

O KORIŠTENJU INOZEMNOG ŠUMSKOG REPRODUKCIJSKOG MATERIJALA ZA OBNOVU DOMAĆIH SASTOJINA HRASTA LUŽNJAKA IZ PERSPEKTIVE GENETIČARA

ON THE USE OF FOREIGN FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL FOR THE REGENERATION OF LOCAL STANDS OF PEDUNCULATE OAK FROM THE STAND POINTS OF A GENETICS

Saša BOGDAN¹, Ida Katičić Bogdan¹, Martina Temunović¹

UVOD

Uslijed kronične nestašice žira domaćeg podrijetla, na tržištu je tijekom 2023. godine nabavljena velika količina šumskog reprodukcijuskog materijala (ŠRM-a) iz inozemstva, a njegovo korištenje za obnovu sastojina hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj (RH) je u tijeku. U neslužbenim su se komunikacijama kao izvori unesenog ŠRM-a spominjale provenijencije iz Mađarske, Rumunjske ili Francuske. U konačnici su, koliko nam je poznato, nabavljene sadnice i žir iz Mađarske. Međutim, stvarno podrijetlo uvezenog ŠRM-a nije niti važno jer je ovo priopćenje uglavnom načelnog karaktera i može poslužiti kao uputa za odlučivanje o njegovoj prikladnosti, neovisno o podrijetlu ili vrsti šumskog drveća.

Potrebno je naglasiti da je postupak premještanja ŠRM-a (unutar EU) odnosno njegovog uvoza (iz trećih država), te korištenja u RH, reguliran Zakonom o šumskom reprodukcijuskom materijalu (Narodne novine 75/09, 61/11, 56/13, 14/14, 32/19, 98/19). Navedeni zakon zadovoljavajuće dobro određuje okvir za postupak odlučivanja o tome kakve provenijencije mogu biti prikladne kao izvor ŠRM-a i gdje ih koristiti, u slučaju potrebe. Nažalost, smatramo da postupak odlučivanja o nabavi i korištenju ŠRM-a, primijenjen ove godine, nije odgovarao nekim temeljnim stručnim postavkama. Primijenjena praksa predstavlja visoki rizik za očuvanje jedinstvenosti, bioraznolikosti i produktivnosti naših sastojina hrasta lužnjaka. Cilj je ovog priopćenja ukazati na neke propuste, pojasniti rizike takve prakse, pružiti savjetodavni doprinos iz perspektive naše specijalnosti – genetike šumskog drveća, i time pomoći da se u budućnosti za obnovu naših sastojina koristi prikladan ŠRM.

OPĆENITO O GENETSKOJ KVALITETI ŠRM-A

Kvaliteta neke partije ŠRM-a može se, i treba, razmatrati iz različitih perspektiva. Tako se može govoriti o morfološkoj (npr. prosječna širina, duljina, masa žira odnosno promjer ili visina sadnica), fiziološkoj (npr. klijavost sjemena ili inten-

zitet boje listova kod sadnica), zdravstvenoj (npr. proporcija zaraženosti gljivama ili oštećenosti kukcima) i o **genetskoj kvaliteti**. Genetska kvaliteta partije ŠRM-a, s obzirom na prevladavajući sustav obnove šumskih sastojina kod nas, određena je: 1) efektivnom veličinom izvorne roditeljske popu-

¹ dr. sc. Saša Bogdan, redoviti profesor u trajnom izboru, dr. sc. Ida Katičić Bogdan, izvanredna profesorica, dr. sc. Martina Temunović, docentica, Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku. Svetošimunska cesta 23. 10000 Zagreb. E-pošta: sbogdan@sumfak.hr

lacije, 2) razinom genetske raznolikosti koju posjeduje, 3) stupnjem križanja u srodstvu, 4) genskom čistoćom svojte tj. količinom križanaca ciljne s drugim srodnim vrstama, te 5) prilagođenošću na stanišne uvjete u kojima će se koristiti. U nastavku želimo pojasniti pet navedenih odrednica kvalitete za čitatelje kojima genetika nije specijalnost.

