

IZZIVI PRI PRENOSU PROSTORASTOČIH ZDRAVILNIH IN AROMATIČNIH RASTLIN V PRIDELAVO

Dunja BANDELJ¹, Matjaž HLADNIK² in Alenka BARUCA ARBEITER³

Pregledni članek / Review article

Prispelo / Arrived: 27. 8. 2024

Sprejeto / Accepted: 10. 11. 2024

Izvleček

Zdravilne in aromatične rastline so dragocen vir biološko aktivnih spojin s specifičnim delovanjem, ki so uporabne v farmaciji, kozmetiki, prehranski industriji in fitofarmaciji. Rastline omogočajo zamenjavo sintetičnih sestavin z naravnimi, kar prispeva k razvoju inovativnih 'zelenih' izdelkov in prinaša pomembne ekonomske priložnosti za pridelovalce, nabiralce in predelovalno industrijo. Nabiranje prostorastočih rastlin ni trajnostno, zlasti pri ogroženih vrstah. Zaradi tega se spodbuja pridelava zdravilnih in aromatičnih rastlin, kar omogoča stabilnejšo preskrbo z rastlinskim materialom želene kakovosti. Prenos prostorastočih rastlin v pridelavo prinaša številne izzive. Na prvem mestu so identifikacija reprezentativnih vzorcev in ustrezen odvzem iz naravnih rastišč (upoštevajoč nacionalno in mednarodno zakonodajo) ter izbira primernih načinov pridelave. Sledi opazovanje in vrednotenje posameznih genotipov ter izbira superiornih rastlin z želenimi lastnostmi (pridelek, kakovost, odpornost). Nenadzorovan prenos rastlin iz naravnih habitatov je lahko nevaren zaradi morebitnih prikritih patogenov, ki se lahko pokažejo šele pri pridelavi, zato je med postopkom prenosa rastlin zelo pomembna tudi kontrola njihovega zdravstvenega stanja. Pri pridelavi so zato ključne agronomske raziskave in ustrezni žlahtniteljski pristopi, ki omogočajo razvoj sort z novimi kombinacijami lastnosti. Pri aromatičnih rastlinah pa tako raziskave kot žlahtnjenje močno zaostajajo v primerjavi z drugimi, tradicionalnimi kmetijskimi rastlinami.

Ključne besede: zelišča, nabiralništvo, pridelava, rastlinski genski viri, agronomske raziskave, žlahtnjenje, ogrožene vrste

CHALLENGES IN THE TRANSFER OF WILD MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS INTO AN AGROECOSYSTEM

Abstract

Medicinal and aromatic plants are a valuable source of biologically active compounds with specific effects that are useful in pharmacy, cosmetics, the food

¹ Dr., Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije (UP FAMNIT), e-naslov: dunja.bandelj@upr.si

² Dr., UP FAMNIT, e-naslov: matjaz.hladnik@upr.si

³ Dr., UP FAMNIT, e-naslov: alenka.arbeiter@upr.si

industry and phytopharmacy. These plants make it possible to replace synthetic ingredients with natural ones, what contributes to the development of innovative 'green' products and offers significant economic opportunities for growers, collectors and the processing industry. Harvesting naturally growing plants is often not sustainable, especially in the case of endangered species. Therefore, the transfer of medicinal and aromatic plants into controlled agroecosystems is encouraged to ensure a more stable supply of plant material of the desired quality. The transfer of these plants into agroecosystems is associated with numerous challenges. Firstly, the identification of representative samples and the collection from natural habitats in accordance with national and international legislation, as well as the selection of suitable agroecosystems. The observation and evaluation of individual genotypes is necessary in order to select superior plants with the desired traits (yield, quality, resistance). The uncontrolled transfer of plants from their natural habitats can be risky due to possible latent infections with pathogens that may only manifest themselves later during cultivation. Agronomic research and appropriate breeding approaches are therefore essential for cultivation and for the development of cultivars with new trait combinations, but they lag considerably behind those of other traditional agricultural crops.

Key words: herbs, foraging, cultivation, plant genetic resources, agronomic research, breeding, endangered species

1 UVOD

Vrednost zdravilnih in aromatičnih rastlin temelji na vsebnosti sekundarnih metabolitov, biološko aktivnih molekul, ki imajo blagodejni vpliv na zdravje človeka. Sekundarni metaboliti se v rastlini sintetizirajo kot odgovor na različne okoljske dejavnike. Običajno nastanejo z biosintezo in modifikacijo primarnih metabolitov (ogljikovi hidrati, polisaharidi, aminokisline, sladkorji, beljakovine, lipidi). Na osnovi biosinteze se rastlinske sekundarne metabolite razvršča v tri večje skupine; fenoli, terpeni in steroidi ter dušik vsebujoče spojine (npr. alkaloidi) (Twaij in Hasan, 2022). Zaradi antioksidativnih lastnosti preprečujejo oksidativni stres, ki nastane zaradi različnih vplivov okolja (Bhattacharya, 2019). Mnoge spojine zavirajo procese vnetja, delujejo proti raku ali imajo kakšno drugo farmakološko funkcijo. Zaradi tega bi lahko rastline opredelili kot naravne 'biotovarne' za pridobivanje številnih učinkovin, uporabnih v farmaciji, kozmetični prehranski industriji ter fitofarmaciji. Hao in Xiao (2015) navajata, da več kot tretjina kliničnih zdravil izvira prav iz izvlečkov rastlin. K večjemu povpraševanju po zdravilnih in aromatičnih rastlinah prispeva večje zaupanje potrošnikov v naravne sestavine.

Rastline omogočajo zamenjavo sintetičnih sestavin z naravnimi ter tako prispevajo k razvoju novih 'zelenih' proizvodov. V Evropi je trend rastočega trga za razvoj prehranskih dopolnil ter funkcionalne hrane, kar predstavlja pomembno priložnost za pridelovalce, lokalne nabiralce, upravitelje virov, predelovalno industrijo in distributerje. Surovine, pridobljene iz zdravilnih in aromatičnih rastlin, imajo tako pomembno ekonomsko vrednost in se vključujejo v inovativne proizvode, s katerimi se večja tudi vrednost teritorijev (EIP-AGRI Focus Group, 2020).

Namen prispevka je pregled obstoječih praks prenosa prostorastočih rastlin iz narave v kmetijski prostor ter predstavitev nekaterih bistvenih korakov, ki jih velja pri tem upoštevati.

2 NABIRANJE PROSTO RASTOČIH RASTLINSKIH VRST

Uporaba rastlin v ljudski medicini in nabiranje prosto rastočih rastlinskih vrst imata v Evropi dolgo tradicijo. V prid temu govori dejstvo, da je bilo na območju Slovenije v času pred osamosvojitvijo razvito nabiranje zelišč in sušenje ter zbiranje posušenih zelišč v odkupnih centrih za potrebe živilske in farmacevtske industrije (MKGP, 2016). Prednosti nabiranja zelišč v naravi so, da ne potrebujemo infrastrukture ali posebnih finančnih vlaganj, zato je z ekonomskega vidika ugodno ter v primeru majhnega povpraševanja tudi edino upravičeno (Lubbe in Verpoorte, 2011). Pri nabiranju rastlin v naravi pa se pojavljajo številni izzivi. Pomembno je načrtovati trajnostno nabiranje ter se usmeriti v lokalno ohranjanje populacij, vrst in biotske raznovrstnosti. Največji izziv predstavljajo pomanjkljivo znanje o trajnostnih praksah nabiranja, neopredeljene pravice do uporabe zemljišč in dostopa do njih ter pomanjkljiva zakonodaja na tem področju.

Od leta 1998 so na voljo neobvezne Smernice za izvajanje dobre kmetijske in nabiralne prakse za zdravilne in aromatične rastline, ki jih je oblikovalo Evropsko združenje pridelovalcev zelišč (European Herb Growers Association ali EUROPAM). Smernice so bile posodobljene leta 2022 in med drugim predvidevajo standardizacijo nabiranja v naravi, katere namen naj bi bilo zagotavljanje pravilne botanične klasifikacije rastlinskega materiala visoke kakovosti, pridobivanje vseh potrebnih dovoljenj in soglasij ter trajnostna praksa nabiranja (EUROPAM, 2022).

Kot navajata Čeh in Eržen (2023), je v Sloveniji nabiranje zelišč v naravi urejeno v okviru zakonodaje, ki se nanaša na gozdove ter varovanje in ohranjanje narave in bi jo bilo z vidika zagotavljanja trajnostnega nabiralništva smiselno dopolniti in urediti.

