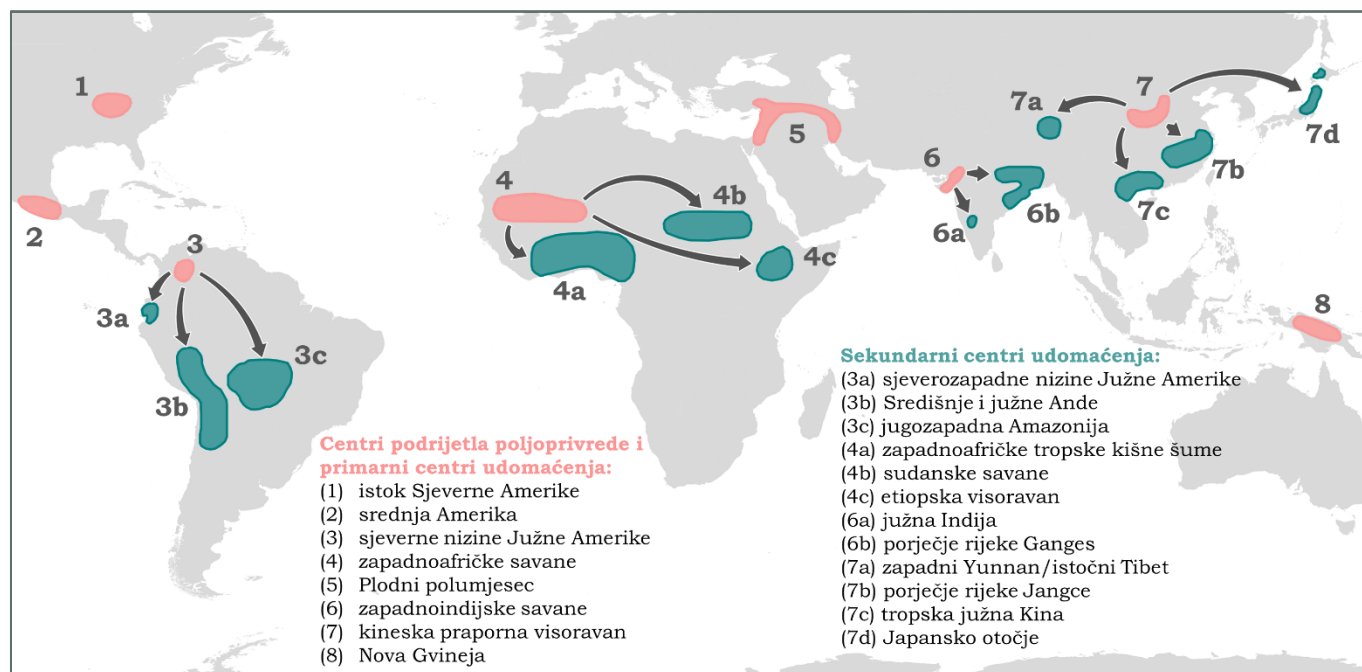
(3) Sjeverne nizine Južne Amerike: Sjever se Južne Amerike zapravo sastoji od dvije susjedne regije, sjeverne nizine koje obuhvaćaju područje sjeverne Kolumbije i južne Paname, kao i sjeverozapadne nizine u Ekvadoru. U obje je regije do udomaćenja prvih biljnih vrsta došlo u ranom holocenu tako da je 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 (*Ipomea 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 došlo do udomaćenja sirka (*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 kultiviranih biljnih vrsta. Uz biserno proso na području zapadnoafričkih savana udomaćen je i niz drugih prosolikih žitarica kao što su gvinejsko proso (*Brachicharia 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 suhsaharske 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 subteranea*) 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.

(5) Plodni polumjesec: Plodni polumjesec (engl. *Fertile Crescent*) široko je područje na Bliskom istoku (engl. *Near East*), a proteže se od Jordana i Izraela/Palistine 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. g. BP), te postupnom udomaćenju niza kulturnih vrsta koje se danas uzgajaju diljem svijeta već tijekom ranog holocena (12 000. – 9000. g. BP). Na području Plodnog polumjeseca udomaćena je krušna pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), nakon riže najvažnija prehrambena kultura na svijetu, kao i niz drugih svojiti 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*), slanetak (*Cicer 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.

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



(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 udomaćenje 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 najvažniji 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 píngyúán*) 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 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?“.

Tijekom povijesti na to se pitanje 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 tijekom ljudske povijesti morao nastati kao odgovor na neke konkretne okolišne utjecaje.

(2) „Oaza“: Australijski arheolog Vere Gordon Childe (1892. – 1957.) tridesetih je godina prošlog stoljeća prvi koji je pokušao objasniti nastanak agrikulture klimatskim promjenama. Krajem pleistocena, geološkog epohe koja je trajala od prije 2,5 milijuna do prije 12.000 godina, došlo je do zatopljanja 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. Ova je teorija poznata pod nazivom „Oaza“ (engl. „*Oasis*“, a bila je ozbiljno razmatrana od tridesetih do pedesetih godina prošlog stoljeća. Kritika ove 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 20. st., 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 alarmante vijesti o povećanju broja stanovnika na našoj Planeti, 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 ovoj teoriji nisu nikako bila naklonjena. Prenaseljenost ljudskih zajednica prije izuma agrikulture prema ovoj 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*“ (engl. „*The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective*“) objavljenoj 1984. godine predložio je 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.

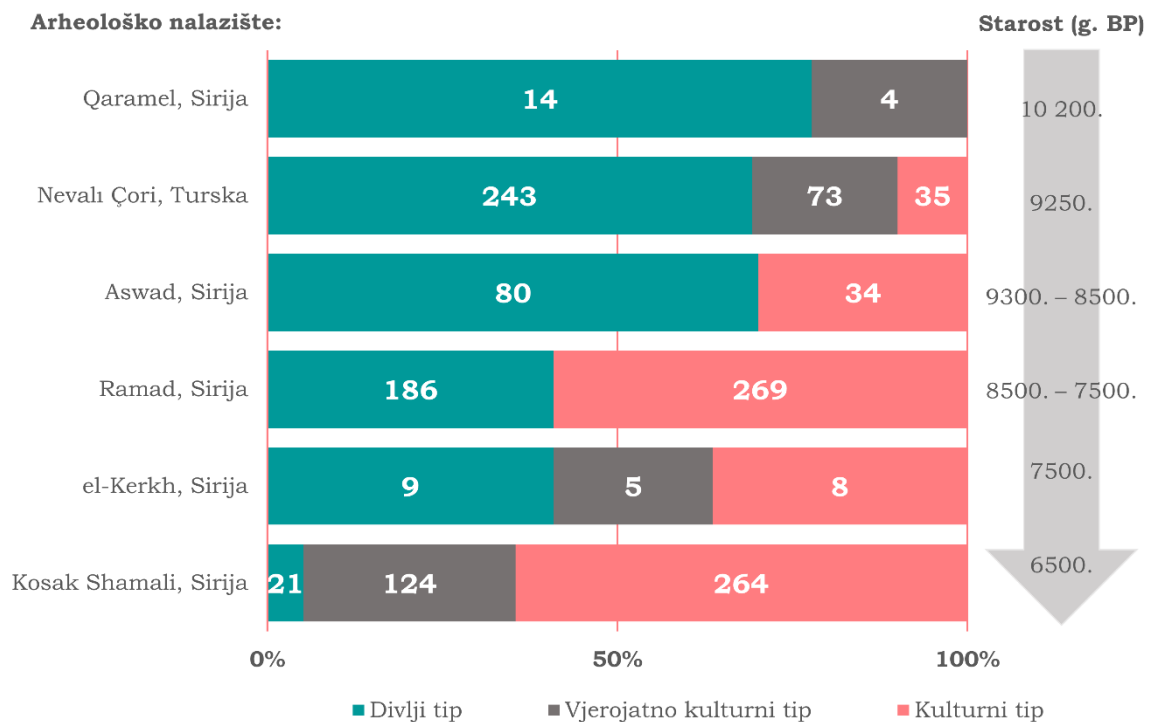
Tablica 8.2.
Evolucijska
klasifikacija
sustava
iskorištenja
biljnih vrsta.

Temelj prehrane	Prikupljanje	Uzgoj
Prehrana se temelji isključivo na divljim biljnim vrstama	Prikupljanje divljeg bilja	-
Prehrana i divljim i kultiviranim morfortipovima	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

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 ječma na arheološkim nalazištima na području Plodnog polumjeseca moguće je utvrditi radi li se o divljem ili kultiviranom morfortipu. Divlji morfortipovi pšenica kao što su divlji pir jednozrnac (*Triticum monococcum* ssp. *boeoticum*) i divlji pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicocoides*) 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. *dicocum*)] 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).

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 između od 10 200 do 6500 godina BP



(9) „Natjecateljska gozba“: Devedestih 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 preoceanska putovanja, ali i uzrokovala niz pljačkaških pohoda, ratova između svjetskih sila i pokolja domorodačkog stanovništva, ne treba zanemariti i utjecaj društvenog prestiža na tijek povijesti čovječanstva. Međutim, ipak, prve udomaćene vrste

nisu bile neke osobite delicije već temeljne prehrabene kulture, nužne za golo preživljavanje.

(10) „Mlađi drijas“: Teorija „Mlađeg drijasa“ (engl. „*Younger Dryas*“) objašnjenje nastanka agrikulture vidi se u klimatskim promjena 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. g. BP) geološka je epoha u kojoj je došlo i do posljednjeg glacijalnog maksimuma (*Last Glacial Maximum*; LGM; 23 000. – 18 000. g. BP), najhladnijeg razdoblja kada je rasprostranjenje ledenog pokrova i ledenjaka bilo najveće. Krajem pleistocena došlo je do zatopljenja Bølling-Allerød (14 700. – 12 900. g. 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. *dicocoides*) i divlji predak kultiviranog ječma, vrsta *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*, te pravili kruh i pivo. Na raspolaganju su imali i brojnu populaciju gazela (*Gazella gazella*), pa ne iznanađuje da im je populacija neprekidno rasla. 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.

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 počesto 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 km²) 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.

Pripadnici naroda !Kung (vidi potpoglavlje 4.3) koji su i dan-danas većinom lovci-sakupljači tjedno potroše jedva 12 do 19 sati za osiguravanje potrebne hrane za sebe i svoju obitelj. Američki geograf, povjesničar i ornitolog Jared Diamond poznat po znanstveno-popularnom bestselleru „Sva naša oružja: Zarazne bolesti, čelik i puške“ (engl. „Guns, Germs, and Steel“) objavljenom 1997. godine u članku „Najgora pogreška u povijesti ljudskog roda“ (engl. „The Worst Mistake in the History of the Human Race“) citirao odgovor pripadnika naroda !Kung na 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 stablo koje raste na području subtropske 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* var. *altissima*) koja je udomaćena tek u XVII. stoljeću, a smatra se jednom od 10 glavnih prehrambenih kultura (vidi potpoglavlje 9.3).

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 Antarkrtike, što je poprilično 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 (engl. *Midwest*) da se u tihoj noći može čuti kako kukuruz

raste, nedavno je potvrđena. Znanstvenici sa Sveučilišta u Nebraski - Lincoln (engl. *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 udomačenja niza biljnih vrsta bez kojih bi današnja poljoprivredna proizvodnja bila prilično osiromašena. Kao što je već navedeno u 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 udomačenja: 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 udomačenja 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 udomačenja.

U srednjem holocenu agrikultura se proširila i do 3b. središnjih i južnih Anda. Na tom je području udomačen 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 udomačen 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 jer je neovisno udomačen dva puta, u Meksiku (centar udomačenja 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 udomačenja proistekao iz primarnog centra 3. sjeverne nizine Južne Amerike je 3c. jugozapadna Amazonija. Najvažnije kulture udomačene na tom području su 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 udomačenja na području Sjeverne i Južne Amerike, te najvažnije udomačene biljne vrste.

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

Centar udomaćenja	Udomaćena biljna vrsta	
1. istok Sjeverne Amerike	Berlindierova loboda	<i>Chenopodium berlander</i>
	obična bundeva	<i>Cucurbita pepo</i> ssp. <i>ovifera</i> var. <i>ovifera</i>
	suncokret	<i>Helianthus annuus</i>
	iva	<i>Iva annua</i>
2. srednja Amerika	krvavocrveni šćir	<i>Amaranthus cruentus</i>
	tamnobojni šćir	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>
	čili	<i>Capsicum annum</i>
	zimsko bundeva	<i>Cucurbita argyrosperma</i>
	obična bundeva	<i>Cucurbita pepo</i> ssp. <i>pepo</i>
	guahe	<i>Leucana esculenta</i>
	hikama	<i>Pachyrhizus srosus</i>
	avokado	<i>Persa americana</i>
	grah lima*	<i>Phaseolus lunatus</i>
	grah*	<i>Phaseolus vulgaris</i>
3. sjeverne nizine Južne Amerike	čajote	<i>Sechium edule</i>
	mombin	<i>Spondias mombin</i>
	kukuruz	<i>Zea mays</i>
	muškatna bundeva	<i>Cucurbita moschata</i>
	leren	<i>Calathea allouia</i>
	jestiva kana	<i>Canna indica</i>
	indijanski jam	<i>Dioscorea trifida</i>
3a. sjeverozapadne nizine Južne Amerike	slatki krumpir	<i>Ipomea batatas</i>
	karipsko zelje	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>
	brazilski grah	<i>Canavalia ensiformis</i>
	ekvadorska bundeva	<i>Cucurbita ecuadorensis</i>
3b. središnje i južne Ande	barbadoski pamuk	<i>Gossypium barbadense</i>
	kakaovac	<i>Theobroma cacao</i>
	repati šćir	<i>Amaranthus caudatus</i>
	kaniva	<i>Chenopodium pallidicuale</i>
	kinoa	<i>Chenopodium quinoa</i>
	smokvolisna bundeva	<i>Cucurbita ficifolia</i>
	oka	<i>Oxalis tuberosa</i>
grah lima*	<i>Phaseolus lunatus</i>	
grah*	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
trešnjolika rajčica	<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	
krumpir	<i>Solanum tuberosum</i>	
mašua	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	
uljuko	<i>Ullucus tuberosus</i>	

Nastavak **Tablice 8.3.**

3c. jugozapadna Amazonija	kikiriki	<i>Arachis hypogaea</i>
	breskvina palma	<i>Bactris gasipaes</i>
	čili	<i>Capiscum baccatum</i>
	čili	<i>Capiscum chinense</i>
	velika bundeva	<i>Cucurbita maxima</i>
	kasava	<i>Manihot esculenta</i>

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

(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 žuti (*Dioscorea cayenensis*) i bijeli jam (*Dioscorea rotundata*), te afrički krumpir (*Coleus esculentus*) prije no 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 zanimljiva kultura udomaćena na području sudanskih savana je 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).

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*) i etiopska banana (*Ensete ventricosum*). Uz navedene žitarice i korjenasto-gomoljaste kulture, udomaćen je etiopski grašak (*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.

(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 podkontinenta 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 Gudžareta i Radžastan (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 (*Brachiaria 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 (*Brachiaria ramosa*) i graha *kulthi* (*Macrotyloma uniflorum*), kulture 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.

Tablica 8.4.
Pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomačenja na području Afrike, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Centar udomačenja	Udomaćene biljne vrste	
4. zapadnoafričke savane	biserno proso	<i>Cenchrus americanus</i>
	baobab	<i>Adonsonia digitata</i>
	gvinejsko proso	<i>Brachiaria deflexa</i>
	bijeli fonio	<i>Digitaria exilis</i>
	crni fonio	<i>Digitaria iburua</i>
	kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i>
	afrička riža	<i>Oryza glaberrima</i>
	grah bambara	<i>Vigna subteranea</i>
	crnookica	<i>Vigna unguiculata</i>
	4a. zapadnoafričke tropske kišne šume	uljna palma
kola		<i>Cola acuminata</i>
goraka kola		<i>Cola nitida</i>
žuti jam*		<i>Dioscorea cayenensis</i>
bijeli jam		<i>Dioscorea rotundata</i>
4b. sudanske savane	afrički krumpir	<i>Coleus esculentus</i>
	sirak	<i>Sorghum bicolor</i>
	rozela	<i>Hibiscus sabdariffa</i>
4c. etiopska visoravan	lablab	<i>Lablab prupureus</i>
	tef	<i>Eragrostis tef</i>
	etiopska zob	<i>Avena abyssinica</i>
	krumpir ačote	<i>Coccinia abyssinica</i>
	kava	<i>Coffea arabica</i>
	žuti jam*	<i>Dioscorea cayenensis</i>
	prstasto proso	<i>Eleusine coracana</i>
	etiopska banana	<i>Ensete ventricosum</i>
niger	<i>Guizotia abyssinica</i>	
	etiopski grašak	<i>Pisum abyssinicum</i>

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

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 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. *subsistence crop*), te presudna za osiguranje sigurnosti prehrane milijuna najsiromašnjih stanovnika naše Planete (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, ta 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 spontanih križanaca. 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 subtropske 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. Nánlíng; '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 vrsta.

Centar udomaćenja	Udomaćene biljne vrste	
5. Plodni polumjesec	slanutak	<i>Cicer arietinum</i>
	ječam	<i>Hordeum vulgare</i>
	leća	<i>Lens culinaris</i>
	lan	<i>Linum usitatissimum</i>
	maslina	<i>Olea europaea</i>
	grašak	<i>Pisum sativum</i>
	pšenice	<i>Triticum</i> spp.
6. zapadnoindijske savane	bob	<i>Vicia faba</i>
	dinja*	<i>Cucumis melo</i>
	grah kulthi*	<i>Macrotyloma uniflorum</i>
	sumatransko proso	<i>Panicum sumatrense</i>
	sezam	<i>Sesamum indicum</i>
6a. južna Indija	crni grah mungo	<i>Vigna mungo</i>
	grah mungo*	<i>Vigna radiata</i>
	razgranjeno proso	<i>Brachiaria ramosa</i>
	grah kulthi*	<i>Macrotyloma uniflorum</i>
	grah mungo*	<i>Vigna radiata</i>
	kajan	<i>Cajanus cajan</i>
	grimizna bundeva	<i>Coccinea grandis</i>
	krastavac	<i>Cucumis sativus</i>
6b. porječje rijeke Ganges	lufa	<i>Luffa</i> spp.
	momordika	<i>Momordica charantia</i>
	indijsko proso	<i>Echinochloa frumentacea</i>
	riža podvrste <i>indica</i>	<i>Oryza sativa</i> ssp. <i>indica</i>
7. Kineska praporna visoravan	indijska bundeva	<i>Preacitrus fistulosus</i>
	zmijska bundeva	<i>Trichosanthes cucumerina</i>
	konoplja	<i>Cannabis sativa</i>
	soja*	<i>Glycine max</i>
	proso	<i>Panicum miliaceum</i>
	marelica	<i>Prunus armeniaca</i>
7a. zapadni Yunnan/istočni Tibet	breskva	<i>Prunus persica</i>
	klipasti muhar	<i>Setaria italica</i>
	heljda	<i>Fagopyrum esculentum</i>
7b. porječje rijeke Jangce	tatarska heljda	<i>Fagopyrum tataricum</i>
	ramija	<i>Boehmeria nivea</i>
	dinja*	<i>Cucumis melo</i>
	riža podvrste <i>japonica</i>	<i>Oryza sativa</i> ssp. <i>japonica</i>
7c. tropska južna Kina	Jobove suze	<i>Coix lachryma-jobi</i>
	taro*	<i>Colocasia esculenta</i>
	ljubičasti jam*	<i>Dioscorea alata</i>
	palma sago*	<i>Metroxylon sagu</i>
7d. Japansko otočje	veliki čičak	<i>Arctium lappa</i>
	japansko proso	<i>Echinochloa utilis</i>
	soja*	<i>Glycine max</i>
	perila	<i>Perilla frutescens</i>
	grah azuki	<i>Vigna angularis</i>

Tablica 8.5.
Pretpostavljeni primarni i sekundarni centri udomaćenja na području Azije i Oceanije, te najvažnije udomaćene biljne vrste.

Nastavak
Tablice 8.5.

8. Nova Gvineja	divovski taro	<i>Alocasia macrorrhiza</i>
	kruhovac	<i>Artocarpus altilis</i>
	taro*	<i>Colocasia esculenta</i>
	ljubičasti jam*	<i>Dioscorea alata</i>
	mali jam	<i>Dioscorea esculenta</i>
	palma sago*	<i>Metroxylon sagu</i>
	banana	<i>Musa acuminata</i>
šećerna trska	<i>Saccharum officinarum</i>	

*vrste neovisno udomaćene i u nekom drugom centru

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. *boeoticum*; $2n = 2x = 14$; 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.

Tip	Diploidna ($2n = 14$; AA)	Tetraploidna ($2n = 28$; AABB)	Heksaploidna ($2n = 42$; AABBDD)
Divlja (lomljivo klasno vreteno, pljevičasto pšeno)	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>boeoticum</i> (divlji pir jednozrnac)	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccoides</i> (divlji pir dvozrnac)	-
Kulturna (čvrsto klasno vreteno; pljevičasto pšeno)	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i> (pir jednozrnac; engl. <i>einkorn wheat</i>)	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccum</i> (pir dvozrnac; engl. <i>emmer wheat</i>)	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> (pravi pir, krupnik; engl. <i>spelt wheat</i>) <i>T. aestivum</i> ssp. <i>macha</i> <i>T. aestivum</i> ssp. <i>vavilovii</i>
Kulturna (čvrsto klasno vreteno; golo pšeno)	-	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>turgidum</i> conv. <i>durum</i> (tvrda pšenica; engl. <i>durum wheat</i>) <i>T. turgidum</i> ssp. <i>turgidum</i> conv. <i>turgidum</i> <i>T. turgidum</i> ssp. <i>turgidum</i> conv. <i>turanicum</i> <i>T. turgidum</i> ssp. <i>polonicum</i> <i>T. turgidum</i> ssp. <i>georgicum</i>	<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i> (krušna pšenica; engl. <i>bread wheat</i>) <i>T. aestivum</i> ssp. <i>compactum</i> <i>T. aestivum</i> ssp. <i>sphaerococcum</i>

Tablica 8.6.
Klasifikacija
svojni pšenice
prema tipu
(divlje i
kulturne) i
razini ploidnosti
(diploidne,
tetraploidne i
heksaploidne)

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 tijekom međuvrskih hibridizacija praćenih poliploidizacijom prilikom kojeg 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. *boeoticum*) na području jugoistočne Turske u ranom holocenu. Obje su vrste diploidne ($2n = 2x = 14$; genom $A^m A^m$), a molekularne su analize pokazale da je kulturni pir jednozrnac genetski najsirodniji divljim populacijama prikupljenima na području planine Karaca (Karaca Dağ) u pokrajini Diyarbakır u jugoistočnoj Anadoliji. Ta 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 aeodinamičnim, 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 ove 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.

Tijekom 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*; $2n = 2x = 14$; $A^u A^u$) i vrste *Aegilops speltioides* ($2n = 2x = 14$; SS). Tako je nastao divlji pir dvozrnac (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides*; $2n = 4x = 28$; $A^u A^u BB$) 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. g. 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 onima kulturnima 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* ($2x = 2n = 14$; 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. g. BP nastale heksaploidne 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 rasprostriranja sjemena, (2) Smanjenje biljnih organa koji služe rasprostriranju sjemena, (3) Gigantizam, (4) Smanjenje ili gubitak dormantnosti sjemena, (5) Ujednačeno nicanje i zrioba, (6) Promjene habitusa biljke i (7) Povećanje ukusnosti.

(1) Ograničavanje rasprostiranja sjemena: Jedno od najuočljivijih morfoloških svojstava po kojima se divlji tipovi žitarica i mahunarki razlikuju od kultiviranih svojstava povezana s rasprostranjem 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 kulturnih 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 seljak 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.

SINDROM UDOMAČENJA (engl. *domestication syndrome*) je skupina biljnih svojstva koja su se promijenila tijekom udomačenja.

(2) Smanjenje biljnih organa koji služe rasprostranju sjemena: Biljne vrste posjeduju različite strukture koje im omogućavaju rasprostranje 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 rasprostranju sjemena zapravo nusprodukt povezan s izostankom prirodnog odabira na uspješnije rasprostranje 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 udomačenja uzrokovano obradom i ukopavanjem sjemena u tlo. Kod povrtnih i voćnih vrsta prilikom udomačenja 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 udomačenje 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 udomačenja 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 stabličnih 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 udomačenjem 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 udomaćenjem često dolazi do skraćivanja 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, determiniraniji 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. Jedinствене 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*).

Priča o kukuruzu: Genetska osnova sindroma udomaćenja

U rodu *Zea* postoji pet biljnih vrsta (*Z. diploperennis*, *Z. perennis*, *Z. luxurians*, *Z. mays* i *Z. nicaraguensis*) 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 ($2n = 4x = 20$). Unutar vrste *Zea mays* postoje četiri podvrste (ssp. *huehuetenangensis*, ssp. *mexicana*, ssp. *parviglumis* i ssp. *mays*). Kukuruz (*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, ssp. *mexicana* na visoravnima u sjevernom i središnjem Meksiku, a ssp. *parviglumis* u nizinskom obalnom području središnjeg i južnog Meksika.

Tablica 8.7.
Klasifikacija
roda *Zea*.

Vrsta	Podvrsta	Broj kromosoma	Životni ciklus
<i>Zea diploperennis</i>		$2n = 2x = 10$	višegodišnja
<i>Zea perennis</i>		$2n = 4x = 20$	višegodišnja
<i>Zea luxurians</i>		$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
<i>Zea mays</i>	ssp. <i>huehuetenangensis</i>	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
	ssp. <i>mexicana</i>	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
	ssp. <i>parviglumis</i>	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
	ssp. <i>mays</i>	$2n = 2x = 10$	jednogodišnja
<i>Zea nicaraguensis</i>		$2n = 2x = 10$	jednogodišnja

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*, ssp. *mexicana* i ssp. *parviglumis* utvrđeno je da je kukuruz najrodniji 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.

(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 tvrde.

(2) Gigantizam: Jedna od najočitijih razlika između divljeg pretka, podvrste ssp. *parviglumis* i kukuruza je ta što kukuruz umjesto dvorednog klasa tvori svojstveni višeredni klip. Smatra se da je ta promjena povezana s genom *zfl2* (*Zea Floricaula/Leafy2*) homolognom genima *flo* (*Floricaula*) velike zjevalice (*Antirrhinum majus*) i *lfy* (*Leafy*) talijinskog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana*). 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 radova 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* (*proliferacy*) koji regulira ekspresiju gena *gt1* (*grassy tillers 1*) gena 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?

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

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 prekoceanska 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 koje 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. Presudnu je ulogu tu odigrao čovjek, razvijajući kulture i civilizacije, neumorno je 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. Pritom su neke vrste postale glavne prehrambene kulture koje se uzgajaju po svim kontinentima, gdje god je to

moguće, a nekima je i dandanas uzgoj ograničen na područja u kojima su i bile udomaćene.

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 koliko ih je i koje su to kulture na kojima se temelji opstanak čovječanstva. 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 uzdražavajuće (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 razmnažanje; 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) Reproductivna 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 (<i>Glycine max</i> ssp. <i>max</i>)
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 (<i>Zea mays</i> ssp. <i>mays</i>)
3.	Međuvrsna hibridizacija i poliploidizacija prije udomaćenja	Jedan ili više ciklusa hibridizacije i poliploidizacije između divljih vrsta prije udomaćenja.	Kikiriki (<i>Arachis hypogea</i>)
4.	Međuvrsta hibridizacija i poliploidizacija tijekom udomaćenja	Međuvrsna hibridizacija između kultivirane biljne vrste i divljeg srodnika, uz naknadnu poliploidizaciju.	Pšenica (<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i>)
5.	Kombinacija mehanizama	Model koji uključuje kombinaciju navedenih mehanizama.	Kupus (<i>Brassica</i> spp.)

(1) Reproductivna 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 divlji srodnik soje je divlja soja (*G. max* ssp. *soja*), no čini se da divlja soja ipak nije i divlji predak kultivirane soje, iako se smatra da je vrlo vjerojatno bio po svojoj morfologiji sličan divljoj soji. Divlja je soja diploid i ima

isti broj kromosoma kao i kultivirana soja ($2n = 40$). S kultiviranom se sojom lako križa i pritom dolazi do pravilnog sparivanja kromosoma u mejozi pri čemu nastaju fertilni križanci. 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. Time se poticao genetski otklon (engl. *genetic drift*; vidi poglavlje 7.1) koji je naposljetku doveo do razvitka reproduktivnih barijera između divljeg pretka i kultiviranih genotipova. Kuturna je soja pritom razvila kleistogamni tip oplodnje prilikom kojeg se oplodnja zbiva unutar neotvorenog cvijeta (u pupu), te rezultira gotovo potpunom samooplodnjom. Takav model udomaćenja primijećen je i kod graha (*Phaseolus vulgaris*), 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 vrsta 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 spontanijih 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 hypogea*), 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. ipaënsis*; $2n = 2x = 20$; genom: BB). Spontanijim križanjem navedenih vrsta nastala je tetraploidna vrsta *A. monticola* ($2n = 4x = 40$; genom: AABB) za koju se pretpostavlja da je izravni divlji predek 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. ipaënsis*) 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 (*Ipomea batatas*) i kokosa (*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* ($2n = 2n = 14$; 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* L.), 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 ovog 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 kulturne vrste su: 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.

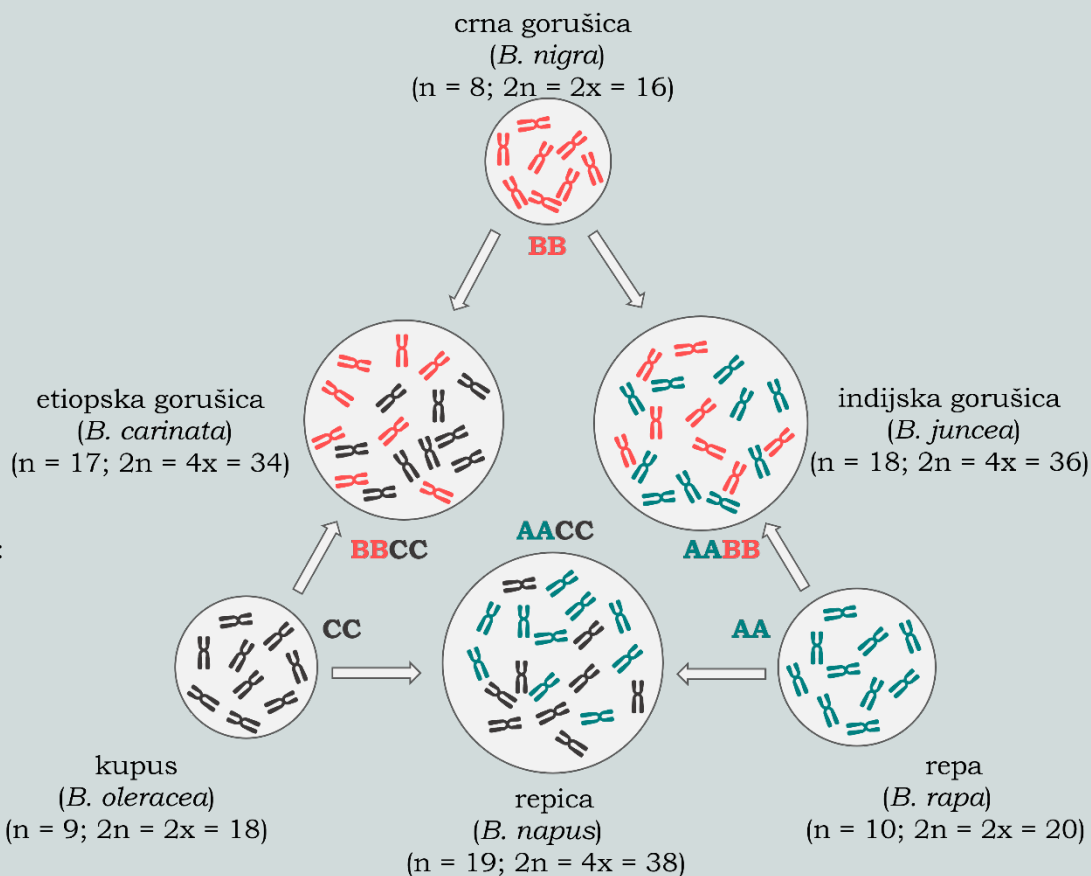
Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	n	Genom
1.	<i>B. rapa</i>	repa	10	AA
2.	<i>B. nigra</i>	crna gorušica	8	BB
3.	<i>B. oleracea</i>	kupus	9	CC
4.	<i>B. juncea</i>	indijska gorušica	18	AABB
5.	<i>B. napus</i>	repica	19	AACC
6.	<i>B. carinata</i>	etiopska gorušica	17	BBCC

n – haploidni broj kromosoma

Tablica 9.2.
Šest najvažnijih kulturnih vrsta roda *Brassica*.

