Populacijska varijabilnost obične borovice (Juniperus communis L.) u Lici prema morfološkim obilježjima bobuljastih češera

Rajković, Suzana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:820242

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

SUZANA RAJKOVIĆ

POPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNE BOROVICE (*Juniperus communis* L.) U LICI PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA BOBULJASTIH ČEŠERA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2021.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Dendrologija
Mentor:	Doc. dr. sc. Igor Poljak
Asistent – znanstveni novak:	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Student:	Suzana Rajković
JMBAG:	0068234158
Akad. godina:	2020./2021.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 17. rujna 2021. godine
Sadržaj rada:	Slika: 7 Tablica: 6 Navoda literature: 38 Stranica: 20

Cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost bobuljastih češera obične borovice (*Juniperus communis* L., Cupressaceae) na području Like. Uzorci iglica za morfometrijska istraživanja sakupljeni su iz tri prirodne populacije: Brinje, Krasno i Otočac.

Ispitivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi šest morfoloških karakteristika bobuljastih češera, pri čemu su u analizi podataka korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

Utvrđena je visoka varijabilnost istraživanih morfoloških svojstava. Koeficijent varijabilnosti na razini svih populacija kretao se od 10,94 % za širinu bobuljastog češera do 25,60 % za broj češernih ljusaka. Analizom varijance potvrđene su razlike na razini populacija i između grmova/stabala unutar populacija za većinu istraživanih svojstava. Multivarijatnim statističkim metodama utvrđeno je da se populacije obične borovice na osnovi morfologije bobuljastih češera na području Like mogu jasno razlikovati. Pretpostavka je da su te razlike između populacija posljedica genske raznolikosti i fenotipske prilagodbe različitim stanišnim uvjetima.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	**OB FŠDT 05 07**
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 17. rujna 2021. godine.

_____

vlastoručni potpis

Suzana Rajković

PREDGOVOR

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Prvenstveno se zahvaljujem svome mentoru doc. dr. sc. Igoru Poljaku na danim savjetima i smjernicama, ne samo prilikom izrade završnog rada, nego tijekom cjelokupnog studiranja. Zahvaljujem se i asistentu Antoniju Vidakoviću, mag. ing. silv., na doprinosu prilikom izrade rada. Također se zahvaljujem prijateljima Rudolfu Stipetiću, Ani Paragi i Denisu Tomiću na podršci i pomoći pri izmjeri biljnoga materijala za potrebe ovoga rada. I na karaju najveće hvala mojoj obitelji na pruženoj ljubavi i podršci tijekom studija.

Suzana Rajković

U Zagrebu, 17. rujna 2021. godine.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Rod *Juniperus* L. 1
1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste 2
1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste 3
1.4. Varijabilnost istraživane vrste 4
1.5. Primjena istraživane vrste 5
1.6. Dosadašnja istraživanja 5
3. MATERIJAL I METODE 8
3.1. Materijal 8
3.2. Morfometrijska analiza bobuljastih češera 8
3.3. Statistička obrada podataka 9
4.1. Deskriptivna statistika 10
4.2. Analiza varijance (ANOVA) 12
4.3. Klasterska analiza 13
4.4. Diskriminantna analiza 13
5. RASPRAVA 16
6. ZAKLJUČCI 17
7. LITERATURA 18