Nabiranje in prodaja zelišč v njihovi osnovni obliki spada v seznam del, ki se pod določenimi pogoji (Pravilnik o osebem dopolnilnem delu, 2015; Zakon o preprečevanju dela in zaposlovanja na črno, 2014) lahko opravljajo kot osebno dopolnilno delo. Po zadnjih podatkih (na dan 10.07.2024) je na Seznamu posameznikov, ki opravljajo osebno dopolnilno delo, ki ga vodi Agencija Republike Slovenije za javnopravne evidence in storitve, vpisanih 1.019 subjektov. A zelišč v naravi ne nabirajo le registrirani nabiralci, temveč tudi številni ljubitelji zelišč. Kljub razmeroma strogi zakonodaji je nabiranje velikokrat nestrokovno in nekontrolirano. Omeniti velja, da od leta 2023 poteka v Sloveniji v začetku junija Festival nabiralništva, v okviru katerega se zvrstijo različne delavnice in predavanja, ki so namenjena ozaveščanju širše javnosti o trajnostnem nabiralništvu, s poudarkom na varovanju naravnih habitatov in ohranjanju biotske raznovrstnosti (Festival nabiralništva, b. d.).

Schippman in sod. (2006) poudarjajo, da raziskave o ohranjanju in trajnostni rabi zdravilnih rastlin in njihovih habitatih močno zaostajajo. Vsaka vrsta ima namreč edinstvene ekološke, družbenoekonomske, zdravstvene in kulturne povezave, ki jih

je treba razumeti, zato modelni raziskovalni pristopi običajno niso primerni. Mnoge proročaste rastline so zaradi povečanega povpraševanja in pomanjkanja ustreznih upravljalnih strategij populacij prekomerne izkoriščane, kar ogroža rastlinske vrste in naravne habitate ter lahko vodi v zmanjševanje raznolikosti populacije ali celo do izgube celotne populacije in uničevanje naravnih rastišč (Schippman in sod., 2006). Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic (2015) navajata, da je v svetovnem merilu 21 % flore oziroma 15.000 vrst zdravilnih rastlin ogroženih. V Italiji denimo so zaradi prekomernega nabiranja ogrožene populacije rožmarina na Sardiniji, na Hrvaškem poročajo o ogroženosti vsaj 17 vrst, podobno je tudi v Grčiji, kjer je ogroženih 30 % redkih vrst (Grigoriadou in sod., 2020). Tudi v Sloveniji se zmanjšuje biodiverzitetna zdravilnih in aromatičnih rastlin. Prosto rastoče populacije so najbolj ogrožene zaradi zaraščanja, neustrezne rabe tal (paša in prepogosta košnja, ki onemogočata naravno obnovo populacij) in prekomernega nabiranja.

Poleg prekomernega nabiranja, predstavlja ključno težavo pri ohranjanju zdravilnih rastlin tudi izguba ali fragmentacija habitatov, ki je posledica različnih, običajno antropoloških dejanj (na primer spremembe rabe zemljišč, pozidava, urbanizacija), onesnaževanje in neprimerne prakse nabiranja. Nabiranje pred fenofazo semenjenja na primer preprečuje razmnoževanje s semeni v naravi. Puljenje rastlin s koreninskim sistemom pa ogroža nadaljnje razraščanje in krepitev rastlin ter večja nezmožnost za vegetativno razmnoževanje. Mnoge rastline se počasi razvijajo in neprestano odnašanje iz naravnega habitata ovira naravne procese nastajanja in ohranja populacij. Težavo predstavljajo tudi omejene informacije o zdravilnih rastlinah, njihovih sorodnikih, razširjenosti in morebitni ogroženosti.

Pri nabiranju v naravi je potrebno omeniti tudi možnost zamenjave rastlinskih vrst s podobnimi vrstami, kar lahko vpliva na spremenjeno vsebnost biološko aktivnih spojin. Slednje je pogostejše pri vrstah, ki so morfološko podobne, zato je botanična identifikacija lahko problematična (Lubbe in Verpoorte, 2011). Na trgu se lahko pojavi tudi poneverjanje glede botanične identitete, ki je običajno ekonomsko motivirano; na primer zaradi visoke cene surovine ali omejene ponudbe (Appendino in sod., 2015). Kljub omenjenim izzivom ostaja nabiranje prosto rastočih rastlin v naravi pomembna aktivnost, ki omogoča lokalnim skupnostim določen vir dohodka in prispeva k razvoju ruralnih območij (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015). Grigoriadou in sod. (2020) menijo, da bo nabiranje v naravi tudi v prihodnosti prevladovalo zaradi premalo izkušenj in nezadostnih raziskav na področju domestikacije, žlahtnjenja in razvoja sort ter postopkov pridelave zdravilnih rastlin.

2.1 Nabiranje prosto rastočih rastlin v tuji državi

Pridobivanje rastlinskega materiala brez ustreznih soglasij v tuji državi se lahko tretira kot nelegalna pridobitev ali biopirastvo (Bourdy in sod., 2017; Volenzo in Odiyo, 2020). Pri nabiranju rastlin v naravnih habitatih je potrebno upoštevati Nagojski protokol (The Nagoya Protocol on Access and Benefit-sharing, 2010), ki regulira dostop do genskih virov in tako izpolnjuje tretji cilj Konvencije o biološki raznovrstnosti (The Convention on Biological Diversity, 1992).

Cilj Nagojskega protokola je poštena in pravična delitev koristi, ki izhajajo iz uporabe genskih virov, vključno z ustreznim dostopom do genskih virov in

primernim prenosom ustreznih tehnologij ob upoštevanju vseh pravic nad navedenimi viri in do tehnologij kot tudi s primernim financiranjem, s čimer se prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti in trajnostni uporabi njenih sestavnih delov. Genske vire predstavljajo rastline ali njeni deli, ki imajo dejansko ali potencialno vrednost in jih različne inštitucije uporabljajo pri raziskavah in razvoju novih zdravil, kozmetičnih preparatov, parfumov ali drugih produktov. Konvencija o biološki raznovrstnosti priznava suverene pravice držav do njihovih naravnih virov. Pogodbenice protokola so pristojne za odločanje o tem, ali želijo urediti dostop do svojih genskih virov in določiti pogoje za delitev koristi. Običajno so potrebna medsebojna dogovarjanja in predhodna obveščanja (Dostop do genskih virov in delitev koristi, ki izhajajo iz njihove uporabe (Nagojski protokol), 2020).

Konvencijo o biološki raznovrstnosti je Slovenija ratificirala leta 1996. Nagojski protokol h konvenciji je podpisala leta 2011, vendar ga še ni uradno ratificirala. To pomeni, da se ga izvaja samo delno, in sicer tisti del, ki ureja področje izpolnjevanja obveznosti uporabnikov genskih virov in je predpisan za vse države članice EU. EU je kot pogodbenica Nagojskega protokola sprejela Uredbo (EU) št. 511/2014 o ukrepih in izpolnjevanju obveznosti uporabnikov iz Nagojskega protokola, ki je v veljavi od oktobra 2015 (Uredba (EU) ..., 2014). Skladno z uredbo je bila še istega leta v Sloveniji ustanovljena Medresorska delovna skupina, ki je zadolžena za nadzor izpolnjevanja obveznosti uporabnikov, sodeluje v procesih registracije zbirk in priznavanja dobrih praks, vodi evidence ter poroča Evropski komisiji (Bolješić, 2022; Bolješić, 2023).

2.2 Nabiranje ogroženih vrst zelišč

Posebno področje predstavljajo ogrožene vrste rastlin. V EU okoli 14 % gospodinjstev uporablja za prehrano prosto živeče rastlinske vrste, kar lahko resno ogrozi njihovo biotsko raznovrstnost in obstoj. Za ohranjanje prosto živečih rastlinskih genskih virov so na voljo različni pristopi: omejitev nabiranja in trajnostno nabiranje prosto živečih vrst, obnovitev naravnih rastišč, regeneracija poškodovanih ali opustošenih populacij, ohranjanje na kmetijah ter *ex situ*, *in situ* in *in vitro* ohranjanje (Ferant in sod., 2023). V večini držav je uporaba ogroženih rastlinskih vrst regulirana z zakonodajo, oziroma je njihovo nabiranje v naravi prepovedano (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015). V skladu z Zakonom o ohranjanju narave (ZON) (1999) so v Sloveniji prosto rastoče rastlinske vrste pod posebnim varstvom države, zato vlada predpiše podrobnejše načine varstva, dovoljene količine nabiranja ter postopke v zvezi z odvzemom iz narave za namene gojenja, raziskovanja ali reintrodukcije. Upoštevati je potrebno, da lahko za rastlinske vrste, ki so zavarovane po predpisih Evropske unije in ratificiranih mednarodnih pogodb, veljajo dodatna pravila. V Sloveniji so uporabniki genskih virov dolžni kontaktirati pristojne nacionalne organe in preveriti ali so njihove predvidene dejavnosti (pridobivanje rastlinskega materiala iz narave ali iz virov *ex situ*, prenašanje in trgovanje z rastlinskim materialom) v skladu z nacionalno zakonodajo in drugimi regulatornimi zahtevami po mednarodnih sporazumih. Dovoljenje za odvzem genskega materiala iz narave je torej potrebno pridobiti samo v primeru, ko gre za zavarovane prosto živeče rastlinske vrste. V Sloveniji so

ogrožene prosto živeče rastlinske vrste zavarovane z Uredbo o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah (2004), katere sestavni del je tudi priloga, v kateri so določene vse ogrožene in mednarodno varovane rastlinske vrste. Ta uredba opredeljuje pravila ravnanja, ukrepe varstva in smernice za ohranjanje habitatov teh vrst. Obstaja tudi Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prosto živečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami - CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 1973), ki jo je podpisalo 180 držav in narekuje, da je pred vsakim transportom potrebno pridobiti ustrezen CITES dokument, sam nadzor pa izvajajo mejni ali drugi nadzorni organi (Bolješić, 2023).