Indijska gorušica, repica i etiopska gorušica su amfidiploidi, organizmi koji su nastali hibridizacijom dviju vrsta uz naknadno somatsko udvostručavanje kromosoma (alotetraploidi koji se ponašaju kao normalni diploidi).

Korejsko-japanski agronom i botaničar Woo Jang-choon (1889. – 1959.), poznatiji u znanstvenoj literaturi po japanskom imenu U Nagaharu, 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). Rasprostranjenost navedenih vrsta prikazana je na **Slici 9.2**.



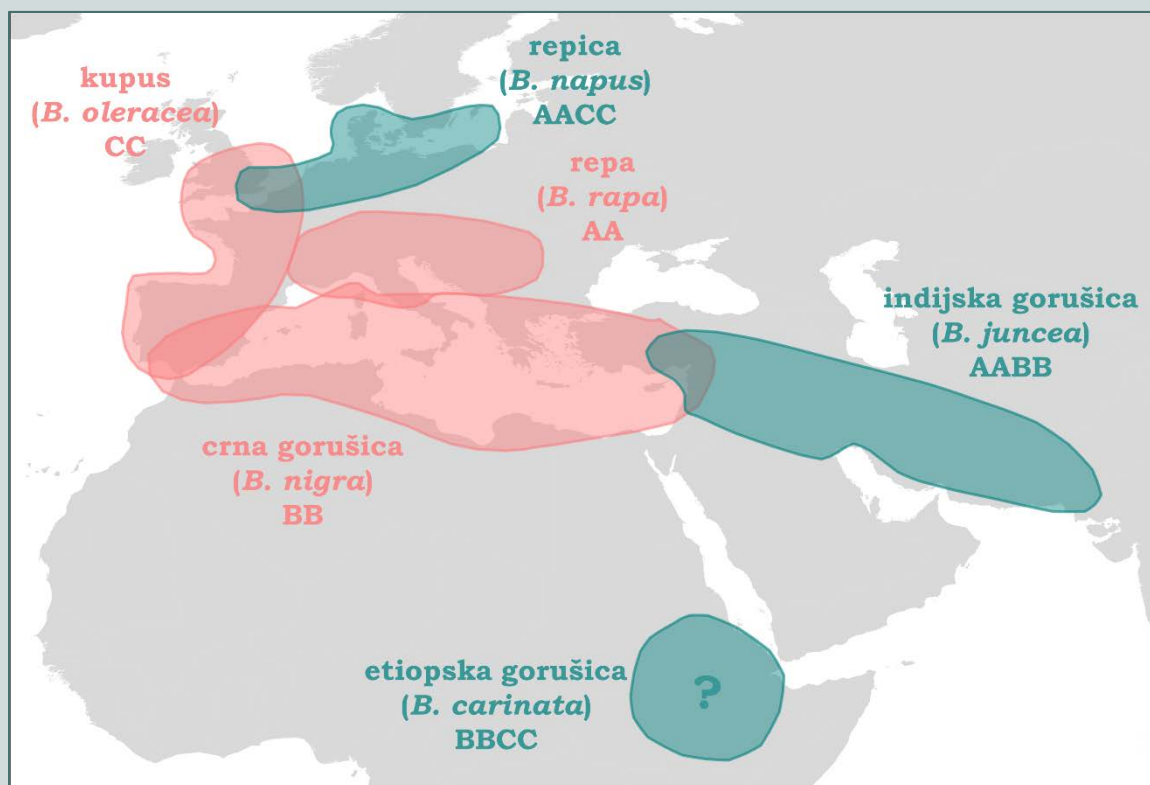
Slika 9.1. Uov trokut: Genetski odnosi između šest najvažnijih kulturnih vrsta roda *Brassica*.

Budući da su sve vrste roda *Brassica* stranooplodne, amfidiploidi su se vrlo vjerojatno pojavili u više navrata i na različite načine: (1) Međuvrskom hibridizacijom i poliploidizacijom prije udomaćenja (Model 3): areal diploidnih vrsta, repe, crne gorušice i kupusa donekle se preklapa (simpatrija) tako da je moglo doći do pojave amfidiploidnih vrsta i davno prije udomaćenja; (2) Međuvrskom 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).

Kupus je i odličan primjer divergentnog odabira (engl. *divergent selection*), pri kojem je od istog ishodnišnog 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*) je proces pri kojem se povećavaju nasljedne razlike između populacija iste vrste što može dovesti do specijacije (nastanka novih vrsta). Zbog čovjekovog odabira unutar iste vrste na temelju različitih kriterija tijekom udomaćenja može doći do nastanka morfološki vrlo različitih podvrsta, a ponekad i vrsta.



Slika 9.2.
Prirodna rasprostranjenost divljih tipova udomaćenih vrsta roda *Brassica*.

Tablica 9.3.
Divlja
podvrsta i
kultivirani
varijeteti
kupusa
(*Brassica
oleraceae*);
regija, vrijeme
i sindrom
udomaćenja

Prirodno je područje rasprostranjenja divljeg kupusa Atlanska 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).

Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	Regija udomaćenja	Vrijeme udomaćenja	Sindrom udomaćenja
0.	<i>ssp. oleracea</i>	divlji kupus	-	-	-
1.	var. <i>acephala</i>	lisnati kelj, raštika	istočno Sredozemlje	2000. g. pr. n. e.	zadebljali listovi
2.	var. <i>botrytis</i>	cvjetača	istočno Sredozemlje	XII. st.	zadebljali cvatovi
3.	var. <i>sabauda</i>	kelj	središnja i zapadna Europa	XII. st.	zadebljali vršni pupovi
4.	var. <i>capitata</i>	kupus	središnja Europa	XII. st.	zadebljali vršni pupovi
5.	var. <i>gongylodes</i>	korabica	središnja Europa	XV. st.	zadebljali stablični gomolj
6.	var. <i>italica</i>	brokula	Italija	XVII. st.	zadebljali cvatovi
7.	var. <i>gemmifera</i>	kelj pupčar	Belgija	XVIII. st.	zadebljali postrani pupovi

„Bezglavi“ su varijeteti (var. *acephala*), vjerojatno nalik današnjoj raštici, bili ponos povrtnjaka rimskog cara Gaja Aurelija Valerija Dioklecijana (236. ili 237.– 316.), rodnom 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), pa 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 prikupljenih duž hrvatske obale, otoka te s područja Bosne i Hercegovine u svrhu provedbe morfoloških, agronomskih i genetskih istraživanja. Nakon provedenih analiza i obrade 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.



Slika 9.3. Bernard Prekalj u pokusnom polju raštike IPTPO, Poreč.

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 spontanijh 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 spontanijh 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/nm) 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 st. 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 zbija 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 naizraženiji ovisi o svojstvima biljke (jednogodišnja/višegodišnja; zeljasta/drvenasta; vegetativno/generativno razmnažanje; stranooplodna/samooplodna) kao i o potrebama čovjeka (svrha i način upotrebe). Različite su kulturne biljne vrste tijekom procesa udomaćenja bile podvrgnute različitom **seleksijskom 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*) je utjecaj okolišnih uvjeta na vjerojatnost preživljavanja određene jedinice odnosno jačina 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.

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 u 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 ove 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 vjetrova (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 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**).

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 9.4.
Indikatori
razine
udomaćenja
kulturnih
biljnih vrsta.

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									
<i>Carthamus tinctorius</i>	Šafranika	+	+	+	-	+	4	Uljarica	sjeme
<i>Cichorium endivia</i>	Endivija	+	+	+	-	+	4	Povrće	list
<i>Cichorium intybus</i>	Cikorija; radić	+	+	+	-	+	4	Povrće	list
<i>Helianthus annuus</i>	Suncokret	+	+	+	-	+	4	Uljarica	sjeme
<i>Lactuca sativa</i>	Salata	+	+	+	-	+	4	Povrće	list
(B) Poluudomaćene vrste									
<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i>	Artičoka	+	-	+	-	+	3	Povrće	list
<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>altilis</i>	Karda	+	-	+	-	+	3	Povrće	list
<i>Guizotia abyssinica</i>	Niger	-	+	+	-	-	2	Uljarica	sjeme
<i>Helianthus tuberosus</i>	Čičoka	+	-	+	-	-	2	Povrće	gomolj
<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Jakon	-	-	+	+	-	2	Povrće	gomolj
(C) Vrste početnog udomaćenja									
<i>Acmella oleracea</i>	Akmela	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Artemisia absinthium</i>	Gorski pelin	-	+	-	-	-	1	Ljekovita	list (eterično ulje)
<i>Artemisia annua</i>	Mirisni pelin	-	-	-	-	-	0	Ljekovita	list
<i>Artemisia scoparia</i>	Šibasti pelin	-	-	-	-	-	0	Ljekovita	list
<i>Balsamorhiza sagittata</i>	Balsamoriza	-	-	-	-	-	0	Pseudožitarica	sjeme
<i>Glebionis coronarium</i>	Zelenkasti ravan	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Glebionis segetum</i>	Sjetveni ravan	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Iva annua</i>	Iva	-	-	+	-	-	1	Pseudožitarica	sjeme
<i>Mikroseris scapigera</i>	Mikroseris	-	-	-	-	-	0	Povrće	korijen
<i>Parthenium argentatum</i>	Gvajale	-	-	-	-	-	0	Kaučuk	mliječni sok
<i>Reichardia picroides</i>	Sredozemna bršaka	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Scolymus hispanicus</i>	Spanjolska dragušica	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Scorzonera hispanica</i>	Spanjolski zmijak	-	-	-	-	-	0	Povrće	korijen
<i>Sonchus oleraceus</i>	Zeljasti ostak	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Stevia rebaudiana</i>	Stevija	-	-	-	-	-	0	Zaslađivač	list (steviozid)
<i>Tagetes minuta</i>	Mala kadifica	-	-	-	-	-	0	Aromatična	list
<i>Tanacetum cinararitifolium</i>	Dalmatinski buhač	-	-	-	-	-	0	Instekticidna	cvjetne glavice (piretrin)
<i>Taraxacum kok-saghyz</i>	Kazaški maslačak	-	-	-	-	-	0	Kaučuk	mliječni sok
<i>Taraxacum officinale</i>	Ljekoviti maslačak	-	-	-	-	-	0	Povrće	list
<i>Tragopogon porrifolius</i>	Lukasta kozja brada	-	-	-	-	-	0	Povrće	list

9.2 Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta


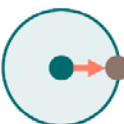

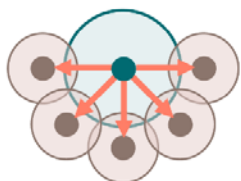
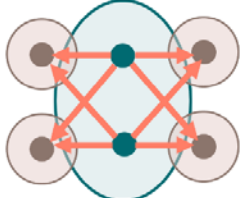
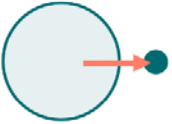
Uzgoj mnogih kulturnih biljnih vrsta nakon udomaćenja se proširio u područja izvan centra udomaćenja. Centar udomaćenja kulturne biljne vrste obično se nalazi na području prirodne rasprostranjenosti (areal) divljeg pretka, pa je tako centar udomaćenja određene kulturne biljne vrste istodobno i primarni 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 (Slika 9.4).



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 žitarice (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 (*Brachiaria deflexa*) također primjer endemične kulture udomaćene na istom području (centar udomaćenja: 4. zapadnoafričke savane).

Kultura	Način širenja	Prikaz	Primjer
Endemična	jedan centar udomaćenja; nema širenja uzgoja		crni fonio (<i>Digitaria iburua</i>)
Semiendemična	jedan centar udomaćenja; ograničeno širenje		Oka (<i>Oxalis tuberosa</i>)
Monocentrična	jedan centar udomaćenja; znatno širenje uzgoja, ali bez sekundarnih centara raznolikosti		Kava (<i>Coffea arabica</i>)
Oligocentrična	jedan centar udomaćenja; znatno širenje uzgoja s jednim ili više sekundarnih centara raznolikosti		Slanutak (<i>Cicer arietinum</i>)
Multicentrična	više centara udomaćenja		Grah (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
Alocentrična	udomaćenje izvan područja prirodnog rasprostranjenja		Stevija (<i>Stevia rebaudiana</i>)

 Areal (područje prirodne rasprostranjenosti određene biljne vrste)
 Centar udomaćenja kulturne biljne vrste
 Smjer širenja uzgoja kulture

 Područje uzgoja izvan centra udomaćenja
 Sekundarni centar raznolikosti

Slika 9.4.
Načini širenja uzgoja kulturnih biljnih vrsta.

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 oka (*Oxalis tuberosa*), jedna od zapostavljenih gomoljastih kultura Anda. Najvjerojatnije je udomaćena na sjeverozapadu Argentine (centar udomaćenja: 3b. Središnje i južne Ande) tijekom srednjeg holocena, a pretpostavljeni divlji predak joj je vrsta *Oxalis chichigastensis*. Oka je i danas druga najvažnija gomoljasta kultura na području Anda, nakon krumpira. Oka dobro podnosi hladnoću i nisku plodnost tla. Uzgaja se na visokim nadmorskim visinama u središnjim Andama (Ekvador, Peru, Bolivija), uglavnom na malim parcelama uz tradicijsku agronotehniku. U Europu je došla tek 1830-ih kao konkurencija krumpiru, no nije se zadržala u proizvodnji. Na Novi Zeland je uvedena 1860-ih i uspješno se proširila u proizvodnji tako da je danas na svjetskom tržištu poznata i pod nazivom *novozelandski jam*. U semiendemične kulture možemo uvrstiti i niz vrijednih žitarica udomaćenih na području Etiopije i Eritreje (centar udomaćenja: 4c. etiopska visoravan) kao što su tef (*Eragrostis tef*), etiopska zob (*Avena abyssinica*) i prstasto proso (*Eleusine coracana*).

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 Kadli primijetio da su mu koze vesele i prpošne kad pojeđu 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', te se danas smatraju i botaničkim varijetetima (*C. arabica* var. *typica* i *C. arabica* var. *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

unutarvrstne 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*), slanetak (*Cicer 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 slanetak, udomaćen tijekom ranog holocena na području Bliskog istoka (centar udomaćenja: 5. Plodni polumjesec). Pretpostavljeni je divlji predak slanutka vrsta *Cicer 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-tih 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 (cca. 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 onedavno i kao biogorivo. Divlji predak sirka podvrsta je *Sorghum bicolor* ssp. *arundinaceum* 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. Naposlijetku, 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 lanatus*), 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*) 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*).

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 9.6**). 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/nm) mjesta prikupljanja tradicijskih kultivara koji su korišteni u analizi.

Genetska skupina	Podrijetlo	Prosječna nadmorska visina (m/nm)
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

Tablica 9.6.
Genetske skupine, centar udomaćenja i sekundarni centri raznolikosti kukuruza.

Izvor: prema Mir i sur. (2013.)

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 9.5**). 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.

Krajem XV. stoljeća portugalski moreplovci kukuruz podrijetlom iz Meksika, centra udomaćenja (genetska skupina C) introducira u Indoneziju. Ti se tradicijski kultivari šire na sjever preko Indokine do sjevernoistočne 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.

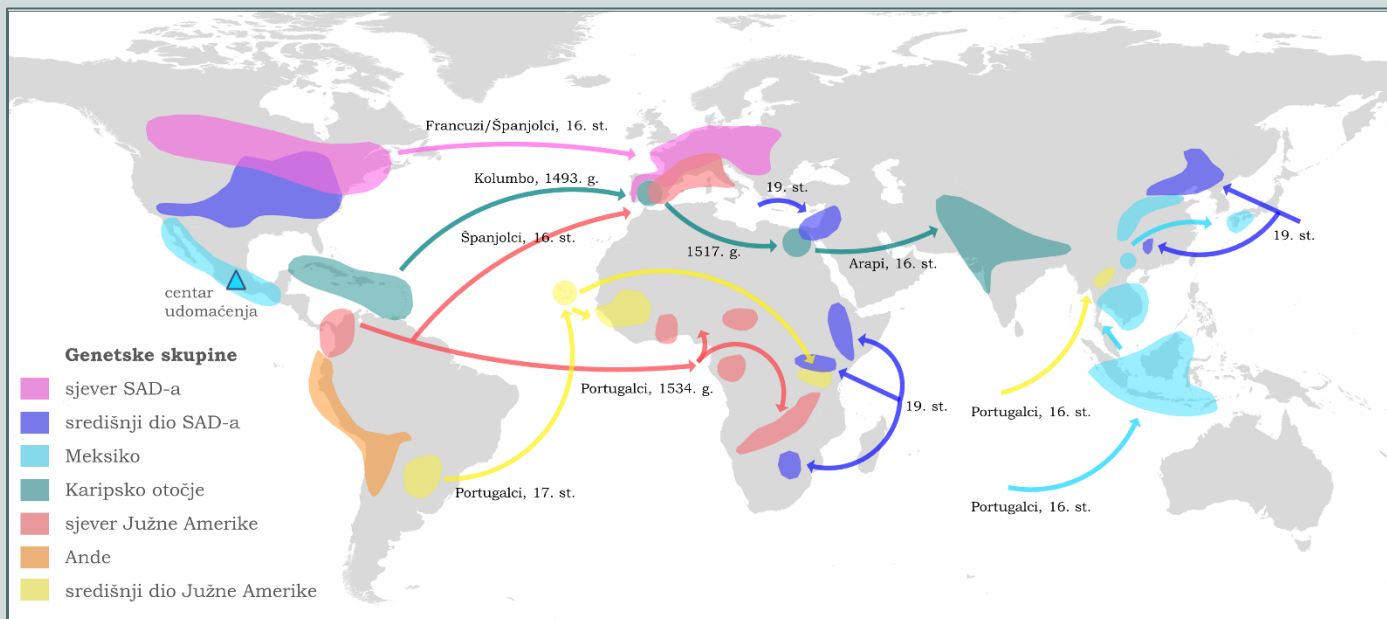
Tijekom XVI. stoljeća španjolski trgovci donose tradicijske kultivare kukuruza podrijetlom iz Kolumbije (genetska skupina E: sjever južne Amerike) u Europu. Kukuruz iz ovih introdukcija širi se po Španjolskoj, južnoj Francuskoj i Italiji. Isto tako, tijekom XVI. stoljeća Portugalci prenose kukuruz podrijetlom 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/nm 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.

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.



Slika 9.5. Širenje uzgoja kukuruza u svijetu.

9.2.6 Alocentrične kulture

Alocentričnim kulturama smatramo one kulture koje su udomaćene izvan područja prirodnog rasprostranjenja njihovog divljeg pretka procesom koji se naziva transdomeštkacijom. Pojam transdomeštkacija 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 njegoa 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 rasprostranjenje vrste područje Paragvaja i Brazila. Podrazumijeva se da su starosjedilački narod Guaraní poznavali i koristili stevijju, no nisu je udomačili 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 (engl. *Rome Declaration on World Food Security*) potpisanoj 1996. godine svjetski su se čelnici usaglasili i prihvatili sljedeće: „Mi, čelnici država ili vlada, okupljeni na Svjetskom sastanku na vrhu o hrani (engl. *World Food Summit*) na poziv Organizacije za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (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, nemaju dovoljno hrane za zadovoljavanje svojih osnovnih prehrambenih potreba. Ovo je stanje neprihvatljivo.“

Do danas se Karta gladi (engl. *HungerMap*) Svjetskog programa za hranu (engl. *WorldFoodProgram*) dostupna na mrežnoj stranici (<https://hungermap.wfp.org>) nije znatno promijenila. Glad još uvijek prijeti milijunima ljudi, barem njima 880 milijuna. Nasreću, nisu se obistinile najcrnje prognoze iz devedesetih godina prošloga stoljeća, vjerojatno zbog porasta standarda stanovništva u Kini i Indiji, ali gotovo sigurno ne zbog zajedničke akcije čelnika država ili vlada okupljenih na spomenutom sastanku.

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.

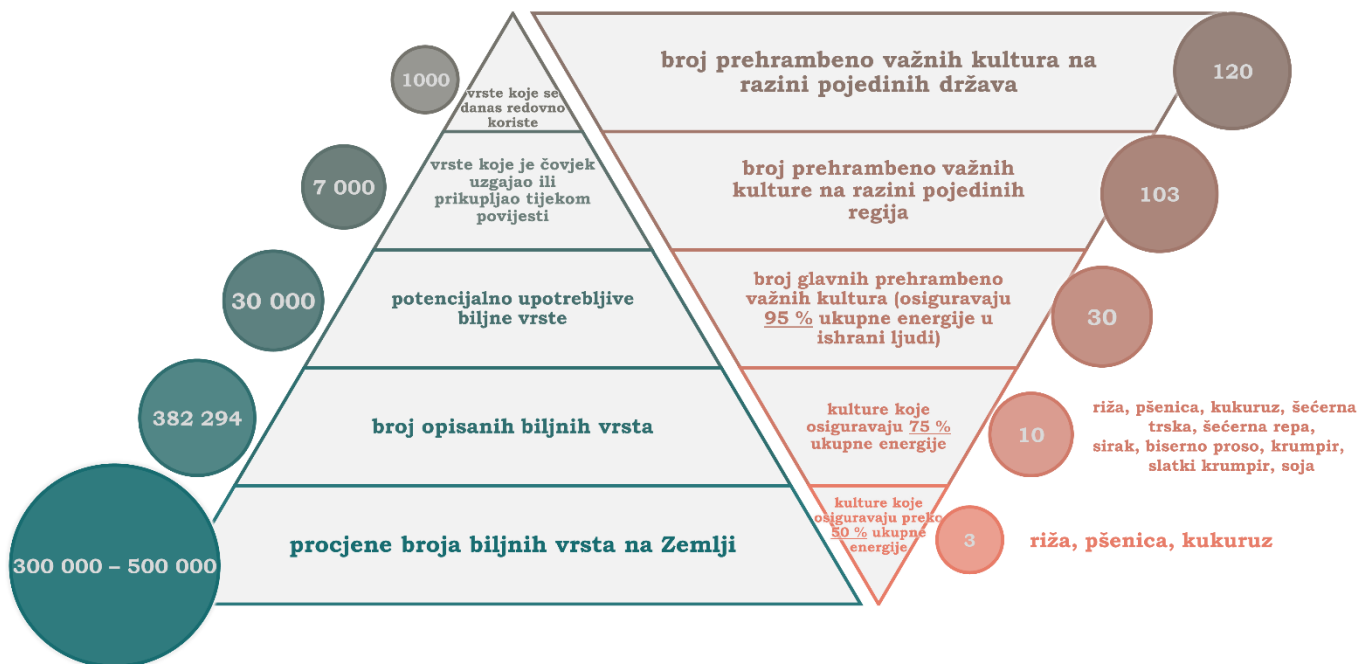
Isto tako, imajući u vidu globalni kapitalistički poredak u kojem se sve mjeri prema uspjehu postignutom na tržištu, kulture možemo podijeliti na: (1) uzdržavajuće kulture (engl. *subsistence crops*) – kulture koje služe za izravnu upotrebu na gospodarstvu, te (2) isplative kulture (engl. *cash crops*) – kulture 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 najsiriomašnjih 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. Svjetska udruga za zaštitu prirode (engl. *International Union for Conservation of Nature*; IUCN; vidi poglavlje **3.1**) navodi da je broj opisanih biljnih vrsta 288 468. Prema procjenama Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (engl. *Food and Agriculture Organization*; FAO) 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 (engl. *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; vidi potpoglavlje **12.1**) Organizacije za hranu 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%.

Naposljetku, samo tri kulture osiguravaju preko 50% ukupne energije. To su riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum 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 svjetskih velesila.

Slika 9.6. 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.



GLAVNE PREHRAMBENE KULTURE (engl. *major staples*) su kulturne biljne vrste koje su ključne za prehranu stanovništva na svjetskoj razini.

UZDRŽAVAJUĆE KULTURE (engl. *subsistence crops*) su kulture koje služe za izravnu upotrebu na gospodarstvu

ISPLATIVE KULTURE (engl. *cash crops*) su kulture koje se uzgajaju isključivo radi prodaje na tržištu.

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 9.7**). To su riža (*Oryza sativa*), pšenica (*Triticum aestivum*), kukuruz (*Zea mays*), šećerna trska (*Saccharum officinarum*), šećerna repa (*Beta vulgaris* var. *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. Naime, šećerna je repa jedna od najmlađih udomaćenih kultura čije je oplemenjivanje i industrijska proizvodnja započela nakon što je pruski kemičar Andreas

Sigismund Marggraf (1709. – 1782.) 1747. godine uspješno upotrijebio alkohol radi ekstrakcije šećera. Sve su spomenute vrste, uz (možda) 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 prehranbenim 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 prehranbena kultura koja se više uzgaja kao uzdržavajuća nego kao isplativa je biserno proso (*Cenchrus americanus*).

Od ovih deset kultura najmanje je poznato biserno proso. Biserno je proso (*Cenchrus americanus*, no poznatije po danas botanički nepriznatom nazivu *Pennisetum glaucum*) jednogodišnja prosolika žitarica (porodica: Poaceae; podporodica: 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 Sahela 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 Sahela, od Senegala do Sudana. Biserno je proso jedno od najvažnijih prehranbenih kultura subsaharske Afrike i tropskog područja Indije jer dobro podnosi sušu.

Tablica 9.7. Glavne prehrambene kulture i primjeri regionalno važnih prehrambenih kultura, te zastupljenih kultura

Br.	Latinski naziv	Hrvatski naziv	Porodica	Uzgojni ciklus	Razmnažanje	Isplativa/uzdržavajuća	Upotreba
10 GLAVNIH PREHRAMBENIH KULTURA							
1	<i>Oryza sativa</i>	Riža	Poaceae	Jednogodišnja	Generativno	Isplativa/uzdržavajuća	Žitarica
2	<i>Triticum aestivum</i>	Pšenica	Poaceae	Jednogodišnja	Generativno	Isplativa	Žitarica
3	<i>Zea mays</i>	Kukuruz	Poaceae	Jednogodišnja	Generativno	Isplativa	Žitarica
4	<i>Saccharum officinarum</i>	Šećerna trska	Poaceae	Višegodišnja	Vegetativno	Isplativa	Šećerna kultura
5	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i>	Šećerna repa	Chenopodiaceae	Dvogodišnja	Generativno	Isplativa	Šećerna kultura
6	<i>Sorghum bicolor</i>	Sirak	Poaceae	Jednogodišnja	Generativno	Isplativa/uzdržavajuća	Žitarica
7	<i>Pennisetum glaucum</i>	Biserno proso	Poaceae	Jednogodišnja	Generativno	Uzdržavajuća/isplativa	Žitarica
8	<i>Solanum tuberosum</i>	Krumpir	Solanaceae	Višegodišnja	Vegetativno	Isplativa	Korjenasto-gomoljasta kultura
9	<i>Ipomoea batatas</i>	Slatki krumpir	Convolvulaceae	Višegodišnja	Vegetativno	Isplativa/uzdržavajuća	Korjenasto-gomoljasta kultura
10	<i>Glycine max</i>	Soja	Fabaceae	Jednogodišnja	Generativno	Isplativa	Uljarica
PRIMJER TRIJU REGIONALNO VAŽNIH PREHRAMBENIH KULTURA							
1	<i>Manihot esculenta</i>	Kasava	Euphorbiaceae	Jednogodišnja	Vegetativno	Izdražavajuća/isplativa	Korjenasto-gomoljasta kultura
2	<i>Dioscorea</i> spp.	Jam	Dioscoreaceae	Jednogodišnja	Vegetativno	Izdražavajuća/isplativa	Korjenasto-gomoljasta kultura
3	<i>Musa</i> spp.	Banana	Musaceae	Višegodišnja	Vegetativno	Isplativa/uzdržavajuća	Voće / povrće
PRIMJER TRIJU ZAPOSTAVLJENIH KULTURA							
1	<i>Colocasia esculenta</i>	Taro	Araceae	Višegodišnja	Vegetativno	Uzdržavajuća	Korjenasto-gomoljasta kultura
2	<i>Artocarpus altilis</i>	Kruhovac	Moraceae	Višegodišnja	Vegetativno	Uzdržavajuća	Škrobnati plod
3	<i>Amaranthus</i> spp.	Indijanski šćir	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* ssp. *esculenta*), jam (*Dioscorea* spp.) i banana (*Musa* spp.) (**Tablica 9.8**).

REGIONALNO VAŽNE PREHRAMBENE KULTURE su kulturne biljne vrste koje su ključne za prehranu stanovništva na razini pojedinih svjetskih regija.

Kasava (*Manihot esculenta* ssp. *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. Divlji joj je predak podvrsta *M. esculenta* ssp. *flabellifolia*, prirodno 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 vrste: (1) bijeli jam (*Dioscorea rotundata*), (2) žuti jam (*D. 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 Slonovače, preko Gane, Togoa i Benina do Nigerije i Kameruna. 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. Vrsta *D. rotundata* homoploidni je hibrid nastao križanjem vrsta *D. abyssinica* i *D. praehensilis*. Homoploidni hibridi imaju isti broj kromosoma kao i roditeljske vrste i zato je a bijeli jam jedna od rijetkih kultura kod koje međuvrsna hibridizacija nije bila praćena poliploidizacijom kao što se to dogodilo prije udomaćenja

kod kikirikija (*Arachis hypogea*) 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 je jam (*D. cayenensis*) srodan bijelom (*D. rotundata*) i morfološki se od njega jasno razlikuje, iako postoje i brojni prijelazni tipovi, pa tako neki autori govore o kompleksu vrsta *D. cayenensis/D. rotundata*. 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 kržanjem bijelog jama (*D. 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. rotundata*) koji je nastao međuvrsnom hibridizacijom, ljubičasti je jam nastao autoploidizacijom 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 introducirani u Afriku. Uzgoj ljubičastog jama proširio se i po jamovom pojasu (engl. *yam belt*) u zapadnoj Africi u kojem se uglavnom uzgaja bijeli jam (*D. 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 i Južne Amerike uočeno je znatno smanjenje genetske raznolikosti što govori o tome da je jam tijekom svojih preoceanskih 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 semiendemične; 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 subtropskim 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 kultivirane banane tvore besjemene plodove i razmnažaju se vegetativno. Kultivirane su banane nastale unutar i međuvrskom 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 istaživanja 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) međuvrski su križanci između vrsta *M. acuminata* (genom A) i *M. balbisiana* (genom B), poznati i 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 prirodnog rasprostranjenja 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*), patlidana (*Solanum melongena*), lubenice (*Citrullus lanatus*) i vinove loze (*Vitis vinifera*). Do partenokarpije može doći spontano u prirodi, a može biti i rezultat inducirane hibridizacije 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. 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 (engl. *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 banane, 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*“.

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 **zapotavljene** (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 vrsta 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 9.8**). 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 doručeno 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 bili rečeno, budući da sve dobro uređene države inzistiraju na sjetvi certificiranog sjemena registriranih modernih kultivara, za poljoprivrednu proizvodnju na temelju „tavanuše“ rijetko je moguće dobiti državnu potporu.