Efektivna veličina izvorne populacije jest broj roditeljskih stabala koji su ravnomjerno sudjelovali u stvaranju potomstva (sjemena odnosno sadnica). Vrlo je važno da u stvaranju potomstva sudjeluje što je moguće veći broj roditeljskih stabala, jer samo takvo potomstvo može posjedovati cijeli raspon genetske raznolikosti prethodne generacije na nekom području. Zbog toga se opravdano preporučuje da se prirodna obnova odnosno sakupljanje sjemena (radi potpomognute ili umjetne obnove sastojina) provode u godinama punog uroda, kada najveći broj zrelih stabala ima šansu sudjelovati u stvaranju potomaka. Analogno, nije preporučljivo koristiti ŠRM nastao od malog broja roditelja, u godinama slabijeg uroda ili prikupljenog sa soliternih stabala. Znanstveno je utemeljena činjenica da obnova sastojina ŠRM-om koji posjeduje široki raspon genetske raznolikosti osigurava najviši potencijal prilagodljivosti glavne vrste na okolišne promjene (stresove) (White i dr. 2007, str. 149). Opetovano je potvrđeno da ŠRM koji posjeduje niže razine genetske raznolikosti pokazuje značajno manju otpornost na stres i manje preživljenje u usporedbi sa ŠRM-om više razine genetske raznolikosti (Vranckx i dr. 2014, Popović i dr. 2023). Spomenuta **genetska raznolikost** ŠRM-a određena je bogatstvom (raznovrsnošću) genskih alela koje posjeduje. Slikovito i pojednostavljeno rečeno, genski alel je uputa za odgovor jedinke na izazove okoliša. Ako jedinke posjeduju raznovrsne upute (tj. ako populacije posjeduju raznovrsne zbirke uputa), tada su sposobnije prilagođavati se promijenjenim uvjetima okoliša. S obzirom na to da gospodarimo s populacijama dugovječnih organizama izuzetno je važno da im osiguramo posjedovanje što je moguće više uputa koje će im pružiti sposobnost prilagođavanja na nepredvidive promjene okoliša, uključujući sve izraženiju promjenu klime.

Križanje u srodstvu (engl. *inbreeding*) jest križanje između roditelja koji dijele zajedničkog pretka (tj. u srodstvenoj su vezi). Ekstremni oblik križanja u srodstvu je samooplodnja. Potomstvo nastalo križanjem u srodstvu nosi visoki rizik ispoljavanja niza negativnih simptoma koji se zajednički nazivaju *inbreeding* depresija (White i dr. 2007, str. 91). Simptomi se uočavaju u rasponu od visokog postotka nevitalnog sjemena, preko usporenog rasta i razvoja pomlatka, povišene osjetljivosti na stresne uvjete do odumiranja u različitim fazama razvoja stabla. Križanje u srodstvu, na molekularnoj razini, uočava se kao značajno odstupanje ostvarene od očekivane heterozigotnosti populacije i može se utvrditi analizom prikladnih DNA bi-

ljega. Što je bliža srodnost roditelja to je rizik *inbreeding* depresije viši. Premda su kod šumskog drveća prirodno razvijeni učinkoviti mehanizmi zaštite od križanja u srodstvu, ono je moguće u situacijama kada je sada zrela populacija nastala od malog broja roditelja (npr. umjetnom obnovom sadnicama uzgojenim iz sjemena koje je prikupljeno od malog broja susjednih stabala) ili u godinama slabog uroda, kada je mala koncentracija peluda i kada se oprašivanje događa između malog broja jedinki (često fenološki sinkroniziranih, u međusobnoj blizini i zbog toga vjerojatnije srodnih). Također, utvrđeno je da soliterna stabla (ili rubna sastojinska stabla) u takvim uvjetima učestalo stvaraju plodove samooplodnjom (Ashley i dr. 2022). Stoga se ŠRM nastao križanjem u srodstvu opravdano smatra genetski nekvalitetnim i njegovo korištenje treba maksimalno izbjegavati.

Genska čistoća svojte odnosi se na odsutnost križanaca ciljne vrste s drugim srodnim vrstama. Hrastovi koji pripadaju istoj taksonomskoj sekciji mogu se međusobno križati (hibridizirati) te stvarati vitalno i fertilno potomstvo. Međuvrstna hibridizacija je posebice učestala u staništima gdje različite vrste hrastova rastu zajedno. Na primjer, poznato je da hrast lužnjak i hrast kitnjak dijele staništa u mnogim područjima zapadne Europe gdje tvore hibridne populacije (Degen i dr. 2021, Jensen i dr. 2009, Lévy i dr. 1992), dok u nekim područjima Balkanskog poluotoka (npr. u Rumunjskoj) hrast lužnjak istovremeno hibridizira s nekoliko srodnih vrsta s kojima dijeli stanište (Curtu i dr. 2009). Logično je da hibridizacija s drugim vrstama utječe na gensku čistoću svojte, što nije nužno zabrinjavajuća pojava, ali donosi rizike. Međuvrstni hibridi su često slabije prilagođeni na tipična staništa pojedinačnih vrsta, dok pokazuju određene prednosti na devastiranim staništima odnosno u značajno promijenjenim okolišnim uvjetima. Svakako je preporučljivo promišljeno odlučiti, na temelju jasne argumentacije, je li za neka staništa prikladnije koristiti križance ili čiste svojte.