3 PRIDELAVA ZELIŠČ

Rastlina običajno vzbudi pozornost, ko odkrijejo posebne učinkovine, uporabne v farmaciji ali drugi industriji. Prehod od nabiralništva do pridelave lahko traja več desetletij in gre čez različne faze. V fazi odkritja (i) povpraševanju zadostuje nabiranje v naravi, ki se izvaja lokalno. V naslednji fazi širjenja (ii) je potencial uporabnosti rastline že jasno izražen, zato se bo najverjetneje povpraševanje po njej povečalo. Običajno se nabiranje v naravi razširi na lokalni oziroma regionalni ravni ter na mednarodne trge. V fazi stabilizacije (iii) cena in ponudba ostajata enaki, rastlina še ne bo zanimiva za pridelavo, razen v primeru, če bodo cene na trgu visoke in bodo njeni viri v naravi omejeni. V fazi upada (iv) razpoložljivosti rastlinskega materiala, zaradi prekomernega izkoriščanja naravnih rastišč, so na trgu količine omejene in cena se posledično zviša. To pa je priložnost, ko rastlina postane zanimiva za gojenje. Sledi faza gojenja (v), ko rastline postanejo del kmetijskega ekosistema (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015; Schippmann in sod., 2002). Ob izraženem interesu uporabe rastline v industriji, je smiselno vlagati v žlahtniteljske programe in razvoj novih sort s tarčnimi lastnostmi.

Zaradi pretirane rabe prostorastočih rastlin, številne agencije celo svetujejo prenos rastlin iz narave v pridelavo (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015; Volenzo in Odiyo, 2020). To potrjuje tudi navedba Schippman in sod. (2006), ki poročajo, da je študija, ki jo je izvedla organizacija Rainforest Alliance pokazala, da večina podjetij v svoje produkte vključuje rastlinski material gojenega izvora (60-90 %), preostali del pa izvira iz narave. Slednje sicer velja za bolj zastopane vrste (v Nemčiji denimo, od 1.543 le 50-100 vrst (3- 6 %) izvira iz gojenja). V Evropi je približno 10 % zdravih rastlin gojenih (Vines, 2004), medtem ko v svetovnem merilu manj kot 1 % zdravih in aromatičnih rastlin izvira iz gojenja (Schippman in sod., 2006).

Tudi z vidika trga in industrije s kontinuiranim povpraševanjem po uniformnem rastlinskem materialu sodi gojenje rastlin med pomembne strategije za zadostitev potreb po zdravih in aromatičnih rastlinah (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015; Schippman in sod., 2006). Poleg zmanjšane pritiska na prosto rastoče rastline in ohranjanje populacij in vrst, so prednosti gojenja sledeče (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015; Lubbe in Verpoorte, 2011; Schippman in sod. 2006;): a) možna napoved pridelka, ki je običajno zanesljiv (vpliva na stabilizacijo cene na trgu), b) lažje načrtovanje dela in uporaba strojne opreme, c) pridelava surovin z znano kemijsko sestavo in standardno kakovostjo, d) pričakovana manjša kemijska variabilnost, ker rastline uspevajo v izenačenih, kontroliranih

pogojih ter e) možnost kontrole v celotni dobavni verigi - vsakem koraku pridelave in predelave, vodenje dokumentacije. Prednost kontrolirane pridelave je tudi zmanjšana možnost za zamenjavo rastlinskega materiala oziroma napačne identifikacije rastlinske vrste ali celo poneverjanja v primerih, ko gre za omejene količine določene vrste na trgu. Zaradi kontrole pridelave in predelave lahko pridelovalci pridobijo certifikate kakovosti, kar poveča zaupanje potrošnikov v pridelke oziroma izdelke iz zelišč. Ker so nekatera zelišča prilagojena na siromašna in manj rodovitna tla, je pridelava ekonomsko upravičena na območjih, ki niso primerna za druge kmetijske rastline (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015). Lubbe in Verpoorte (2011) med pomanjkljivosti pridelave uvrščata višje stroške zaradi potrebnih investicij pred in v pridelavi, mnoge rastline pa tudi ni možno ali je težko gojiti, zato je gojenje ekonomsko vprašljivo. Zaradi gojenja se lahko pojavi tudi zmanjšanje iniciativ za nabiralništvo v lokalni skupnosti Schippman in sod. (2006). Pregled pomembnejših prednosti in pomanjkljivosti pri nabiranju v naravi in gojenju zdravilnih rastlin je povzet v preglednici 1.

Z vidika potrošnika velja omeniti prepričanje, da je zdravilni učinek pri gojenih rastlinah slabši v primerjavi z rastlinskim materialom, nabranim v naravi (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015) oziroma, da pri gojenih zeliščih niso dosežene ustrezne organoleptične lastnosti in se potrošniki pritožujejo nad izgubo tipičnih okusov in arom (Grigoriadou in sod., 2020). Pri ginsengu (*Panax sp.*) so na Kitajskem denimo bolj cenjene korenine divjega ginsenga, v Botsvani pa so gojena zelišča nesprejemljiva, ker naj ne bi imela primerljivega učinka z rastlinami, nabranimi v naravi. Kot navajajo Schippman in sod. (2006), znanstvene študije le delno potrjujejo te trditve. Kot omenjeno, so pozitivni učinki zdravilnih rastlin večinoma povezani s sekundarnimi metaboliti, ki jih rastlina sintetizira kot odgovor na okoljske razmere, v gojenem okolju so lahko ti dejavniki manj izraziti, zato se v rastlini lahko sintetizira manjša količina sekundarnih metabolitov. Na tem področju ni bilo opravljenih veliko primerjalnih raziskav.

Preglednica 1: Primerjava nabiranja zdravilnih in aromatičnih rastlin v naravnih habitatih in kmetijskem prostoru, povzeto po Schippman in sod. (2006)

Nabiranje rastlin v naravnih habitatih	Gojenje rastlin
✓ omogoča kontinuirano zanimanje za naravne populacije rastlin v lokalni skupnosti ✓ omogoča iniciative za ohranjanje naravnih populacij, njihovih habitatov in genetske raznolikosti rastlin ✓ nabiranje je cenejše, ni potrebna infrastruktura in finančni vložki ✓ povpraševanje po nekaterih vrstah je majhno in ne opravičuje investicij za pridelavo	✓ omogoča natančno in zanesljivo botanično identifikacijo ✓ genotipi so standardizirani in izboljšani ✓ zagotavlja neprekinjeno dobavo surovine ✓ možno je določiti standarde kakovosti ✓ spravilo je možno nadzorovati ✓ količine in ceno pridelka je možno je dogovoriti za daljše obdobje
✓ ni uporabe pesticidov	✓ zaradi nadzorovane pridelave je možna certifikacija ekološke pridelave

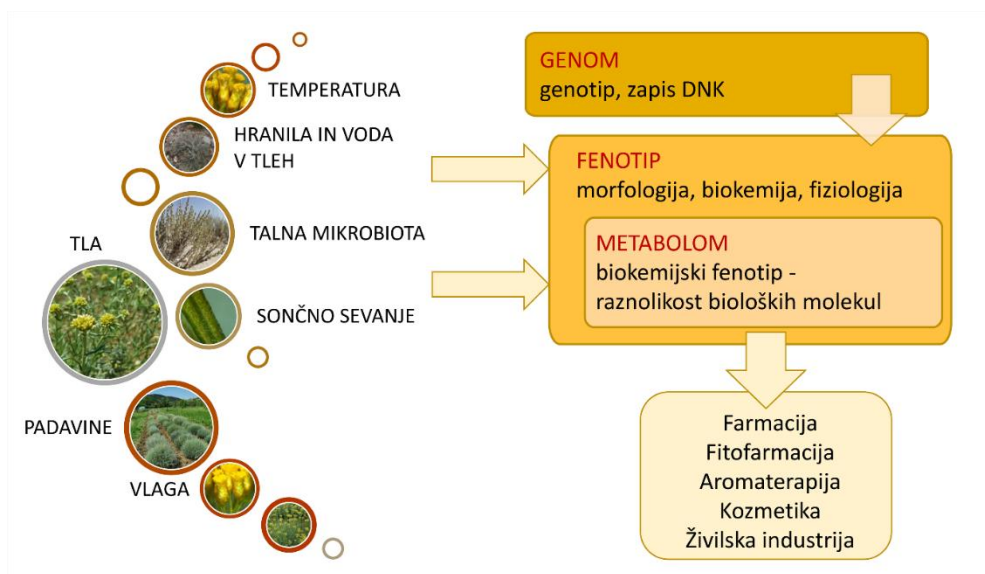
Nabiranje rastlin v naravnih habitatih	Gojenje rastlin
✓ prevladuje prepričanje, da imajo prostorastoče rastline 'močnejše' učinkovine X nenadzorovana žetev lahko povzroči izumrtje ekotipov in celo vrste X prost dostop do rastlin otežuje spoštovanje in kontrolo količin nabranega materiala X pomanjkljivo znanje o biologiji rastlin X ni kontrole nad letnim prirastom rastlin in kakovostjo X ni programov upravljanja rastlin X obstaja tveganje za zamenjavo rastlin (poneverba, namenska/nenamenska) X obstaja tveganje za kontaminacije zaradi nehiigienskih pogojev žetve ali po žetvi	✓ cena pridelka je relativno stabilna X razvrednoti pomen prostorastočih rastlin in njihovih habitatov, kar posledično zmanjša zanimanje/iniciative za ohranjanje ekosistemov X zmanjša genetsko raznolikost X rastline lahko postanejo invazivne in imajo negativne vplive na ekosisteme