Tablica 9.8.
Temeljne
razlike između
glavnih i
zapostavljenih
kultura
kultura

Svojstvo	Glavne kulture	Zapostavljene kulture
Isplative/izdražavaj uće	uglavnom isplative kulture	uglavnom uzdržavajuće kulture
Proizvodnost	visoka ulaganja	niska ulaganja
	visok profit	nizak profit
Proizvod	visoka razina rizika	niska razina rizika
	specifičan proizvod	više proizvoda (načina upotrebe)
	ujednačna kakvoća proizvoda	neujednačena kakvoća proizvoda
Tržište	zadovoljavaju međunarodno priznate kriterije kakvoće	kriteriji kakvoće uvjetovani su lokalno
	mogućnost prodaje na regionalnom, državnom i međunarodnom tržištu	mogućnost prodaje prvenstveno 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	'sjeme s tavana' tradicijskih kultivara
	mogućnost dobivanja potpore	često nije moguće dobiti potporu

Primjeri zapostavljenih kultura su 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 i te kako 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').

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 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. esculenta* 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. formozana*, *C. lihengiae*, *C. menglaensis* i *C. yunnanensis*. Prije Kolumbovih putovanja taro je bio najraširenija 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.

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 prirodno rasprostranjenje ograničeno 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 preklapa, smatra se da je do međuvrste 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*“ prevezio 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 esculenta*). 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. hypochondiracus*), Maye 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 oštrodлакavosti cvata, naročito izražena kod kozmopolitkog korova oštrodлакavog 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 pseudožitarcama 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 spontanij križanja između kulturnih i divljij genotipova. Pritom se razvio kompleks kulturna/divlja vrsta koji je omogućavao slobodan prijenos gena između divljij 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 uspješno gotovo potpuno istisnuli 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 visokij koncentracija esencijalnih aminokiselina i niskog sadržaja glutena, šćirovi se sve više spominju kao kulture budućnosti.

STRATEGIJE OČUVANJA BILJNIH GENETSKIH IZVORA

10.1 Očuvanje *ex situ*

Priča o Svalbardu

10.2 Očuvanje *in situ*

Priča o makadamiji

Priča o sjekirici (Lathyrus sativus) - 'Fava Feneou'

Priča o breskvi (Prunus persica) - Buco Incavato

10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena

Uvod

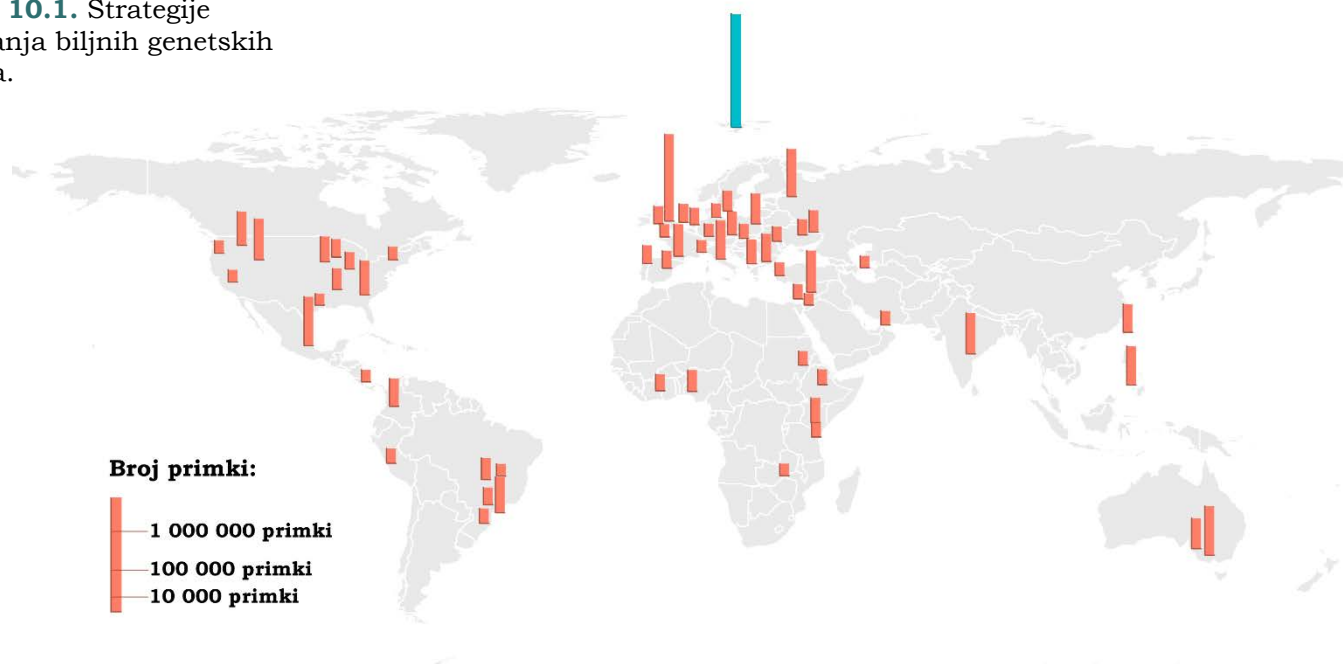
Dvije osnovne strategije očuvanja biljnih genetskih izvora su očuvanje *ex situ* i očuvanje *in situ* (**Slika 10.1**). Odabir strategije očuvanja biljnih genetskih izvora ovisi o više čimbenika; kao što su kategorija biljne vrste (kultivirana ili divlja vrsta), način razmnožavanja (generativno ili vegetativno), način oplodnje (samooplodnja ili stranooplodnja) te tip sjemena (ortodoksno ili rekalcitrantno).

Očuvanje *ex situ* podrazumijeva očuvanje biljnih genetskih izvora izvan njihovog prirodnog staništa, u sklopu banaka biljnih gena. Razlikujemo banke sjemena, *in vitro* kolekcije, poljske kolekcije i banke DNA. FAO Komisija za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu propisuje standarde za očuvanje *ex situ* biljnih genetskih izvora čiju proceduru prati veliki broj banaka gena.

Većina banaka biljnih gena osnovana je početkom 21. stoljeća kao posljedica rasta svijesti o važnosti očuvanja biljne raznolikosti. Čuvanje u obliku sjemena konvencionalna je metoda očuvanja biljnih genetskih izvora i najzastupljeniji je način čuvanja. Prikupljanje i osnivanje kolekcija sjemena započeo je ruski botaničar i genetičar Nikolai

Vavilov (1887–1943), koji je svakako bio ispred svoga vremena, ustvrdivši kako je biljna raznolikost neprocjenjiva te da si ljudski rod ne može priuštiti njezin gubitak. Vavilov je postavio temelje za razvitak nacionalnih i svjetskih strategija očuvanja biljnih genetskih izvora. Detaljan pregled Vavilovog doprinosa u području očuvanja biljnih genetskih izvora dostupan je u potpoglavlju 10.3. 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 hranu i poljoprivredu. Godine 2020., 711 banaka gena i 16 međunarodnih/regionalnih centara iz 90 zemalja čuvalo je više od 5,4 milijuna primki, vrsta iz 7051 rodova; s glavnim fokusom na očuvanje biljnih genetskih izvora modernih i tradicijskih kultivara te oplemenjivačkog materijala. Na **Slici 10.1.** prikazane su lokacije banaka gena koje sadrže više od 10 000 primki.

Slika 10.1. Strategije očuvanja biljnih genetskih izvora.



Očuvanje *in situ* podrazumijeva očuvanje vrsta i populacija u njihovom prirodnom stanju na izvornim staništima, čime se omogućava nesmetano odvijanje evolucijskih procesa. U tu se svrhu proglašavaju zaštićena područja i/ili uspostavljaju genetski rezervati. Razvijen je i poseban oblik očuvanja *in situ*, **očuvanje *inter situ*** (Očuvanje na gospodarstvu), koje se odnosi na očuvanje vrsta kulturnog bilja u okruženju u kojem su razvila svoja specifična razlikovna svojstva pod utjecajem čovjeka. Očuvanje na gospodarstvu u najvećoj se mjeri odnosi na očuvanje tradicijskih kultivara, koji su zapostavljeni u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji koja je najčešće usmjerena na proizvodnju relativno malog broja biljnih vrsta i njihovim modernih visokoprinosnih

kultivara. Nestajanjem tradicijskih kultivara gubi se genetska raznolikost neophodna za stvaranje novih kultivara prilagođenih različitim okolišnim uvjetima, kao i dio kulturnog nasljeđa. Gubitkom raznolikosti, izravno se smanjuje raznolikost hrane na tržištu. Glavne značajke strategija očuvanja biljnih genetskih izvora prikazane su na **Slici 10.2**.



Slika 10.2. Strategije očuvanja biljnih genetskih izvora.

10.1 Očuvanje genetskog materijala 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: (A) banke sjemena, (B) *in vitro* kolekcije, (C) poljske kolekcije i (D) banke DNA. Odabir načina očuvanja *ex situ* u najvećoj mjeri ovisi o tipu sjemena (**ortodoksno** ili **rekalcitrantno**) kojeg biljna vrsta proizvodi.

ORTODOKSNO SJEME je sjeme koje podnosi sušenje do niskog sadržaja vlage te čuvanje u uvjetima niske temperature i niske relativne vlage zraka. U navedenim uvjetima ne gubi životnu sposobnost kroz duži vremenski period (npr. sjeme žitarica).

REKALCITRANTNO SJEME je sjeme koje je osjetljivo na gubitak vlage i temperaturu ispod 10 °C, stoga se ne može skladištiti na duži vremenski period bez da dođe do pojave gubitka životne sposobnosti. (npr. sjeme tropskih i subtropskih drvenastih biljnih vrsta).

Kolekcije biljnog materijala (primke) čuvaju se u propisanim, kontroliranim uvjetima te se periodično obnavljaju regeneracijom. Standardi za banke biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu (*Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) objavljeni su od strane FAO Komisije 2014. godine. Dokument detaljno obrazlaže preporuke za postupke s biljnim materijalom u bankama sjemena, poljskim

kolekcijama te biljnim materijalom koji se čuva u *in vitro* kolekcijama ili krioprezervacijom. Primjena Standarda nije obvezujuća, ali je visoko preporučljiva te se uzima u obzir prilikom odabira banaka gena za financiranje aktivnosti očuvanja iz različitih europskih i svjetskih fondova.

PRIMKA (engl. *accession*) temeljna je jedinica u očuvanju biljnih genetskih izvora, koja predstavlja uzorak prikupljenog sjemena ili sadnog materijala, odnosno skup biljaka unutar poljske kolekcije.

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. Ortodoksno sjeme proizvodi većina poljoprivredno značajnih kultura, kao što su žitarice (*Zea mays* - kukuruz, *Triticum aestivum* - pšenica), krupnosjemene mahunarke (npr. *Glycine max* - soja, *Phaseolus vulgaris* - grah) te povrtlarske kulture (*Lycopersicon esculentum* - rajčica, *Capsicum anuum* - paprika). U Republici Hrvatskoj, u sklopu Nacionalne banke gena, 2021. godine bilo je pohranjeno preko 4.000 primki sjemena različitih biljnih vrsta, o čemu će više riječi biti u potpoglavlju **12.3**.

Većina banaka sjemena razlikuje četiri kategorije kolekcija: osnovnu, aktivnu, radnu i sigurnosnu. Međusobno se razlikuju ovisno o namjeni, uvjetima čuvanja i razdoblju čuvanja (**Tablica 10.1**).

Tablica 10.1.
Kategorije kolekcija sjemena.

Kategorija kolekcije	Namjena	Uvjeti čuvanja	Razdoblje čuvanja sjemena
Osnovna* kolekcija	Regeneracija aktivne kolekcije	-18 ± 3 °C, RV 15 ± 3 %	dugoročno
Aktivna kolekcija	Umnažanje i distribucija korisnicima	+5-10 °C ovisno o biljnoj vrsti, RV 15 ± 3 %	srednjoročno (10-20 godina)
Radna kolekcija	Oplemenjivanje bilja i istraživanja	na sobnoj temperaturi (do 23 °C)	kratkoročno (do 8 godina?)
Sigurnosna** kolekcija	Rezervne kopije primki osnovne kolekcije	-18 ± 3 °C, RV 15 ± 3 %	dugoročno

* primke osnovne kolekcije nazivaju se izvornim uzorcima (engl. Most original sample; MOS) – uzorci koji su prošli najmanji broj regeneracija od trenutka primitka i registracije u banku sjemena.

**Sigurnosnu kolekciju čine genetski identični uzorci primki osnovne kolekcije, pohranjeni na nekoj drugoj lokaciji (unutar iste zemlje ili u nekoj drugoj zemlji).

Postupci sa sjemenom unutar banke sjemena sastoje se od niza aktivnosti, prikazanih dijagramom (Slika 10.3).



Slika 10.3. Preporučeni postupci sa sjemenom u bankama sjemena.

*Početna klijavost sjemena trebala bi biti veća od 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.

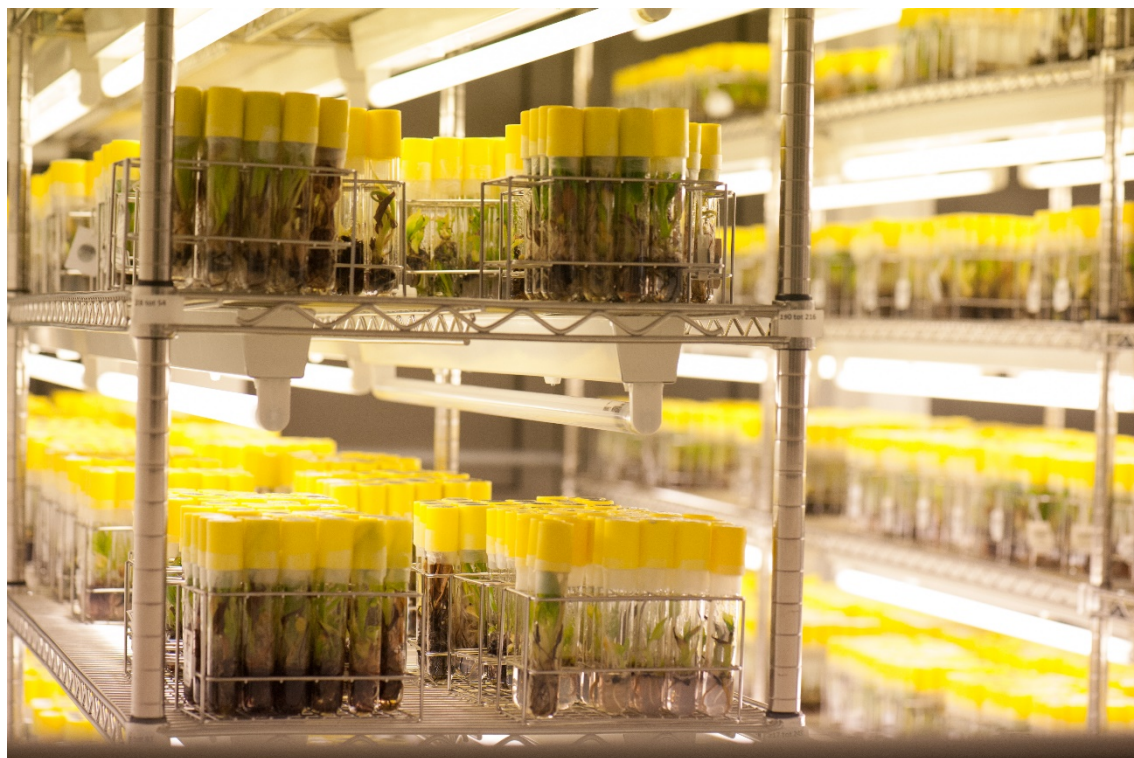
10.1.2 *In vitro* kolekcije

Mnoge gospodarski važne vrste tropskih i suptropskih područja stvaraju rekalcitrantno sjeme; kao npr. kokosov orah (*Cocos nucifera*), kakao (*Theobroma cacao*), kava (*Coffea arabica*), avokado (*Persea americana*) i citrusi (*Citrus* spp.), dok neke biljne vrste uopće ne proizvode sjeme, (npr. banana; *Musa* spp.) - stoga njihovo čuvanje u obliku sjemena nije moguće ili nije prikladno. Sličan pristup u očuvanju zahtijevaju i dugoživuće vrste; primjerice vrste iz roda juka (*Yucca* spp.) ili bambusa (*Bambusa* spp.), koje tek nakon više desetljeća ulaze u reproduktivnu fazu i razvijaju sjeme, ili pak vrste koje iako stvaraju ortodoksno sjeme, u poljoprivrednoj se praksi razmnožavaju vegetativno, kao što su krumpir (*Solanum tuberosum*), kasava- poznata i kao manioka (*Manihot esculenta*) i taro (*Colocasia esculenta*). Cilj je očuvanja takvih vrsta održavanje određenog genotipa ili kombinacije gena u obliku klonskog materijala. *In vitro* kolekcije temelje se na **kulturi tkiva** (Slika 10.4).

KULTURA TKIVA je biotehnološka metoda koju čini niz postupaka kojima se određeni biljni dijelovi - eksplantanti (vrhovi izdanaka, meristemi, somatski embriji, stanične suspenzije ili embriogeni kalusi) prenose na sterilne hranjive podloge s potrebnim hranjivima za rast i razvoj. Rast eksplantata odvija se u kontroliranim uvjetima, najčešće na temperaturama od -3 do -12 °C.

Slika 10.4.

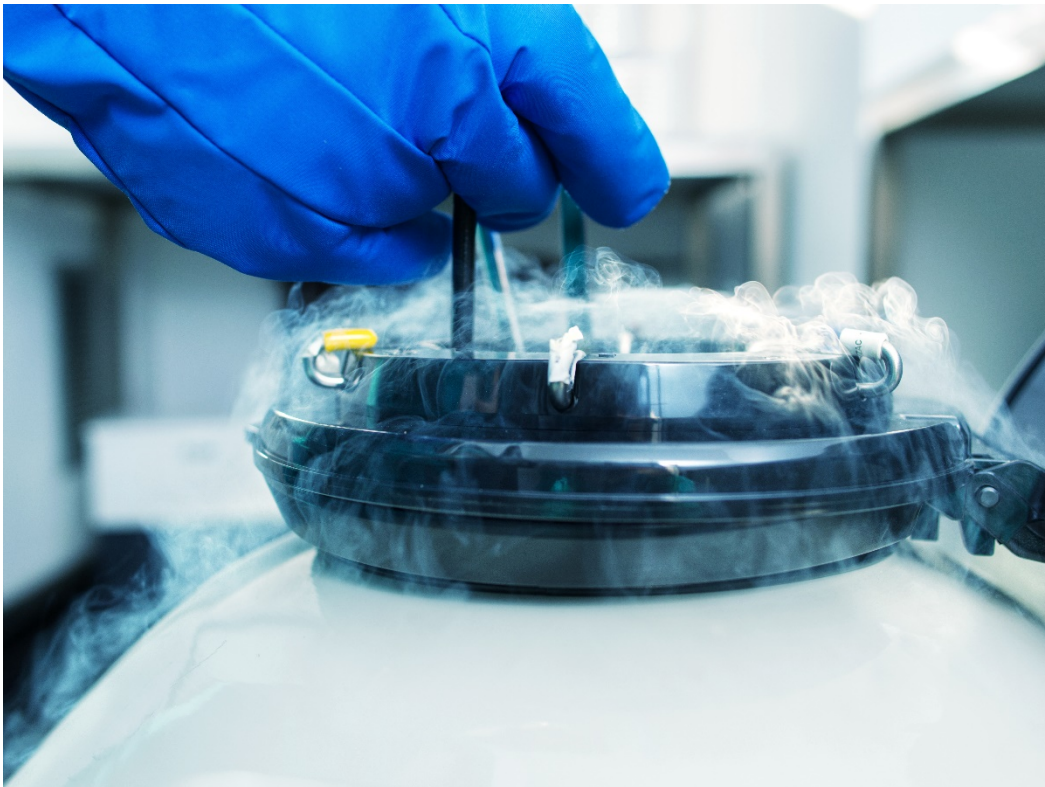
Najveća *In vitro* kolekcija primki banana (*Musa* spp.) u svijetu u sklopu *The Bioversity International Musa Germplasm Transit Centre* (ITC). Kolekcija sadrži više od 1500 primki jestivih i divljih vrsta banana i smještena je u Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven).



Aktivne *in vitro* kolekcije moguće je čuvati kratkoročno ili srednjoročno; i to najčešće u uvjetima usporenog rasta, što se postiže npr. izlaganjem niskim temperaturama, niskom intenzitetu svjetlosti ili dodavanjem retardanata u hranjivu podlogu. Danas u svijetu postoje brojne *in vitro* kolekcije; primjeri za to su kolekcije češnjaka (*Allium sativum*), krumpira (*Solanum tuberosum*), kasave (*Manihot esculenta*), masline (*Olea europea*) i batata (*Ipomoea batatas*). Iako se ova metoda pokazala uspješnom u očuvanju biljnog materijala velikog broja biljnih vrsta (posebice onih koje se razmnožavaju vegetativno), veliki je potencijalni problem pojava samoklonske varijabilnosti uslijed mutacija i modifikacija regeneriranih biljaka te potreba za čestim obnavljanjem kolekcija, što je financijski i vremenski zahtjevno.

U svrhu uklanjanja navedenih nedostataka čuvanja *in vitro* kolekcija, razvijen je drugi pristup očuvanja biljnih genetskih izvora i to **krioprezervacijom (Slika 10.5)**.

KRIOPREZERVACIJA je postupak čuvanja biljnog materijala na niskim temperaturama, najčešće u tekućem dušiku na – (minus) 196 °C. U ovakvim 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 vijabilan kroz dugi vremenski period (i do nekoliko desetljeća).



Slika 10.5.
Krioprezervacija
biljnih uzoraka
tkiva u tekućem
dušiku.

Razvijeni su protokoli krioprezervacije za veliki broj biljnih vrsta i za različite tipove eksplantata; kao što su sjeme, izdanci, apikalni meristemi, polen, embrionske kulture, zigotski embriji, itd. Uspješnost krioprezervacije ovisi o biljnoj vrsti, njezinoj genetskoj raznolikosti, tipu eksplantata i primijenjenoj metodi krioprezervacije. Na taj se način može čuvati biljni materijal koji je sposoban podnijeti zamrzavanje i otapanje, a ujedno imati sposobnost regeneracije čitave biljke. Razlikuju se konvencionalne i moderne metode krioprezervacije. Nedostatak konvencionalnih metoda krioprezervacije je stvaranje 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. Stoga se moderne metode krioprezervacije temelje na vitrifikaciji, odnosno primjeni visoko koncentriranih otopina krioprotektora koji dehidriraju biljno tkivo pretvarajući unutarstaničnu vodu u amorfnu staklo i time sprječavajući nastanak ledenih kristala. Neki od primjera biljnih vrsta koje se čuvaju krioprezervacijom su: krumpir (*Solanum tuberosum*), banana (*Musa spp.*), češnjak (*Allium sativum*), kasava (*Manihot esculenta*), menta (*Mentha spp.*), jabuka (*Malus domestica*) i batat (*Ipomoea batatas*).

10.1.3 Poljske banke biljnih gena

U poljskim bankama gena biljni genetski izvori čuvaju se u obliku živućih kolekcija izvan izvornog staništa; bilo na poljskim parcelama, u staklenicima, arboretumima ili botaničkim vrtovima. Uspostavom poljskih banaka gena čuvaju se biljne vrste koje proizvode rekalcitrantno sjeme; vrste koje proizvode malu količinu sjemena ili one vrste koje ne proizvode sjeme, vrste koje se čuvaju kao klonski materijal (npr. kultivari voćnih vrsta) te višegodišnje biljne vrste kojima je potrebno nekoliko godina da razviju sjeme. 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 bi trebala 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 pojave protoka gena te održala genetska konstitucija biljnog materijala.

Prednosti su tog tipa čuvanja biljnih genetskih izvora dostupnost i mogućnost nadzora kolekcije i provedbe opisa te procjene svojstava tijekom čuvanja. Nedostatci su izloženost kolekcije bolestima i štetnicima tijekom čuvanja te relativno visoki troškovi održavanja.

Najveće poljske banke gena nalaze se u SAD-u (krumpir, batat i jabuka), Japanu (*Malus domestica* - jabuka, *Citrus sp.* - agrumi, batat – *Ipomoea batatas*), Rusiji (*Solanum tuberosum* - krumpir i *Malus domestica* - jabuka) i Brazilu (*Citrus spp.* - citrusi i *Coffea spp.* - kava). U Córdoba, Španjolska nalazi se najveća svjetska kolekcija maslina (World

Olive Germplasm Bank of Córdoba; WOGBC), u sklopu 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 Ecológica; IFAPA) Centar "Alameda del Obispo". Poljska kolekcija sadrži preko 1200 primki porijeklom iz 30-ak zemalja i kontinuirano se proširuje (**Slika 10.6**). Osim navedene kolekcije kultiviranih maslina, u IFAPA Centru uspostavljena je kolekcija divljih maslina s preko 350 različitih genotipova.



Slika 10.6. Dr. sc. Angjelina Belaj, kustosica Svjetske kolekcije maslina (World Olive Germplasm Bank of Córdoba).

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 te produkti molekularnih istraživanja (tehnike koje koriste PCR; AFLP, RAPD, itd.). Prve banke DNA formirane su gotovo slučajno, i to s uzorcima 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 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (min. 2 godine), a dugoročno (min. 10 godina) na temperaturi od $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ili u tekućem dušiku ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$). 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/molekularnu karakterizaciju biljnih genetskih izvora (npr. analizu genetske raznolikosti, pridružujućeg kartiranja); sve u svrhu korištenja u oplemenjivačkim programima. Broj je banaka DNA sve veći, a u svrhu istraživanja od istih moguće je zatražiti malu količinu DNA. Od značajnijih banaka DNA valja spomenuti banku Kraljevskog botaničkog vrta Kew (*The Royal Botanic Gardens, Kew*), Australsku banku biljne DNA (*Australian Plant DNA Bank*), banku DNA u sklopu Botaničkog vrta i Botaničkog muzeja u Berlinu (*BGBM DNA Bank, Botanic Garden and Botanical Museum*) te banku DNA Botaničkog vrta u Missouri, SAD (*Missouri Botanic Garden DNA Bank, St Louis, SAD*). Uz to što čuvaju već izoliranu DNA, spomenute banke čuvaju i biljno tkivo za buduće izolacije DNA.

Svaka od gore navedenih 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Nemogućnost čuvanja biljnih vrsta koje proizvode rekalcitratno sjeme • Rizik od gubitka genetske raznolikosti kroz proces regeneracije
<i>In vitro</i> kolekcije	<ul style="list-style-type: none"> • Očuvanje biljnih vrsta s rekalcitratnim 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Mogućnost pojave klonske varijabilnosti • Potreba za razvitkom specifičnih protokola za različite biljne vrste • Potreban visok stupanj znanja i tehnologije • Visoki troškovi održavanja

Nastavak **Tablice 10.2.**

Poljske kolekcije	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Relativno jednostavna metoda očuvanja • Niski troškovi održavanja kolekcija 	<ul style="list-style-type: none"> • Nemogućnost regeneracije čitave biljke

Priča o Svalbardu

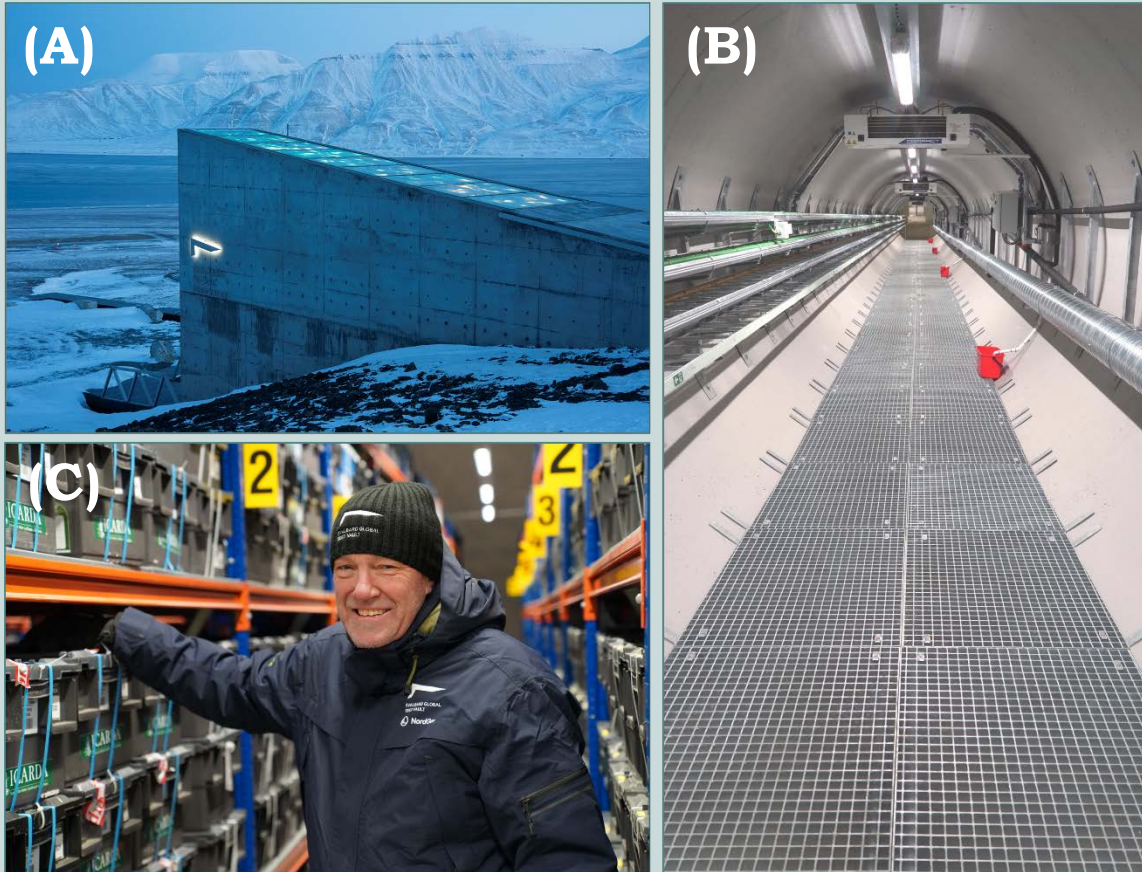
Svjetska kolekcija sjemena na Svalbardu (engl. Svalbard Global Seed Vault) započela je s radom u veljači 2008. godine s ciljem pohrane sigurnosnih kolekcija svjetskih banaka biljnih gena te podizanja svijesti javnosti o važnosti očuvanja i korištenja biljnih genetskih izvora. Objekt za pohranu sjemena nalazi se u blizini grada Longyearbyen, na otoku Spitsbergenu, u sklopu norveškog arhipelaga Svalbard, koji se nalazi u Arktičkom oceanu (**Slika 10.7**). Smješten je unutar planine (norv. Platåberget) na području koje se naziva Nordenskiöld Land. 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.



Slika 10.7. Preporučeni postupci sa sjemenom u bankama sjemena.

Spomenutom svjetskom kolekcijom sjemena upravljaju norveška Vlada, Nordijski centar za genetske resurse (*Nordic Genetic Resource Center, NordGen*) i Svjetski fond za raznolikost kulturnog bilja (*Global Crop Diversity Trust*). Norveško ministarstvo poljoprivrede i hrane odgovorno je pravno tijelo, a njegov rad nadzire Međunarodno savjetodavno vijeće (*International Advisory Council*) kojeg čine predstavnici Agencije za hranu 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*).

Objekt se sastoji od tunela dugog 120 metara te tri prostorije, svaka kapaciteta za pohranu od 1,5 milijuna uzoraka. Sagrađen je 130 metara iznad razine mora zbog čega će i dalje biti siguran za pohranu sjemena, ukoliko dođe do podizanja razine mora i otapanja leda (**Slika 10.8**). Objekt je opremljen i sustavom za hlađenje kojim se temperatura održava na $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sjeme je upakirano u četverostruke vrećice, koje se smještaju u kutije i pohranjuju na police unutar objekta. Niska temperatura i niska relativna vlaga zraka unutar trezora osiguravaju nisku metaboličku aktivnost sjemena, što omogućava njihovo dugoročno čuvanje.



Slika 10.8.
Svjetska banka
biljnih gena u
Svalbardu. (A)
Pogled izvana; (B)
Tunel koji vodi u
banku; (C)
Åsmund Asdal,
koordinator banke.