Prilagođenost neke populacije na konkretne stanišne uvjete rezultat je procesa prirodne selekcije odnosno specifičnog oblikovanja njene genetske kompozicije pod utjecajem specifičnih okolišnih čimbenika. Najčešći okolišni čimbenici koji usmjeravaju selekciju su oni koji definiraju klimu nekog područja (npr. prevladavajuće oscilacije temperature i učestalost njenih ekstrema, pojavnost mrazova, varijacije u količinama oborina i dr.), kao i reljefno-edafske posebnosti staništa (npr. pH, dostupnost hraniva, varijacije podzemnih voda i dr.). Genetska kompozicija lokalnih populacija se, kroz više generacija, mijenja u smjeru prilagođenosti na specifične lokalne stanišne uvjete. Npr. populacije koje su na nekom području izložene učestalim kasnim mrazovima odlikuju se značajno povećanim brojem kasnolistajućih jedinki, dok se one koje su izložene čestim sušnim epizodama odlikuju većom otpornošću na

sušni stres, ali manje bujnim rastom nadzemne biomase. Prilagođenost na specifično stanište je genetski uzrokovana pojava (nasljedna) i zadržava se promjenom okolišnih uvjeta. To znači da ŠRM koji npr. potječe iz provenijencije koja je prilagođena na učestale sušne stresove i u nekom drugom staništu zadržava obrazac „ponašanja“, u smislu većeg ulaganja u razvoj korijena, stvaranja većih količina škrobnih rezervi, a s druge strane manjeg razvoja nadzemne biomase. Ako je drugo stanište pošteđeno utjecaja učestalih sušnih epizoda, tada je takvo potomstvo manje kompetitivno u usporedbi s provenijencijama (ili drugim vrstama) koje se odlikuju bujnim razvojem nadzemne biomase. U tom hipotetskom slučaju kažemo da ŠRM nije dobro prilagođen na stanišne uvjete. Rezultat korištenja neprilagođenog ŠRM-a je smanjena produktivnost, osjetljivost na lokalne stresne uvjete i u najgorem scenariju odumiranje. Stoga je važno koristiti ŠRM iz provenijencija koje uspijevaju u sličnim klimatskim odnosno edafskim uvjetima jer takva praksa osigurava veću vjerojatnost da je isti prilagođen konkretnim uvjetima. S druge strane, u slučajevima kada se za neko stanište mogu predvidjeti promjene tada se može preporučiti korištenje ŠRM-a iz onih provenijencija koje već sada uspijevaju u takvim stanišnim uvjetima (npr. predviđa se da će doći do zakiseljavanja tla, pa se kao izvor ŠRM koristi ona provenijencija koja trenutno uspijeva na kiselijem tlu). U svakom slučaju, prikladnost neke provenijencije kao izvora ŠRM-a ovisi o njejoj prilagođenosti na stanišne uvjete (sadašnje ili predviđene u budućnosti), u području gdje se ŠRM želi koristiti. Vrlo je rizično, ujedno i nestručno, koristiti ŠRM bez ikakve brige i promišljanja o njegovom podrijetlu i prilagođenosti.

Naglašavamo Članak 18. stavak 2., spomenutog Zakona o ŠRM-u kojim se nalaže sljedeće: „U slučaju uvoza šumskog reprodukcijskog materijala, i njegovom premještanju u države članice Europske unije, svoji šumskog drveća od gospodarskog značaja i rijetkih šumskih svojti, u kategorijama »poznato podrijetlo« i »selektioniran«, isti se smije koristiti za upotrebu u šumarstvu samo **ako se utvrdi da jedinstveni ekološki odnosi, s uvažavanjem nadmorske visine, fenotipskih i genotipskih osobina provenijencije iz kojega potječe šumski reprodukcijski materijal, odgovaraju jedinstvenim ekološkim odnosima, s uvažavanjem nadmorske visine, fenotipskih i genotipskih osobina provenijencije u kojoj se šumski reprodukcijski materijal želi koristiti.**“ (Narodne novine 75/09, 56/13). Debljim slovima, veličinom slova i podcrtavanjem smo istaknuli ono što je najbitnije u tom stavku.

Precizno i cjelokupno utvrđivanje navedenih parametara je zahtjevan postupak, ali ga nije nemoguće izvesti, čak i u potpunosti, dok se djelomično može izvesti relativno jednostavno, brzo i jeftino. Na primjer, barem djelomičnu podudarnost ekoloških odnosa moguće je brzo utvrditi usporedbom prevladavajućih klimatskih varijabli između