3.1 Izzivi pri izbiri genskih virov in prenosu prostorastočih zdravilnih rastlin v pridelavo

V naravnih rastiščih se nahajajo genetsko raznoliki genotipi vrste/populacije z različnimi potenciali sinteze bioloških molekul in odpornosti. Običajno genetske raznolikosti ne poznamo, zato se najprej soočimo z vprašanjem kateri genotip v množici zelo variabilnih posameznikov izbrati, da bo zadovoljil potrebe industrije oz. potrošnikov.

Najpogostejša praksa pri prenosu prostorastočih rastlin v kmetijski prostor je nabiranje semen ali vegetativnih delov rastlin, iz katerih ljudje vzgojijo sadike. V primeru, da izberemo posamezne rastline in jih nato klonsko razmnožimo, bomo zožili genetski material in s tem lahko izgubimo 'tipičnost' produktov, v primerjavi s produkti iz rastlinskega materiala iz naravnih rastišč, po drugi strani pa s tem pridobimo populacijo rastlin, ki so med seboj enake. Če pa so rastline vzgojene iz semena, lahko pričakujemo večjo variabilnost in neizenačenost rastlin v nasadu, saj ima vsako seme edinstveno kombinacijo genov. Temu se izognemo, v kolikor zberemo seme znotraj neke populacije, torej večjega števila rastlin iste vrste. Raznolikost genov se odraža v njihovem izražanju, zaradi česar je fenotip vsake rastline (morfologija, fiziologija in biokemija rastlin) različen. K izražanju genov pa pomembno prispevajo tudi neživi (temperatura, padavine, vlaga, tla, voda v tleh, veter, svetloba) in živi dejavniki okolja (prisotnost koristnih in patogenih organizmov, mikroorganizmov, plevelov), ki kompleksno in v interakciji delujejo na rastlino (Slika 1). Če povzamemo, imamo opravka z dvema komponentama, ki skupaj določata lastnosti rastline: genetika rastline in dejavniki okolja. Zelo pomembno je, da te interakcije razumemo in proučimo, na katere lastnosti ima okolje manjši vpliv in na katere večji. Slednje je nujno pri procesih žlahtnjenja, ko želimo določene lastnosti genskih virov izboljšati. Z vidika gojenja pa nas zanima

končni produkt; zdrava, odporna rastlina s čim večjo sposobnostjo sinteze tarčnih, biološko pomembnih molekul na površino.



Slika 1: Shematični prikaz vpliva dejavnikov okolja na fenotip rastline.

Večina študij, ki poroča o kakovosti in kemijski sestavi izvlečkov, se osredotoča prav na vpliv okolja, med tem ko je vpliv genetike rastline oziroma raznolikost v populacijah določene vrste/podvrste v večini primerov zanemarljiv. Razlog je najverjetneje, da za mnoge aromatične rastline ni razpoložljivih vrstno specifičnih markerjev DNA, oziroma razvoj le teh močno zaostaja v primerjavi s kmetijskimi rastlinami. Ne glede na to je potrebno selekcijo oz. odbiro genetskega materiala za nadaljnje gojenje skrbno načrtovati. V Maroku so na primer Yousif in sod. (2021) proučevali spremembe v kemijski sestavi eteričnega olja prosto rastočih in gojenih rastlin vrste *Origanum compactum* (Benth). V analizo so vključili prosto rastoče rastline iz različnih regij, nabrali seme in potaknjence ter jih nato prenesli v pridelavo. Analizirali so količine eteričnega olja v prostorastoči populaciji, v skupini rastlin, razmnoženih s semeni ter v rastlinah, ki so jih vzgajali s potaknjenci. Ugotovili so, da se je v večini primerov količina eteričnega olja nekoliko znižala v pridelavi, le v eni regiji so zaznali povečanje pri gojenih rastlinah. Podobno so odstopanja odkrili pri proučevanju določenih spojin. Količina timola se je pri gojenih rastlinah zvišala (podatki za eno od lokacij: 0.81 % prosto rastoče, 23,10 % rastline iz semena, 29,92 % klonske rastline) in podoben trend je bil opažen tudi za spojine p-cimen, γ-terpinen in karvakrol. Kot omenjeno, je bila med posameznimi lokacijami in skupinami rastlin prisotna precejšnja variabilnost in tako izrazite spremembe niso bile ugotovljene pri vseh lokacijah. Pomanjkljivost študije je da, so avtorji izvedli študijo na genetsko heterogenih rastlinah ter na ločenih lokacijah z različnimi pedo-klimatskimi razmerami.

Preden se odločimo za gojenje rastline na večji površini, je torej nujno predhodno preizkušanje v poljskih poskusih, s katerimi dobimo informacije o potencialu rastline in odpornosti, kar omogoča nadaljnji izbor točno določenih genotipov s pričakovanim kemotipom in s tem tudi uspešnost pridelave.

Pri prenosu v kmetijski prostor se srečamo še z izzivi glede tolerance na abiotske dejavnike (odpornost na nizke ali visoke temperature, sončno obsevanje, pomanjkanje ali preveč vode, zasoljena, degradirana tla...) ter biotske dejavnike (na primer pojav novih bolezni in škodljivcev). Fitopatogeni so prisotni tudi v naravi, vendar so populacije organizmov v naravnem ekosistemu običajno v ravnovesju, v kmetijskem prostoru pa se zaradi spremenjenih ekoloških razmer lahko pojavijo številčnejše in povzročijo gospodarsko škodo. Nenadzorovan prenos rastlin iz narave je lahko zelo nevaren, saj rastline morda ne kažejo znamenj okužb in se le te pokažejo šele kasneje v pridelavi. Zato je zelo pomembno, da rastline pregleda pristojna oseba oz. fitopatolog in da se opravi določene teste in kontrole. Pri razmnoževanju nekontroliranih rastlin, lahko okužbe prenesemo v nasad. Eden od perečih problemov je denimo bakterija *Xylella fastidiosa*, ki gostuje na več kot 50-ih vrstah med njimi pa so tudi številne aromatične rastline, kot na primer sivka, laški smilj, mirta, pelin, lovor, trpotec. Bakterija velja za karantenski organizem, saj povzroča propad številnih rastlin, med njimi citrusov, oljk (bakterijski ožig oljk), trte. Do leta 2010 se je pojavljala samo v severni in južni Ameriki, v Aziji (Tajvan) so jo odkrili v 2013, na sredozemskih vrstah in urbanem okolju pa so jo v Evropi odkrili v Španiji, Italiji, Franciji in na Portugalskem (EPPO, 2020). Iz tega vidika je torej zelo pomembno, da rastlinskega materiala ne prenašamo iz okuženih območij. Novi patogeni se na aromatičnih rastlinah lahko pojavijo tudi zaradi predhodne intenzivne rabe tal ter neprimerne strukture (na primer težka, slabo odcedna tla). Posebej problematične so talne glive, ki jih praktično ne moremo zatirati, zato je pomembno, da zdravilne rastline sadimo samo v zanje primerna tla ter okolje z ustreznimi ekološkimi dejavniki.

Prenos prostorastočih rastlin v kmetijsko pridelavo ni vedno enostaven, včasih tudi nemogoč. Največjo oviro predstavljajo posebni ekološki pogoji, ki jih v kmetijski pridelavi ne moremo zagotoviti (na primer posebna zahteva glede tal, interakcije med opraševalci in rastlinami) ter same biološke značilnosti rastlin (na primer počasna rast, nizka stopnja kalivosti semen, neodpornost na patogene). Nujna sta tudi določen časovni in finančni vložek, povezana z dolgotrajnim proučevanjem odziva rastlin v novem ekosistemu, selekcijo in žlahtnjenjem za razvoj sort, ki ustrezajo zahtevam industrije.