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 NORDGEN-om, koji zastupa norvešku Vladu, potpisuju 'Sporazum o pologu' (*Deposit Agreement*), kojim je definirano da su pohranjene primke i dalje u vlasništvu matične banke. Matična banka ima slobodan pristup pohranjenim primkama te brine o životnoj sposobnosti sjemena i potrebi za regeneracijom. U 2023. godini, u toj je svjetskoj kolekciji sjemena bilo čuvano ukupno 1,214,827 primki sjemena; od 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. U 2023. godini po prvi puta je to učinila i Republika Hrvatska. Pohranjena je ukupno 161 primka, odnosno 153 primki 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 trezoru sjemena dostupan je na mrežnim stranicama *Svalbard Global Seed Vault*.

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, tj. omogućiti populaciji vrste od interesa da se spontano razmnožava, evoluiru i prilagođava okolišu koji vrši selekcijske pritiske (npr. klimatske promjene, suše, poplave, kisele kiše te druge abiotičke kao i biotičke čimbenike).

Specifični ciljevi očuvanja *in situ* biljnih genetskih izvora 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) Mogućnost kontinuiranog praćenja populacija/vrsta od interesa i provedbe 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 značaj u održavanju ravnoteže unutar određenog ekosustava.
- (6) Očuvanje vrsta koje se ne mogu regenerirati izvan svojih prirodnih staništa; npr. vrsta koje su sastavni dio složenih ekosustava (npr. tropske šume, gdje 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 genetske raznolikosti i prilagodbe vrsta/populacija na različite uvjete okoline. Navedeno zahtijeva očuvanje sastavnica prirodnog ekosustava (populacija, vrsta, zajednica i biofizičkih sustava) kao i ekoloških i evolucijskih procesa koji se odvijaju unutar tog ekosustava. Smatra se da će kontinuirano izlaganje jedinki/populacija vrsta selekcijskim pritiscima pogodovati razvoju i nakupljanju novih genetskih varijacija koje mogu biti od vrijednosti za buduću poljoprivrednu proizvodnju. 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 varijabilnost i strukturu u pojedinačnim populacijama 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 kroz sustav zaštićenih područja, o čemu je više riječi bilo u potpoglavlju 2.3, kao i kroz programe obnavljanja populacija i njihovih prirodnih staništa.

S obzirom da očuvanje svih biljnih vrsta nije moguće, određuju se prioritetne biljne vrste. 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, opasnost od genetske erozije, itd. (vidi poglavlje 3.3).

Opći kriteriji (odn. opća pitanja) na temelju kojih se provodi odabir prioritetnih biljnih vrsta za očuvanje *in situ*:

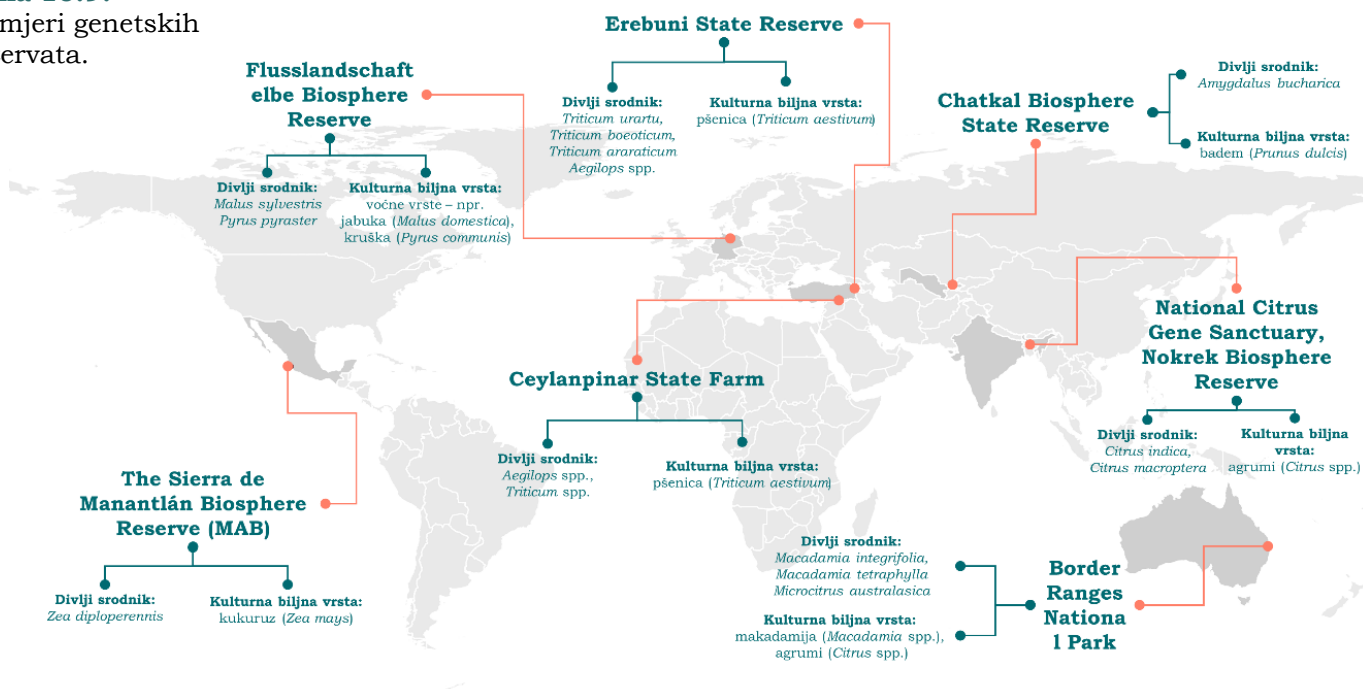
- Koja je stvarna ili potencijalna gospodarska vrijednost određene biljne vrste ili vrsta?
- U koju skupinu biljnih vrsta spada ciljane biljna vrsta (divlji srodnik kulturnih biljnih vrsta, ljekovito i aromatično bilje, ukrasno bilje, krmno bilje, itd.). Može li se biljna vrsta koristiti za obnovu ili rehabilitaciju staništa?
 - Koji je trenutni status zaštite vrste?
 - Je li biljna vrsta endemska, ograničene rasprostranjenosti ili je široko rasprostranjena?
 - Je li biljna vrsta suočena sa stalnim smanjenjem brojnosti jedinki ili populacija?
 - Postoje li dokazi da je biljna vrsta suočena s genetskom erozijom?
 - Ima li vrsta kulturološku važnost?

Nakon odabira prioritetnih biljnih vrsta, a prije planiranja aktivnosti vezanih uz očuvanje *in situ* prikupljaju se detaljni podaci o tim vrstama, kao što su podaci o rasprostranjenosti, tradicionalnoj upotrebi, podaci o sakupljanju u prirodi i posljedicama sakupljanja, kao i oni o uzgoju (ukoliko se uzgaja) i razmnožavanju. 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, a prednost se daje područjima koja obuhvaćaju najveću moguću genetsku raznolikost. Slijedi planiranje, dizajn i uspostava područja za očuvanje *in situ* za ciljane biljne vrste, 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 biljkama 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 očuvanju *in situ* koje se provodi.

Kao jedan od već spomenutih specifičnih ciljeva očuvanja *in situ* je i očuvanje divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta i divljih biljnih vrsta koje se koriste u prehrani. U **divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta** ubrajaju se sve one vrste koje su srodne vrstama od društveno-ekonomske vrijednosti poput važnih prehrambenih, ljekovitih, ukrasnih, krmnih i sl. kultura. **Divlje biljne vrste** koje se koriste kao hrana čine važnu komponentu ljudske prehrane diljem svijeta i mogle bi imati važnu ulogu u borbi protiv globalnog problema pothranjenosti. Bogat su izvor vrlo važnih nutritivnih spojeva kojih, nažalost, uglavnom nedostaje u namirnicama koje se koriste u konvencionalnoj prehrani. Ove dvije skupine biljnih vrsta rastu u svojim prirodnim staništima bez ili s minimalnim antropogenim utjecajem; kontinuirano se prilagođavaju uvjetima okoline koji se stalno i sve intenzivnije mijenjaju. Divlji srodnici kulturnih biljnih vrsta imaju širu genetsku raznolikost za razliku od svojih kultiviranih srodnika koji su prošli kroz genetičko usko grlo (engl. *bottleneck*) u procesu udomaćenja. Posjeduju i niz potencijalno poželjnih svojstava koja se mogu iskoristiti u procesu oplemenjivanja (mogu služiti kao donori gena), a sa svrhom povećanja otpornosti na abiotičke i biotičke stresove, povećanja prinosa i kvalitete uroda modernih kultivara. Široka genetska varijabilnost divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta, kao i divljih vrsta koje se koriste u prehrani, ključni su elementi za opstanak poljoprivredne proizvodnje, a time i nas -čovjeka kao vrste. U svrhu njihovog očuvanja uspostavljaju se **genetski rezervati**. Primjeri značajnijih svjetskih genetskih rezervata prikazani su na **Slici 10.9**.

Slika 10.9.
Primjeri genetskih rezervata.



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 ili oplemenjivačku vrijednost. Genetski rezervati najčešće su locirani unutar postojećih zaštićenih područja, ali moguća je i njihova uspostava *de novo*.

Priča o makadamiji: očuvanje *in situ* divljih srodnika kulturnih biljnih vrsta

Rod *Macadamia* pripada porodici Proteaceae i broji četiri vrste: *Macadamia integrifolia*, *Macadamia tetraphylla*, *Macadamia ternifolia* i *Macadamia janseni*. 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 za autohtono stanovništvo. Nazivaju ih australskim darovima svijetu (engl. *Australia's Gift to the World*), a važan su dio australske kulturne baštine i povijesti. Plodovi makadamije (**Slika 10.10**) sadrže brojne spojeve korisne u ljudskoj prehrani, a iz njih se izdvaja i masno ulje koje se primjenjuje u aromaterapiji i kozmetici. Bogati su nezasićenim masnim kiselinama (oleinska, palmitoleinska, linolna, linoleinska) vitaminom E, sterolima, brojnim mineralima, itd.

Prema nekim izvorima krajem 19. stoljeća makadamiju je na Havaje introducirao William Herbert Purvis (1858 -1950), koji je bio kolekcionar biljaka i investitor u proizvodnju šećerne trske, i to kao ukrasno stablo koje bi imalo i funkciju zaštite nasada šećerne trske od udara vjetrova. Slatki plodovi makadamije ubrzo su pobudili zanimanje dotadašnjih uzgajivača šećerne trske, što je potaklo početak komercijalnog uzgoja na Havajima 20-ih godina 20. stoljeća. 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 orašastih plodova makadamije bili su Australija i Južna Afrika (oko 50 % ukupne svjetske proizvodnje), a slijede ih Kina, Kenija, SAD (Havaji), Gvatemala, Vijetnam i Malavi. Svjetska proizvodnja makadamije temelji se na kultivarima koji su nastali u 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, tj. nisku

razinu genetske raznolikosti. S obzirom na navedeno, očuvanje divljih populacija makadamije od velike je važnosti s obzirom na to da one predstavljaju izvor gena otpornosti na mnoge abiotičke i biotičke čimbenike kao i izvor gena za poželjna svojstva (npr. stabla niskog habitusa, plodovi s tanjom ljuskom, itd.) za korištenje u oplemenjivačkim programima i stvaranju novih kultivara. Međutim, prirodne populacije *M. integrifolia*, *M. tetraphylla*, *M. ternifolia* i *M. janseni* su ugrožene. Prirodna staništa spomenutih vrsta od dolaska Europljana (kraj 18. stoljeća) podvrgnuta su intenzivnom krčenju i fragmentaciji staništa, što je dovelo do smanjenja brojnosti populacija.



Slika 10.10.
Plodovi
makadmije.

Procjenjuje se da je od tog vremena izgubljeno 80 % prirodnih staništa makadamije i 30 - 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). *M. 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 *M. integrifolia* i *M. ternifolia*, kao i između vrsta *M. integrifolia* i *M. tetraphylla*. Prirodne populacije vrsta iz roda *Macadamia* dodatno ugrožavaju invazivni korovi (npr. *Dolichandra unguis-cati* i *Anredera cordifolia*) te požari koji su česta pojava na prirodnim staništima za koje se predviđa da će pretrpjeti značajne promjene u nadolazećim desetljećima; posebice u temperaturi te količinama i rasporedu oborina kao rezultata klimatskih promjena, što će dodatno ugroziti njihov opstanak.

Važnost prirodnih populacija prepoznata je 60-ih godina 20. stoljeća, a od 1988. godine kontinuirano se provode mjere njihovog očuvanja *in situ*. Provode se aktivnosti mapiranja staništa svih prirodnih populacija makadamije, praćenje njihove brojnosti, kao

i brojna genetska istraživanja (analiza genetske strukture i raznolikosti, protok gena, hibridizacija), mjere kontrole rizika od požara te uklanjanje invazivnih korova, kao i informiranje javnosti i lokalnih vlasti o važnosti i mjerama očuvanja prirodnih populacija makadamije.

10.2.1 Očuvanje *inter situ*

Očuvanje *inter situ*, odnosno očuvanje na gospodarstvu (engl. *on farm conservation*) predstavlja zasebni oblik očuvanja *in situ*, pri čemu se biljni genetski izvori čuvaju i dalje te razvijaju 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 desetljećima. Poljoprivrednici su nakon berbe ili žetve zadržavali dio uroda (sjemena/plodova/gomolja i sl.) za podizanje novih usjeva u narednoj godini. Svjesno su provodili odabir na veći prinos, kvalitetu ili otpornost na bolesti i štetnike, a sve s ciljem pospješivanja poljoprivredne proizvodnje u lokalnom okruženju. Tako su, u konačnici, nastali i prvi kultivari. Dakle, u ovom tipu očuvanja poljoprivrednici i ruralne zajednice imaju presudnu ulogu. Genetska varijabilnost je 'u rukama' poljoprivrednika koji je održava, a dostupna je za korištenje i oplemenjivačima i drugim potencijalnim korisnicima. Iako poljoprivredna proizvodnja najčešće teži ujednačenosti nasada i usjeva, čak i mala raznolikost pruža poljoprivredniku mogućnost provedbe selekcije na određena svojstva, umnaža novootkrivene genotipove ili klonove te ih razmjenjuje s drugim poljoprivrednicima osiguravajući tako dugoročni razvoj i selekciju genetskog materijala kroz vrijeme. Zahvaljujući takvoj praksi, danas imamo obilje lokalnih kultivara brojnih poljoprivrednih vrsta.

Opće značajke očuvanja na gospodarstvu su sljedeće:

- (1)** Tip očuvanja koji je komplementaran očuvanju *ex situ*.
- (2)** Omogućava evoluciju kultiviranih biljnih vrsta i njihovu prilagodbu promjenjivim uzgojnim uvjetima.
- (3)** Čuva raznolikost i potiče razvoj kultiviranih biljnih vrsta kao i nastavak tradicije njihovog uzgoja i upotrebe.
- (4)** Potiče diversifikaciju poljoprivredne proizvodnje te posljedično povećanje raznolikosti poljoprivrednih proizvoda i ljudske ishrane.
- (5)** Potiče očuvanje i razvoj kulturnih krajobraza.

Očuvanje na gospodarstvu usmjereno je k održavanju tradicijskih, rjeđe i zastarjelih 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 (okus, oblik, boja, itd.). 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. Kao što je već navedeno, taj tip očuvanja usmjeren je i na zastarjele kultivare koji nemaju komercijalnu vrijednost ili je ona mala i ograničena na usko područje (vidi potpoglavlje 5.2). Riječ je o genotipovima uske genetske varijabilnosti koji se eventualno uzgajaju kako bi se zadovoljili specifični zahtjevi određene tržišne niše, odnosno potražnja za vrlo specijaliziranim proizvodom ili robom. Uzgoj određenog zastarjelog kultivara nastavlja se toliko dugo koliko postoji potražnja. Uz čuvanje tradicijskih i zastarjelih kultivara, očuvanje na gospodarstvu usmjereno je i na očuvanje svih razina bioraznolikosti, odnosno čitavih agroekosustava, vrsta i unutarvrstne raznolikosti; uključujući i šumske vrste te divlje srodnike kulturnih biljnih vrsta koje rastu u okolici poljoprivrednog gospodarstva. Putem očuvanja na gospodarstvu poljoprivrednici se mogu uključiti u nacionalne programe za očuvanje biljnih genetskih izvora.

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 pa upravo zbog toga predstavljaju vid globalne sigurnosti hrane. U isto vrijeme poljoprivrednicima osiguravaju dohodak i mogućnost plasiranja proizvoda na tržište te certificiranje biljnog materijala. Takav način očuvanja doprinosi diversifikaciji poljoprivredne proizvodnje, omogućava poljoprivrednicima ostvarivanje prihoda, stvara nove tržišne mogućnosti te utječe na smanjenje genetske erozije vrste.

Očuvanje i uzgoj tradicijskih kultivara nije strogo vezan za određeni sustav proizvodnje, ali najčešće se odvija na manjim obiteljskim gospodarstvima i vrtovima. S obzirom na to da se radi o malim uzgojnim površinama, proizvodi se koriste uglavnom za vlastite potrebe ili se plasiraju na lokalno tržište. Uzgoj biljnih genetskih izvora šire genetske osnove preferiraju ekološki proizvođači koji teže održivoj proizvodnji i načinu života koji podrazumijeva čuvanje i brigu o okolišu, biljkama, životinjama i ljudima.

Priča o sjekirici (*Lathyrus sativus*) - 'Fava Feneou': uspješno očuvanje na gospodarstvu

'Fava Feneou' (grč. Φάβα Φενεού) tradicijski je kultivar sjekirice (*Lathyrus sativus*; Fabaceae), koji se od 19. stoljeća uzgaja u Grčkoj na području općine Sikyona, u regionalnoj jedinici Corinthia. 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, a primjena sintetskih pesticida je minimalna. Konzumiraju se sjemenke koje se suše, usitnjavaju i kuhaju za pripremu gustog pirea. Namirnica je visoke nutritivne vrijednosti, ima visoki sadržaj proteina, 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 ujedno ima oznaku zemljopisnog podrijetla. Kao posljedica toga, sve faze proizvodnog procesa (uzgoj, berba, sušenje i pakiranje proizvoda), kao i sakupljanje sjemena za sljedeću godinu, moraju se odvijati unutar definiranog zemljopisnog područja, a konačni proizvod treba pakirati pod nazivom 'Fava Feneou'.

Priča o breskvi (*Prunus persica*) - *Buco Incavato*

Tradicijski kultivar '*Buco Incavato*' (*Prunus persica*) breskva je bijelog mesa, koja potječe iz Massa Lombarde (općina u pokrajini Ravenna, Italija). Naziv '*Buco Incavato*' (šuplje udubljenje) opisuje morfološka svojstva ploda, kojeg karakterizira naglašena duboka brazda (**Slika 10.11**).

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 19. stoljeća. Pedesetak godina kasnije, uzgoj ovog tradicijskog kultivara proširio se na gotovo cijelo područje regije Ravenna kao i u okolne regije. Međutim, krajem 1950-ih godina, novi moderni kultivari (s žutim mesom ploda) istisnuli su ovaj tradicijski kultivar iz proizvodnje od kojeg je bilo preostalo svega nekoliko stabala u pojedinim malim voćnjacima. U svrhu očuvanja ovog tradicijskog kultivara pokrenut je projekt ponovne introdukcije u proizvodnju koji je omogućio sadnju novih stabala u voćnjacima uključenim u projekt. Broj zainteresiranih proizvođača povećava se iz godine u godinu, kao i broj stabala; stoga je ovo jedan od uspješnih primjera održivog korištenja biljnih genetskih izvora. Od 2015. kultivar '*Buco Incavato*' uključen je u registar

zaštićenih poljoprivrednih genetskih izvora regije Emilia Romagna, a također je uvršten i u popis 'tipičnih regionalnih proizvoda'.



Slika 10.11. Plod Buco Incavato-breskve iz Massa Lombarde.

10.3 Najpoznatije svjetske banke biljnih gena

10.3.1 Sveruski Institut za biljne genetske izvore N. I. Vavilov (VIR)

Kolekcija sjemena *ex situ* Sveruskog instituta za biljne genetske izvore N. I. Vavilov - VIR (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. Osnovana je 1894. godine u sklopu Zavoda za primijenjenu botaniku, Znanstvenog odbora, Ministarstva državne imovine Ruskog Carstva. Naknadno je Zavod preimenovan u Institut za biljne genetske izvore 'N. I. Vavilov' koji je postao nacionalni centar za očuvanje, istraživanje i upotrebu biljnih genetskih izvora. Današnji status VIR-ove zbirke rezultat je zajedničkih napora nekoliko generacija svjetski poznatih znanstvenika i istraživača. Aktivni istraživački i sakupljački rad koji su započeli Vavilov i njegovi suradnici nastavljen je i tijekom 20. stoljeća. Kolekcija biljnih genetskih izvora 1940. godine sastojala se od 250 000 primki. Ta je

kolekcija sačuvana i tijekom 28-mjesečne opsade St. Petersburga u Drugom svjetskom ratu. U sklopu VIR-a provedene su brojne prikupljačke ekspedicije u regijama bivšeg SSSR-a i u više stotina zemalja svijeta. Prilikom prikupljačkih ekspedicija prioritetne vrste i kulture 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 sačuvana široka genska raznolikost.

Kolekcija sadrži oko 320 000 primki biljnih genetskih izvora, od preko 2 000 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 % sakupljenih biljnih vrsta već je izumrlo u prirodi ili su u slučaju kultiviranih biljnih vrsta nestali iz proizvodnje. U **Tablici 10.3** prikazan je broj primki u 2021. godini.

Svake se godine kolekcija nadopunjuje s 1000 - 3000 novih primki koje se čuvaju u obliku sjemena, vegetativnih ili generativnih organa; u kulturi tkiva, u obliku DNK ili krioprezervacijom (-196 °C). Glavni objekt za čuvanje sjemena u St. Petersburgu sadrži pet rashladnih komora za čuvanje sjemena na temperaturi od -10 °C i +4°C, fitosanitarne laboratorije i laboratorije *in vitro*, kriobanku i herbarij. Svi postupci sa sjemenom provode se prema propisanim FAO standardima. 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 St. Petersburga čuva se u Kubanskoj banci sjemena.

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 u kombinaciji s otpornošću na bolesti, poboljšanom sposobnošću skladištenja, otpornošću 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, sakupljenih tijekom prikupljačkih 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. Kao rezultat, do kraja 20. stoljeća prinos krumpira povećao se dva do četiri puta. Korištenje osobina ranijeg dozrijevanja i otpornosti na hladnoću u oplemenjivanju pšenice, zobi, suncokreta, soje, pamuka, riže, kukuruza i drugih kultura rezultiralo je širenjem njihovog uzgoja na sjever Rusije.

Tablica 10.3. Broj primki u VIR-u 2021. godine.

Vrsta/skupine vrsta	Broj primki
Pšenica (<i>Triticum aestivum</i>), tritikale (<i>×Triticosecale</i>), <i>Aegilops</i> sp.	> od 50 000
Raž (<i>Secale cereale</i>), ječam (<i>Hordeum vulgare</i>), zob (<i>Avena sativa</i>)	> od 37 000
Kukuruz (<i>Zea mays</i>), riža (<i>Oryza sativa</i>), sirak, proso (<i>Panicum miliaceum</i>), heljda (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	> od 49 000
Mahunarke: grašak (<i>Pisum sativum</i>), grah (<i>Phaseolus vulgaris</i>), leća (<i>Lens culinaris</i>), itd.)	> od 47 000
Krumpir (<i>Solanum tuberosum</i>): divlji, tradicijski i moderni kultivari	> od 8 000
Krmne kulture: esparzeta (<i>Onobrychis viciifolia</i>), djeteline (<i>Trifolium</i> sp.), vlasnjača (<i>Poa annua</i>)	> od 32 000
Povrće: rajčica (<i>Solanum lycopersicum</i>), paprika (<i>Capsicum annuum</i>), patlidžan (<i>Solanum melongena</i>), itd.)	> od 52 000
Voćne vrste: jabuka (<i>Malus domestica</i>), kruška (<i>Pyrus communis</i>), vinova loza (<i>Vitis vinifera</i>)	> od 22 000
Predivne kulture i uljarice: pamuk (<i>Gossypium herbaceum</i>), lan (<i>Linum usitatissimum</i>), konoplja (<i>Canabis sativa</i>), itd.)	> od 29 000

10.3.2 Banka sjemena Millennium

Banka sjemena Millennium (*Millennium Seed Bank*; MSB), u vlasništvu je Kraljevskog botaničkog vrta (Royal Botanical Garden, Kew) u Londonu, UK. 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 1970-ih godina, a od 1990. godine proširuje svoje djelovanje i na međunarodnu razinu. Banka sjemena Millennium osnovana je 2000. godine. Kolekcija banke sjemena Millennium sadrži oko 97 000 primki, od preko 40 000 različitih divljih biljnih vrsta koje su raspoređene u preko 6 100 rodova i 350 biljnih porodica. Primke se čuvaju u hermetički zatvorenim staklenim spremnicima, unutar podzemnih prostorija, na temperaturi od – (minus) 20 °C. Procjenjuje se da je u sklopu banke sjemena Millennium, a u suradnji s partnerima iz različitih dijelova svijeta, do 2022. godine prikupljeno oko 15, 6 % svjetskih divljih biljnih vrsta.

U sklopu programa *Millennium Seed Bank Partnership* (MSBP) Banka sjemena Millennium surađuje sa svjetskim bankama gena, poljoprivrednim, šumarskim i

istraživačkim institutima i vladinim organizacijama na području očuvanja biljnih genetskih izvora. Do 2022. godine je više od 100 zemalja te više od 250 organizacija bilo uključeno u takav dosad najopsežniji program očuvanja *ex situ*. Prikupljanje je ponajviše usmjereno na biljne vrste koje su suočene s izumiranjem kao posljedice promjene klimatskih uvjeta te antropogenog djelovanja. Svi sudionici programa potpisuju sporazum o raspodjeli dobiti u slučaju komercijalnog korištenja autohtonih divljih biljnih vrsta te primaju financijsku pomoć za uspostavu i razvoj banki 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 skladišni kapaciteti banke sjemena Millennium. Prikupljeno sjeme čuva se u zemlji podrijetla, a dio sjemena šalje se u Millennium banku sjemena, koja u tom slučaju predstavlja sigurnosnu kolekciju matične banke. Ukoliko određena zemlja nema zadovoljavajuće uvjete za čuvanje sjemena, sveukupna količina sjemena pohranjuje se u banci sjemena Millennium.

U banci sjemena Millennium sa sjemenom se 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 kontejnere ili trilaminatne vrećice. Čuva se na temperaturi od – (minus) 20 °C, u podzemnim prostorijama Wellcome Trust Millennium Building-a (**Slika 10.11**), smještenima u ljetnikovcu Wakehurst, u okrugu - Zapadni Sussex. Za svaku primku sjemena prikupljaju se i čuvaju herbarski primjerci.

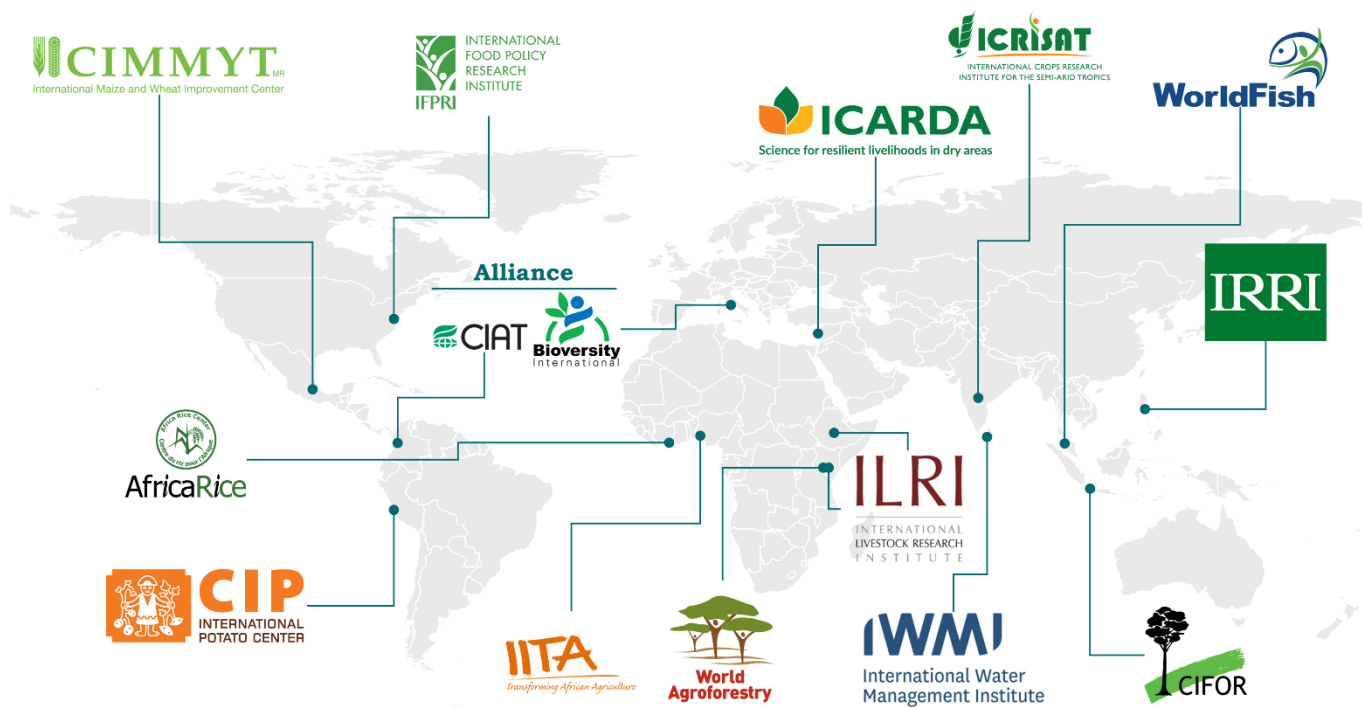
Mala količina sjemena koje se čuva u banci sjemena Millennium može se zatražiti isključivo u svrhu znanstvenih istraživanja i reintrodukcije biljne vrste u prirodu. Za tu svrhu banka osigurava do 60 sjemenki bez financijske nadoknade. Podaci o primkama (npr. skladišna sposobnost, klijavost, masa, sadržaj ulja i proteina, širenje sjemena, morfološka svojstva itd.), koje se čuvaju u banci sjemena Millennium dostupni su 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 i Kraljevskog botaničkog vrta 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 endemske, te se to područje smatra jednom od šest florističkih regija svijeta (Floristička regija Cape). Tri od 36 vrućih točaka bioraznolikosti locirano je na tom području, a oko 14 % autohtonih biljnih vrsta u opasnosti je od izumiranja. Stoga je u suradnji s bankom sjemena Millennium pokrenut program razvoja nacionalne kolekcije sjemena Južnoafričke Republike, u sklopu kojeg je do 2022. godine prikupljeno više od 2 500 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 polaže se u banku 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 osigurati održivu sigurnost hrane kroz znanstvena istraživanja i različite znanstvene aktivnosti na području agronomije, šumarstva, ribarstva i okoliša, te tako smanjiti siromaštvo u zemljama u razvoju. Petnaest članica CGIAR-a usmjereno je na različite aktivnosti, a uz to, 10 istraživačkih centara sadrži i banku biljnih gena (**Tablica 10.4**, **Slika 10.12**). U bankama gena pod CGIAR-om 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.



Slika 10.12. CGIAR istraživački centri.

Tablica 10.4. Istraživački centri CGIAR-a i pripadajuće banke gena.