izvornih lokaliteta i lokaliteta u kojima se planira upotrijebiti ŠRM. Klimatske varijable za usporedbu dostupne su na besplatnim web platformama (npr. ClimateEU, <https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data/climateeu.html>, CHELSA, <https://chelsa-climate.org>, i sl.). Fenotipske osobine stabala mogu se provjeriti izvidom deklariranih sastojina iz kojih je prikupljeno sjeme (provjerom uzorka stabala može se uvjeriti u kvalitetu njihovih fenotipskih osobina – rašljivost, pravnost, punodrvnost, usukanost, granatost, zdravstveno stanje i dr.), kao i uvidom u javne gospodarske planove deklariranih sastojina (broj stabala, temeljnica, drvnna zaliha i dr.). Određivanje genetske kvalitete ŠRM-a (svih pet njenih prethodno navedenih i objašnjenih odrednica) provodi se kombinacijom DNA analiza i osnivanjem komparativnih nasada (tzv. genetičkih testova) u stanišnim uvjetima koji odgovaraju uvjetima korištenja ŠRM-a. Analizama DNA moguće je ustanoviti je li ŠRM odgovarajuće razine genetske raznolikosti, koliki je utjecaj križanja u srodstvu i koliki je udio međuvrtnih križanaca u partiji ŠRM-a. To je posao koji je realno moguće obaviti u nekoliko mjeseci, što je sasvim prihvatljiv rok, pogotovo kad se žele nabaviti već uzgojene sadnice. Najveći problem je utvrđivanje prilagođenosti ŠRM-a na lokalne stanišne prilike. U idealnim okolnostima to bi se trebalo provesti osnivanjem i analizama genetičkih testova, ali je to proces koji traje više godina, pa i desetljećima. Međutim, možemo se poslužiti nekim „prečicama“. Na primjer, prethodno spomenutom usporedbom klimatskih varijabli između izvornih i naših provenijencija može se brzo dobiti stručno utemeljena slika o vjerojatnoj prilagođenosti ŠRM-a. Nadalje, analizama DNA moguće je ciljano istražiti varijabilnost pojedinih gena odgovornih za svojstva od interesa, npr. prilagođenost na sušni stres ili kasni mraz, te tako relativno brzo dobiti uvid u prilagođenost ŠRM-a na odabrani okolišni stresor (Rellstab i dr. 2016, Temunović i dr. 2020). Značajna korelacija između genskih alela i okolišnih varijabli može dodatno ukazivati na prilagođenost populacija (Le Provost i dr. 2022, Leroy i dr. 2020, Müller i Gailing 2019). U svakom slučaju, neusporedivo je bolje barem djelomično utvrditi prikladnost ŠRM-a za korištenje u našim uvjetima nego potpuno ignorirati rizike.

GENETSKE OSOBINE HRASTA LUŽNJAKA U RH

ŠRM (prvenstveno žir) hrasta lužnjaka se još od druge polovine 19. stoljeća u velikim količinama izvezio iz današnjeg teritorija RH u zemlje središnje Europe, kao što su Mađarska i Njemačka (Borovics i dr. 1998, Gailing i dr. 2012, Matyas 1972). Danas se u tim zemljama nalaze stare sastojine koje su osnovane spomenutim ŠRM-om (npr. u regiji Münsterland u Njemačkoj - Burger i dr. 2021). U stranoj literaturi je hrast lužnjak podrijetlom iz naše zemlje poznat kao „slavonski hrast lužnjak“ (njem. slawonische Stieleiche, slawonische Eiche), pri čemu treba na-

glasiti da se u navedenoj literaturi taj naziv odnosi na sve populacije nizinskog područja između Drave i Save, od Zagreba do krajnjeg istoka naše zemlje, pa i dalje unutar granica Srbije do Beograda (Gailing i dr. 2007). Slavonski hrast lužnjak (u širem smislu tog naziva) prepoznat je u središnjoj Europi kao posebnost u usporedbi s lokalnim provenijencijama, i to s obzirom na raznovrsna fenotipska svojstva, kao što su: pravnost i punodrvnost debla, finoća grana, kasno listanje, brži rast, manja osjetljivost na neke štetne kukce (Burger i dr. 2021, Gailing i dr. 2012). Također, više je istraživanja ukazalo na genetsku diferencijaciju tzv. slavonske provenijencije u usporedbi s lokalnim provenijencijama (Burger i dr. 2021, Burger i Gailing 2022). Prema tome, može se zaključiti da su mnoge hrvatske populacije hrasta lužnjaka prepoznate kao svojevrsni „brend“ u smislu kvalitete fenotipskih karakteristika, ali da su i potvrđeno genetski različite od populacija iz drugih zemalja. Treba napomenuti da su istraživanja domaćih autora (Katičić Bogdan 2012, Katičić Bogdan i dr. 2018, Morić 2016) opetovano potvrdila visoku razinu genetske kvalitete domaćih izvora ŠRM-a (u smislu visoke razine genetske raznolikosti, malog utjecaja križanja u srodstvu i visokog stupnja migracija gena).

Ovom prilikom želimo naglasiti da se cjelokupno područje našeg slavonskog hrasta lužnjaka (misli se na gore spomenuto šire područje) ne može smatrati jedinstvenom provenijencijom. Naime, na dodatnu vrijednost populacija hrasta lužnjaka iz relativno suših staništa istočne Hrvatske (U.Š.P. Vinkovci, Osijek i Našice), kao značajnih genskih resursa prilagođenijih na suša staništa, ukazali su Bogdan i dr. (2017) i Temunović i dr. (2020). Dakle, identificirana je međusobna adaptivna genetska diferenciranost (različitost) domaćih populacija hrasta lužnjaka koja ukazuje na potrebu pažljivog planiranja pri izboru prikladnog ŠRM-a, te reviziju sjemenske razdiobe hrasta lužnjaka u RH (Bogdan i dr. 2017, Morić i dr. 2018, Temunović i dr. 2020). Uvažavajući rezultate navedenih istraživanja, spomenuti dio areala hrasta lužnjaka u Hrvatskoj trebalo bi razdijeliti na barem 2 provenijencije (zapadna - koja obuhvaća šume hrasta lužnjaka na područjima U.Š.P. Karlovac, Zagreb, Sisak, Bjelovar, Nova Gradiška, Požega, Koprivnica i Slatina, te istočna - obuhvaća područja U.Š.P. Našice, Osijek i Vinkovci). S obzirom na predviđene trendove promjene klime, prijenos ŠRM iz tzv. zapadne provenijencije bi trebalo ograničiti, dok prijenos iz tzv. istočne provenijencije ne bi trebalo ograničavati. Utvrđena diferenciranost provenijencija hrasta lužnjaka pokazuje da niti unutar RH nije svejedno koji ŠRM koristimo u kojem području. S tim u svezi, logično je da strane provenijencije koje su eventualno prilagođene na staništa zapadnih područja ne mogu istovremeno biti pogodne i za tzv. istočnu provenijenciju RH.