3.2 Pomen agronomskih raziskav in žlahtnjenja zdravilnih in aromatičnih rastlin

Gojenje zelišč zahteva interdisciplinarni pristop različnih strok, od agronomije, botanike, žlahtnjenja, fiziologije rastlin, fitopatologije in entomologije do medicinskega in biokemijskega znanja. Vse dejavnosti bi morale biti znanstveno podprte in potrebno bi bilo uvajati inovativne postopke, saj še vedno prevladujejo tradicionalne izkušnje in prakse pridelave. Zhang in sod. (2021) poudarjajo, da so strokovnjaki potrebni za zagotavljanje tehnoloških smernic za izbiro lokacij

zemljišč, tehnologij gojenje, za žlahtnjenje, izbor vrst in sort. Poseben poudarek je potrebno nameniti sadilnemu materialu, obvladovanju bolezni in škodljivcev, vrednotenju kakovosti, razvoju strojev za pridelavo in predelavo ter optimalni žetvi glede na čas in razvoj rastlin. Okrepljeno povezovanje med pridelavo, izobraževanjem in raziskovanjem ima pomembno vlogo za doseganje visokih pridelkov in kakovosti.

Agronomske raziskave, skupaj z žlahtnjenjem, imajo pomembno vlogo pri izboljšanju gojenja in genskih virov zdravilnih rastlin. Pomembno je pridobiti genotipe, ki bodo ustrezali določeni uporabi oziroma bodo imeli natanko tiste lastnosti, ki jih želimo. Podobno kot pri vodilnih kmetijskih rastlinah lahko s tradicionalnimi metodami žlahtnjenja in novejšimi postopki biotehnologije izboljšamo genske vire. V primerjavi s kmetijskimi rastlinami, je žlahtnjenje zdravilnih rastlin šele v začetni fazi. Osrednji cilji žlahtnjenja zdravilnih rastlin so običajno povečanje in stabilnost pridelka, sprememba vsebnosti bioloških spojin s farmakološkim učinkom, izločanje neželenih spojin, toleranca na abiotske in biotske dejavnike, doseganje izenačenosti rastlin, visoka vsebnost suhe snovi (Lakshman Chandra, 2017; Lohwasser in Weise, 2021). Kot navajata Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic (2015) so superiorni genotipi izjemno pomembni za profitno pridelavo visoko kakovostnega rastlinskega materiala. Pri tem pa je nujno slediti farmakologiji, da bi dosegli standardizirane produkte za farmacevtsko industrijo.

Prednost zdravilnih rastlin je, da v naravi uspevajo genetsko zelo heterogene, variabilne populacije, kar je predpogoj za žlahtnjenje. To je tudi eden od razlogov, da so bili pri žlahtnjenju zdravilnih rastlin večinoma uporabljeni klasični žlahtniteljski pristopi. Najbolj enostaven pristop vključuje spremljanje genetsko različnih rastlin v populaciji in odbiro najuspešnejših rastlin, ki jih nato razmnožimo vegetativno. Druge možnosti so tudi načrtna križanja izbranih staršev in ustvarjanje genotipov z novimi kombinacijami lastnosti, vendar je ta postopek precej daljši. Za selekcijo lahko žlahtnitelji, poleg naravnih populacij, uporabijo tudi genske vire hranjene v genskih bankah, botaničnih vrtovih ali pa stare sorte. Zaradi začetne velike variabilnosti je mogoče pridobiti visoko selekcijsko odzivnost (razlika v povprečnih vrednostih potomcev odbranih rastlin in celotne populacije iz katere so bile odbrane starševske rastline) v relativno kratkem času, zato so selekcijski postopki lahko krajši in hitreje privedejo do identifikacije željenih genotipov in razvoja sort (Carlen, 2012). Najbolj tradicionalen primer žlahtnjenja vključuje pregled in selekcijo obstoječih, razpoložljivih genskih virov rastline in uporaba odbranih virov za morebitne nadaljnje žlahtniteljske pristope. O uspešnem primeru tovrstne prakse poročajo za poprovo meto (*Mentha x piperita* L.) pri selekciji na večji pridelek, kemijsko sestavo in senzorično kakovost pri grenkem komarčku (*Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* var. *vulgare*) ter pri poletnem šetraju (*Satureja hortensis* L.) na vsebnost eteričnega olja (Lohwasser in Weise, 2021). Tudi pri rožmarinu (*Rosmarinus officinalis*) so na Sardiniji z masovno selekcijo naravnih populacij izbrali 20 rastlin, ki so jih klonsko razmnožili in testirali njihove lastnosti (morfološke, fenološke in kemijske) in tako registrirali 6 različnih sort (Hammer in Junghanns, 2020).

V primeru, da variabilnosti rastlin ni, jo je potrebno ustvariti umetno s križanjem izbranih starševskih rastlin in ustvarjanjem križancev. Možno je tudi mutacijsko žlahtnjenje z uporabo sevanja ali drugih mutagenih dejavnikov, s katerim so ustvarili sorto poprove mete 'Multhimenta', ki jo odlikuje visoka vsebnost eteričnega olja (Lakshman Chandra, 2017). Za ohranitev genotipa izbranih superiornih rastlin uporabljajo vegetativno razmnoževane. Slednje je zelo pomembno pri tujeprašnih rastlinah (ali samoprašnih heterozigotnih rastlinah), saj bi lahko nadaljnjo generativno razmnoževanje s semeni privedlo do izgube želenih lastnosti oziroma do novih kombinacij lastnosti, ki niso nujno uporabne.

Kljub prej omenjeni variabilnosti prostorastočih populacij, ki pri razvoju novih sort predstavlja prednost, so žlahtniteljski postopki še vedno dolgotrajni, kar je verjetno tudi eden od razlogov, da je bilo malo zeliščnih vrst deležnih udomačitve in postopkov selekcije, ki bi prispevali k razvoju in registraciji novih sort (Dajic-Stevanovic in Pljevljakusic, 2015). Lakshman Chandra (2017) v preglednem prispevku o žlahtnjenju zdravilnih in aromatičnih rastlinah povzema vrste, pri katerih so žlahtnitelji razvili izboljšane sorte: svetli indijski trpotec (*Plantago ovata* Forssk.), vrtni mak (*Papaver somniferum* L.), aleksandrijska sena (*Cassia angustifolia* Mill.), madagarskarski zimzelen (*Catharanthus roseus* G. Don), golostebelni sladki koren (*Glycyrrhiza glabra* L.), ašvaganda (*Withania somnifera* (L.) Dunal), velikocvetni jasmin (*Jasminum grandiflorum* L.), palmarosa (*Cymbopogon martini* (Roxb.) Wats var. *motia* Burk.), vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash), limonska trava (*Cymbopogon pendulus* Will. Watson), kamilica (*Matricaria chamomilla* L.), njivska meta (*Mentha arvensis* L.), poprova meta (*Mentha x piperita* L.), klasasta meta (*Mentha spicata* L.), južnoazijski kačji koren (*Rauwolfia serpentina* (L.) Benth. ex Kurz), volnatodlakavi naprstec (*Digitalis lanata* Ehrh.), dolgi poprovec (*Piper longum* L.), pačuli (*Pogostemon cablin* Benth.), aloe vera (*Aloe vera* (L.) Burm. f.), rožmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)... Vendar pa je le manjše število vrst, predvsem tiste, ki lahko s prodajo semen ali sadik povrnejo vložek v žlahtnjenje, vključenih v neprekinjene žlahtniteljske programe žlahtniteljskih podjetij (Novak in Blüther, 2020). Med slednje sodijo konoplja, koriander, sivka, kamilica, vodna kreša, tobak, bazilika, majaron, origano, itd.

V nadaljevanju predstavljamo nekaj primerov žlahtnjenja zdravilnih rastlin. Enoletni pelin (*Artemisia annua* L.) je pomemben vir artemizina, seskviterpena v listih, ki ga uporabljajo v zdravilu proti malariji. Z žlahtnjenjem so že uspeli vzgojiti križance z vsebnostjo več kot 1 % artemizina (sorta 'Artemis') (Delabays in sod., 2001), sedaj pa se osredotočajo na razvoj novih sort, ki bi imeli še višjo vsebnost artemizina ter bi bili prilagojeni za gojenje v tropskem podnebju, kjer se malarija tudi pojavlja. V poskusnem polju so testirali več sto klonov, pri čemer so spremljali vsebnost spojine, pridelavo suhe snovi in fotoperiodo cvetenja. Za nadaljnja križanja med genotipi so izbrane rastline ohranili in razmnoževali *in vitro*. Preizkusili so 45 kombinacij križanj in identificirali 5 potencialno dobrih genotipov, ki so jih ponovno testirali v poljskem poskusu. Vsebnost artemizina so tako uspeli dvigniti na 1,6 – 1,95 %. Pri selekcijskem postopku je bila v ospredju koncentracija artemizina, pri odločanju o potencialu genotipov so upoštevali še sposobnost produkcije zelene

mase (listov), zahteve za cvetenje, toleranco na bolezni in škodljivce ter možnost gojenja v različnih vremenskih razmerah. Žlahtnjenje enoletnega pelina je podprto tudi s QTL (lokusi kvantitativnih lastnosti), ki so povezani s kontrolo vsebnosti artemizina (Carlen, 2012).