Institucija	Kratica	Zemlja	Biljne vrste/područje djelovanja
Afrički centar za rižu (<i>Africa Rice Center</i>)	Africa Rice	Benin	riža
Bioverfsvalbasity International Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu (<i>International Center for Tropical Agriculture</i>)	- CIAT	Italija Kolumbija	biljni genetski izvori <i>Phaseolus</i> sp., kasava
Centar za međunarodna istraživanja u šumarstvu (<i>Center for International Forestry Research</i>)	CIFOR	Indonezija	održivo šumarstvo
Međunarodni centar za oplemenjivanje kukuruz i pšenice (<i>International Maize and Wheat Improvement Center</i>)	CIMMY T	Meksiko	kukuruz, pšenica
Međunarodni centar za krumpir (<i>International Potato Center</i>)	CIP	Peru	krumpir, gomoljaste kulture
Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima (<i>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas</i>)	ICARDA	Sirija	ječam, leća, bob, pšenica, slanutak
Svjetski poljoprivredno-šumarski centar (<i>World Agroforestry Centre</i>)	ICRAF	Kenija	agrošumarstvo, višenamjenska stabla
Međunarodni institut za istraživanje kultura za semiaridna tropska područja (<i>International Crops Research Institute for the semi-arid tropics</i>)	ICRISA T	Indija	sirak, proso, slanutak, kikiriki
Međunarodni institut za istraživanje prehrambene politike (<i>International Food Policy Research Institute</i>)	IFPRI	SAD	smanjenje siromaštva, gladi i pothranjenosti
Međunarodni institut za tropsku poljoprivredu (<i>International Institute of Tropical Agriculture</i>)	IITA	Nigerija	kasava, kukuruz, vigna, jam soja, banane, platane
Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu (<i>International Livestock Research Institute</i>)	ILRI	Kenija	krmne kulture
Međunarodni institut za istraživanje riže (<i>International Rice Research Institute</i>)	IRRI	Filipini	riža
Međunarodni institut za upravljanje vodama (<i>International Water Management Institute</i>)	IWMI	Šri Lanka	navodnjavanje, upravljanje vodama
Ribe svijeta? (<i>World Fish</i>)	WorldFi sh	Malezija	upravljanje vodnim resursima

Afrički centar za rižu (*Africa Rice Center*) vodeći je afrički centar koji je posvećen poboljšanju životnih uvjeta u Africi. Autonomna je međuvladina 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 vrste *Oryza 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, na Obali Bjelokosti. Osnovna kolekcija čuva se na temperaturi od 5 do 10 °C, a sigurnosne kolekcije (od oko 40 % primki) čuvaju se u Fort Collins-u (Colorado, SAD) i na 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 (*International Center for Tropical Agriculture; CIAT*) u Kolumbiji posvećen je razvoju tehnologija, inovativnih metoda i stjecanju novih saznanja koja 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 *Phaseolus* sp., oko 6 000 kasave (*Manihot esculenta*) te oko 22 000 primki krmnih kultura.

Međunarodni centar za oplemenjivanje kukuruza i pšenice (*International Maize and Wheat Improvement Center; CIMMYT*) u Meksiku 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.

Međunarodni centar za krumpir (*International Potato Center; CIP*) u Peruu održava najveću svjetsku kolekciju krumpira (*Solanum tuberosum*) i batata (*Ipomea batatas*), i njihovih divljih srodnika. Većina primki čuva se u uvjetima *in vitro* ili krioprezervacijom u uvjetima dugoročnog čuvanja. Sigurnosna kolekcija *in vitro* slatkog krumpira nalazi se u Kolumbiji, dok je sigurnosna kolekcija krumpira u Brazilu. Uz spomenute biljne vrste, u banci se čuvaju i autohtone andske korjenaste i gomoljaste kulture, a u sklopu njihovog očuvanja blisko surađuju s lokalnim zajednicama na području Anda. Kolekciju čini više od 7 500 primki krumpira, oko 8 000 primki slatkog krumpira i oko 2 500 primki andskih korjenastih i gomoljastih kultura.

Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u aridnim područjima (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas; ICARDA*), Sirija. 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*). U takvoj se banci gena čuva 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.

Svjetski poljoprivredno-šumarski centar (*World Agroforestry Centre; ICRAF*) u Keniji čuva oko 190 samoniklih, djelomično udomaćenih voćnih, kao i šumskih vrsta koje imaju višestruku primjenu (koriste se kao hrana, lijek, ogrjev, itd.). Kolekcija sadrži više od 8 000 primki voćnih vrsta te oko 6 700 primki šumskih biljnih vrsta.

Međunarodni institut za istraživanje kultura za semiaridna tropska područja (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics; ICRISAT*). 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 slanetak (*Cicer arietinum*) i kikiriki (*Arachis hypogaea*) te njihovi divlji srodnici. Od žitarica, sirak (*Sorghum* sp.) je zastupljen s najvećim brojem primki, oko 42 000, slijedi 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 opskrbu dostatnih količina hrane u Africi. U institutu se čuva više od 15 000 primki kikirikija, crnookice (*Vigna unguiculata*) i bambara graha (*Vigna subterranea*), oko 1500 primki kukuruza, soje i banane oko 400, manioke oko 3000, a jama (*Dioscorea batatas*) oko 6000 primki.

Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu (*International Livestock Research Institute; ILRI*) u Keniji bavi se očuvanjem biljnih genetskih izvora krmnog bilja. Kolekcija sadrži oko 20 000 primki krmnog bilja od oko 1 000 vrsta, od kojih većinu (97 %) čine divlji srodnici.

Međunarodni institut za istraživanje riže (*International Rice Research Institute; IRRI*) na Filipinima održava najveću kolekciju riže na svijetu s oko 130 000 primki koje uključuju tradicijske kultivare i divlje srodnike.

CILJEVI I ZADACI BANAKA BILJNIH GENA

11.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora

Priča o tustopizdi i kurcoglavu

11.2 Opis i procjena svojstava primki

*Priča bosiljku (*Ocimum spp.*): opis svojstava primki*

*Priča od dalmatinskom buhaču (*Tanacetum cinerariifolium*): procjena agronomski važnih svojstava*

11.3 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. U svrhu prikupljanja biljnih genetskih izvora provode se prikupljačke ekspedicije koje moraju biti pažljivo planirane i temeljene na znanstvenim osnovama. Svrha prikupljačkih ekspedicija nije samo prikupljanje biljnog materijala (primki), već i svih raspoloživih podataka o primkama, kao što su lokacija i mjesto prikupljanja, opis staništa na kojoj biljna vrsta raste, važnost određene biljne vrste u tradicionalnom poljodjelstvu, povijesti uzgoja (ukoliko se uzgaja), itd. Nakon prikupljanja i primitka primki u banku gena provode se aktivnosti vezane uz njihovu pripremu za čuvanje te skladištenje u odgovarajućim uvjetima (vidi potpoglavlje **10.1**). Potom slijedi opis i procjena svojstava primki, što je jedan od najvažnijih zadataka banaka biljnih gena. Opis podrazumijeva bilježenje lako uočljivih, najčešće morfoloških svojstava primki, dok se kod procjene svojstava analizira njihova agronomska vrijednost. U većini

banaka gena opis i procjena svojstava temelji se na listama deskriptora organizacije Bioversity International (prijašnji naziv Međunarodni institut za biljne genetske izvore; *International Plant Genetic Resources Institute* – IPGRI).

Većina banaka gena ima uspostavljen dokumentacijsko-informacijski sustav koji omogućava dostupnosti svih podataka o čuvanim primkama te ima višestruku ulogu u održivom korištenju biljnih genetskih izvora. Zbog jednostavnijeg pronalaženja biljnog materijala potiče se upotreba biljnih genetskih izvora u znanstvenim istraživanjima i oplemenjivanju što i jest jedan od glavnih ciljeva banaka biljnih gena. Olakšana je identifikacija duplikata čime se izbjegava nepotrebno trošenje sredstava za njihovo očuvanje i umnožavanje. Omogućava pregled prikupljenih primki i utvrđivanje nedostataka, što je važan argument pri postavljanju prioriteta za buduće prikupljačke ekspedicije. Nadalje, omogućava 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. Strukturu većine baza podataka čine prikupljački i putovnički podaci, podaci o opisu i procjeni svojstava te podaci o rukovanju primkama. Standardizacija sustava baza podataka nužna je za brz i učinkovit prijenos podataka. U dokumentiranju putovničkih podataka većina banaka gena koristi međunarodno prihvaćenu listu deskriptora (*Multi-Crop Passport Descriptors*; MCPD), koja olakšava razmjenu podataka o primkama između različitih banaka biljnih gena.

11.1 Ekozemljopisni pregled i prikupljanje biljnih genetskih izvora

Ekozemljopisni pregled podrazumijeva prikupljanje ekoloških, zemljopisnih i taksonomskih podataka o biljkama u svrhu razvitka strategija očuvanja biljnih genetskih izvora. Uključuje i prikupljanje podataka o genetskoj raznolikosti biljaka, provedbu etnobotaničkih istraživanja u svrhu prikupljanja podataka o tradicionalnoj upotrebi, kao i utvrđivanje društvenog konteksta pojedinih biljnih vrsta na određenom području, a sve s ciljem pronalaska biljnog materijala od posebnog interesa. Na temelju podataka prikupljenih kroz ekozemljopisni pregled, provodi se odabir biljnih vrsta i populacija te staništa i područja prikupljanja prioriternih za očuvanje.

Nekoliko je specifičnih razloga za provedbu prikupljačkih ekspedicija. Jedan od njih je postojanje opasnosti od genetske erozije ili izumiranja određene biljne vrste ili više njih na nekom području kao rezultata prekomjernog prikupljanja, gubitka staništa ili djelovanja nepovoljnih abiotičkih i biotičkih stresova (bolesti, suša, poplave, zagađenja i sl.), pri čemu primjena očuvanja *in situ* nije dostatna. Prikupljačke ekspedicije kod kojih visoki prioritet imaju male (po broju ili prostornoj rasprostranjenosti) populacije određene vrste ili specifični genotipovi s ograničenom prirodnom rasprostranjenosti nazivaju se 'spasilačkim' prikupljanjem (engl. *rescue expedition*). 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. To može proizlaziti iz potrebe oplemenjivačkih programa za novim, određenim svojstvima koja su ponajviše vezana uz razvoj kultivara s otpornošću na različite biotičke i abiotičke stresove. Razlozi za provedbu prikupljačkih ekspedicija su i proširenje postojeće kolekcije *ex situ*, povećanja raznolikosti s namjerom osiguravanja biljnih genetskih izvora za budućnost te provedbu istraživanja; primjerice analize raznolikosti, načina razmnožavanja ili izrade taksonomije.

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 gdje nikad nije provedeno sustavno prikupljanje biljnih genetskih izvora niti ekozemljopisni pregled. Prikupljanje određene biljne vrste često provode potencijalni korisnici germplazme (vidi poglavlje 4), npr. oplemenjivači.

U prikupljačkim ekspedicijama prikupljaju se uzorci sjemena (biljne vrste s ortodoksnim sjemenom) i vegetativnih biljnih dijelova (biljne vrste s rekalcitratnim sjemenom) u svrhu očuvanja biljnih genetskih izvora *ex situ*. Sjeme se sakuplja u stadiju fiziološke zrelosti, odnosno u stadiju kada je sposobno za reprodukciju, a koja se procjenjuje na temelju boje ploda i sjemena.

Prilikom prikupljačkih ekspedicija nije važno samo prikupiti biljni materijal već i sve raspoložive podatke o primki. U tu svrhu popunjava se prikupljački obrazac (**Slika 11.1**) koji sadržava podatke o identifikaciji primke (latinski, hrvatski, lokalni naziv), specifičnostima primke, fenologiji, zatim podatke o lokaciji prikupljanja (zemljopisna širina i dužina, nadmorska visina, svojstva tla), podatke o vegetaciji (dominantne vrste, antropogeni utjecaj) te ocjenu rizika od genetske erozije (učestalost populacije, prostorni obrazac, ocjena raznolikosti, procjena opasnosti i razlozi genetske erozije).

Prikupljanje biljnog materijala za čuvanje u bankama sjemena provodi se i kroz razmjenu s drugim bankama biljnih gena ili drugim institucijama koje se bave očuvanjem biljnih genetskih izvora ili se nabavlja putem donacija. Prilikom primitka biljnog materijala u banku sjemena, svakoj primci dodjeljuje se jedinstveni identifikacijski broj (engl. *accession number*). Svaku primku koja postaje sastavni dio banke sjemena trebaju pratiti putovnički podaci (engl. *passport data*). U dokumentiranje putovničkih podataka koristi se međunarodno prihvaćena lista deskriptora (engl. *Multi-Crop Passport Descriptor*) koja olakšava razmjenu primki i podataka između različitih banaka gena (**Tablica 11.1**). Razvijena je od strane Međunarodnog instituta za biljne genetske izvore (sadašnji naziv *Bioversity International*) i Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO). Lista deskriptora usuglašena je s listama deskriptora za biljne vrste (vidi potpoglavlje 11.2) kao i s deskriptorima koji se koriste pri dokumentiranju podataka u Svjetski informacijski sustav i sustav ranog upozoravanja o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (WIEWS; *World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) (vidi potpoglavlje 11.3).

Tablica 11.1. Putovnički podaci
(*Passport data*).

Putovnički podaci		Kratica
1.	Oznaka institucije (engl. <i>institution code</i>)	INSTCODE
2.	Broj primke (engl. <i>accession number</i>)	ACCENUMB
3.	Prikupljački broj (engl. <i>collecting number</i>)	COLLNUMB
4.	Kod institucije koje je provela prikupljanje (engl. <i>collecting institute code</i>)	COLLCODE
5.	Rod (engl. <i>genus</i>)	GENUS
6.	Vrsta (engl. <i>species</i>)	SPECIES
7.	Oznaka autorizacije znanstvenog naziva vrste (engl. <i>species authority</i>)	SPAUTHOR
8.	Podvrsta (engl. <i>subtaxa</i>)	SUBTAXA
9.	Oznaka autorizacije znanstvenog naziva podvrste (engl. <i>subtaxa authority</i>)	SUBTAUTHOR
10.	Narodni naziv biljne vrste (engl. <i>common crop name</i>)	CROPNAME
11.	Naziv primke (engl. <i>accession name</i>)	ACCENAME
12.	Datum uključivanja primke u banku gena (engl. <i>acquisition date</i>)	ACQDATE
13.	Zemlja porijekla (engl. <i>country of origin</i>)	ORIGCTY
14.	Lokacija prikupljanja primke (engl. <i>location of collecting site</i>)	COLLSITE
15.	Zemljopisna širina lokacije prikupljanja (engl. <i>latitude of collecting site</i>)	LATITUDE
16.	Zemljopisna dužina lokacije prikupljanja (engl. <i>longitude of collecting site</i>)	LONGITUDE
17.	Nadmorska visina lokacije prikupljanja (eng. <i>elevation of collecting site</i>)	ELEVATION
18.	Datum prikupljanja (engl. <i>collecting date of sample</i>)	COLLDATE
19.	Oznaka oplemenjivačke institucije (engl. <i>breeding institute code</i>)	BREDCODE
20.	Status primke (engl. <i>biological status of accession</i>)*	SAMPSTAT
21.	Rodoslovni podaci (engl. <i>ancestral data</i>)	ANCEST
22.	Mjesto prikupljanja (engl. <i>collecting/acquisition source</i>)**	COLLSRC
23.	Oznaka institucije donora (engl. <i>donor institute code</i>)	DONORCODE
24.	Donorov broj primke (engl. <i>donor accession number</i>)	DONORNUMB
25.	Druge identifikacije oznake primke (engl. <i>other identification numbers associated with the accession</i>)	OTHERNUMB
26.	Lokacija sigurnosne kolekcije (engl. <i>location of safety duplicates</i>)	DUPLSITE
27.	Način čuvanja (engl. <i>Type of germplasm storage</i> ***)	STORAGE
28.	Napomene (engl. <i>remarks</i>)	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.

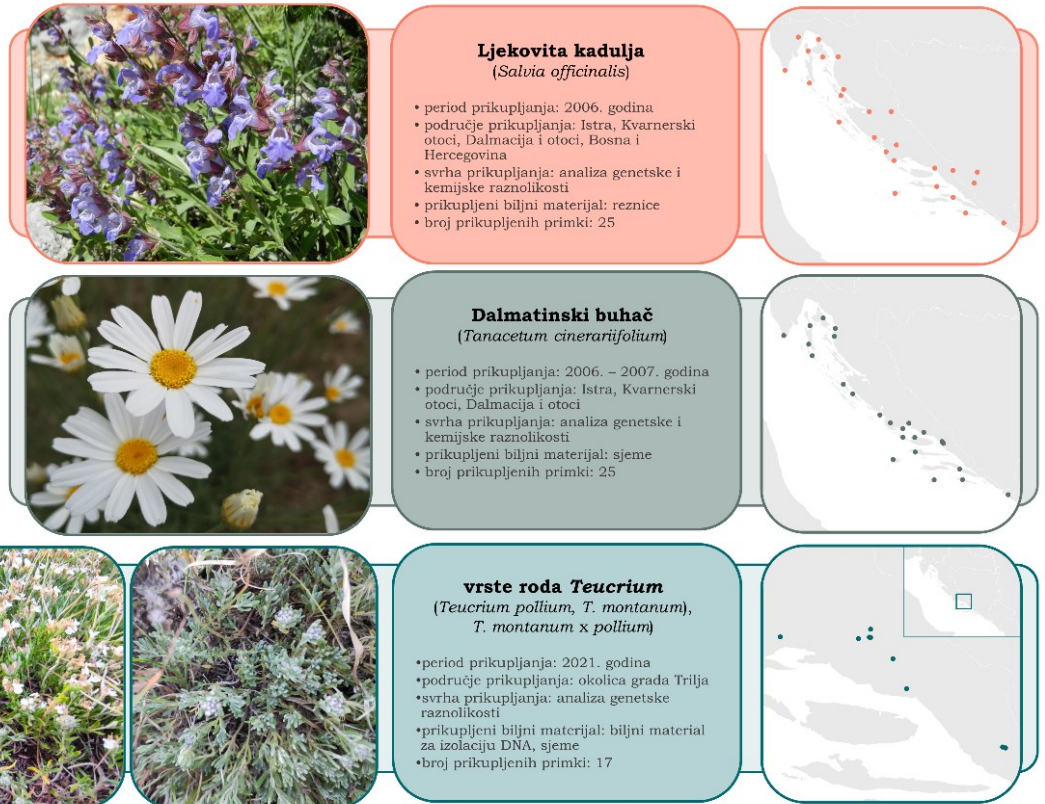
***kolekcija sjemena, poljska kolekcija, *in vitro* kolekcija, krioprezervacija

U sklopu Radne skupine za Ljekovito i aromatično bilje (vidi potpoglavlje 12.3) svake godine organiziraju se prikupljačke ekspedicije. Prikupljačke ekspedicije usmjerene su na prikupljanje određene biljne vrste na širem geografskom području ili na

prikupljanje većeg broja biljnih vrsta na određenom specifičnom području. Razlozi za provedbu prikupljačkih ekspedicija su popunjavanje nedostataka unutar kolekcije (nastoji se obuhvatiti što šira vrsna i unutarvrsna raznolikost) i analize morfološke, kemijske i genetske raznolikosti prirodnih populacija ljekovitog i aromatičnog bilja. 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. Danas se primke čuvaju u obliku poljske kolekcije na Institut za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, a na primkama u kolekciji provedena je analiza kemijske i genetske raznolikosti. S istim ciljem, 2007. god. provedeno je i prikupljanje sjemena prirodnih populacija dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*), na području Hrvatske. Sjeme se čuva u sklopu Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja na Sveučilištu u Zagrebu, Agronomskom fakultetu. Na području grada Trilja, 2021. provedeno je prikupljanje sjemena i biljnog materijala triju vrsta iz roda *Teucrium* (*Teucrium montanum*, *Teucrium pollium* i njihovog hibrida). Cilj ove prikupljačke ekspedicije bio je prikupljanje biljnog materijala za analizu genetske raznolikosti te sjemena za popunjavanje postojeće kolekcije (Slika 11.2).

Slika 11.2.

Prikupljačke ekspedicije u sklopu Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja.



Priča o tustopizdi i kurcoglavu

Zlarin je jedan od otoka Šibenskog arhipelaga. Dug je 6,1 km, širok do 2,1 km, a ukupna mu je površina 8,19 km². Prema popisu stanovništva iz 2011. godine na njemu žive 284 stanovnika.

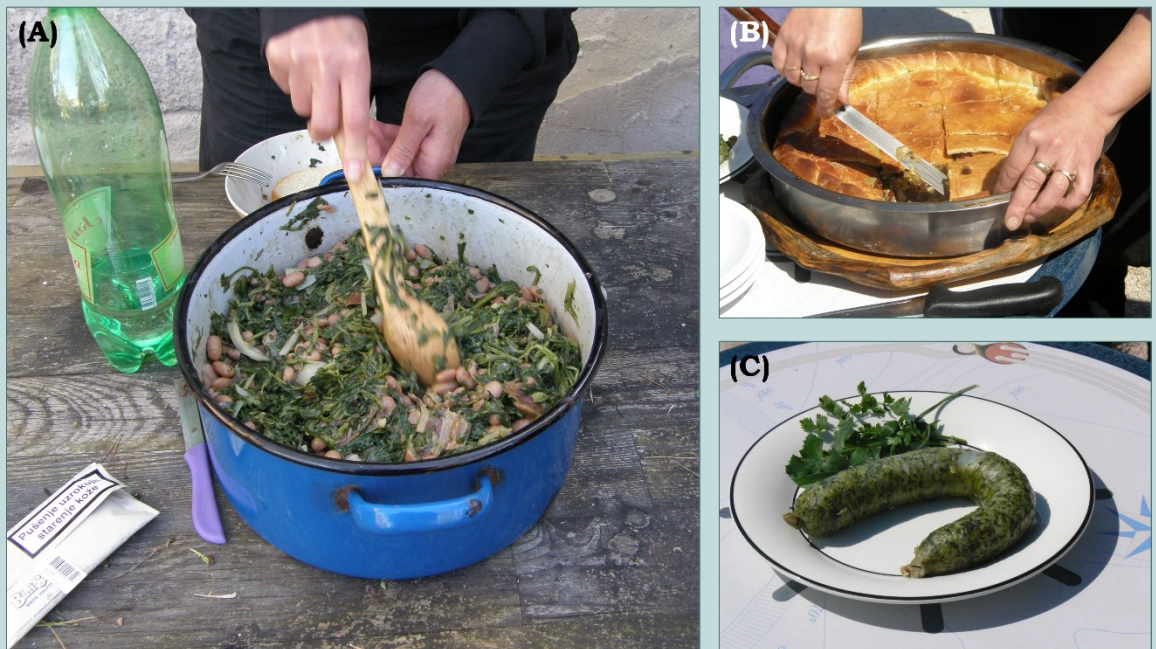
Diblje zelje je zlarinski naziv za samoniklo jestivo bilje koje se prikuplja u rano proljeće. Običaj branja *dibljeg zelja* raširen je na mnogim našim otocima kao i u priobalju o čemu govore i brojni nazivi u hrvatskim govorima kao što je *svakober* (Ravni kotari), *broška* (otok Molat), *ščadovina* (otok Iž), *divina* (otok Prvič), *mišancija* ili *mišanca* (Split i okolica), *parež*, *pareščina*, *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 sinanoma kao što su *pistič* (Furlanija-Julijska krajina), *prebuggium* (Ligurija), *minestrella* (Toskana), *misticanza* (Lacij), *misca* (Basilicata), *foja mmisca* (Apulija), te *ministra delle 18 erbe selvatiche* (Sardinija), a poznat je i u Španjolskoj (*ensalada del campo*), Francuskoj (*suppa d'erbiglie* na Korzici) i Grčkoj (*ta chôrta*; τα χόρτα).

Etnobotaničko istraživanje samoniklog jestivog bilja otoka Zlarina započelo je 2009. godine u koje 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 svojite iz 24 roda unutar deset porodica te zabilježeni zlarinski nazivi za pojedine svojite. Većina tih biljnih vrsta usko je povezana s čovjekom i agrikulturom. Neke od tih vrsta se mogu naći kao samonikle, uzgojene i podivljale kao što je npr. raštika (*Brassica olearacea* var. *acephala*; zlarinski: *brokulica*, *broskva*, *brusinica*, *cimulica*) ili pak čunjaska (*Raphanus raphanistrum* ssp. *landra*) i sjetvena rotkva (*R. 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 (*Ch. 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 (*Trodylium 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 se vjerojatno odnosi na činjenicu da su listovi i stabljika obrasli gustim dlakama. Kurcoglav je zlarinski naziv za zlasticu (*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 entobotaničkog 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 pripremi gozbu za sve sudionike radionice (**Slika 11.3**).



Slika 11.3.
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 Dučaka, Zlatka Libera, Sandra Bogdanovića i Zlatka Šatovića objavljenom 2022. godine.

11.2 Opis i procjena svojstava primki

Jedan je od ciljeva očuvanja biljnih genetskih izvora njihovo **održivo korištenje**. 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.

ODRŽIVO KORIŠTENJE 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 (engl. *characterization and evaluation*) primki specifični su za biljnu vrstu ili skupinu srodnih vrsta.

Opis svojstava služi za identifikaciju primki, odnosno utvrđuju se sličnosti i/ili razlike između primki u odnosu na određeno svojstvo, u svrhu njihovog razlikovanja i svrstavanja u određene skupine. Opis svojstava uključuje bilježenje podataka o kvalitativnim, visokoheritabilnim svojstvima, koja su lako uočljiva i koja se ispoljavaju u svim okolišnim uvjetima, što omogućava brzo razlikovanje/diskriminaciju primki (npr. na temelju habitusa, oblika lista, oblika sjemena, itd.). Opis svojstava provodi se najčešće prilikom regeneracije primki.

Procjena svojstava uključuje analizu kvantitativnih, niskoheritabilnih svojstava, 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. prinosa), reakcije na različite biotičke i abiotičke stresove (npr. otpornost/tolerantnost na sušu). Uključuje i kemijske i biokemijske analize u svrhu utvrđivanja sadržaja određenih biokemijski aktivnih spojeva te genetske analize u svrhu utvrđivanja raznolikosti. Razlikuju se preliminarna (*preliminary evaluation*) i daljnja procjena svojstava (*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 poljskim pokusima 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 11.2**.

Procjena svojstava organizacijski, financijski i vremenski iznimno je zahtjevna, no presudna je za genotipizaciju i fenotipizaciju primki. Od interesa je i dobivanje podataka za potrebe oplemenjivanja. Dobiveni rezultati omogućavaju korisnicima odabir najbolje primke s određenim poželjnim svojstvima.

Tablica 11.2.
Opis i procjena svojstava u bankama biljnih gena.

	Opis svojstava	Procjena svojstava
Cilj	Bilježe se visokoheritabilna svojstva, koja su stabilna u različitim okolišnim uvjetima	Analiza niskoheritabilnih (većinom agronomskih) svojstva koja su pod utjecajem okolišnih uvjeta
Tipična svojstva	Bilježe se lako mjerljiva kvalitativna svojstva, na temelju kojih se provodi klasifikacija primki	Analiza kvantitativnih, teže mjerljivih svojstva, na temelju kojih se provodi testiranje produktivnosti primki
Deskriptori	Boja, dlakavost, oblik biljnih dijelova	Visina, prinos i sastavnice prinosa, vrijeme do cvatnje, zrelost, sastav (sadržaj proteina, ugljikohidrata, eteričnih ulja i sl.), tolerantnost na stres

Opis, a najčešće i procjena svojstava temelji se na listama **deskriptora** (engl. *descriptor list*) koje sadrže standardizirani popis svojstava i kategorija. Liste deskriptora važan su alat za standardizaciju opisa i procjene svojstava koji osigurava međunarodni format i univerzalno razumljiv 'jezik' za podatke o biljnim genetskim izvorima, a koriste se ponajprije u znanstvenim istraživanjima u području hrane i poljoprivrede.

DESKRIPTOR je značajka ili mjerljivo svojstvo primki u banci gena koji se koristi za njihovu klasifikaciju.

Organizacija *Biodiversity International* (vidi potpoglavlje **12.1**) u suradnji s mnogobrojnim organizacijama koje se bave očuvanjem biljnih genetskih izvora, razvila je liste deskriptora za preko 100 vrsta/rodova (npr. jabuka – *Malus domestica*, mrkva – *Daucus carota*, kokos – *Cocos nucifera*, kukuruz – *Zea mays*, grah – *Phaseolus vulgaris*, riža – *Oryza sativa*, soja – *Glycine max*, pšenica – *Triticum aestivum*, rodovi *Allium*, *Brassica*, *Raphanus*, *Medicago*, *Sorgum*, itd) Liste deskriptora obuhvaćaju cjelokupan genski skup određene kulturne biljne vrste, a prikladni su i za opis lokalnih populacija i divljih srodnika. Pomoću lista deskriptora opisuju se osnovna svojstva primki i mogući oblici njihove ekspresije. Deskriptori koji se koriste u opisu svojstava uglavnom se odnose na botanička svojstva primki ili propisuju način mjerenja raspona varijabilnosti određenog svojstva. Pri opisu svojstava novonastalih kultivara koristi se Vodič za

provođenje testova različitosti te ujednačenosti i stabilnosti (*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 poglavlje 5).

Deskriptor čini njegov naziv svojstva koje se opisuje (*descriptor name*), metoda određivanja određenog svojstva (*descriptor method*) i kategorije (*descriptor state*). Naziv deskriptora mora biti opisan, nedvosmislen, konkretan i razumljiv. Najčešće se sastoji od objekta ili stavke (npr. stabljika) i naziva svojstva koje se bilježi (npr. dlakavost), koji zajedno daju puni naziv deskriptora – dlakavost stabljike. Kategorija deskriptora jasan je opis ekspresije određenog svojstva te predstavlja razlike u opažanjima. Metoda propisuje postupak kojim se određuje svojstvo, a može uključivati objekt (biljni dio koji se mjeri), fazu/uvjet u kojima se provodi određeni opis (npr. stadij razvoja, temperatura) i proceduru uzorkovanja (nasumično, broj uzoraka, broj mjerenja) (**Tablica 11.3**).

Deskriptori mogu imati numeričku vrijednost (visina, širina, dužina, itd.), mogu biti u obliku koda unutar skale (npr. skala od 1-9 za procjenu dlakavosti stabljike), ili u binarnom obliku (npr. prisutnost žlijezda na listu) kojim se opisuje prisutnost ili odsutnost određenog svojstva.

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

Tablica 11.3.

Primjeri deskriptora korištenih u opisu i procjeni svojstava primki.

Priča o bosiljku (*Ocimum spp.*): 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 koriste se svježi ili osušeni listovi. Potječe iz jugoistočne Azije, odakle je i unesena u Europu. Iako ova biljna vrsta nije autohtona na području Hrvatske, uzgaja se i naveliko koristi kao začin u kulinarstvu. Kod bosiljka razlikujemo nekoliko varijeteta (var. *basilicum*, var. *difforme.*, var. *minimum*, var. *purpurascens* i var. *thyrsiflorum*). Druge su manje poznate vrste roda *O. americanum*, *O. x citriodorum*, *O. minimum*, *O. gratissimum*, *O. tenuiflorum*. Vrste iz roda *Ocimum* karakterizira velika raznolikost morfoloških i kemijskih svojstava, što je rezultat stoljetnog uzgoja i jednostavnosti s kojom dolazi do međukrižanja između različitih vrsta. Razvijen je veliki broj kultivara bosiljka koji se razlikuju po morfološkim, ali i kemijskim svojstvima, te je u svrhu njihovog opisa Međunarodno udruženje za zaštitu novih biljnih kultivara izradilo listu deskriptora koja se sastoji od 27 morfoloških svojstava (**Tablica 11.4**). Uz svako svojstvo, odnosno kategoriju unutar svojstva dan je primjer tipičnog kultivara.