Naposljetku, ne smije se zanemariti niti činjenica da se na prostoru RH susreću tri rodoslovne linije haplotipova hrasta lužnjaka (Morić 2016), što upućuje na različita izvorišta rekolonizacije naših istočnih i zapadnih populacija nakon posljednjeg ledenog doba. Hrvatske populacije hrasta lužnjaka pripadaju različitoj rodoslovnoj liniji haplotipova nego primjerice Francuske populacije (Petit i dr. 2002), a prostor Hrvatske se više puta spominjao kao jedno od potencijalnih glacijalnih pribježišta hrasta lužnjaka u Europi, što našim populacijama daje dodatnu vrijednost (Bordács i dr. 2002, Slade i dr. 2008).

RIZICI PRIMIJENJENE PRAKSE NABAVE I KORIŠTENJA ŠRM-A

Uvažavajući argumente iz prethodnog odjeljka trebali bismo prihvatiti da se mnoge populacije hrasta lužnjaka u Hrvatskoj trebaju smatrati svojevrsnim brendom koji je prepoznat od stručne javnosti i šire od granica naše zemlje. Nisu nam poznati slični primjeri tj. da šumarski stručnjaci iz više zemalja priznaju posebnost i kvalitetu provenijencija neke vrste s ograničenog geografskog područja, kao što je to slučaj sa slavonskim hrastom. Uz to, tradicija i višestoljetni značaj ove šumske vrste za gospodarstvo RH zadužuju nas da kao struka pažljivo i utemeljeno definiramo strateške odluke koje mogu odrediti njenu budućnost. To znači da bi prije donošenja takvih odluka bilo dobro provesti otvorenu stručnu raspravu među relevantnim predstavnicima najznačajnijih šumarskih institucija. Izbor i korištenje unesenog ŠRM-a potrebno je obrazložiti i opravdati stručnim elaboratom koji bi trebao sadržavati jasne, utemeljene argumente. Čak i da nije zakonom uvjetovano (a jest), to je potrebno radi očuvanja digniteta naše struke i, još važnije, radi očuvanja razine kvalitete naših šuma i osiguranja njihove budućnosti.

Ove godine se dogodilo da je po prvi puta nabavljena značajno velika količina ŠRM-a iz inozemstva, a vrlo je izvjesno da će pritisaka za unošenjem ŠRM-a hrastova, kao i drugih vrsta drveća, biti sve više. Međutim, otvorena i stručna rasprava je izostala, dok su umjesto toga unutar i između kuloara kolale različite poluinformacije o cijelom postupku. U konačnici je, po našem mišljenju, nabavljen i korišten ŠRM bez ikakvog promišljanja, bez utvrđivanja njegove kvalitete i bez stručno utemeljenog opravdanja za njegovim korištenjem u okolišnim uvjetima naših sastojina. Ne tvrdimo da to nije moguće, ali ako nabavljeni ŠRM na kraju uspije ispuniti svoju funkciju (kvalitetno obnoviti sastojine) tada će to biti produkt puke sreće, a ne stručnog i promišljenog rada.

Očuvati autohtonost, kvalitetu i posebnost hrasta lužnjaka u Hrvatskoj znači voditi brigu o genetskoj kvaliteti ŠRM-a kojega se koristi za obnovu naših sastojina, a ne koristiti onaj koji se, igrom slučaja, trenutno može nabaviti na trži-

štu. Ističemo sljedeće rizike prakse korištenja ŠRM-a neutvrđene genetske kvalitete:

- ŠRM nabavljen iz provenijencija koje nisu prilagođene na trenutne odnosno predviđene uvjete u našim staništima neće ispuniti kriterije produktivnosti i fenotipske kvalitete na koje smo navikli. U najgorem scenariju, obnova sastojina neće uspjeti zbog visokog mortaliteta sadnica ili pomlatka. Treba naglasiti da se veći intenziteti odumiranja mogu pojaviti godinama nakon obnove neprikladnim ŠRM-om, ne nužno odmah. Neprilagođenost će se vjerojatno ispoljiti po pojavi stresnih uvjeta koji su relativno uobičajeni u našim, a rijetki odnosno odsutni u izvornim staništima (npr. kasni mraz, rani mraz, sušne epizode, dugotrajne poplave i dr.). Također, moguće je da će korišteni ŠRM pokazati manju sposobnost kompeticije s domaćim vrstama jer je prilagođen na rast u siromašnijim, stresnijim staništima, pa će više ulagati u stvaranje rezervi nego u visinski prirast.
- Ako je korišteni ŠRM niske razine genetske raznolikosti ili nastao križanjem u srodstvu, mogu se očekivati slični problemi kao u prethodnoj točki – nedovoljna sposobnost prilagodbe na promjene stanišnih uvjeta i osjetljivost na stresove koja rezultira slabijom produkcijom, fenotipskom kvalitetom i odumiranjem.
- ŠRM koji potječe od roditelja loše fenotipske kvalitete (iz populacija u kojima je većina stabala rašljivo, loše pravnosti, čišćenja debla od grana, usukana i dr.) će vrlo vjerojatno stvoriti sastojine podjednake razine kvalitete tj. obnovljene sastojine će biti slabije kvalitete od prosjeka.
- ŠRM koji je nastao kao rezultat križanja među srodnim vrstama hrastova, ako doživi zrelost, omogućit će gensko zagađenje autohtonih populacija (unos genskih alela tipičnih za druge vrste hrastova u genom autohtonog hrasta lužnjaka). To ne mora biti loše, jer kod značajnih promjena staništa međuvrtni križanci mogu pokazati bolje uspijevanje (a predviđaju se značajne promjene staništa zbog promjene klime). Međutim, ostaje činjenica da bismo taj scenarij eventualno doživjeli slučajno, a ne zbog promišljene stručne odluke.

ZAKLJUČCI I PREPORUKE CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Premda se ne mogu sve naše populacije smatrati jedinstvenom provenijencijom, kvaliteta fenotipskih osobina i genetska posebnost hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj je prepoznata u stručnoj javnosti i izvan granica naše zemlje. Većina hrvatskih populacija se, uslijed utjecaja migracija gena i raznovrsnih rodoslovnih linija, uglavnom odlikuje visokim razinama genetske raznolikosti, a postoje uteme-

ljene naznake da je na području Hrvatske moglo biti glacialno pribježište ove vrste. Također, sastojine hrasta lužnjaka u Hrvatskoj čine dio jugoistočne granice njegovog areala, gdje su populacije genetski oblikovane i procesom prilagodbe na specifične stanišne uvjete, što je rezultiralo njihovom međusobnom diferencijacijom. Genetska diferenciranost (različitost) naših populacija odgovara ekotipskom obrascu koji ponajviše korelira s vlažnošću staništa i učestalošću mrazova. Stoga je, uz potrebu revizije sjemenske razdiobe, nužan oprez pri premještanju ŠRM-a hrasta lužnjaka. Nije svejedno koristi li se ŠRM npr. na području U.Š.P. Karlovac ili na području U.Š.P. Vinkovci jer, uz različitost stanišnih uvjeta (npr. količine oborina), recentna istraživanja ukazuju na to da niti genetske kompozicije populacija s ta dva područja nisu identične. Zbog toga je malo vjerojatno da strane provenijencije hrasta lužnjaka mogu biti istovremeno prilagođene na sve stanišne uvjete prisutne u našoj zemlji.

Genetska kvaliteta nabavljenih stranih izvora ŠRM-a nije poznata (posebice njihova sposobnost prilagodbe na specifičnost naših stanišnih uvjeta), zbog čega njihov unos radi obnove sastojina hrasta lužnjaka u RH predstavlja veliki rizik. U nekim područjima zapadne i jugoistočne Europe hrast lužnjak dijeli staništa s drugim srodnim vrstama hrastova (hrastom kitnjakom, hrastom meduncem i dr.), s kojima spontano hibridizira. Unošenje značajne količine hibridnog ŠRM-a u domaće sastojine hrasta lužnjaka predstavlja dodatni rizik, čije je efekte teško predvidjeti.

S obzirom na sve navedeno ističemo sljedeće preporuke:

1. Autohtonost, fenotipsku i genetsku posebnost hrasta lužnjaka u Hrvatskoj treba očuvati koliko god je to moguće. Potrebno je mobilizirati sve raspoložive resurse u pronalazak inovativnih, znanstveno utemeljenih rješenja za problem kroničnog nedostatka domaćeg ŠRM-a hrasta lužnjaka. Takav pristup ne jamči brze rezultate, ali je izvediv. S tim u svezi, nisu iscrpljene sve mogućnosti tj. jedva da smo nešto i započeli u smjeru pronalaska takvih rješenja.
2. Načelno tj. isključivo u krajnjoj nuždi, može se preporučiti nabava ŠRM-a izvan granica RH. Međutim, tada se svi uključeni akteri trebaju dosljedno pridržavati, prvenstveno temeljnih pravila i etike struke, a potom i Zakona o ŠRM-u (posebice članka 18., stavka 2), kao i drugih relevantnih propisa. Prije korištenja, potrebno je znanstveno/stručno utemeljeno utvrditi i obrazložiti zašto se ŠRM iz potencijalnih izvornih provenijencija može koristiti i u kakvim domaćim staništima. Nije dovoljno samo birokratski navesti podrijetlo ŠRM-a i dopustiti njegovo korištenje bez ikakvih ograničenja.
3. Ne koristiti velike količine stranog ŠRM-a neutvrđene podudarnosti s ekološkim odnosima u našim staništima, kao i podudarnosti s fenotipskim i genetskim osobinama

naših provenijencija. Praksa korištenja ŠRM-a neutvrđene genetske kvalitete predstavlja ogroman rizik, ne- stručno je, a ujedno i nezakonito.