Šentjanževka (*Hypericum perforatum* L.) je cenjena zaradi protivirusnega delovanja in se uporablja tudi za preprečevanje depresije. Zaradi neodpornosti na atraknozo so proučevali komercialne sorte 'Topas', 'Hypermed', 'Elixir' ter 21 divjih akcesij iz različnih držav ter jih med seboj primerjali. Raziskave so potekale v Švici na treh lokacijah, kjer se običajno pojavljajo okužbe. Populacije so se na okužbe zelo različno odzvale. Razlike so opazili tudi v času cvetenja, morfologiji rastline in cvetov ter v fitokemijskih profilih. Zaradi nizke dovzetnosti za okužbe so odbrali akcesijo P7, ki je imela tudi podoben kemijski profil kot sorta 'Topas' in zato ustrezala zahtevam industrije. Seme pa je zaradi naravno prisotnega načina razmnoževanja, t.j. pseudogamno apomiktično razmnoževanje (seme se razvije iz nereducirane jajčne celice in so zato potomci kloni materine rastline) mogoče pridobiti relativno enostavno. Odbrano akcesijo so registrirali kot novo sorto 'Hyperivo' (Carlen, 2012).

Vrtni timijan (*Thymus vulgaris* L.) vsebuje eterično olje, ki je cenjeno zaradi protimikrobnega in antioksidativnega delovanja. Za doseganje homogenosti in standardizirane kakovosti, se je kot primeren pristop pokazal razvoj hibridov s križanjem moško sterilnih z moško fertilnimi rastlinami. V poskusu so ustvarili 56 križancev ter identificirali enega, ki so ga registrirali kot novo sorto 'Varico 3', z visoko vsebnostjo eteričnega olja (4,9 %), ki je presegla vrednosti obstoječe sorte 'Varico 2' (3,5 %) (Carlen, 2012). V Iranu so Mohammadi in sod. (2020) raziskovali ekotipe različnih vrst rodu *Thymus* (*T. daenensis*, *T. kotschyanus* in *T. lancifolius*) ter jih primerjali s sortami *T. vulgaris* (tj. 'Varico 3' in 'Deutscher', Zima) v izenačenih pogojih. Najvišji delež eteričnega olja (7,83 %) so odkrili pri ekotipu llam vrste *T. daenensis*, ta vrsta je imela tudi najvišji delež timola (>75 %). Avtorji so poročali o raznolikosti kemotipov in znotraj ekotipov identificirali elitne genotipe, ki bi jih lahko uporabili za nadaljnje žlahtnjenje.

Kamilica (*Matricaria recutita* L.) je ena najbolj poznanih zdravilnih rastlin, ki jo v zgodovini v svojem delu omenja Hipokrat. V naravi obstajajo populacije z različnimi kemotipi, ki so povezani z genotipom. Populacije se razlikujejo v vsebnosti bisabololoksidov (tip A in B) v eteričnem olju. Danes je na razpolago veliko število sort, ki so večinoma krajevne populacije, stare sorte, mešane populacije. V Nemčiji prevladujeta sorti 'Manzana' in 'Mabamille' z visoko vsebnostjo alfa-bisabolola in kamazulena, požlahtnili pa so tudi tetraploidno sorto 'Bodegold', ki se je izkazala v izjemnih senzoričnih lastnostih. Večinoma so bile sorte žlahtnjene s fokusom na določene aktivne spojine, vendar pa imajo pomanjkljive gospodarske pomembne lastnosti, kot denimo nehomogen čas cvetenja. V zadnjem desetletju žlahtniteljski programi potekajo na Slovaškem in v Rusiji (Albrecht in Otto, 2020). V Grčiji so Tsivelika in sod. (2018) proučevali fenotipske značilnosti in kemijsko raznolikost enajstih divjih populacij kamilice, da bi izbrali najprimernejše za pridobivanje kakovostnega eteričnega olja. Pri tem so se osredotočili na kemični spojini a-bisabolol in kamazulen. Med populacijami so izbrali dve obetavni, katerih

karakteristike so primerjali s petimi komercialnimi sortami. Vsebnosti spojin a-bisabolol-a (32.6 %) in kamazulena (15.3 %) so presegle vrednosti pri komercialnih sortah, zato so populacije prostorastočih rastlin perspektivne za nadaljnji žlahtniteljski program za razvoj sort z ustrezno kemijsko sestavo eteričnega olja. Glavne lastnosti rastlin kamilice, ki jih želijo doseči pri žlahtnjenju so velika socvetja, enakomerna višina, visok pridelek droge in visoka vsebnost eteričnega olja (0.7–1.0 % ali več), visoka vsebnost a-bisabolola (>50 %) in kamazulena (>25 %) ter odpornost na biotske in abiotske razmere (Albrecht in Otto, 2020).

Osrednji cilji žlahtnjenja sivke so izboljšati in povečati pridelek cvetov in eteričnega olja, pridobiti ustrezen kemijski profil eteričnega olja ter odpornost na biotski in abiotski stres (Gallotte in sod., 2020). Pravo sivko (*Lavandula angustifolia* Mill. = *Lavandula officinalis* Chaix) so večinoma žlahtnili s klasičnimi metodami znotraj prosto rastočih in gojenih populacij. Pridobljeno je bilo tudi nekaj novih virov variabilnosti s križanjem rastlin in uporabo mutacijskega žlahtnjenja (izzivanje mutacij z uporabo gama žarkov ali kemijskih spojin). V vzhodni Evropi so tako vzgojili kar nekaj produktivnih klonov z dobro kakovostjo eteričnega olja. Klonski material je izenačen in ima stabilne lastnosti, zaradi česar je pridelava lažja in bolj predvidljiva, vendar pa parfumska industrija išče kompleksnejše kemijske profile s posebnimi senzoričnimi lastnostmi eteričnega olja, ki ga je možno doseči le z različnimi genotipi. Tako so se v Franciji odločili za razvoj sintetičnih sort. Kot izhodiščni material za razvoj novih sort so uporabili rastline, sejance, ki so jih na polju odbrali glede na različne stopnje tolerantnosti na bolezen, ki jo povzročajo fitoplazme iz rodu *Candidatus*. V prvi selekciji so odbrali 400 klonov, ki so jih razmnožili in proučili kemijske profile eteričnega olja, kakovost ter količino pridelka. Po letih selekcije so izbrali 60 superiornih klonov, ki so jih nato križali med seboj za testiranje kombinacijske sposobnosti. Prva sintetična sorta iz tega žlahtniteljskega programa je bila 'Rapido', sledila ji je sorta 'Carla'. Starševske klone teh dveh sort so nato testirali glede tolerance na sušo. Nadaljnja selekcija je tako privedla do izbora sorte 'Salaria', ki je bila izboljšana verzija sorte 'Carla', prilagojena na sušne razmere. Sorta 'Salaria' je postala popularna zaradi kakovosti eteričnega olja, izboljšanega kemotipa in senzoričnih lastnosti, izboljšanega pridelka, in tolerance na fitoplazmo. V Franciji na 70 % vseh površin uspeva vegetativno razmnožena sivka, na preostalih 30 % pa sivka razmnožena s semeni. Med temi slednjimi pa kar 80 % sivke predstavljajo sorte 'Rapido', 'Carla' in 'Salaria' (Gallotte in sod. 2020). Pri lavandinu, ki je nastal spontano s križanjem *Lavandula angustifolia* Mill. in *Lavandula latifolia* ter je sterilen, je genetska variabilnost v naravi zelo omejena. Tradicionalno gojeni kloni so večinoma pridobljeni z masovno selekcijo genskih virov iz narave. Klon 'Abrial' se je v Franciji razširil med petdesetimi in šestdesetimi leti 20. stoletja, vendar so bile rastline precej neoporne in so množično propadale. Ta klon je nato nadomestil klon 'Grosso', ki je odpornejši, vendar z drugačnim kemijskim profilom. Za povečanje variabilnosti so uporabili različne metode. Z indukcijo poliploidov s kolhicinom so ustvarili tetraploide, ki so jih nato križali s pravo sivko in pridobili triploidne rastline med katerimi so izbrali 9 klonov, ki jih sedaj proučujejo in še niso komercialno dostopni. Različne raziskovalne skupine so poskusile tudi križanja rastlin *Lavandula angustifolia* Mill. in *Lavandula latifolia*.