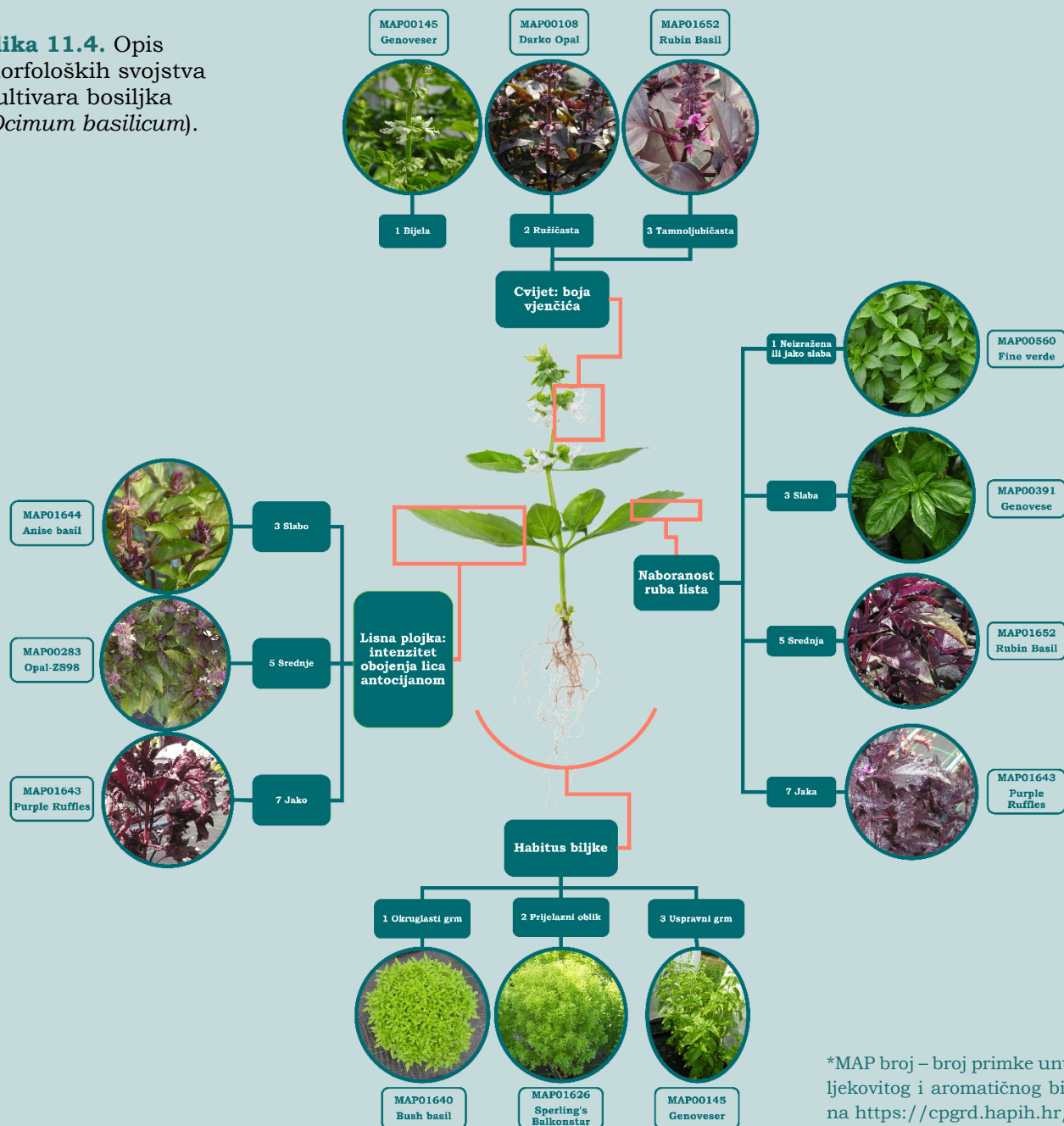
Tablica 11.4.
Lista deskriptora
za bosiljak
(*Ocimum sp.*).

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 antocijana
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

Navedena lista deskriptora korištena je u opisu primke bosiljka koje su sastavni dio Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja, Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske (vidi potpoglavlje 12.3). Primke su nabavljene kroz razmjenu s drugim bankama biljnih gena ili od sjemenarskih tvrtki.

Na **Slici 11.4** prikazano je pet odabranih morfoloških svojstava i njihove kategorije. Tipični kultivari pridruženi su odgovarajućoj kategoriji svojstva.

Slika 11.4. Opis morfoloških svojstva kultivara bosiljka (*Ocimum basilicum*).



*MAP broj – broj primke unutar Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja (dostupno na <https://cpgrd.hapih.hr/>).

*Priča o dalmatinskom buhaču (Tanacetum cinerariifolium):
procjena agronomski važnih svojstava*

Dalmatinski je buhač (*Tanacetum cinerariifolium*) biljna vrsta iz porodice glavočika (Asteraceae). Endemska je vrsta istočne obale Jadranskog mora. 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 19. 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 dalmatinskih otocima poljoprivrednici su podmetali požare u šumama kako bi na pustom zemljištu sijali dalmatinski buhač. Dalmatinski buhač sadio se i u vinograde koji su masovno propali zbog napada filoksere, tj. trsovog ušenca (*Daktulosphaira vitifoliae*), i jedina je poljoprivredna kultura koja je u to vrijeme donosila novčanu dobit i spašavala brojne obitelji od siromaštva. Prah dalmatinskog buhača izvezio se u Europu i prodavao po europskim ljekarnama pod nazivom „*Flores Crisanthemī*“, a od 1885. godine osušeni cvatovi izvezili 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 oko 2,100 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, Tanzaniji; 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- u konačnici prestanak proizvodnje buhača utjecalo je otkriće i početak masovnog korištenja sintetskih insekticida (npr. DDT; Dikloro-Difenil-Trikloroetan). Pokušaji revitalizacije proizvodnje u

Hrvatskoj 60-ih godina 20. stoljeća završili su bezuspješno s obzirom na to da je trošak uvoza piretrinskog ekstrakta bio daleko niži od troškova same proizvodnje.

Kemijska struktura sastavnica piretrina otkrivena je nekoliko desetljeća nakon početka korištenja 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) 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.

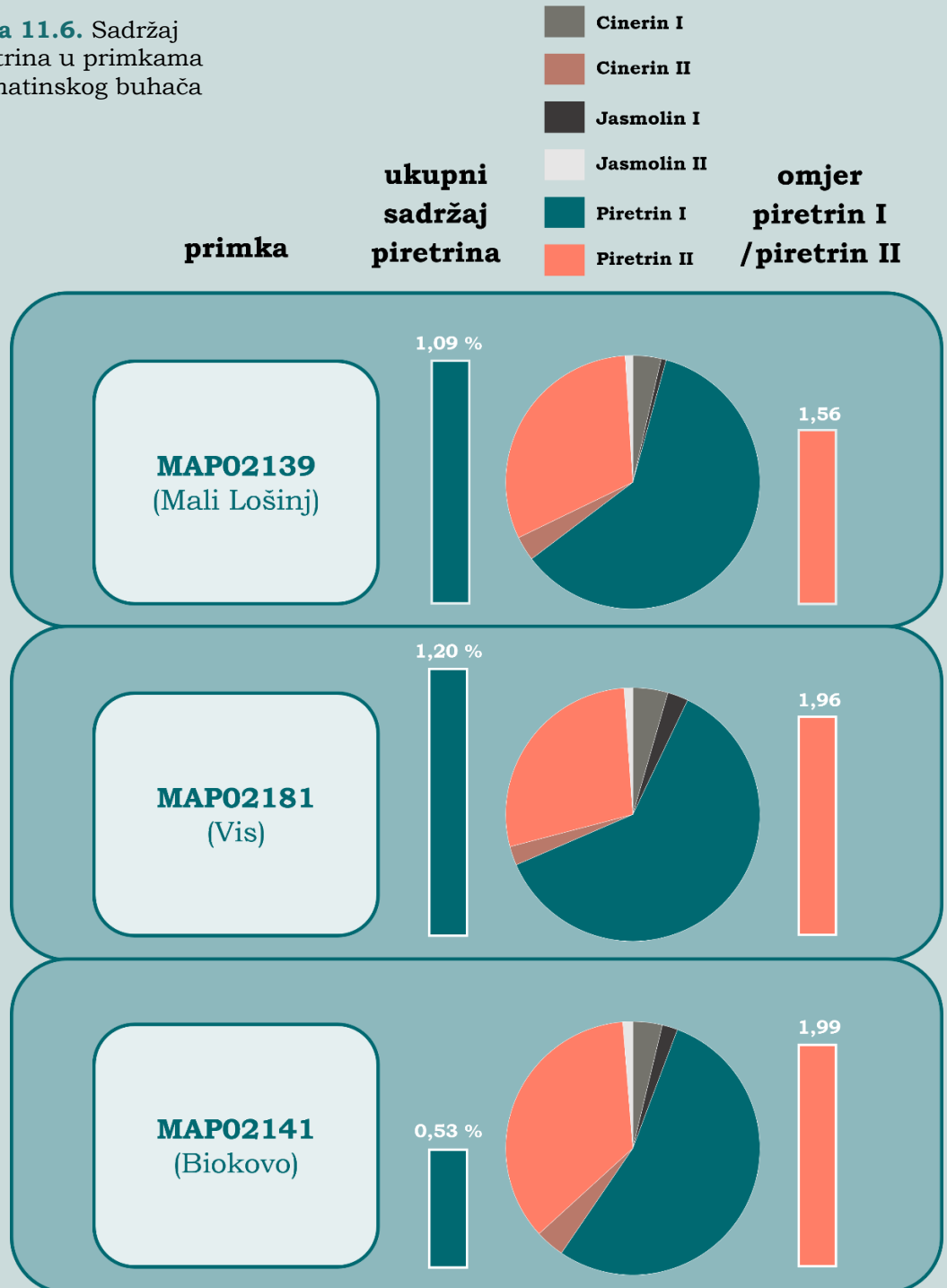
U sklopu Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja (vidi potpoglavlje 12.3), proveden je ekozemljopisni pregled i prikupljanje primki te autohtone biljne vrste (vidi potpoglavlje 11.1), i postavljanje poljskog pokusa (Slika 11.5) u svrhu procjene agronomske vrijednosti, odnosno potencijala za korištenje u oplemenjivačkim programima.



Slika 11.5. Poljski pokus dalmatinskog buhača u Kaštel Starom (s desna na lijevo Zlatko Šatović, Klaudija Carović-Stanko, Martina Grdiša).

Agronomska vrijednost primki dalmatinskog buhača ogleda se u sastavu i sadržaju piretrina, tj. insekticidnom potencijalu piretrinskog ekstrakta koji ovisi o omjeru piretrina I i piretrina II. Ekstrakcija piretrina iz suhih cvatnih glavica dalmatinskog buhača provedena je primjenom ultrazvučne ekstrakcije, dok je identifikacija i utvrđivanje sadržaja svih šest sastavnica provedena tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti - HPLC (engl. *High Performace Liquid Chromatography*). **Slika 11.6** prikazuje rezultate procjene svojstava za odabrane primke dalmatinskog buhača. 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).

Slika 11.6. Sadržaj piretrina u primkama dalmatinskog buhača



*MAP broj – broj primke unutra Kolekcije ljekovitog i aromatičnog bilja (dostupno na <https://cprgd.hapih.hr/>)

11.3 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 ishod suradnje je uspostava središnjih baza podataka.

Središnje, sveobuhvatne baze podataka kolekcija koje se čuvaju u različitim institucijama važne su jer:

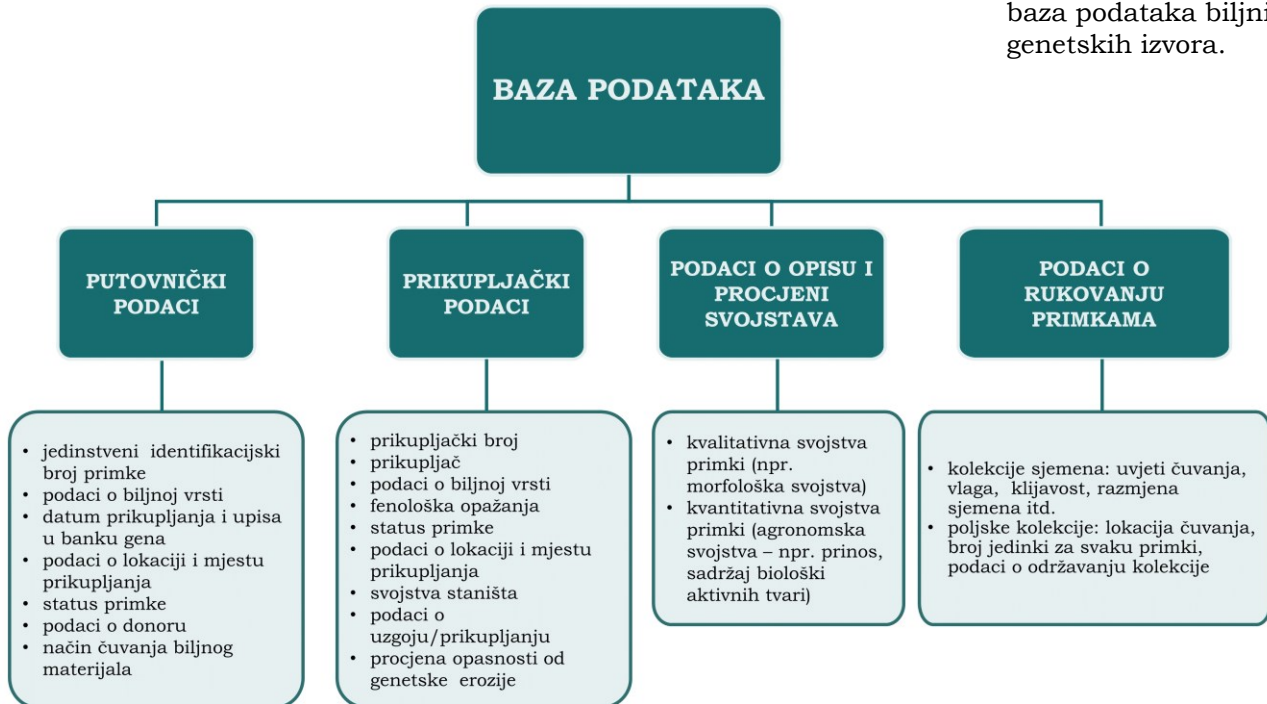
- (1) olakšavaju pronalazak biljnog materijala i pratećih podataka (npr. podataka o rasprostranjenosti vrste, opisu i procjeni svojstava);
- (2) pridonose znanstvenim istraživanjima i oplemenjivanju biljnih genetskih izvora;
- (3) omogućavaju identifikaciju duplikata, pri čemu se smanjuju troškovi čuvanja 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.

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.

Baze podataka biljnih genetskih izvora najčešće sadrže sljedeće tipove podataka: (1) Putovničke podatke (*passport data*); (2) prikupljačke podatke (*collecting data*), (3) podatke o opisu i procjeni svojstava (*characterization and evaluation data*) i (4) podatke o rukovanju prikupljenim biljnim materijalom (*management data*) (**Slika 11.7**). Prvi i najvažniji podaci o nekoj primci putovnički su podaci, bez kojih je ona praktički bezvrijedna u kontekstu očuvanja kao biljni genetski izvor. 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; prikupljaču, darivatelju itd. Većina podataka bilježi se na lokaciji prikupljanja i prati primku sve do primitka u banku biljnih gena. U svrhu standardizacije putovničkih podataka i olakšavanja razmjene podataka između banaka, koristi se međunarodno prihvaćena lista deskriptora za dokumentiranje putovničkih podataka (*Multi-Crop Passport Descriptor*, MCPD) (vidi potpoglavlje **11.1**).

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, a sadrže podatke o taksonomskoj pripadnosti vrste - podatke o staništu i florističkom sastavu lokacije prikupljanja, procjenu opasnosti od genetske erozije itd. (vidi potpoglavlje 11.1). U slučaju tradicijskih kultivara, prikupljaju se i podaci o tradicijskom načinu uzgoja. Podaci o opisu i procjeni svojstava sadrže morfološke, biokemijske i genetske podatke o primkama. Sadržaj podataka o rukovanju prikupljenim primkama ovisi o metodi čuvanja biljnih genetskih izvora (sjeme, poljske kolekcije, *in vitro* kolekcije itd.) Ukoliko se radi o kolekciji sjemena, uključuju podatke 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 11.7. Struktura baza podataka biljnih genetskih izvora.



Možemo izdvojiti nekoliko najvažnijih baza podataka biljnih genetskih izvora. Bazu podataka europskih primki (ECPGR *Central Crop Databases*) održava Europski program suradnje za biljne genetske izvore (ECPGR – *The European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*). Baza je uspostavljena kroz inicijativu pojedinih instituta ili radnih skupina koje djeluju u sklopu ECPGR-a. Europski program suradnje za biljne genetske izvore čine 33 zemlje članice, a svaka zemlja članica imenuje svog

koordinatora. Program u cijelosti financiraju zemlje sudionice, a koordinira tajništvo organizacije *Biodiversity International* smješteno u Rimu, Italija. Cilj je ovog programa osiguravanje dugoročnog očuvanja i povećanje održive upotrebe biljnih genetskih izvora u Europi. 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. Središnja baza podataka ECPGR prikuplja podatke iz pojedinačnih europskih baza podataka, a omogućava pretraživanje po skupinama biljnih vrsta (žitarice, uljarice, mahunarke, škrobne, predivne, krmne, voćne, povrtne) ili prema različitim kriterijima (po određenoj bazi podataka, instituciji, državi itd.). Baza podataka sadrži putovničke podatke; donekle i podatke vezane uz opis primki te primarne podatke vezane uz procjenu svojstava najvećih kolekcija važnih poljoprivrednih kultura u Europi, koje se dugoročno čuvaju u različitim institucijama diljem Europe. Od nacionalnih baza podataka dostupan je pristup Nacionalnom inventorijskom Austrije (*National Inventory of Austria*), Bugarskoj nacionalnoj banci gena (*National Seed Genebank*), Češkom informacijskom sustavu za biljne genetske izvore (*Information System on Plant Genetic Resources*), Biljnom genetskom institutu u Italiji (*Plant Genetics Institute*) i brojnim drugim. Organizacija *Biodiversity International* omogućava pristup bazama podataka o svim prikupljačkim ekspedicijama koje su provedene u posljednja četiri desetljeća. Trenutno je omogućen pristup originalnim putovničkim podacima za više od 220.000 primki koje su prikupljene diljem svijeta.

Pored europskih, ECPGR omogućava pristup međunarodnim bazama podataka različitih biljnih vrsta (*International Multi-crop Databases*) kao što su: Baza podataka biljnih genetskih izvora povrća (*The AVRDC Vegetable Genetic Resources Information System*), bazi podataka Međunarodnog centra za oplemenjivanje kukuruza i pšenice (CIMMYT), Svjetskom portalu divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta (*Crop Wild Relative Global Portal*), bazi podataka o biljnim kultivarima EU (EU *Plant Variety Database*), bazi podataka FAO WIEWS (*World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*), bazi podataka banke sjemena Millennium (*Millennium Seed Bank Seed Lists*), bazi podataka GENESYS itd.

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 (Hrvatska, Austrija, Bugarska, Češka, Estonija, Njemačka, Francuska, Nizozemska, Danska, Finska, Norveška, Švedska, Poljska, Rusija, Slovenija, Španjolska itd.) i predstavlja značajan doprinos očuvanju svjetske agrobiološke raznolikosti. Od 2003. do 2014. godine Katalog EURISCO održavala je organizacija *Biodiversity International*, a od 2014. godine Katalog održava Leibniz Institut za biljnu genetiku i istraživanje kultiviranih 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 **12.1**) prenose se u EURISCO katalog 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. godine 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 *Biodiversity International* u suradnji s CGIAR-om, *Crop Trust* i tajništvom Međunarodnog ugovora o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (*International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*). Ona je glavna sastavnica Svjetskog informacijskog sustava (*Global Information System*) pod Međunarodnim ugovorom o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu.

Svjetski informacijski sustav i sustav ranog upozoravanja o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (WIEWS; *World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) baza je podataka Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Služi za prikupljanje podataka za pripremu periodičnih izvještaja pojedinih zemalja o statusu očuvanja biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu. Izvješća podnose nacionalni koordinatori koje imenuje vlada. Na temelju izvješća zemalja, FAO prati implementaciju aktivnosti Globalnih planova akcije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu godine (GPA) (vidi potpoglavlje **12.1**). 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 izvješćivanje o provedbi Globalnog plana akcije.

PRAVNI OKVIR ZA OČUVANJE BILJNIH GENETSKIH IZVORA

12

12.1 Međunarodne organizacije i ugovori u očuvanju biljnih genetskih izvora

12.2 Zakonodavstvo o očuvanju biljnim genetskim izvorima u R. Hrvatskoj

12.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu

Uvod

U očuvanju biljnih genetskih izvora sudjeluju brojne svjetske organizacije, a vodeću ulogu ima Organizacija za hranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization*; FAO), odnosno FAO Komisija za genetske izvore za hranu i poljoprivredu. FAO Komisija prati stanje biljnih genetskih izvora na međunarodnoj razini te daje smjernice za njihovo očuvanje i promicanje njihove uporabe u osiguravanju globalne sigurnosti hrane.

Globalni je plan akcije (engl. *Global plan of Action*; GPA) međunarodno priznati okvir za očuvanje i održivu uporabu biljnih genetskih resursa za hranu i poljoprivredu i dati smjernice za izgradnju nacionalnih programa državama članica FAO Komisije.

Biodiversity International svjetska je organizacija sa sjedištem u Rimu koja na temelju znanstvenih i stručnih istraživanja daje smjernice za očuvanje i održivu upotrebu poljoprivredne biološke raznolikosti radi postizanja globalne sigurnosti hrane.

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 su uključene u aktivnosti očuvanja biljnih genetskih izvora te međusobnu razmjenu prikupljenog biljnog materijala. Najvažniji su dokumenti po pitanju biljnih genetskih izvora Konvencija o

biološkoj raznolikosti, Protokol iz Nagoye i Međunarodni ugovor o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu. Hrvatska je potpisnica svih triju dokumenata i u svrhu njihove provedbe doneseni su prateći zakoni i pravilnici. U Republici Hrvatskoj očuvanje biljnih genetskih izvora provodi se kroz Nacionalni program očuvanja i održive upotrebe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu.

12.1 Međunarodne organizacije i ugovori

Konvencija o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity*; CBD) predstavlja temeljni dokument zaštite prirode (vidi potpoglavlje 2.1) na globalnoj razini, a tako i najširi okvir prema kojem se provodi očuvanje biljnih genetskih izvora. Ona je temelj za sve daljnje međunarodne zakone, propise i pravilnike vezane uz očuvanje biljnih genetskih izvora. Države potpisnice Konvencije obvezale su se na ostvarivanje sljedećih ciljeva: (1) očuvanje biološke raznolikosti; (2) održivu upotrebu njenih sastavnica, te (3) pravednu raspodjelu dobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora.

Prvi korak za ostvarenje 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 koji je stupio na snagu 2014. godine. Donesen je s ciljem veće sigurnosti očuvanja biljnih genetskih izvora i transparentnosti njihovog korištenja. Protokol propisuje pravednu raspodjelu dobiti koja proizlazi iz upotrebe biljnih genetskih izvora. Njime se priznaju prava svake države nad vlastitim genetskim izvorima. Stranke u Protokolu odlučuju hoće li regulirati pristup vlastitim genetskim izvorima i utvrđuju uvjete za podjelu dobiti. Protokol se također odnosi na upotrebu tradicijskog znanja o biljnim genetskim izvorima.

Organizacija koja ima ključnu ulogu u očuvanju biljnih genetskih izvora na međunarodnoj razini je FAO, odnosno FAO Komisija za genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*; CGRFA, u daljnjem tekstu: FAO Komisija). Osnovana je 1983. godine pod nazivom Komisija za biljne genetske izvore (*Commission on Plant Genetic Resources*; CPGR), kao prva stalna međuvladina organizacija posvećena očuvanju biljnih genetskih izvora. Prva aktivnost koju je provela Komisija usvajanje je dokumenta pod naslovom Međunarodno zalaganje za biljne genetske izvore (*International Undertaking on Plant Genetic Resources*) kojim se obvezuje da će istražiti, očuvati i opisati ili procijeniti vrijednost biljnih genetskih izvora koji imaju sadašnju ili potencijalnu gospodarsku i/ili društvenu vrijednost, i dati ih na raspolaganje oplemenjivačima i znanstvenicima. Temeljna polazna točka ovog dokumenta bila je „da su biljni genetski izvori zajednička baština čovječanstva i da bi zato trebali biti dostupni svima bez ikakvih ograničenja“. FAO Komisija prati stanje biljnih genetskih izvora na međunarodnoj razini te daje smjernice za njihovo očuvanje i promicanje njihove uporabe u osiguravanju globalne sigurnosti hrane. Komisija naglašava da je očuvanje svjetske genetske raznolikost potrebnije nego ikad, budući da ona čini temelj za

osiguravanje dovoljnih količina hrane u svijetu. Procjenjuje se 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 ugovor po pitanju biljnih genetskih izvora Međunarodni ugovor o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; ITPGRFA – *The Treaty*, dalje: Međunarodni ugovor) koji je 2001. godine u Rimu odobrila FAO Komisija sa svojim pomoćnim tijelima koja su činili predstavnici 116 zemalja, 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 hranu i poljoprivredu na svjetskoj razini te se uređuju prava na udio u koristi koja nastaje njihovom upotrebom.

Ugovor ima sljedeće ciljeve:

- (1)** poticati očuvanje biljnih genetskih izvora sa svrhom povećanja genetske raznolikosti biljnih vrsta i kultivara koji su od značaja za hranu 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 prvi put uspostavljen Konvencijom o biološkoj raznolikosti, istovremeno osiguravajući da takvo ostvarivanje suvereniteta ne ometa međunarodnu razmjenu biljnih genetskih izvora;
- (4)** uspostaviti Multilateralni sustav pristupa i raspodjele dobiti, kojim će se koordinirati razmjena biljnih genetskih izvora.

Multilateralni sustav pristupa i raspodjele dobiti jedan je od važnijih elemenata Međunarodnog ugovora po kojem se države obvezuju da će omogućiti korištenje biljnih genetskih izvora svim drugim državama potpisnicama tog ugovora. Biljni genetski izvori za poljoprivredu i hranu na koje se odnosi spomenuti sustav navedeni su u Dodatku I. Ugovora, a uključuju najznačajnije prehrambene i krmne kulture, što bi trebalo osigurati olakšani pristup biljnom materijalu iz Multilateralnog sustava, za potrebe istraživanja, oplemenjivanja bilja i obrazovanja. Zemlje koje razmjenjuju biljni materijal potpisuju Standardni sporazum o transferu materijala (*Standard Material Transfer Agreement*; SMTA). U slučaju komercijalnog korištenja biljnih genetskih izvora, zemlja iz koje potječe biljni materijal može zahtijevati financijsku nadoknadu od strane privatnih ili pravnih osoba.

Jedna od svrha FAO Komisije bila je uspostava i vođenje FAO Globalnog sustava za očuvanje i korištenje biljnih genetskih izvora (*FAO Global System for the Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources*). Kao dio tog sustava FAO je osnovao Međunarodnu konferenciju i program za biljne genetske izvore (ICPPGR) s ciljem izrade dvaju dokumenata:

(1) Izvještaj o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu (*First State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; SW/PGR).

(2) Prvi Globalni plan akcije (GPA) za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*First Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; GPA).

U pripremi GPA sudjelovalo je više od 150 zemalja, uključujući i predstavnike privatnog i javnog sektora.

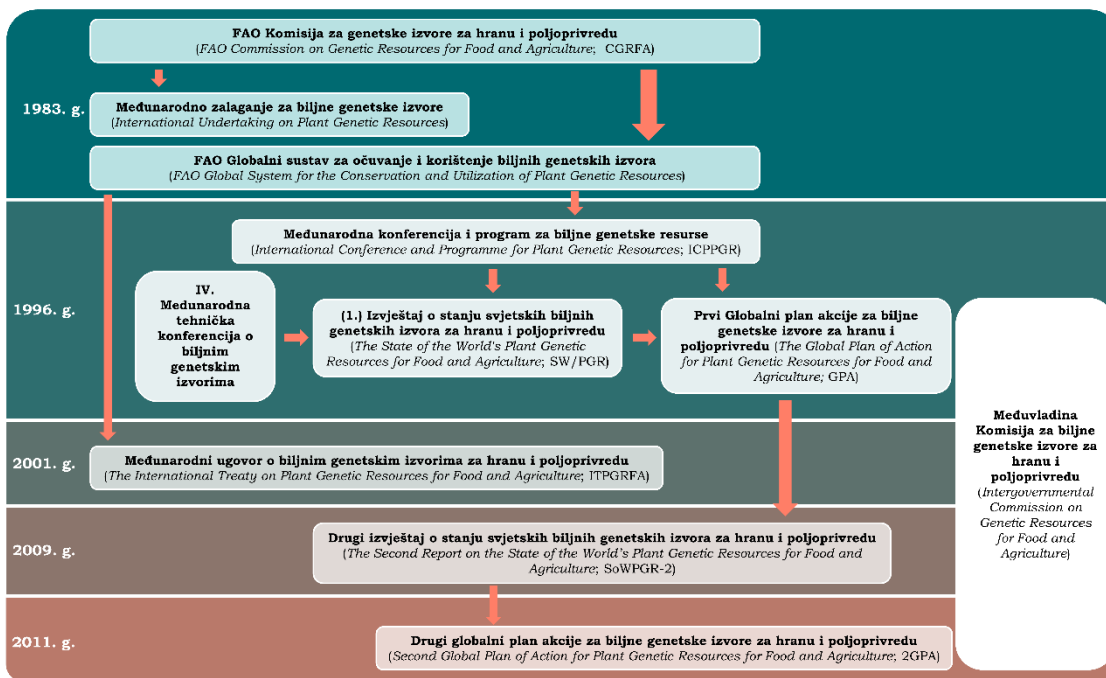
Navedeni dokumenti prihvaćeni su 1996. godine od strane 150 zemalja, na Četvrtoj / 4. Međunarodnoj tehničkoj konferenciji o biljnim genetskim izvorima, koja je održana u Leipzigu, u Njemačkoj.

Globalni plan akcije predstavlja referentni dokument za provedbu svih aktivnosti za očuvanje biljnih genetskih izvora na nacionalnoj, regionalnoj i svjetskoj razini. Na temelju Globalnog plana akcije razvijeni su nacionalni programi, nacionalne politike i strategije za očuvanje biljnih genetskih izvora. Predstavlja prateći dokument gore spomenutog Međunarodnog ugovora. Za pomoć pri implementaciji GPA i praćenje aktivnosti zadužen je FAO, uz vodstvo Međuvladine Komisije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*Intergovernmental Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*).

Globalni plan akcije predstavlja referentni dokument za provedbu svih aktivnosti za očuvanje biljnih genetskih izvora na nacionalnoj, regionalnoj i svjetskoj razini. Na temelju Globalnog plana akcije razvijeni su nacionalni programi, nacionalne politike i strategije za očuvanje biljnih genetskih izvora. Predstavlja prateći dokument gore spomenutog Međunarodnog ugovora. Za pomoć pri implementaciji GPA i praćenje aktivnosti zadužen je FAO, uz vodstvo Međuvladine Komisije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*Intergovernmental Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*).

Na osnovi Drugog izvještaja o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu (2009. godine), godine 2011. usvojen je dokument Drugi globalni plan akcije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; 2GPA), koji predstavlja nadopunjenu verziju prvog Globalnog plana akcije. Drugi globalni plan akcije daje smjernice za očuvanje biljnih genetskih izvora koji su suočeni s novim izazovima, kao što su klimatske promjene. Sadrži 18 prioriternih aktivnosti koje su podijeljene u četiri grupe: očuvanje *ex situ*, održiva upotreba, izgradnja održivih institucionalnih i ljudskih kapaciteta. Neki su od ciljeva Drugog globalnog plana jačanje implementacije Međunarodnog ugovora, poticanje održive upotrebe biljnih genetskih izvora u svrhu gospodarskog rasta i smanjenja siromaštva i globalnog problema gladi, poticanje razmjene biljnih genetskih izvora i pravičnu raspodjelu dobiti koja proizlazi iz njihovog korištenja. Nadalje, cilj je Drugog globalnog plana pružiti pomoć državama, regijama, vladama i institucijama koje su odgovorne za očuvanje biljnih genetskih izvora u određivanju prioriteta za prikupljanje; potaknuti učinkovitost nacionalnih programa te poticati regionalne i međuinstitucionalne suradnje. Ovaj je dokument vodič za izgradnju nacionalnih

programa država članica FAO Komisije. Države članice FAO Komisije imaju za zadatak izvještavati o provedbi Drugog GPA. Izvještaj se provodi kroz sustav WIEWS (*The World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*). Usvajanje Trećeg izvještaja o stanju svjetskih biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu predviđeno je za 2023. godinu na temelju čega će biti izrađen Treći globalni plan akcije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (*Third Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*; 3GPA). Najznačajnije aktivnosti Organizacije za hranu i poljoprivredu u očuvanju biljnih genetskih izvora prikazane su na **Slici 12.1.**



Slika 12.1.
Aktivnosti Organizacije za hranu i poljoprivredu u očuvanju biljnih genetskih izvora.