1. UVOD

1.1. Rod *Juniperus* L.

Rod *Juniperus* L. (borovice) pripada porodici Cupressaceae. Ovaj rod obuhvaća oko 40 vrsta koje rastu kao grmovi ili kao niža stabla, a rasprostranjene su na cijeloj sjevernoj polutki i to od polarne zone do planina tropa (Herman 1971; Trinajstić 1978; Vidaković 1993; Nikolić 2013). Listovi mogu biti igličasti ili ljuskasti, ovisno o vrsti. Cvjetovi su jednospolni, jednodomni ili dvodomni, smješteni na vrhovima ili u pazušcima kratkih izbojaka. Muški cvjetovi su uvijek pojedinačni, jajoliki ili valjkasti. Ženski cvatovi su kuglasti, sastoje se od tri do šest ljusaka od kojih neke ili sve nose po jedan ili dva sjemena zametka. Plodne ljuske su posve srasle s pokrovnim ljuskama. Češeri su bobuljasti, kuglasti, ne otvaraju se i sazrijevaju u 1. ili 2. godini. Bobuljasti češeri sastoje se od čvrsto sraslih, manje ili više mesnatih ljusaka. U češeru se nalazi 1 – 10 sjemenki koje su bez krilca, jajolike, zaobljene ili kutne, često brazdaste, smeđe, imaju tvrdu ljusku i na osnovi izbočinu. Kora borovica se ljušti uglavnom u uzdužnim ljuskama osim u vrste *Juniperus deppeana* Steud. Broj kotiledona varira od dva do šest, a broj kromosoma je n = 11, iznimno u vrste *Juniperus chinensis* L. n = 22. Rod možemo podijeliti u tri sekcije: *Caryocedrus*, *Oxycedrus* i *Sabina*:

Sekcija *Caryocedrus* (Endl.) Gaussen je karakterizirana igličastim lišćem, koje je 3 – 4 mm široko, otklonjeno, iz istog pršljena spojeno na osnovi pri kojoj je povinuto prema dolje, tvrdo i oštro ušiljeno. Muški cvjetovi po 3 – 6 u pazušcu lista. Bobuljasti češeri do 2,5 cm veliki, a sjemenke srasle (Mala Azija, Grčka; *Juniperus drupacea* Labill.).

Sekciju *Oxycedrus* (Spach) Gaussen karakterizira igličasto lišće, 1,5 – 3 mm široko, po tri u pršljenu, otklonjeno iz istog pršljena spojeno na osnovi pri kojoj nije povinuto prema dolje. Bobuljasti češeri sitniji. Sjemenke nisu srasle. U ovu sekciju pripada oko 10 vrsta od kojih su najznačajnije: *Juniperus communis* L. i *J. oxycedrus* L.

Sekcija *Sabina* L. Glavna karakteristika ove sekcije je igličasto juvelino lišće, po tri u pršljenu, dok je adultno u potpunosti ili djelomično ljuskasto, pri osnovi nije spojeno, prema dolje povinuto. Nema jasnih zimskih pupova. Dvodomne ili jednodomne biljke. Muški cvjetovi u pazušcima listova. Sjemenih zametaka u češeru ima 3 – 6 (10), a na jednoj plodnoj ljusci 1 – 2. Bobuljasti češeri sastoje se većinom od šest ljusaka. Ovdje pripada oko 20 vrsta od kojih su značajnije: *Juniperus sabina* L., *J. horizontalis* Moench, *J. phoenicea* L., *J. excelsa* M. Bieb., *J. foettidissima* Willd. i *J. viriginiana* L.

1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste

Juniperus communis, obična borovica ili kleka, je dvodomni, vazdazeleni grm ili stablo (slika 1 i 2). Obično naraste 3 – 5 m, iako može doseći visinu i do 15 m. Deblo je žljebasto, a krošnja raznoliko formirana, od posve nepravilne do izrazito stupolike. Grane mogu biti uzdignute ili viseće i nisu u pršljenima. Kora je u početku glatka, a kasnije izbrazdana te se odvaja u obliku ljusaka i traka. Korijenov sustav značajno je razgranat sa žilom srčanicom, a zabilježena je i razvijena endotrofna mikoriza.



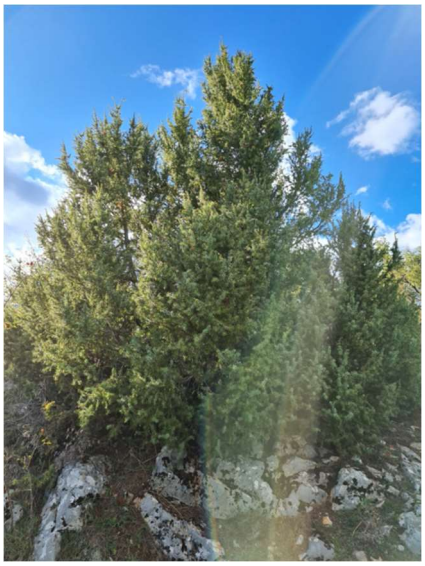
Slika 1. Habitus obične borovice.