Število dobljenih medvrstnih križancev je nizko, prav tako s tem pristopom niso dosegli boljšega potenciala. Poskusili so še biotehnoške pristope, vendar večji premiki na tem področju niso bili doseženi. Začela so se tudi proučevanja genoma ter razvoj novih genomskih orodij, s katerimi si obetajo selekcijo s pomočjo markerjev (MAS), opozarjajo pa, da bo potrebno še veliko dela predvsem na lavandinu, saj je njegova genetska raznolikost precej nizka (Gallotte in sod. 2020).

3.3 Pomembnejši koraki prenosa prostorastočih rastlin v pridelavo

Pri odločanju za gojenje zdravilnih in aromatičnih rastlin je pomemben cilj pridelave. V Sloveniji prevladujejo manjši nasadi, pridelovalci zdravilne in aromatične rastline gojijo za lastne potrebe in lokalno okolje. Opazen je tudi trend razvoja in trženja lastnih izdelkov (naravna kozmetika, čaji, začimbe), s katerimi pridelovalci dosežejo večjo dodano vrednost. Odločitev za gojenje na večjih pridelovalnih površinah mora biti zelo premišljena, saj se bodo stroški pridelave s površino večali. V tem primeru je izjemno pomembno, da zagotovimo odjemalca pridelanega rastlinskega materiala. Odlično prakso na tem področju so vzpostavili v kozmetičnem podjetju L'Occitane v Franciji, ko so leta 2001 na Korziki odkrili laški smilj (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don fil.). Laški smilj vsebuje neril acetat, zelo iskano molekulo za kozmetične izdelke zaradi delovanja proti staranju. Korziški smilj dosega visoke koncentracije te spojine, kar pa je povezano z genotipi ter posebnostmi rastišča (tla, podnebje). L'Occitane daje prednost kratkim, trajnostnim dobavnim verigam surovin, ki temeljijo na zaupanju, sledljivosti in kakovosti. Z namenom, da bi preprečili pritisk na naravna rastišča laškega smilja, so se povezali s pridelovalci, jim zagotovili sadilni material ter se z večletnimi pogodbami obvezali za odkup surovin. V 2004 so tako vzpostavili prve nasade na 50 ha površine, prve pridelke pa so pospravili 2007. V 2016 je pridelava obsegala več kot 100 ha pri več kot 10 pridelovalcih (Groupe L'Occitane, 2016).

Poleg poznavanja bioloških lastnosti rastlin, je pri vzpostavitvi pridelave pomembno, da natančno proučimo agroekološke zahteve. Ključna je izbira sadilnega materiala, saj bo od genotipa odvisna sinteza bioloških molekul – učinkovin zaradi katerih rastlino pridelujemo. Pred dobavo sadilnega materiala se je potrebno informirati o pravilni identiteti zelišča, izvora, zdravstvenega stanja ter karakteristikah kot so odpornost, potencial za sintezo bioloških učinkovin, posebnih zahtevah pri gojenju, itd.



Slika 2: Shematski prikaz prenosa prostorastočih rastlin v kmetijski prostor.

V primeru prenosa rastlin iz narave, je obvezno predhodno testiranje rastlin na manjših površinah preden jih sadimo na večjih. Z naključnim izbiranjem sadilnega materiala v naravi tvegamo izgubo 'tipičnosti' metabolnih profilov. Prav tako je pomembno predhodno poznavanje odpornosti rastlin. Metode selekcije, vključno s testiranjem za prisotnost patogenih mikroorganizmov, lahko po oceni Carlena (2012) trajajo od 5 do 15 let in več. Priporočljivi osnovni koraki pri prenosu so sledeči (Slika 2):

- 1) pregled in izbira genskih virov, nabiranje reprezentativnih vzorcev na osnovi morfoloških ali drugih variabilnih lastnosti,
- 2) razmnoževanje sadilnega materiala (semena, potaknjenci),
- 3) sajenje/saditev različnih genotipov v nasad,
- 4) opazovanje in vrednotenje lastnosti posameznih genotipov: odpornost, zelena masa, cvetenje, morfološke in kemijske značilnosti, opazovanja naj se vršijo vsaj tri leta, na več lokacijah,
- 5) odbira superiornih rastlin (glede na pridelek, kakovost, odpornost),
- 6) ponovno razmnožimo perspektivne genotipe za ponovno testiranje ali za gojenje na večjih površinah.

V primeru, da gre za rastlinsko vrsto, po kateri je povpraševanje industrije veliko, je smiselno rastlino vključiti v žlahtniteljski program. Predstavljeni koraki pri prenosu dejansko predstavljajo množično selekcijo za izločitev manj zanimivih oziroma izbor bolj zanimivih genotipov. Zaradi velike variabilnosti prosto rastočih populacij zelišč je možno že v tem koraku s ciljnim kriterijem identificirati rastline z željenimi

kombinacijami. V kolikor množična selekcija ni dala želenih rezultatov, pa so na voljo ostale žlahtniteljske metode.

4 ZAKLJUČEK

Zdravilne in aromatične rastline presegajo zgolj uporabo v prehrani, saj so pomemben vir surovin za razvoj produktov različnih industrij z ekonomsko vrednostjo. V ospredju so oskrba z zelišči v kulinariki/gastronomiji, razvoj zdravil in fitofarmaceutskih pripravkov naravnega izvora, naravnih kozmetičnih izdelkov, prehranska dopolnila rastlinskega izvora in uporaba v sektorju dobrega počutja (velnes) in aromaterapiji. Njihova pridelava prispeva k trajnostnem razvoju območij, diverzifikaciji kmetijstva, ohranjanju biotske raznovrstnosti ter podpira biogospodarstvo in kmečki turizem. Kot navaja EIP-AGRI fokusna skupina za zdravilne rastline (EIP-AGRI Focus Group, 2020) je stalno oskrbo z zelišči v Evropi moč zagotoviti z udomačitvijo in gojenjem ter tako preprečiti prekomerno izkoriščanje rastlinskih vrst v naravi. Glede na dejstvo, da je v Evropi pridelava majhna in je večina zelišč nabranih v naravi oziroma uvoženih, predstavlja pridelava številne poslovne priložnosti.

Ko prosto rastoče rastline preidejo v kmetijsko pridelavo, je njihova pridelava bolj predvidljiva in stabilnejša z vidika velikosti, kakovosti in kemijske sestave pridelka, kar je ključno za nadaljnjo uporabo. Izzivi, s katerimi se soočajo ljubiteljski in profesionalni pridelovalci pri gojenju zelišč, so lahko omejen in reguliran odvzem rastlin iz narave, zagotavljanje kakovostnega sadilnega materiala, problem nepoznavanja izvora sadilnega materiala, pravilna taksonomska klasifikacija vrst in podvrst, primernost okoljskih razmer pridelovalnega območja, izbira ustreznih tehnologij pridelave in predelave, slabše poznavanje in nepredvidljivost bolezni in škodljivcev. Tudi doseganje standardov kakovosti zahteva znanje in poznavanje nacionalne in evropske zakonodaje, ki urejajo varno uporabo zdravilnih rastlin. Uspeh pri gojenju zelišč si torej lahko ometamo le ob širokem, interdisciplinarnem znanju s podporo znanosti ter svetovalnih institucij.

Zahvala. Delo je nastalo v okviru Ciljno raziskovalnega projekta V4-2207 »Možnosti razvoja zeliščarstva v Sloveniji« (2022 - 2024), financiranega s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS ter Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS.

5 VIRI

- Albrecht, S. in Otto, L.G. (2020). [Matricaria recutita L.: True Chamomile](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_7). V J. Novak in W. D. Blüthner (ur.), *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants* (str. 313-331). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_7
- Appendino, G., Taglialatela-Scafati, O., Minassi, A., Pollastro, F., Ballero, M., Maxia, A., in Sanna, C. (2015). *Helichrysum italicum*: The Sleeping Giant of Mediterranean Herbal Medicine. *HerbalGram*, 105, 34–45.
- Bhattacharya A. (2019). [Chapter 5 - High-Temperature Stress and Metabolism of Secondary Metabolites in Plants](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817562-0.00005-7). V A. Bhattacharya (ur.), *Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules* (str. 391-484). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817562-0.00005-7>.