Pored FAO Komisije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu postoje i brojne europske i međunarodne organizacije koje u konačnici imaju isti cilj, a to je osigurati dovoljnu količinu hrane u budućnosti. 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 međunarodnog programa očuvanja biljnih genetskih izvora, organizacije 'spasilačkih' prikupljačkih ekspedicija te provedbu aktivnosti vezanih uz izgradnju i proširenje nacionalnih, regionalnih i međunarodnih banaka gena. Tijekom godina djelovanja naziv organizacije mijenjao se. Tako 1991. godine mijenja naziv u Međunarodni institut za biljne genetske izvore (*International Plant Genetic Resources Institute*), a 2006. godine u današnji naziv, odnosno *Bioversity International*. Od osnutka do danas, djelatnost organizacije promijenila se te je danas usmjerena na znanstvena i

stručna istraživanja i na kreiranje politike očuvanja te upotrebe poljoprivredne biološke raznolikosti radi postizanja održive globalne sigurnosti hrane. Godine 2020. *Biodiversity International* udružuje se s Međunarodnim centrom za tropsku poljoprivredu (*International Center for Tropical Agriculture*; CIAT) s ciljem doprinosa rješavanja svjetskog problema siromaštva, pothranjenosti, posljedica klimatskih promjena, degradacije zemljišta i gubitka biološke raznolikosti. Rješenja koja nude temeljena su na znanstvenim istraživanjima i održivom korištenju poljoprivredne bioraznolikosti te održivoj transformaciji prehrambenih sustava. Navedene organizacije surađuju s brojnim partnerima diljem svijeta, posebice sa zemljama u razvoju, potičući upotrebu biljnih genetskih izvora u rješavanju problema siromaštva i gladi.

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), FAO i Komisije banke gena europskog udruženja za istraživanja u području oplemenjivanja bilja (*Genebank Committee of the European Association for Research on Plant Breeding*; EUCARPIA). ECPGR je program kroz koji se ostvaruje suradnja između europskih zemalja s ciljem da se osigura dugoročno očuvanje i unaprijedi korištenje biljnih genetskih izvora. Konkretniji su ciljevi programa učinkovito očuvanje i omogućavanje slobodnog pristupa svim podacima europskih banaka biljnih gena. Navedeno je ostvareno pokretanjem Integriranog sustava europske banke gena (***A European Gene bank Integrated System; AEGIS***), čija je svrha stvaranje zajedničke virtualne kolekcije europske jedinstvene germplazme. Vlade koje su članice EU mogu postati članice AEGIS-a i doprinijeti decentraliziranoj europskoj zbirci tako što će identificirati genetski jedinstvene primke, označiti ih kao dio AEGIS-a, očuvati ih prema dogovorenim standardima kvalitete u genskoj banci/institucijama pridruženih članica i učiniti ih dostupnima u skladu s već spomenutim odredbama i uvjetima (SMTA), utvrđenim Međunarodnim ugovorom o biljnim genetskim izvorima za hranu i poljoprivredu. Nadalje, cilj je programa ECPGR omogućavanje pristupa svim putovničkim i fenotipskim podacima o čuvanim biljnim genetskim izvorima *ex situ* i *in situ* putem EURISCO kataloga (vidi potpoglavlje **11.3**). Još jedan od ciljeva ECPGR-a je pospješiti očuvanje *in situ* i korištenje divljih srodnika kultiviranih biljnih vrsta te promicati očuvanje na gospodarstvu (*inter situ*) i upravljanje raznolikošću biljnih genetskih izvora za poljoprivredu i hranu u Europi. Program ECPGR financiraju zemlje članice, a djeluje putem Radnih skupina koje su zadužene za pojedine biljne vrste i rodove (vrste ječam-*Hordeum vulgare*, kukuruz - *Zea mays*, krumpir - *Solanum tuberosum* te rodovi *Allium*, *Avena*, *Beta*, *Brassica*, *Vitis*, *Pyrus*, *Malus*, *Prunus*, itd.) ili skupine biljnih vrsta (vrste iz porodice Cucurbitaceae i Solanaceae, krmne i predivne kulture, mahunarke, lisnato povrće, bobičasto voće, šitarke, žitarice, ljekovito i aromatično bilje), odnosno opće teme vezane uz biljne genetske izvore (dokumentacijsko-informacijski sustav, očuvanje na gospodarstvu i upravljanje, očuvanje divljih srodnika, krioprezervacija).

EVA (*The European Evaluation Network*) međunarodni projekt ECPGR-a osnovan je s ciljem poticanja korištenja raznolikosti kulturnih biljnih vrsta koje se čuvaju u

europskim bankama gena. Budući da potiče održivu upotrebu biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu, olakšavajući time prilagodbu europske poljoprivredne proizvodnje na klimatske promjene, od strateške je važnosti za Europu. U suradnji s privatnim i javnim sektorom i oplemenjivačkim programima projekt je usmjeren na provedbu procjene svojstava (na genotipskoj i fenotipskoj razini) što većeg broja primki kultiviranog bilja i tradicijskih kultivara te standardizaciju dobivenih podataka. Aktivnosti se provode kroz radne skupine vezane uz pojedine biljne vrste; npr. žitarice, povrtne kulture, itd., a namijenjene su pred-oplemenjivačkim programima s ciljem uvođenja primki u javne i privatne programe uzgoja.

12.2 Očuvanje biljnih genetskih izvora u RH – zakonodavstvo

Prihvaćanjem Konvencije o biološkoj raznolikosti (1992. g.), 1996. godine Republika Hrvatska obvezala se donijeti strategiju, planove i programe za očuvanje biljnih genetskih izvora. Sukladno tome Republika Hrvatska donijela je 1999. g. 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, a sve to u skladu s gospodarskim, društvenim i kulturnim razvojem Republike Hrvatske. Prihvaćanjem međunarodnih konvencija i potpisivanja sporazuma iz područja zaštite prirode u narednim godinama, u Republici Hrvatskoj je 2008. g. na snagu stupila nova Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti, a 2017. g. Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine. Strategija je usuglašena s novim pristupima o zaštiti prirode te europskim zakonodavstvom, odnosno relevantnim direktivama i uredbama EU. Sukladno tome, određuje sljedeće ciljeve: (1.) povećanje učinkovitosti osnovnih mehanizama zaštite prirode; (2.) smanjenje izravnih pritisaka na prirodu i poticanje održivog korištenja 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 poljoprivredu i hranu (vidi potpoglavlje 11.1), Sabor RH potvrdio je 2009. g., a 2015. g. proglašen je Zakon o potvrđivanju Protokola iz Nagoye o pristupu genetskim resursima te poštenoj i pravičnoj podjeli dobiti koja proizlazi iz njihova korištenja.

Aktivnosti vezane uz očuvanje biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj regulirane su i Zakonom o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja, Pravilnikom o očuvanju i održivoj uporabi biljnih genetskih izvora te Pravilnikom o stavljanju na tržište sjemena čuvanih sorti (**Tablica 12.1**). Zakonom o sjemenu, sadnom materijalu i priznavanju sorti poljoprivrednog bilja definirano je da se očuvanje biljnih genetskih izvora Republike Hrvatske provodi kroz sustav banke biljnih gena poljoprivrednog bilja 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 izvora za hranu i poljoprivredu, kao i njihova održiva uporaba) te način provedbe Nacionalnog programa za očuvanje i održivu uporabu biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu (vidi potpoglavlje **12.2**).

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 (međunarodnoj) razini započelo je putem regionalnog program *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 11 zemalja Jugoistočne Europe (Albanija, Makedonija, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Rumunjska, Republika Srpska, Kosovo, Srbija, Moldavija, Bugarska) sudjelovala u tom programu, s ciljem očuvanja biljnih genetskih izvora i osiguranja održivog korištenja putem uspostave nacionalnih programa. Predstavnici Republike Hrvatske aktivno su sudjelovali u svim uspostavljenim regionalnim radnim skupinama (RS) (RS Pšenica i kukuruz, RS Ljekovito i aromatično bilje, RS Povrće, RS Voće, RS Vinova loza, RS Krmo bilje, RS Industrijsko bilje, 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 usvojen 2013. godine.

12.3 Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu

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 (dalje: Nacionalni program). Prvi Nacionalni program očuvanja i održive uporabe biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu u Republici Hrvatskoj 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.

Tablica 12.1. Pravni akti vezani uz očuvanje biljnih genetskih izvora u Republici Hrvatskoj.

Zakon o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti (NN MU 6/96)	<p>RH se kao zemlja potpisnica Konvencije obvezala na ostvarivanje tri cilja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • očuvanje sveukupne biološke raznolikosti • održivo korištenje sastavnica biološke raznolikosti • pravedna i ravnomjerna raspodjela dobrobiti koje proizlaze iz korištenja genetskih izvora
<p>Zakon o zaštiti prirode (80/13, 15/18, 14/19, 127/19)</p> <p>Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti (NN 81/99)</p> <ul style="list-style-type: none"> - na temelju članka 6. Zakona o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti 	<ul style="list-style-type: none"> • temeljni zakonski propis koji regulira zaštitu prirode u RH • prvi temeljni dokumenti zaštite prirode, kojima su određeni dugoročni ciljevi i smjernice očuvanja biološke i krajobrazne raznolikosti, zaštićenih prirodnih vrijednosti te načini njihovog provođenja.
<p>Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti NN 143/08)</p> <ul style="list-style-type: none"> - na temelju 151. stavka 1. Zakona o zaštiti prirode (NN 70/05.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
<p>Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/2017)</p> <ul style="list-style-type: none"> - na temelju 11. stavka 2. Zakona o zaštiti prirode (NN 80/13.) 	<ul style="list-style-type: none"> • zakonska osnova kojom se RH obavezala na očuvanje i održivu upotrebu biljnih genetskih resursa za hranu i poljoprivredu te jednaku i pravičnu diobu koristi koje proizlazi iz njihove uporabe, u skladu s Konvencijom o biološkoj raznolikosti, radi održive poljoprivrede i prehrambene sigurnosti.
Zakon o potvrđivanju Međunarodnog ugovora o biljnim genetskim resursima za hranu i poljoprivredu (NN MU 1/09)	<ul style="list-style-type: none"> • zakonska osnova za provedbu trećeg cilja Konvencije, kojom se usklađuju interesi korisnika i vlasnika genetskog materijala pri raspodjeli dobiti od uporabe genetskih izvora.
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).	<ul style="list-style-type: none"> • 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 br. 89/09, 40/14)	<ul style="list-style-type: none"> • 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, NN 40/14)	<ul style="list-style-type: none"> • 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.)	<ul style="list-style-type: none"> • utvrđuju se strateške smjernice razvoja nacionalne politike očuvanja biljnih genetskih izvora kao i smjernice za suradnju na regionalnoj i međunarodnoj razini • usklađen je sa smjericama Drugog globalnog plana akcije za biljne genetske izvore za hranu i poljoprivredu (Drugi GPA)

Nacionalnim programom utvrđuju se strateške smjernice razvoja nacionalne politike očuvanja biljnih genskih izvora i smjernice za regionalnu i međunarodnu suradnju. Svrha i cilj Nacionalnog programa doprinos je nacionalnom razvoju, sigurnosti prehrane, održivoj poljoprivredi i održanju bioraznolikosti kroz očuvanje i uporabu biljnih genetskih izvora. U potpunosti je usklađen s Drugim Globalnim planom akcije, kao i s međunarodno prihvaćenim smjericama; 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 12.2.**), a nadležno je tijelo za provođenje Nacionalnog programa Ministarstvo Poljoprivrede. Prema Nacionalnom programu, biljni genetski izvori za hranu i poljoprivredu uključuju tradicionalne i moderne sorte poljoprivrednog bilja, oplemenjivački materijal, divlje srodnike kulturnog bilja i sve druge biljne vrste koje se mogu koristiti za osiguranje prehrane.

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.
- (10)** Informiranje javnosti o važnosti očuvanja biljnih genetskih izvora.

Aktivnosti u okviru Nacionalnog programa provode se kroz osam radnih skupina: Industrijsko bilje, Krmno bilje, Ljekovito i aromatično bilje, Povrće, Vinova loza, Voće, Žitarice i kukuruz te Dokumentacijsko-informacijski sustav. Svaka radna skupina prema svojim specifičnostima, uz odobrenje Povjerenstva, donosi svoj godišnji plan rada i određuje prioritete za očuvanje pojedinih biljnih vrsta ili primki. Unutar svake prioritete biljne vrste u Nacionalnu banku biljnih gena uključuju se prirodne populacije, tradicijski kultivari, ekotipovi te kultivari povučeni sa Sortne liste Republike Hrvatske. Planovi rada radnih skupina donose se u skladu sa strategijama usvojenim na europskoj razini, u okviru Europskog programa suradnje za biljne genetske izvore (ECPGR) te Mreže za razvoj biljnih genetskih izvora u Jugoistočnoj Europi (SEEDNet). U skladu s međunarodnim standardima, radne skupine određuju protokole i aktivnosti za prikupljanje, regeneraciju, održavanje, opisivanje i ocjenu primki te bilježenje podataka o primkama.

Svaka radna skupina bira voditelja, a u radnim skupinama mogu biti uključeni djelatnici jedne ili više institucija (**Slika 12.2**).

Godišnje izvješće o napretku aktivnosti propisanih Nacionalnim programom donosi Povjerenstvo za nadzor i kontrolu provedbe Nacionalnog programa imenovano od strane Ministarstva poljoprivrede. Po završetku svakog programskog razdoblja Nacionalnog programa, Ministar poljoprivrede dužan je podnijeti izvješće Vladi RH o njegovoj provedbi.

U Republici Hrvatskoj očuvanje *ex situ* te opis i procjena svojstava primki biljnih genetskih izvora za hranu i poljoprivredu provodi se u okviru Nacionalne banke biljnih gena, sastavnog dijela Nacionalnog programa. Nacionalna banka biljnih gena decentralizirana je, odnosno čini je veći broj kolekcija koje se čuvaju u različitim institucijama, u obliku sjemena, sadnog materijala i/ili poljskih kolekcija (**Tablica 12.2**). Za svaku kolekciju (u okviru Nacionalne banke biljnih gena) na prijedlog Povjerenstva imenuje se voditelj kolekcije koji je odgovoran za održavanje i regeneraciju, opis i procjenu svojstava te dokumentaciju.

Tablica 12.2. Kolekcije Nacionalne banke biljnih gena.

	Kolekcija	Institucija
KOLEKCIJE SJEMENA	Kolekcija sjemena kultivara povučenih sa Sortne liste Nacionalna sigurnosna kolekcija sjemena	HAPIH - Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek
	Kolekcija sjemena povrća	Visoko gospodarsko učilište, Križevci
	Kolekcija sjemena ljekovitog i aromatičnog bilja	
	Kolekcija sjemena krmnih leguminoza i trava	Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
	Kolekcija sjemena kukuruza i žitarica	
POLJSKE KOLEKCIJE	Nacionalna poljska kolekcija vinove loze	
	Nacionalna poljska kolekcija mediteranskih voćnih vrsta	Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split
	Sigurnosna poljska kolekcija vinove loze	
	Sigurnosna poljska kolekcija vinove loze	Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč

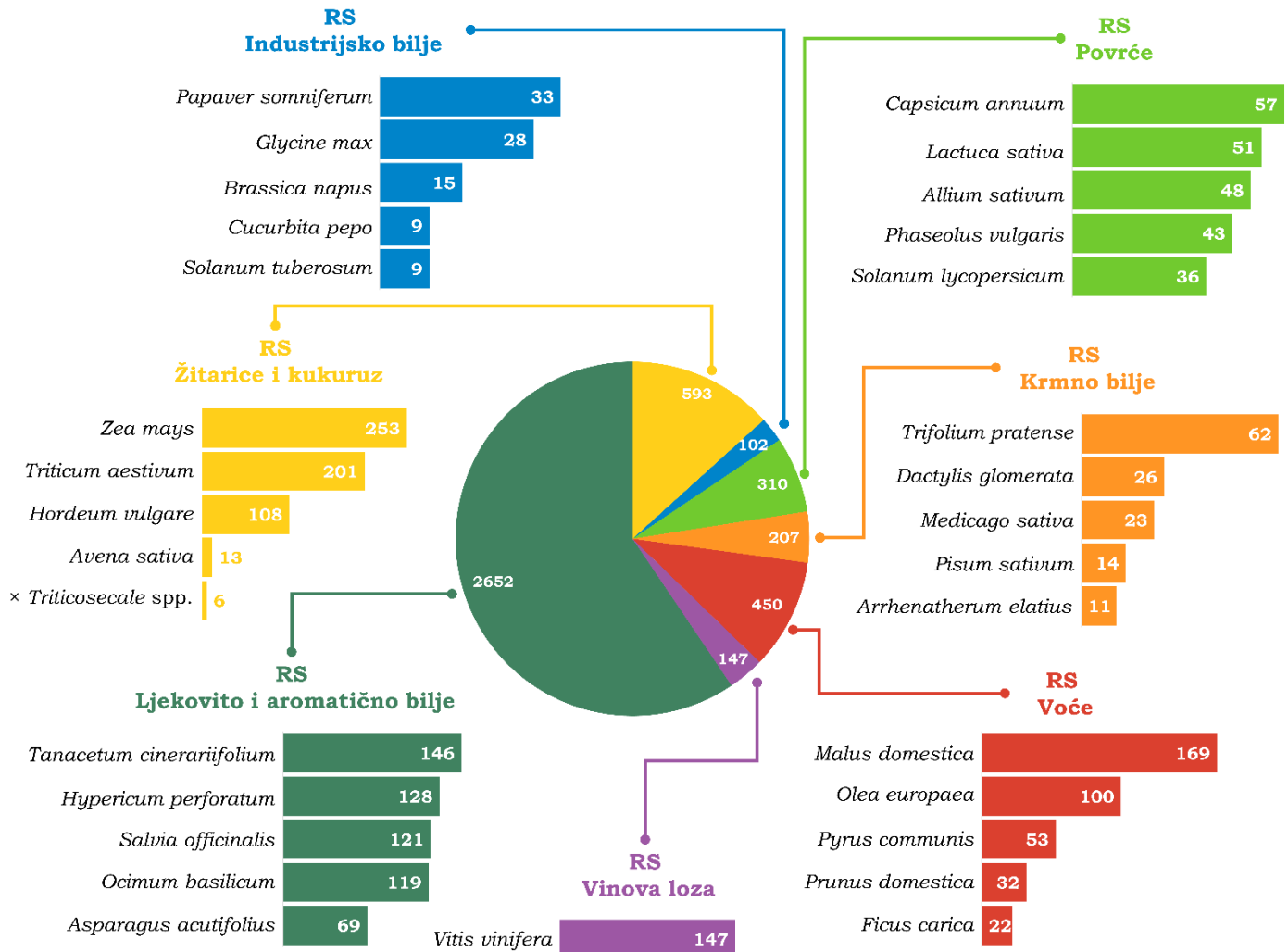
Slika 12.2. Institucije i radne skupine uključene u rad Nacionalnog programa.



FAZ – 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

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 sklopu Nacionalne banke biljnih gena Republike Hrvatske. Baza sadrži podatke o prikupljenim primkama šest radnih skupina (Žitarice, Industrijsko Bilje, Povrće, Krmno Bilje, Voće i Vinova Loza, Ljekovito i aromatično bilje) i trenutno obuhvaća podatke za preko 4.000 primki. Najzastupljenije vrste u Kolekcijama Radnih skupina prikazane su na **Slici 12.3** Radna skupina za Dokumentacijsko-informacijski sustav odgovorna je za razvoj te baze podataka, a za unos podataka o primkama koje čuvaju u svojim kolekcijama odgovorni su voditelji ili članovi radnih skupina. Upisom putovničkih podataka u bazu, primka postaje sastavni dio Nacionalne banke. Putovnički podaci

Slika 12.3. Najzastupljenije vrste u Nacionalnoj banci biljnih gena Republike Hrvatske 2022. godine.



bilježe se prema listi deskriptora EURISCO, a uz putovničke podatke moguć je upis i prikupljačkih podataka kao i podaci vezani uz opis i procjenu svojstva. 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.).

Indeks pojmov i vrsta

A

Acmella oleracea
Adonis annua
Adonsonia digitata
AFLP
Agrobacterium tumefaciens
akmela
alelno bogatstvo
alfa raznolikost
Allium cepa
Allium sativum
Alocasia macrorrhiza
alocentrična kultura
alohtona flora
Amaranthus caudatus
Amaranthus cruentus
Amaranthus hypochondriacus
aneuploidija
Arabidopsis thaliana
Arachis hypogaea
Arachis hypogaea
Arctium lappa
Arctostaphylos uva-ursi
areal
Armoracia rusticana
Arnica montana
Artemisia absinthium
Artemisia annua
Artemisia scoparia
artičoka
Artocarpus altilis
asinapsa
Asplenium caterach
autohtona flora
autohtona vrsta
Avena abyssinica

B

Bactris gasipaes
Balsamorhiza sagittata
balsamoriza
Bambusa spp
banana
beta raznolikost

Beta vulgaris var. *altissima*
bijela babljača
biljna germplazma
biljni genetski izvori za prehranu i poljoprivredu
biocenoza
biogeografska raznolikost
biogeografija
biogeografsko carstvo
biogusarstvo
biom
biopotraga
bioraznolikost
bioregija
biosfera
biotop
biserno proso
bob
Boehmeria nivea
bogatstvo vrsta
bosiljak
botanički važna područja
Brachiaria deflexa
Brachiaria ramosa
Brassica carinata
Brassica juncea
Brassica napus
Brassica nigra
Brassica oleracea var.
acephala
Brassica oleracea
Brassica oleracea var.
capitata f. *alba*
Brassica rapa
Brassica ssp. *oleracea*
breskva
brokula

C

Cajanus cajan
Calathea allouia
Campanula acarnanica
Campanula aureliana
Campanula cephalenica
Campanula comosiformis
Campanula cremnophila

Campanula debarensis
Campanula fenestrellata ssp.
fenestrellata
Campanula fenestrellata ssp.
istriaca
Campanula garganica
Campanula portenschlagiana
Campanula poscharskyana
Campanula protenschlagiana
Campanula reatina
Campanula skanderbegii
Campanula teutana
Campanula tommasiniana
Canabis sativa
Canavalia ensiformis
Canna indica
Cannabis sativa
Capiscum baccatum
Capiscum chinense
Capsicum annum
Capsicum annum var.
grossum
Capsicum annum
Carthamnus tinctorius
Cenchrus americanus
centar podrijetla biljne vrste
centar raznolikosti
centar udomaćenja
centri podrijetla agrikulture
Chenopodium album
Chenopodium berlander
Chenopodium pallidicuale
Chenopodium quinoa
Chondrodendron tomentosum
Cicer arietinum
Cichorium endivia
Cichorium intybus
citoegenetske kolekcije
citoplazmatska muška
sterilnost
Citrus spp
Coccinea grandis
Coccinia abyssinica
Cochliobolus heterostrophus
Cocos nucifera
Coffea arabica
Coix lachryma-jobi
Cola acuminata
Cola nitida

Coleus esculentus
Colocasia esculenta
crna gorušica
crnookica
Crveni popis ugroženih vrsta
Cucumis melo
Cucumis sativus
Cucurbita argyrosperma
Cucurbita ecuadorensis
Cucurbita ficifolia
Cucurbita maxima
Cucurbita moschata
Cucurbita pepo ssp. *ovifera*
var. *ovifera*
Cucurbita pepo ssp. *pepo*
cvjetača
Cynara cardunculus var.
altilis
Cynara cardunculus var.
Scolymus

Č

češnjak
čičoka
čuvana sorta

D

dalmatinski buhač
dalmatinsko zvonce
Degenia velebitica
deskriptor
dezertifikacija
Dianthus croaticus
Digitaria exilis
Digitaria iburua
Dioscorea alata
Dioscorea cayenensis
Dioscorea esculenta
Dioscorea rotundata
Dioscorea trifida
Diplotaxis tenuifolia
divergentni odabir
diverzifikacija vrsta
divlji kupus
divlji srodnik
dobra poljoprivredna praksa
domestikacija
DUS ispitivanje
Dvosupnice

E

Echinochloa frumentacea
Echinochloa utilis
editiranje genoma
Edraianthus dalmaticus
efektivna veličina populacije
egzoni
egzotična germplazma
ekologija
ekološka hijerarhija
ekološka mreža
ekološka poljoprivreda
ekonomska botanika
ekoregija
ekosustav
Elaeis guineensis
Eleusine coracana
elitna germplazma
endem
endemična kultura
endivija
Ensete ventricosum
Eragrostis tef
etiopska gorušica
etnobotanika
etromarula
evolucija

F

Fagopyrum esculentum
Fagopyrum tataricum
filogenetika
filogenetska raznolikost
Foeniculum vulgare
funkcionalna raznolikost

G

gama raznolikost
genetička raznolikost
genetska erozija
genetska karta visoke
rezolucije
genetska ranjivost
genetska srodnost
genetska transformacija
genetska ujednačenost

genetski materijal
genetski otklon
genetski rezervati
genetsko usko grlo
genetsko zaleđe
genska raznolikost
genski skup
Gentiana lutea
georaznolikost
glavne prehrabene kulture
Glebionis coronarium
Glebionis segetum
Glycine max ssp. *max*
golosjemenjače
gorska moravka
gorski pelin
Gossypium barbadense
gotovo izogene linije
grah
grašak
Guizotia abyssinica
Gvajale

H

Helianthus annuus
Helianthus tuberosus
Helichrysum italicum
heterozis
Hibiscus cannabinus
Hibiscus sabdariffa
homonimija
Hoodia gordonii
Hordeum bulbosum
Hordeum chilense
Hordeum murinum
Hordeum vulgare ssp.
spontaneum
Hordeum vulgare ssp. *vulgare*
hren
hrvatska perunika
hrvatska sibireja
hrvatski klinčić

I

inbred linija
inbred linije povratnog
križanja
Indijanski šćir
indijska gorušica

introni
IPA područja
Ipomoea batatas
sirak
Iris croatica
isplative kulture
Iva annua

J

jabuka
Jack R. Harlan
jakon
jam
ječam
jedinka
jednosupnice
jesenski gorocvijet

K

karda
kasava
kazaški maslačak
kelj
kelj pupčar
klad
klonska selekcija
kolekcija mutanata
komercijalni kultivar
Konvencija o biološkoj
raznolikosti
konzervacijska biologija
korabica
kozmpolit
krajobraz
kriptične vrste
kriterij staništa
kriterij vrste
kritosjemenjače
kruhovac
krumpir
krumpirova plijesan
krušna pšenica
kukuruz
kultivar
kultura tkiva
kupus
kurcoglav

L

Lablab purpureus
Lactuca sativa
lančana rekacija
polimerazom
Lathyrus sativus
leća
Lens culinaris
Leucana esculenta
linije udvostručenih haploida
Linum usitatissimum
lista deskriptora
lokalitet
Luffa spp.
luk
lukasta kozja brada
ljekovita slezenica
ljekoviti maslačak
ljekoviti nadlišak

M

Macadamia integrifolia
Macadamia jansenii
Macadamia ternifolia
Macadamia tetraphylla
Macrotyloma uniflorum
mah tresetar
mahovnjače
makadamija
Mala kadifica
mali zimzelen
Malus domestica
Malva sylvestris
mandragora
Mandragora officinarum
Manihot esculenta
maslina
megagenski centri
menta
Mentha spp.
Metroxylon sagu
Microseris scapigera
migracija
mikrosatelitni biljezi
mikroseris
mirisni pelin
mišja grahorica
moderni kultivar
Momordica charantia

monocentrična kultura
multicentrična kultura
Musa acuminata
Mutacija

N

nacionalni park
nalazište
napredne generacije dobivene
križanjem više roditelja
Natura 2000
nematerijalna kulturna
baština
Nerium oleander
NGS
Niger
Nikolaj Ivanovič Vavilov
Norman Bourlag

O

obična smreka
Ocimum basilicum
očekivana heterozigotnost
Očuvanje *ex situ*
očuvanje *in situ*
odabir potpomognut biljezima
održivo korištenje
Olea europaea ssp. *europaea*
var. *europaea*
oleandar
oligocentrična kultura
Onobrychis vicifolia
oplemenjivački materijal
ortodoksno sjeme
Oryza glaberrima
Oryza sativa
Oryza sativa ssp. *indica*
Oryza sativa ssp. *japonica*
ovčja jedinica
Oxalis tuberosa

P

Pachyrhizus srosus
Panicum miliaceum
Panicum sumatrense
papratnjače

paprika
park prirode
Parthenium argentatum
Passalora fulva
Pastinaca sativa
pastrnjak
patliđan
patotip
PCR
pelješki zvončić
Pennisetum glaucum
Perilla frutescens
Persea americana
peršin
Petar Mihajlovič Žukovski
Petroselinum crispum
Phaseolus lunatus
Phaseolus vulgaris
Phytophthora infestans
Picea abies
Pisum abyssinicum
Pisum sativum
plamenjača
Planta hortifuga
Poa annua
polimorfizam dužine
umnoženih ulomaka
ponavljajuće jednostavne
sekvence
populacija
populacije za kartiranje
Portenšlagov zvončić
posebni rezervat
Preacitriluss fistulosus
predoplemenjivanje
primarni centar udomaćenja
primka
priroda
pristup temeljen na
ekosustavu
Prunus armeniaca
Prunus persica
pšenica
Pyrus communis

R

rajčica
Ranunculus ficaria
Raphanus raphanistrum ssp.
landra

regionalno važne
prehrambene kulture
Reichardia picroides
rekalcitrantno sjeme
rekombinantne inbred linije
repa
repica
Richard E. Schultes
Riža

S

Saccharum officinarum
salata
salinizacija tla
Scolymus hispanicus
Scorzonera hispanica
Sechium edule
sekundarni centar
udomaćenja
sekvenciranje sljedeće
generacije
seleksijski pritisak
semiendemična kultura
Sesamum indicum
Sesleria juncifolia
Setaria italica
Sibiraea altaiensis ssp.
croatica
sindrom udomaćenja
sinonimija
sirak
sistematika
sjekirica
sjemenjače
sjetveni ravan
Skenderbegov zvončić
skupina svojti
slanutak
slatki krumpir
Smallanthus sonchifolius
SNP
soja
Solanum berthaultii
Solanum curtilobum
Solanum juzepczukii
Solanum lycopersicum var.
cerasiforme
Solanum lycopersicum var.
lycopersicum
Solanum melongena
Solanum pennellii

Solanum peruvianum
Solanum pimpinellifolium
Solanum tuberosum
Sonchus asper
Sonchus oleraceus
Sorghum bicolor
Sphagnum palustre
Spondias mombin
sredozemna bršaka
sredozemno smilje
SSR
stanište
stenoendem
Stevia rebaudiana
stevija
strogi rezervat
Strychnos toxifera
subendem
suncokret
svojta

Š

šafrenika
šećerna repa
šećerna trska
šibasti pelin
španjolska dragušica
španjolski zmijak

T

Tagetes minuta
taksonomija
Tanacetum cinarariifolium
Taraxacum kok-saghyz
Taraxacum officinale
taro
tel
Teutin zvončić
Thalijev uročnjak
Theobroma cacao
Tommasinijev zvončić
Trachelium caeruleum
tradicijki kultivar
Tragopogon porrifolius
Trichosanthes cucumerina
Trifolium sp.
Triticum aestivum ssp.
aestivum

Triticum turgidum ssp.
dicoccum
Triticum turgidum ssp.
turgidum
Tropaeolum tuberosum
Tustopizda

U

učinak osnivača
udomaćenje
Ullucus tuberosus
uljez
uljna palma
unutarsortna raznolikost
Urospermum picroides
uskolisna šašika
uzdržavajuće culture

V

velebitska degenija
Vicia faba
Vicia narbonensis var.
narbonensis
Vigna angularis
Vigna mungo
Vigna radiata
Vigna subteranea
Vigna unguiculata
Vinca minor
vinova loza
Vitis vinifera
vrsta
vruće točke bioraznolikosti

W

Welwitschia

X

Xanthosoma sagittifolium

Y

Yucca spp.