Pupovi su sitni i pokriveni su ljuskama. Iglice su raspoređene po tri u pršljenu, duge 20 – 30 mm i do 2 mm široke, uspravne, najšire u osnovi te se postupno sužavaju u šiljasti, bodljikavi vrh. Donja strana iglica je zelene boje, dok gornju stranu karakterizira jedna siva ili bijela uzdužna pruga puči. Na biljci ostaju do četiri godine (Šilić 2005; Idžojtić 2009). Na trapezoidnom poprečnom presjeku vidljiva je jedna žila i ispod nje krupan smolni kanal (Herman 1971).

Muški cvjetovi su jajasti i svijetložuti te se sastoje od većeg broja prašnika, smješteni u pazušcima listova, 2 – 3 zajedno. Muški cvjetovi zameću se još ujesen, a razvijaju se iduće proljeće. Ženski cvjetovi su pojedinačni i zeleni, a smješteni su u pazušcima krupnijih iglica. Bobuljasti češer je kuglastog do jajastog oblika, mesnat te sastavljen od tri do šest ljusaka, smješten na kratkoj stapci. U početku svijetlozelen, a nakon dozrijevanja plavkastocrn i sivkasto nahukan (slika 3). Bobuljasti češeri dozrijevaju druge ili treće godine. Broj sjemenki varira, a većinom se nalaze po tri u bobuljastom češeru. Sjeme je tvrdo, čunjasto, trokutasto i smeđe (Idžojtić 2013).

Obična borovica je anemofilna i heliofilna vrsta. Podnosi jaki mraz i velike suše. Vrijeme cvjetanja obično je tijekom travnja i svibnja te u ovisnosti o nadmorskoj visini. Razmnožavanje je sjemenom ili vegetativno reznicama (Godet 2000). Obična borovica raste

veoma sporo pa stoga najčešće ima oblik grma, ali može imati i habitus stabla s vitkom čunjastom krošnjom. Pojedini primjerci mogu postići visoku starost (Herman 1971).



Slika 2. Habitus obične borovice.



Slika 3. Bobuljasti češeri.

1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

Obična borovica je najrasprostranjenija vrsta od svih četinjača (slika 4). Dolazi u Europi i Maloj Aziji, odakle se prostire na Kavkaz, Iran, Afganistan i Himalaju. Osim Euroazije, dolazi i u Sjevernoj Americi, a rjeđe i u planinama sjeverne Afrike. U sjevernoj Americi rasprostire se od Aljaske na istoku do Labradora i Grenlanda, na jug do New Yorka i na zapad do Minestone i Woyminga; također na jugu ide u sjeverozapadnu Južnu Karolinu i centralnu Arizonu. Kod nas je prirodno veoma raširena naročito u hrastovim i bukovim šumama kao i u degradiranim šumama bukve i jele. Ima je također i na otvorenim položajima, na planinskim pašnjacima, goletima i šumskim sječinama. Dolazi na vapnencima, kiselim tlima u degradiranim zajednicama kitnjaka i obične breze te u vrištinama i bujadnicama brdskih i nižih planinskih predjela (Godet 2000). Ima vrlo široku ekološku valenciju. Nalazimo ju na kserotermnim i mezofilnim staništima, a veoma je česta na acidofilnim zemljištima i potpuno devastiranim terenima (šikare, vrištine, napušteni travnjaci i pašnjaci). Pridolazi od nizinskog pa sve do subalpskog pojasa naših planina (Vidaković 1993; Šilić 2005).



Slika 4. Prirodna rasprostranjenost obične borovice.