4. Nastavno na točku 2., preporučuje kao potencijalni izvor stranog ŠRM razmatrati (navedenim redosljedom):

a) one provenijencije koje podrijetlom pripadaju slavonskom hrastu lužnjaku. Takve se provenijencije mogu pronaći u više europskih zemalja o čemu postoje literaturni podaci;

b) one provenijencije za koje se utvrđi da mogu dobro uspijevati u našim stanišnim uvjetima, pri tome uvažavajući međusobnu genetsku različitost naših provenijencija (što znači da nije svejedno želi li se ŠRM koristiti u stanišnim uvjetima npr. g.j. Draganičkih lugova ili g.j. Slavira). Kod ove opcije je potrebno pribaviti uvjerljive dokaze o usporedivosti okolišnih uvjeta, fenotipskih osobina, razina genetske raznolikosti te o genskoj čistoći svoje.

c) Smjesa ŠRM-a iz što je moguće više različitih provenijencija (koje zajedno pokrivaju široki spektar ekoloških uvjeta). Teoretski, vjerojatnije je da vrlo raznolika smjesa ŠRM-a posjeduje i vrlo visoku razinu genetske raznolikosti. Ova opcija je preporučljiva u slučaju da su izvjesne velike, ali nepredvidljive stanišne promjene u našim sastojinama, ili da za predviđene promjene nije moguće odrediti koja bi to strana provenijencija mogla biti najbolji izbor. U opisanim hipotetskim slučajevima smatra se da je najbolja opcija koristiti ŠRM maksimalne genetske raznolikosti.

5. S obzirom da je ŠRM već unesen i djelomično (ili potpuno, ne znamo) iskorišten, preporučuje se pažljivo i precizno voditi javno dostupnu evidenciju o tome gdje je korišten, te pratiti njegovo uspijevanje i razvoj. Preporučuje se i naknadno pokušati utvrditi neke odrednice genetske kvalitete korištenog ŠRM-a.