- Bolješić R. (2022). [Zagotavljanje skladnosti uporabe genskih virov z Nagojskim protokolom v Evropski uniji](#). V Z. Luthar (ur.), [6. Posvet o ohranjanju in trajnostni rabi rastlinskih genskih virov "Samonikle rastline"](#) (str. 10-12). Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/KMETIJSTVO/RASTLINSKA-PRIDELAVA/RASTLINSKI-GENSKI-VIRI/2023/Izvlecki-predavanj-12.9.2022.pdf>
- Bolješić, R. (2023). [Prosto živeče rastlinske vrste kot genski vir - regulatorni okvir](#). V A. Čerenak (ur.), [7. Posvet o ohranjanju in trajnostni rabi rastlinskih genskih virov \(str. 10-11\)](#). Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. https://www.ihips.si/wp-content/uploads/2016/08/Izvlecki_predavanj_koncna_brocura_2023-1.pdf
- Bourdy, G., Aubertin, C., Jullian, V. in Deharo, E. (2017). [Quassia "biopiracy" case and the Nagoya Protocol: A researcher's perspective](#). Journal of Ethnopharmacology, 206, 290-297. <https://10.1016/j.jep.2017.05.030>
- Carlen, C. (2012). [Breeding and Cultivation of Medicinal Plants](#). V G. Bagetta, M. Cosentino, M. T. Corasaniti in S. Sakurada (ur.), Herbal Medicines: Development and Validation of Plant-derived Medicines for Human Health. (1. izd.) (str. 79-91). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/b11208>
- [Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora](#). (1973). <https://cites.org/eng/disc/text.php>
- Čeh, B. in Eržen, M. (2023). Nabiralništvo zelišč in okolje. Hmeljarski bilten, 30, 119-126.
- Dajic-Stevanovic, Z. in Pljevljakusic, D. (2015). [Challenges and Decision Making in Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants](#). V Á. Máthé (ur.), Medicinal and Aromatic Plants of the World (Vol. 1, str. 145-164). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9810-5_8
- Delabays, N., Simonnet, X. in Gaudin, M. (2001). [The genetics of artemisinin content in Artemisia annua L. and the breeding of high yielding cultivars](#). Current Medicinal Chemistry, 8(15), 1795-801. <https://10.2174/0929867013371635>
- Dostop do genskih virov in delitev koristi, ki izhajajo iz njihove uporabe (Nagojski protokol). (2020). [Povzetki zakonodaje EU](#). <https://eur-lex.europa.eu/SL/legal-content/summary/access-to-genetic-resources-and-sharing-of-benefits-arising-from-their-utilisation-nagoya-protocol.html>
- EIP-AGRI Focus Group. (2020). [EIP-AGRI Focu Group Plant-based medicinal and cosmetic products. Final report](#). <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-focus-group-plant-based-medicinal-and.html> (dostop: julij 2024)
- EPPO. (2020). [Xylella fastidiosa](#). <https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA/datasheet>
- EUROPAM. (2022). [Guidelines for Good Agricultural and Wild Collection Practices for Medicinal and Aromatic Plants \(GACP-MAP\)](#). <https://www.europam.net/wp-content/uploads/2022/11/EUROPAM-GACP-2022.pdf>
- Ferant, N., Baričević, D., Šircelj, H. (2023). [Zdravilne in aromatične rastline: ohranjanje in uporaba](#). V A. Čerenak (ur.), [7. Posvet o ohranjanju in trajnostni rabi rastlinskih genskih virov](#). Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. https://www.ihips.si/wp-content/uploads/2016/08/Izvlecki_predavanj_koncna_brocura_2023-1.pdf
- Festival nabiralništva. (b. d.). <https://festivalnabiralnistva.si> (29. junij 2024)
- Gallotte, P., Fremondière, G., Gallois, P., Bouverat Bernier, J. P., Buchwalder, A., Walton, A., Piasentin, J. in Fopa-Fomeju, B. (2020). [Lavandula angustifolia Mill. and Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel: Lavender and Lavandin](#). V J. Novak in W. D. Blüthner (ur.), Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants (str. 303-313). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_6
- Grigoriadou, K., Krigas, N., Lazari, D. in Maloupa, E. (2020). [Chapter 4 - Sustainable use of mediterranean medicinal-aromatic plants](#). V P. Florou-Paneri, E. Christaki in I. Giannenas (ur.), Feed Additives (str. 57-74). Academic Press, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00004-2>

- Groupe L'Occitane. (2016). [Immortelle from Corsica Supply Chain report](https://group.loccitane.com/sites/default/files/2017-11/2016-Immortelle%20Sourcing%20Report-EN.pdf).
<https://group.loccitane.com/sites/default/files/2017-11/2016-Immortelle%20Sourcing%20Report-EN.pdf>
- Hammer, M. in Junghanns, W. (2020). [Rosmarinus officinalis L.](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_15): Rosemary. V J. Novak in W. D. Blüthner (ur.), Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants (str. 501-521). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_15
- Hao, D. C. in Xiao, P. G. (2015). [Genomics and Evolution in Traditional Medicinal Plants: Road to a Healthier Life](https://doi.org/10.4137/EBO.S31326). Evolutionary Bioinformatics, 11, 197-212. <https://doi.org/10.4137/EBO.S31326>
- Lakshman Chandra, De. (2017). Breeding of Medicinal and Aromatic Plants – an overview. International Journal of Botany and Reserch, 7(2), 25-34.
- Lohwasser, U. in Weise, S. (2021). [Genetic Resources of Medicinal and Aromatic Plants](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_1). V J. Novak in W. D. Blüthner (ur.), Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants (str. 1-205). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_1
- Lubbe, A. in Verpoorte, R. (2011). [Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019). Industrial Crops and Products, 34 (1), 785-801. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>
- MKGP. (2016). [Smernice razvoja lokalne samooskrbe z zelišči za obdobje 2016-2021](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/KMETIJSTVO/RASTLINSKA-PRIDELAVA/VRTNARSTVO/Zelisca-Smernice.pdf).
<https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/KMETIJSTVO/RASTLINSKA-PRIDELAVA/VRTNARSTVO/Zelisca-Smernice.pdf>
- Mohammadi, S., Tabrizi, L., Shokrpour, M., Hadian, J., Schulz, H. in Riewe, D. (2020). [Morphological and phytochemical screening of some Thymus ecotypes \(Thymus spp.\) native to Iran in order to select elite genotypes](https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.023). Journal of Applied Botany and Food Quality, 93, 186-196. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.023>
- Novak, J. in Blüthner, W. D. (ur.). (2020). [Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants \(Vol. 12\)](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1>
- Pravilnik o osebnem dopolnilnem delu. (2015). [Uradni list RS, št. 94/14](https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV12251).
<https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV12251>
- Schippmann, U., Leaman, D. in Cunningham, A. B. (2006). A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. Frontis, 17, 75-95.
- Schippmann, U., Leaman, D. J., Cunningham, A. B. (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants in biodiversity: global trends and issues. In: Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry, and fisheries (str. 142-167).
- [The Convention on Biological Diversity](https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf). (1992). <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- [The Nagoya Protocol on Access and Benefit-sharing](https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf). (2010).
<https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf>
- Tsivelika, N., Sarrou, E., Gusheva, K., Pankou, C., Koutsos, T., Chatzopoulou, P. in Mavromatis, A. (2018). [Phenotypic variation of wild Chamomile \(Matricaria chamomilla L.\) populations and their evaluation for medicinally important essential oil](https://doi.org/10.1016/j.bse.2018.06.001). Biochemical Systematics and Ecology, 80, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2018.06.001>
- Twaij, B. M. in Hasan, M. N. (2022). [Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses](https://doi.org/10.3390/ijpb1301000). International Journal of Plant Biology, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ijpb1301000>
- Uredba o zavarovanju prosto živečih rastlinskih vrstah. (2004). [Uradni list RS, št. 46/04, 110/04, 115/07, 36/09 in 15/14](https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED3192). <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED3192>
- [Uredba \(EU\) št. 511/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. aprila 2014 o ukrepih za izpolnjevanje obveznosti uporabnikov iz Nagojskega protokola o dostopu do genskih virov ter poštenu in pravični delitvi koristi, ki izhajajo iz njihove uporabe, v Uniji](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/511/oj?locale=sl). 2014. Uradni list Evropske unije. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/511/oj?locale=sl>
- Vines, G. (2004). Herbal harvests with a future: Towards sustainable sources for medicinal plants. Plantlife International.

- Volenzo, T. in Odiyo, J. (2020). [Integrating endemic medicinal plants into the global value chains: the ecological degradation challenges and opportunities](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04970). Heliyon, 6(9), e04970. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04970>
- Yousif, L., Belmehti, O., Abdelhakim, B., Skali Senhaji, N. in Abrini, J. (2021). [Does the domestication of *Origanum compactum* \(Benth\) affect its chemical composition and antibacterial activity?](https://doi.org/10.1002/ffj.3641) Flavour and Fragrance Journal, 36(2), 264–271. <https://doi.org/10.1002/ffj.3641>
- Zakon o ohranjanju narave (ZON). 1999. [Uradni list RS, št. 56/99](https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO1600). <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO1600>
- Zakon o preprečevanju dela in zaposlovanja na črno (ZPDZC-1). 2014. [Uradni list RS, št. 32/2014](https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO6765). <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO6765>
- Zhang, R., Zhang, MX., Chen, Y., Wang, C., Zhang, C., Heuberger, H., Li, H. in Li, M. (2021). [Future development of Good Agricultural Practice in China under globalization of traditional herbal medicine trade](https://doi.org/10.1016/j.chmed.2021.09.010). Chinese Herbal Medicines, 13(4), 472-479. [https://doi: 10.1016/j.chmed.2021.09.010](https://doi.org/10.1016/j.chmed.2021.09.010).