1.4. Varijabilnost istraživane vrste

Obična borovica predstavlja veoma varijabilnu vrstu s nekoliko geografskih varijeteta i sa znatnim brojem kultivara. Jedan od najraširenijih varijeteta je *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall., klečica, koja se odlikuje niskim rastom, jako zbijenim pršljenovima iglica te kraćim i mekšim iglicama. Bijela pruga na gornjoj strani iglica je široka. Na temelju bobuljastih češera teško ju razlikovati od obične borovice. Glavno područje njezinoga rasprostranjenja leži u polarnim krajevima Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Na području našega krša nalazimo je u pretplaninskim šumama. *Juniperus communis* var. *jackii* Rehd. raste kao polegli grm s bičastim, puzavim, do jedan metar dugačkim i gotovo nerazgranjenim granama. Iglice su linearno suličaste i savijene u obliku srpa. Raste u Oregonu i u sjevernom dijelu Kalifornije. *Juniperus communis* var. *nipponica* Wils. raste poleglo kao i var. *saxatilis* na koju jako i nalikuje, ali iglice imaju odozgo duboku brazdicu, a odozdo rebro. Raste u planinskim regijama Japana.

Od kultivara valja istaći kultivar ‘Compressa’, koji je patuljasti, stupasti, do 1 m visoki kultivar s gustim ograncima i tankim, 3 – 6 mm dugačkim iglicama svijetlozelene boje. Kultivar ‘Cracovica’, brzorastući je kultivar s čunjastom krošnjom sastavljenom od horizontalno otklonjenih na vrhu prevješenih ogranaka. Iglice su kratke, svijetlozelene boje. Nadalje, kultivar ‘Depressa Aurea’, veoma je dekorativan patuljasti kultivar obične borovice. Iglice su na bazi ogranaka žute, a pri vrhu smećkastožute. Nažalost, ovaj je kultivar sklon bolestima što uzrokuje ugibanje ogranaka. Kultivar ‘Hornibrookii’ je patuljasti, puzavi kultivar sa sjajnim, tamnosmeđim puzavim i na vrhu donekle uspravnim granama i grančicama nejednake dužine. Iglice su jako guste i bodljikave, odozgo srebrnasto bijele i isprugane, a odozdo zelene. Zimi poprimaju smeđu boju. Veoma je dekorativan i jedan je od najčešćih kultivara obične borovice. Kultivar ‘Oblonga Pendula’ je kultivar obične borovice koji raste kao široko-stupasti grm s visećim ograncima i tankim iglicama u međusobno znatno udaljenim pršljenovima. Kultivar ‘Repanda’ je patuljasti, puzavi, kuglasti kultivar s gustim i tankim ograncima smeđe boje. Iglice su guste, mekane, odozgo srebrnastobijele

isprugane, a odozdo zelene. ‘Suecica’ je stupasti do 10 m visoki kultivar s prevješenim ograncima. Iglice su bodljikaste, šire i kraće ušiljena vrha. U Skandinaviji raste prirodno. Postoje još brojni kultivari koji se razlikuju po habitusu i iglicama (Herman 1971).

1.5. Primjena istraživane vrste

Obična borovica ima veliku primjenu. Drvo je jedričavo s uskom žućkastom bijeli i svijetlosmeđom srži bez smolnih kanala. Ono je mekano, elastično, trajno i osobito podesno za tokarske i rezbarske radove. Bobuljasti češeri služe kao lijek, kuhinjski začin i za pečenje rakije, a suhe grane se koriste za kađenje mesa (Herman 1971). Bobuljasti češeri sakupljaju se ujesen, no zbog vrlo bodljikavih iglica teško se ubiru. Plodovi sadrže do 33 % invertnog šećera, eterično ulje, flavonoide, glikozide, biflavonoide, proantocijanide, katehinske trijeslovine, malo pektina i guma, vosak, smolu i organske kiseline. Iglice obične borovice mogu se koristiti za čaj, bogate su vitaminom C. Bobuljasti češeri koriste se za začinjavanje hrane, najčešće kao dodatak varivima i jelima od kiselog kupusa. Čaj od bobuljastih češera koristan je kao diuretik i za poticanje apetita. U pučkoj medicini upotrebljavao se za čišćenje krvi, no izbjegava se njegova konzumacija kod slabosti bubrega, pogotovo za dužu upotrebu jer dolazi do njihova oštećenja. Trudnice bi također trebale izbjegavati bobuljaste češere obične borovice. Eterično ulje dobiveno destilacijom vodenom parom koristi u aromaterapiji. Zbog analgetskog i protuupalnog djelovanja korisno je kod upalnih i degenerativnih bolesti zglobova. Nalazi se također u recepturama za celulit i ponekad zbog antiseptičkih osobina u pripravcima za njegu kože (Grlić 1990; Godet 2000).