POPIS CITIRANE LITERATURE

- Ashley, M.V., J.P. Chong, J. Luers, J.R. Backs, 2022: The Lonely Life of a Champion Tree, *Aesculus glabra*. *Forests* 13, 1537.
- Bogdan, S., M. Ivanković, M. Temunović, M. Morić, J. Franjić, I. Katičić Bogdan, 2017: Adaptive genetic variability and differentiation of Croatian and Austrian *Quercus robur* L. populations at a drought prone field trial. *Ann. For. Res.* 60, 33–46.
- Bordács, S., F. Popescu, D. Slade, U.M. Csaikl, I. Lesur, A. Borovics, P. Kézdy, A.O. König, D. Gömöry, S. Brewer, 2002: Chloroplast DNA variation of white oaks in northern Balkans and in the Carpathian Basin. *For. Ecol. Manag.* 156, 197–209.
- Borovics, A., Z. Somogyi, C. Matyas, 1998: Conservation of genetic resources of white oaks and beech in Hungary. *Compil.* 1998 20.
- Burger, K., O. Gailing, 2022: Genetic variability of indigenous (*Quercus robur* L.) and late flushing oak (*Quercus robur* L. subsp. slavonica (Gáyer) Mátyás) in adult stands compared with their natural regeneration. *Eur. J. For. Res.* 141, 1073–1088.
- Burger, K., M. Müller, M. Rogge, O. Gailing, 2021: Genetic differentiation of indigenous (*Quercus robur* L.) and late flushing oak stands (*Q. robur* L. subsp. slavonica (Gáyer) Mátyás) in western Germany (North Rhine-Westphalia). *Eur. J. For. Res.* 140, 1179–1194.
- Curtu, A.L., O. Gailing, R. Finkeldey, 2009: Patterns of contemporary hybridization inferred from paternity analysis in a four-oak-species forest. *BMC Evol. Biol.* 9, 284. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-9-284>.
- Degen, B., Y. Yanbaev, M. Mader, R. Ianbaev, S. Bakhtina, H. Schroeder, C. Blanc-Jolivet, 2021: Impact of gene flow and introgression on the range wide genetic structure of *Quercus robur* L. in Europe. *Forests* 12, 1425.
- Gailing, O., H. Wachter, J. Heyder, H.P. Schmitt, R. Finkeldey, 2012: Chloroplast DNA analysis in oak stands (*Quercus robur* L.) in North Rhine-Westphalia with presumably Slavonian origin: Is there an association between geographic origin and bud phenology? *J. Appl. Bot. Food Qual.* 81, 165–171.
- Gailing, O., H. Wachter, H. Schmitt, A. Curtu, R. Finkeldey, 2007: Characterization of different provenances of Slavonian pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) in Munsterland (Germany) with chloroplast DNA markers: PCR-RFLPs and chloroplast microsatellites. *Allg. Forst Jagdztg.* 178, 85.
- Jensen, J., A. Larsen, L.R. Nielsen, J. Cottrell, 2009: Hybridization between *Quercus robur* and *Q. petraea* in a mixed oak stand in Denmark. *Ann. For. Sci.* 66, 706–706. <https://doi.org/10.1051/forest/2009058>.
- Katičić Bogdan, I., 2012: Genetska raznolikost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u klonskim sjemenskim plantažama u Hrvatskoj. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. 165 str. Zagreb.
- Katičić Bogdan, I., D. Kajba, Z. Šatović, S. Schüler, S. Bogdan, 2018: Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in clonal seed orchards in Croatia, assessed by nuclear and chloroplast microsatellites. *South-East Eur. For. SEEFOR* 9, 29–46.
- Le Provost, G., B. Brachi, I. Lesur, C. Lalanne, K. Labadie, J.M. Aury, C. Da Silva, D. Postolache, T. Leroy, C. Plomion, 2022: Gene expression and genetic divergence in oak species highlight adaptive genes to soil water constraints. *Plant Physiol.* 190, 2466–2483. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac420>.
- Leroy, T., J.M. Louvet, C. Lalanne, G. Le Provost, K. Labadie, J.M. Aury, S. Delzon, C. Plomion, A. Kremer, 2020: Adaptive introgression as a driver of local adaptation to climate in European white oaks. *New Phytol.* 226, 1171–1182. <https://doi.org/10.1111/nph.16095>.
- Lévy, G., M. Becker, D. Duhamel, 1992: A comparison of the ecology of pedunculate and sessile oaks: radial growth in the centre and northwest of France. *For. Ecol. Manag.* 55, 51–63.
- Matyas, V., 1972: The significance of Slavonian oak (*Quercus robur* subsp. slavonica) for forestry in Hungary. *Erdesz Kut.* 68, 63–77.
- Morić, M., 2016: Genetska raznolikost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusnim nasadima s potomstvom iz odabranih sjemenskih sastojina. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. 243 str. Zagreb.
- Morić, M., S. Bogdan, M. Ivanković, 2018: Quantitative genetic differentiation of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) popula-

- tions in field trial” Jastrebarski lugovi”. *Nova Meh. Šumarstva* 39, 35–45.
- Müller, M., O. Gailing, 2019: Abiotic genetic adaptation in the *Fagaceae*. *Plant Biol.* 21, 783–795. <https://doi.org/10.1111/plb.13008>.
 - Petit, R.J., U.M. Csaikl, S. Bordács, K. Burg, E. Coart, J. Cottrell, B. van Dam, J.D. Deans, S. Dumolin-Lapègue, S. Fineschi, 2002: Chloroplast DNA variation in European white oaks: phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. *For. Ecol. Manag.* 156, 5–26.
 - Popović, M., I. Katičić Bogdan, F. Varga, Z. Šatović, S. Bogdan, M. Ivanković, 2023: Genetic Diversity in Peripheral Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Provenances—Potential Climate Change Mitigators in the Center of Distribution despite Challenges in Natural Populations. *Forests*, 14, 2290. <https://doi.org/10.3390/f14122290>.
 - Rellstab, C., S. Zoller, L. Walthert, I. Lesur, A.R. Pluess, R. Graf, C. Bodénès, C. Sperisen, A. Kremer, F. Gugerli, 2016: Signatures of local adaptation in candidate genes of oaks (*Quercus* spp.) with respect to present and future climatic conditions. *Mol. Ecol.* 25, 5907–5924. <https://doi.org/10.1111/mec.13889>.
 - Slade, D., Ž. Škvorc, D. Ballian, J. Gračan, D. Papeš, 2008: The chloroplast DNA polymorphisms of White Oaks of section *Quercus* in the Central Balkans. *Silvae Genet.* 57, 227–234.
 - Temunović, M., P. Garnier-Géré, M. Morić, J. Franjić, M. Ivanković, S. Bogdan, A. Hampe, 2020: Candidate gene SNP variation in floodplain populations of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) near the species’ southern range margin: Weak differentiation yet distinct associations with water availability. *Mol. Ecol.* 29, 2359–2378.
 - Vranckx, G., H. Jacquemyn, J. Mergeay, K. Cox, P. Janssens, B.A.S. Gielen, B. Muys, O. Honnay, 2014: The effect of drought stress on heterozygosity–fitness correlations in pedunculate oak (*Quercus robur*). *Ann. Bot.* 113, 1057–1069.
 - White, T.L., W.T. Adams, D.B. Neale, 2007: *Forest genetics*. CAB International. 682 str. Wallingford, Oxfordshire, UK.