Z

zapoštljene kulture
zastarjeli kultivar
zaštićena vrsta
zaštićeno područje
zaštita prirode
Zea diploperennis
Zea luxurians
Zea mays
Zea nicaraguensis
Zea perennis
zelenkasti ravan
zeljasti ostak
zimzelena medvjetka
zlatica
Zlatkov zvončić
Zymoseptoria tritici

Ž

životna zajednica
žuti srčanik

Izvori slika

Veći dio slika korištenih u ovom udžbeniku djela su autora, dok je manji dio 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*). (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*) koji se nalazi na području Namibije (*!Ai-!Ais*) i Južnoafričke republike (*Richtersveld*). (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 'Perišičeve 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 9.3. Bernard Prekalj u pokusnom polju raštike IPTPO, Poreč. (izvor: Danko Cvitan, 2022.)

Slika 10.4. Najveća *In vitro* kolekcija primki banana (*Musa* spp.) u svijetu u sklopu *The Bioversity International Musa Germplasm Transit Centre (ITC)*. Kolekcija sadrži više od 1500 primki jestivih i divljih vrsta banana i smještena je u Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven). (izvor: Michael Major/Crop Trust, 2018.)

Slika 10.5. Kriprezervacija uzoraka tkiva u tekućem dušiku. (izvor: iStock, 2017.)

Slika 10.6. Dr. sc. Angjelina Belaj, kustosica Svjetske kolekcije maslina (World Olive Germplasm Bank of Córdoba). (izvor: Angjelina Belaj, 2023.)

Slika 10.8A. Svjetska banka biljnih gena u Svalbardu. Pogled izvana. (izvor: Svalbard Global Seed Vault, 2021.)

Slika 10.8B. Svjetska banka biljnih gena u Svalbardu. Tunel koji vodi u banku (izvor: NordGen - Nordic Genetic Resource Center, 2020.)

Slika 10.8C. Svjetska banka biljnih gena u Svalbardu. Åsmund Asdal, koordinator banke. (izvor: NordGen - Nordic Genetic Resource Center, 2020.)

Slika 10.10. Plodovi makadmije. (izvor: iStock, 2015.)

Slika 10.11. Plod Buco Incavato- breskve iz Massa Lombarde. (izvor: Claudio Buscaroli, 2016.)

Slika 11.3. Zlarinske gastronomske poslastice s *dibljim zeljem*: **(A)** *Fažol s dibljim zeljem*, **(B)** *Zelenjak* i **(C)** *Kulin*. (izvor: Martin Šatović, 2010.)

Slika 11.4. Opis morfoloških svojstva kultivara bosiljka (*Ocimum basilicum*). (izvor centralne fotografije: iStock, 2019.; fotografije primki: Klaudija Carović Stanko, 2014.)

Slika 11.5. Poljski pokus dalmatinskog buhaša u Kaštel Starom (s desne na lijevu Zlatko Šatović, Klaudija Carović-Stanko, Martina Grdiša). (izvor: Tatjana Klepo, 2018.)

Korištena literatura

- Abbo, S., Berger, J. i Turner, N. C. (2003) „Viewpoint: Evolution of cultivated chickpea: four bottlenecks limit diversity and constrain adaptation“, *Functional plant biology: FPB*. Funct Plant Biol, 30(10), str. 1081–1087. doi: 10.1071/FP03084.
- Ahmed, I. i ostali (2020) „Evolutionary origins of taro (*Colocasia esculenta*) in Southeast Asia“, *Ecology and Evolution*. Wiley-Blackwell, 10(23), str. 13530. doi: 10.1002/ECE3.6958.
- Ames, M. i Spooner, D. M. (2008) „DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato“, *American Journal of Botany*. John Wiley & Sons, Ltd, 95(2), str. 252–257. doi: 10.3732/AJB.95.2.252.
- Anthony, F. i ostali (2002) „The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers“, *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik*. Theor Appl Genet, 104(5), str. 894–900. doi: 10.1007/S00122-001-0798-8.
- 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. doi: 10.4060/CA3129EN.
- 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*. The National Academy of Sciences , 98(4), str. 2104–2106. doi: 10.1073/PNAS.98.4.2104/ASSET/2CB3DDD4-E23C-44EB-A3E0-6A86D6AA9546/ASSETS/GRAPHIC/PQ0415940002.JPEG.
- Borlaug, N. E. (1983) „Contributions of Conventional Plant Breeding to Food Production“, *Science*. American Association for the Advancement of Science , 219(4585), str. 689–693. doi: 10.1126/SCIENCE.219.4585.689.
- Borlaug, N. E. (2000) „Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry“, *Plant Physiology*. Oxford Academic, 124(2), str. 487–490. doi: 10.1104/PP.124.2.487.
- Branca, F. (2007) „Cauliflower and Broccoli“, *Vegetables I*. Springer New York, str. 151–186. doi: 10.1007/978-0-387-30443-4_5.
- Breman, E. i ostali (2021) „Plant Diversity Conservation Challenges and Prospects—The Perspective of Botanic Gardens and the Millennium Seed Bank“, *Plants 2021, Vol. 10, Page 2371*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 10(11), str. 2371. doi: 10.3390/PLANTS10112371.
- Ceccarelli, S. (2009) „Plant breeding and farmer participation“. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Dostupno na: <https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/67522> (Pristupljeno: 30. rujan 2022.).
- Christelová, P. i ostali (2017) „Molecular and cytological characterization of the global *Musa* germplasm collection provides insights into the treasure of banana diversity“, *Biodiversity and Conservation*. Springer Netherlands, 26(4), str. 801–824. doi: 10.1007/S10531-016-1273-9/TABLES/3.
- 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. Dostupno na: <https://www.fao.org/plant-treaty/tools/toolbox-for-sustainable-use/details/en/c/1373627/> (Pristupljeno: 30. rujan 2022.).
- Corinto, G. L. (2014) „Nikolai Vavilov's centers of origin of cultivated plants with a view to conserving

agricultural biodiversity“, *Human Evolution*, 29(4), str. 285–301.

Dalrymple, D. G. (1980) „Development and spread of semi-dwarf varieties of wheat and rice in the United States. An international perspective.“, *Development and spread of semi-dwarf varieties of wheat and rice in the United States. An international perspective.*, (No.455).

Das, S. (2016) „Taxonomy and Phylogeny of Grain Amaranths“, u *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Springer, Singapore, str. 57–94. doi: 10.1007/978-981-10-1469-7_5.

Dempewolf, H., Rieseberg, L. H. i Cronk, Q. C. (2008) „Crop domestication in the Compositae: A family-wide trait assessment“, *Genetic Resources and Crop Evolution*. Springer, 55(8), str. 1141–1157. doi: 10.1007/S10722-008-9315-0/TABLES/3.

Denham, T. i ostali (2020) „The domestication syndrome in vegetatively propagated field crops“, *Annals of botany*. Ann Bot, 125(4), str. 581–597. doi: 10.1093/AOB/MCZ212.

Diamond, J. (1987) „The Worst Mistake in the History of the Human Race“, *Discover*.

Doebley, J. (2004) „The genetics of maize evolution“, *Annual review of genetics*. Annu Rev Genet, 38, str. 37–59. doi: 10.1146/ANNUREV.GENET.38.072902.092425.

Dubcovsky, J. i Dvorak, J. (2007) „Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication“, *Science*. American Association for the Advancement of Science, 316(5833), str. 1862–1866. doi: 10.1126/SCIENCE.1143986/SUPPL_FILE/DUBCOVSKY.SOM.PDF.

Emshwiller, E. i ostali (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*. Am J Bot, 96(10), str. 1839–1848. doi: 10.3732/AJB.0800359.

Emshwiller, E. i Doyle, J. J. (1998) „Origins of domestication and polyploidy in oca (*Oxalis tuberosa*; Oxalidaceae): nrDNA ITS data“, *American Journal of Botany*. John Wiley & Sons, Ltd, 85(7), str. 975–985. doi: 10.2307/2446364.

Engelmann, F. (2004) „Plant cryopreservation: Progress and prospects“, *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 2004 40:5. Springer, 40(5), str. 427–433. doi: 10.1079/IVP2004541.

Engels, J. i Visser, L. (2003) *A guide to effective management of germplasm collections.*, *Economic Botany*. Dostupno na: https://books.google.com/books/about/A_Guide_to_Effective_Management_of_Germp.html?hl=hr&id=OyDvtufSneIC (Pristupljeno: 28. studeni 2022.).

Eshed, V. i ostali (2004) „Has the transition to agriculture reshaped the demographic structure of prehistoric populations? New evidence from the Levant“, *American journal of physical anthropology*. Am J Phys Anthropol, 124(4), str. 315–329. doi: 10.1002/AJPA.10332.

Fao (2014) *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome. Dostupno na: www.fao.org/publications (Pristupljeno: 28. studeni 2022.).

Flannery, K. V. (2003) „The Origins of Agriculture“, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.an.02.100173.001415>. Annual Reviews 4139 El Camino Way, P.O. Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, 2(1), str. 271–310. doi: 10.1146/ANNUREV.AN.02.100173.001415.

Fu, Z. X. i ostali (2016) „A comprehensive generic-level phylogeny of the sunflower family: Implications for the systematics of Chinese Asteraceae“, *Journal of Systematics and Evolution*. Wiley-Liss Inc., 54(4), str. 416–437. doi: 10.1111/JSE.12216/SUPPINFO.

Fuller, D. Q. (2007) „Contrasting Patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World“, *Annals of Botany*. Oxford Academic, 100(5), str. 903–

924. doi: 10.1093/AOB/MCM048.

Fuller, D. Q. *i ostali* (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*. National Academy of Sciences, 111(17), str. 6147–6152. doi: 10.1073/PNAS.1308937110/SUPPL_FILE/PNAS.1308937110.ST04.DOCX.

Fuller, D. Q. *i ostali* (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*. Springer, 38(2), str. 211–230. doi: 10.1007/S10437-021-09428-8/TABLES/3.

Gerbault, P. *i ostali* (2014) „Storytelling and story testing in domestication“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), str. 6159–6164. doi: 10.1073/pnas.1400425111.

Gerdes, J. T. *i ostali* (2012a) *Compilation of north American maize breeding germplasm, Compilation of North American Maize Breeding Germplasm*. doi: 10.2135/1992.cropsandman.

Gerdes, J. T. *i ostali* (2012b) *Compilation of north American maize breeding germplasm, Compilation of North American Maize Breeding Germplasm*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison. doi: 10.2135/1992.cropsandman.

Hamilton, C. (2008) „Intellectual property rights, the bioeconomy and the challenge of biopiracy“, *Genomics, Society and Policy* 4:3. BioMed Central, 4(3), str. 1–19. doi: 10.1186/1746-5354-4-3-26.

Hanson, A. A. (1952) *The Origin, Variation, Immunity, and Breeding of Cultivated Plants*, *Agronomy Journal*. John Wiley & Sons, Ltd. doi: 10.2134/AGRONJ1952.00021962004400020016X.

Hanson, T. *i ostali* (2009) „Warfare in biodiversity hotspots“, *Conservation Biology*. *Conserv Biol*, 23(3), str. 578–587. doi: 10.1111/J.1523-1739.2009.01166.X.

Harari, Y. N. (2015) *Sapiens - Kratka povijest čovječanstva*. Fokus komunikacije d.o.o., Zagreb. Dostupno na: <https://shop.skolskaknjiga.hr/sapiens-kratka-povijest-covjecanstva.html> (Pristupljeno: 30. rujan 2022.).

Harlan, J. R. (1971) „Agricultural Origins: Centers and Noncenters“, *Science*. American Association for the Advancement of Science, 174(4008), str. 468–474. doi: 10.1126/SCIENCE.174.4008.468.

Harlan, J. R. (1976) „Plant and animal distribution in relation to domestication“, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*. The Royal Society London, 275(936), str. 13–25. doi: 10.1098/rstb.1976.0067.

Harlan, J. R. (1992) *Crops and man, Crops and Man. 2nd Edition*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison.

Harlan, J. R. (2012) „Crops and man“, *Crops and Man*. wiley, str. 1–284. doi: 10.2135/1992.cropsandman.

Harris, D. R. (David R. i Hillman, G. C. (1989) *Foraging and farming: the evolution of plant exploitation*. Dostupno na: <https://www.routledge.com/Foraging-and-Farming-The-Evolution-of-Plant-Exploitation/Harris-Hillman/p/book/9781138817906> (Pristupljeno: 30. rujan 2022.).

Hayden, B. (1990) „Nimrods, piscators, pluckers, and planters: The emergence of food production“, *Journal of Anthropological Archaeology*. Academic Press, 9(1), str. 31–69. doi: 10.1016/0278-4165(90)90005-X.

van Heerden, F. R. (2008) „Hoodia gordonii: A natural appetite suppressant“, *Journal of Ethnopharmacology*. Elsevier, 119(3), str. 434–437. doi: 10.1016/J.JEP.2008.08.023.

- Herrera, R. J. i Garcia-Bertrand, R. (2018) „The Agricultural Revolutions“, u Herrera, R. J. i Garcia-Bertrand, R. (ur.) *Ancestral DNA, Human Origins, and Migrations*. Academic Press, str. 475–509. doi: 10.1016/B978-0-12-804124-6.00013-6.
- Heun, M. *i ostali* (1997) „Site of Einkorn Wheat Domestication Identified by DNA Fingerprinting“, *Science*. American Association for the Advancement of Science, 278(5341), str. 1312–1314. doi: 10.1126/SCIENCE.278.5341.1312.
- Hilu, K. W. *i ostali* (1997) „Fonio Millets: Ethnobotany, Genetic Diversity and Evolution“, *South African Journal of Botany*. Elsevier, 63(4), str. 185–190. doi: 10.1016/S0254-6299(15)30742-0.
- Hodkinson, T. R. *i ostali* (2007) „DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation“, *Journal of plant research*. J Plant Res, 120(1), str. 17–29. doi: 10.1007/S10265-006-0059-7.
- Hollern, M. (2006) „Moroccan Argan Trees Threatened by Climbing Goats“, *HerbalGram*, 72, str. 18. Dostupno na: <https://www.herbalgram.org/resources/herbalgram/issues/72/table-of-contents/article3032/> (Pristupljeno: 29. lipanj 2022.).
- Hymowitz, T. (1972a) „The trans-domestication concept as applied to Guar“, *Economic Botany* 1972 26:1. Springer, 26(1), str. 49–60. doi: 10.1007/BF02862261.
- Hymowitz, T. (1972b) „The trans-domestication concept as applied to Guar“, *Economic Botany* 1972 26:1. Springer, 26(1), str. 49–60. doi: 10.1007/BF02862261.
- Hyten, D. L. *i ostali* (2006) „Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Proc Natl Acad Sci U S A, 103(45), str. 16666–16671. doi: 10.1073/PNAS.0604379103.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Švicarska. Dostupno na: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_Front_matters.pdf.
- Isendahl, C. (2011) „The Domestication and Early Spread of Manioc (*Manihot Esculenta* Crantz): A Brief Synthesis“, *Latin American Antiquity*. Cambridge University Press, 22(4), str. 452–468. doi: 10.7183/1045-6635.22.4.452.
- Johnson, H. W., Robinson, H. F. i Comstock, R. E. (1955) „Estimates of Genetic and Environmental Variability in Soybeans 1“, *Agronomy Journal*. Wiley, 47(7), str. 314–318. doi: 10.2134/AGRONJ1955.00021962004700070009X.
- Kameswara Rao, N. H. E. D. M. G. K. N. D. L. M. (2006) *Manual of seed handling in genebanks. Handbooks for Genebanks No. 8*. Rome, Italy: Bioversity International.
- Kantar, M. B. *i ostali* (2017) „The Genetics and Genomics of Plant Domestication“, *BioScience*. Oxford Academic, 67(11), str. 971–982. doi: 10.1093/BIOSCI/BIX114.
- Kim, M. Y. *i ostali* (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*. Proc Natl Acad Sci U S A, 107(51), str. 22032–22037. doi: 10.1073/PNAS.1009526107.
- Larson, G. *i ostali* (2014) „Current perspectives and the future of domestication studies“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), str. 6139–6146. doi: 10.1073/pnas.1323964111.
- Lee, R. A. i Balick, M. J. (2007) „Indigenous Use of *Hoodia gordonii* and Appetite Suppression“, *EXPLORE*. Elsevier, 3(4), str. 404–406. doi: 10.1016/J.EXPLORE.2007.05.005.

Li, L. F. *i ostali* (2013) „Origins and Domestication of Cultivated Banana Inferred from Chloroplast and Nuclear Genes“, *PLOS ONE*. Public Library of Science, 8(11), str. e80502. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0080502.

Loskutov, I. G. i International Plant Genetic Resources Institute. (1999) *Vavilov and his institute: a history of the world collection of plant genetic resources in Russia*. IPGRI.

Maccaferri, M. *i ostali* (2019) „Durum wheat genome highlights past domestication signatures and future improvement targets“, *Nature Genetics* 2019 51:5. Nature Publishing Group, 51(5), str. 885–895. doi: 10.1038/s41588-019-0381-3.

Maharaj, V. J., Senabe, J. V i Horak, R. M. (2008) „Hoodia, a case study at CSIR“. Dostupno na: <https://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/2539> (Pristupljeno: 17. studeni 2022.).

Malice, M. i Baudoin, J.-P. (2009) „Genetic diversity and germplasm conservation of three minor Andean tuber crop species“, *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 13(3), str. 441–448. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/26849772_Genetic_diversity_and_germplasm_conservation_of_three_minor_Andean_tuber_crop_species.

Matsuoka, Y. *i ostali* (2002) „A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. The National Academy of Sciences, 99(9), str. 6080–6084. doi: 10.1073/PNAS.052125199/SUPPL_FILE/1251TABLE3.XLS.

Matsuoka, Y. (2005) „Origin matters: Lessons from the search for the wild ancestor of maize“, *Breeding Science*, 55(4), str. 383–390. doi: 10.1270/JSBBS.55.383.

Matthews, P. J. i Ghanem, M. E. (2021) „Perception gaps that may explain the status of taro (*Colocasia esculenta*) as an “orphan crop”“, *Plants, People, Planet*. John Wiley & Sons, Ltd, 3(2), str. 99–112. doi: 10.1002/PPP3.10155.

Maxted, Nigel, Ford-Lloyd, Brian i Hawkes, J. G. (John G. (1997) *Plant genetic conservation: the in situ approach*. First Edit. Uredio N. Maxted, B. V. Ford-Lloyd, i J. G. Hawkes. London: Chapman & Hall. Dostupno na: https://books.google.com/books/about/Plant_Genetic_Conservation.html?hl=hr&id=ur0BsWZqIpcC (Pristupljeno: 28. studeni 2022.).

Meyer, R. S. i Purugganan, M. D. (2013) „Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification“, *Nature Reviews Genetics* 2013 14:12. Nature Publishing Group, 14(12), str. 840–852. doi: 10.1038/nrg3605.

Mir, C. *i ostali* (2013) „Out of America: tracing the genetic footprints of the global diffusion of maize“, *Theoretical and Applied Genetics* 2013 126:11. Springer, 126(11), str. 2671–2682. doi: 10.1007/S00122-013-2164-Z.

Myers, N. (1988) „Threatened biotas: ‘Hot spots’ in tropical forests“, *Environmentalist*. Springer, 8(3), str. 187–208. doi: 10.1007/BF02240252.

Myers, N. *i ostali* (2000) „Biodiversity hotspots for conservation priorities“, *Nature*. Nature Publishing Group, 403(6772), str. 853–858. doi: 10.1038/35002501.

Narodne novine (2008) „Pravilnik o sakukpljanju zaštićenih samoniklih biljaka u svrhu prerade, trgovine i drugog prometa“. Zagreb, Croatia, NN 154/08. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_12_154_4197.html.

Narodne novine (2009) „Pravilnik o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim“. Zagreb, Croatia, NN 99/09. Dostupno na: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_09_99_4197.html.

novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_08_99_2569.html%0A.

Narodne novine (2013) „Zakon o zaštiti prirode“. Zagreb, Croatia, NN 80/13. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_80_1658.html.

Office of the United Nations High Commissioner for Refugees (2022) *The UN Refugee Agency (UNHCR)*. Dostupno na: <https://www.unhcr.org/> (Pristupljeno: 28. lipanj 2022.).

Ordás, A. i Cartea, M. E. (2007) „Cabbage and Kale“, u *Vegetables I*. Springer New York, str. 119–149. doi: 10.1007/978-0-387-30443-4_4.

Ovchinnikova, A. i ostali (2011) „Taxonomy of cultivated potatoes (Solanum section Petota: Solanaceae)“, *Botanical Journal of the Linnean Society*. Oxford Academic, 165(2), str. 107–155. doi: 10.1111/J.1095-8339.2010.01107.X.

Panis, B., Nagel, M. i den Houwe, I. Van (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)*. Plants (Basel), 9(12), str. 1–22. doi: 10.3390/PLANTS9121634.

Pearce, S. i ostali (2011) „Molecular Characterization of Rht-1 Dwarfing Genes in Hexaploid Wheat“, *Plant Physiology*. Oxford Academic, 157(4), str. 1820–1831. doi: 10.1104/PP.111.183657.

Peng, J. H., Sun, D. i Nevo, E. (2011) „Domestication evolution, genetics and genomics in wheat“, *Molecular Breeding 2011 28:3*. Springer, 28(3), str. 281–301. doi: 10.1007/S11032-011-9608-4.

Perrier, X. i ostali (2011) „Multidisciplinary perspectives on (Musa spp.) domestication“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(28), str. 11311–11318. doi: 10.1073/PNAS.1102001108/SUPPL_FILE/ST04.DOC.

Perry, G. H. i ostali (2007) „Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation“, *Nature Genetics 2007 39:10*. Nature Publishing Group, 39(10), str. 1256–1260. doi: 10.1038/ng2123.

Piperno, D. R. (2018) „A model of agricultural origins“, *Nature Human Behaviour*. Springer US, 2(7), str. 446–447. doi: 10.1038/s41562-018-0390-8.

Purugganan, M. D. i Fuller, D. Q. (2009) „The nature of selection during plant domestication“, *Nature*, 457(7231), str. 843–848. doi: 10.1038/nature07895.

van Raamsdonk, L. W. D. (1995) „The cytological and genetical mechanisms of plant domestication exemplified by four crop models“, *The Botanical Review 1995 61:4*. Springer, 61(4), str. 367–399. doi: 10.1007/BF02912623.

Rajaram, S. (2011) „Norman borlaug: The man i worked with and knew“, *Annual Review of Phytopathology*. doi: 10.1146/annurev-phyto-072910-095308.

Rao, V. R. i ostali (2010) *The Global Diversity of Taro Ethnobotany and Conservation, Museum*.

Reed, B. M. (2017) „Plant cryopreservation: a continuing requirement for food and ecosystem security“, *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*. Springer New York LLC, 53(4), str. 285–288. doi: 10.1007/S11627-017-9851-4/TABLES/1.

Rindos, D. i ostali (1980) „Symbiosis, Instability, and the Origins and Spread of Agriculture: A New Model [and Comments and Reply]“, <https://doi.org/10.1086/202569>. University of Chicago Press , 21(6), str. 751–772. doi: 10.1086/202569.

Ríos, D. i ostali (2007) „What Is the Origin of the European Potato? Evidence from Canary Island Landraces“, *Crop Science*. John Wiley & Sons, Ltd, 47(3), str. 1271–1280. doi: 10.2135/CROPSCI2006.05.0336.

Rival, L. i McKey, D. (2015) „Domestication and Diversity in Manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *esculenta*, Euphorbiaceae)“, <https://doi.org/10.1086/593119>. The University of Chicago Press , 49(6), str. 1119–1128. doi: 10.1086/593119.

Roorkiwal, M. i *ostali* (2014) „Exploring Germplasm Diversity to Understand the Domestication Process in *Cicer* spp. Using SNP and DaRT Markers“, *PLOS ONE*. Public Library of Science, 9(7), str. e102016. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0102016.

Ross-Ibarra, J., Morrell, P. L. i Gaut, B. S. (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), str. 8641–8648. doi: 10.1073/PNAS.0700643104/ASSET/3D9F628F-886A-4A93-96DB-30316A4E0AAA/ASSETS/GRAPHIC/ZPQ0110756770003.JPEG.

Salamini, F. i *ostali* (2002) „Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east“, *Nature Reviews Genetics* 2002 3:6. Nature Publishing Group, 3(6), str. 429–441. doi: 10.1038/nrg817.

Sardos, J. i *ostali* (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*. Public Library of Science, 11(5), str. e0154448. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0154448.

Scarcelli, N. i *ostali* (2019) „Yam genomics supports West Africa as a major cradle of crop domestication“, *Science Advances*. American Association for the Advancement of Science, 5(5). doi: 10.1126/SCIADV.AAW1947/SUPPL_FILE/AAW1947_TABLES_S1_TO_S4.XLSX.

Smale, M. (1997) „The Green Revolution and wheat genetic diversity: Some unfounded assumptions“, *World Development*. Pergamon, 25(8), str. 1257–1269. doi: 10.1016/S0305-750X(97)00038-7.

Smith, C. i Krygsmann, A. (2014) „*Hoodia gordonii*: To eat, or not to eat“, *Journal of Ethnopharmacology*. Elsevier, 155(2), str. 987–991. doi: 10.1016/J.JEP.2014.06.033.

Spooner, D. M. i *ostali* (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*. National Academy of Sciences, 102(41), str. 14694–14699. doi: 10.1073/PNAS.0507400102/SUPPL_FILE/07400DATASET.TXT.

Spooner, D. M. i *ostali* (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*. National Academy of Sciences, 104(49), str. 19398–19403. doi: 10.1073/PNAS.0709796104/SUPPL_FILE/09796SUPPDATASET.XLS.

Stalker, H. T. (Harold T., Warburton, M. i Harlan, J. R. (Jack R. (bez datuma) „Harlan’s crops and man : people, plants and their domestication“.

Stetter, M. G. i *ostali* (2020) „Parallel Seed Color Adaptation during Multiple Domestication Attempts of an Ancient New World Grain“, *Molecular Biology and Evolution*. Oxford Academic, 37(5), str. 1407–1419. doi: 10.1093/MOLBEV/MSZ304.

Stetter, M. G., Müller, T. i Schmid, K. J. (2017) „Genomic and phenotypic evidence for an incomplete domestication of South American grain amaranth (*Amaranthus caudatus*)“, *Molecular Ecology*. John Wiley & Sons, Ltd, 26(3), str. 871–886. doi: 10.1111/MEC.13974.

Stitzer, M. C. i Ross-Ibarra, J. (2018) „Maize domestication and gene interaction“, *New Phytologist*. John Wiley & Sons, Ltd, 220(2), str. 395–408. doi: 10.1111/NPH.15350.

Sugihara, Yu i *ostali* (2021) „Population Genomics of Yams: Evolution and Domestication of Species“, u Rajora, O. P. (ur.) *Population Genomics*. Springer, Cham, str. 1–28. doi: 10.1007/13836_2021_94.

Sullivan, S. N. (2004) „Plant Genetic Resources and the Law: Past, Present, and Future“, *Plant*
288

Physiology. Oxford University Press, 135(1), str. 10. doi: 10.1104/PP.104.042572.

Svizzero, S. i Tisdell, C. (2014) „Theories about the Commencement of Agriculture in Prehistoric Societies: A Critical Evaluation“, *Rivista di Storia Economica*, (3).

Tanno, K. I. i Willcox, G. (2006) „How fast was wild wheat domesticated?“, *Science*. American Association for the Advancement of Science, 311(5769), str. 1886. doi: 10.1126/SCIENCE.1124635/SUPPL_FILE/TANNO.SOM.PDF.

Tirado-Pérez, B. i Sandoval-Cancino, G. (2022) „Cryopreservation of plant genetic resources: A legacy for humanity“, *African Journal of Biotechnology*, 21(2), str. 55–63. doi: 10.5897/AJB2021.17379.

Troyer, A. F. (2004) „Background of U.S. Hybrid Corn II“, *Crop Science*. John Wiley & Sons, Ltd, 44(2), str. 370–380. doi: 10.2135/CROPSCI2004.3700.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, P. D. (2014) *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, (ST/ESA/SER.A/366).

Vavilov, I. N. (2009) *Origin and geography cultivated plants*. Uredio D. Love. Cambridge University Press. Dostupno na: <https://www.cambridge.org/za/academic/subjects/life-sciences/natural-resource-management-agriculture-horticulture-and/origin-and-geography-cultivated-plants?format=PB&isbn=9780521111591> (Pristupljeno: 02. kolovoz 2022.).

Vavilov, N. I. (1951) „The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants“, *Chron. Bot.* Oxford Academic, (13), str. 1–364.

Vermaak, I., Hamman, J. H. i Viljoen, A. M. (2011) „Hoodia gordonii: An Up-to-Date Review of a Commercially Important Anti-Obesity Plant“, *Planta Medica*. © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York, 77(11), str. 1149–1160. doi: 10.1055/S-0030-1250643.

Weisdorf, J. L. (2005) „From Foraging To Farming: Explaining The Neolithic Revolution“, *Journal of Economic Surveys*. John Wiley & Sons, Ltd, 19(4), str. 561–586. doi: 10.1111/J.0950-0804.2005.00259.X.

Westengen, O. T., Jeppson, S. i Guarino, L. (2013) „Global Ex-Situ Crop Diversity Conservation and the Svalbard Global Seed Vault: Assessing the Current Status“, *PLOS ONE*. Public Library of Science, 8(5), str. e64146. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0064146.

Wills, D. M. *i ostali* (2013) „From Many, One: Genetic Control of Prolificacy during Maize Domestication“, *PLOS Genetics*. Public Library of Science, 9(6), str. e1003604. doi: 10.1371/JOURNAL.PGEN.1003604.

Xu, G. *i ostali* (2022) „Population genomics of Zea species identifies selection signatures during maize domestication and adaptation“, *BMC Plant Biology*. BioMed Central Ltd, 22(1), str. 1–15. doi: 10.1186/S12870-022-03427-W/FIGURES/6.

Yoshida, K. *i ostali* (2013) „The rise and fall of the Phytophthora infestans lineage that triggered the Irish potato famine“, *eLife*, 2013(2). doi: 10.7554/ELIFE.00731.

Zerega, N. J. C., Supardi, M. N. N. i Motley, T. J. (2010) „Phylogeny and Recircumscription of Artocarpeae (Moraceae) with a Focus on Artocarpus“, <https://doi.org/10.1600/036364410X539853>. The American Society of Plant Taxonomists, 35(4), str. 766–782. doi: 10.1600/036364410X539853.

Zerega, N., Ragone, D. i Motley, T. J. (2016) „10. Breadfruit Origins, Diversity, and Human-Facilitated Distribution“, u *Darwin's Harvest*. Columbia University Press, str. 213–238. doi: 10.7312/MOTL13316-011/HTML.

Zeven, A. i Zhukovskii, P. M. (1975) *Dictionary of cultivated plants and their centres of diversity, excluding ornamentals, forest trees, and lower plants*. Centre for Agricultural Publishing and

Documentation, Wageningen. Dostupno na: <https://core.ac.uk/download/pdf/29387092.pdf>
(Pristupljeno: 02. kolovoz 2022.).

Životopisi autora

ZLATKO ŠATOVIĆ

Zlatko Šatović (1965.) diplomirao je na Fakultetu poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu 1990. godine. Magistrirao 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), te 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 koje 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