1.6. Dosadašnja istraživanja

Do sada su provedena brojna istraživanja obične borovice u svijetu, koja su uglavnom orijentirana na genetiku, a tek nekolicina njih na morfologiju.

Vaičiulyté i Ložienė (2013) istražuju morfološku varijabilnost iglica i nezrelih bobuljastih češera sakupljenih sa 110 jedinki na 11 različitih stanišnih tipova na području Litve te zaključuju da postoje statistički značajne razlike između populacija prema dužini iglica i masi bobuljastih češera. Prosječna dužina iglica obične borovice u njihovom istraživanju bila je 12,3 mm.

Vasić i dr. (2014) ispituju morfologiju iglica i njihovu ovisnost s geografskim čimbenicima na području Srbije te dolaze do zaključka da se dužina iglica smanjuje, a širina i debljina povećava s porastom nadmorske visine.

Najopsežnije morfološko istraživanje provode Knyazeva i Hantemirova (2020). U navedeno istraživanje uključen je biljni materijal iz 27 populacija iz Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Ovo istraživanje je pokazalo veliku plastičnost morfoloških karakteristika iglica kao i značajnu međupopulacijsku varijabilnost. Osim toga, pokazalo se da se var. *communis* i var. *saxtailis* genetički ne razlikuju, već iskazuju značajne morfološke razlike zbog različitih ekoloških uvjeta u kojima rastu, zbog čega bismo ih mogli nazvati ekotipovima.

García i dr. (2000) istražuju geografsku varijabilnost u količini sjemena te gubitku sjemena zbog neuspjelog oprašivanja i divljih životinja na uzorku od 31 populacije s

područja Europe. Broj sjemenki značajno je varirao između i unutar istraživanih populacija, od kojih su mediteranske pokazale najveću brojnost šturog sjemena i najmanje zdravog sjemena. Gubitci uslijed hranjena divljih životinja značajno su varirali na regionalnoj razini, ali nisu pokazali značajne razlike unutar regija, što upućuje na to da životinjska predacija ovisi o lokalnim faktorima. Gubitak sjemena uslijed neuspjele oplodnje također je značajno varirao između regija i populacija, a najveći je bio u pirinejskih populacija. Zanimljivo, produkcija zdravog sjemena postepeno se smanjivala prema sjeveru i jugu, odnosno prema rubovima areala.

Genetičku strukturu populacija obične borovice do sada je proučavalo nekoliko autora koristeći pritom različite molekularne biljege, kao što su AFLP biljezi (Van der Merwe i dr. 2000; Vanden-Broeck i dr. 2011), ISSR biljezi (Valcinskas i dr. 2016) i mikrosateliti (nSSR) (Reim i dr. 2016). Van der Merwe i dr. (2000) utvrđuju iznenađujuće veliku genetičku varijabilnost između britanskih populacija, iako među njima nije utvrđena geografska strukturiranost, zbog čega dolaze do zaključka da je obična borovica naselila Britansko otočje putem tri odvojena koridora. Značajna niska do srednja genska diferenciranost i nedostatak prostorne strukturiranosti utvrđen je na regionalnoj razini u sjeverozapadnoj Europi (Vanden-Broeck i dr. 2011). Općenito, geografski bliske populacije bile su i genetički sličnije. Utvrđen je i visok stupanj unutarpopulacijske varijabilnosti, ali ona nije bila u korelaciji s veličinom populacija ili kvalitetom sjemena.

Genetičku strukturu sedam fragmentiranih populacija s područja savezne pokrajine Saske u Njemačkoj istražuju Reim i dr. (2016). Istraživane populacije pokazale su visoku raznolikost, ali nije utvrđena populacijska diferencijacija među njima, što je u skladu s rezultatima kontrolnih uzoraka iz Italije, Slovačke i Norveške. Takvi rezultati upućuju na visok protok gena putem peludi i sjemena između istraživanih populacija. Vilcinskas i dr. (2016) utvrđuju značajnu koreliranost između genetičke i geografske udaljenosti između populacija u Litvi, kao i njihovu geografsku strukturiranost na sjeverne i južne.

Osim u genetičkim istraživanjima populacijskog karaktera različiti molekularno-biološki markeri često su korišteni i za utvrđivanje nižih taksona obične borovice (Khantemirova i Semerikov 2010; Adams i dr. 2014; Knyazeva i Hantemirova 2020).

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija obične borovice (*Juniperus communis*) na temelju morfoloških karakteristika bobuljastih češera i sjemenki na materijalu iz tri prirodne populacije iz Like. Morfometrijsko istraživanje unutar- i među-populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi šest morfoloških svojstava bobuljastih češera, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Materijal

U istraživanje su uključene tri populacije obične borovice iz Like (tablica 1): Brinje, Krasno i Otočac. Terenska istraživanja provedena su u listopadu i studenom 2020. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje bobuljastih češera za morfometrijsku analizu. Unutar svake populacije odabrano je po 10 ženskih grmova/stabla s kojih su sakupljeni izbojci s bobuljastim češerima (slika 5). Sakupljeni materijal je potom pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija obične borovice.

Populacija	Geografska širina (˚)	Geografska dužina (˚)	Nadmorska visina (m)
Brinje	45,034190	15,178559	559
Krasno	44,817993	15,100287	803
Otočac	44,949374	15,105334	442



Slika 5. Uzorci obične borovice za morfometrijska istraživanja.

3.2. Morfometrijska analiza bobuljastih češera

Prije no što se je pristupilo morfometrijskoj analizi sa svakoga izbojka izabrano je po 20 potpuno razvijenih i zrelih bobuljastih češera. Bobuljastim češerima je zatim pomoću digitalne pomične mjerke (AlphaTools®) izmjerena širina (W) i dužina (H) te je vizualno

određen broj češernih ljusaka (CSN). Iz svakog češera su zatim ručno izvađene i prebrojane sjemenke (SN) te je pomoćnu digitalne pomične mjerke izmjerena i njihova debljina (ST). Značajke širina (W) i dužina (H) stavljene su i u međusobni odnos (W/H) kako bi se iz njih mogao definirati oblik bobuljastog češera.

3.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu korištene su standardne formule deskriptivne i multivarijatnih statističkih metoda (Sokal i Rohlf 1989; McGarigal i dr. 2000). Kod statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), medijan (MED), minimalna vrijednost (MIN), maksimalna vrijednost (MAX), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV%).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i grm/stablo, na način da je faktor "grm/stablo" ugniježđen unutar faktora "populacija".

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza (Poljak i dr. 2014, 2018; Zebec i dr. 2010, 2014, 2015). Analiza je rađena hijerarhijskom metodom udruživanja objekata pri čemu je izrađeno vertikalno hijerarhijsko stablo. Za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata korištene su Euklidove udaljenosti, a za udruživanje UPGMA metoda.

Kako bi se utvrdilo koje značajke nabolje razlikuju istraživane populacije korištena je diskriminantna analiza (Zebec 2010; Poljak 2014). Nezavisne varijable koje su korištene za razlikovanje grupa, u model su unesene sukcesivno, odnosno postupnom metodom prema naprijed (*forward stepwise method*). Drugim riječima, varijable su unošene jedna po jedna i to na način da prvenstvo ima varijabla s najvećim signifikantnim doprinosom razlikovanju grupa. Diskriminacijske funkcije dobivene su pomoću kanoničke analize. Za svaku signifikantnu funkciju potom su određeni standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli i to za svaku varijablu posebno. Pomoću navedenih koeficijenata određuje se veličina i smjer doprinosa svake pojedine varijable svakoj od izračunatih diskriminacijskih funkcija. Što je veći standardizirani koeficijent po svojoj apsolutnoj vrijednosti to je i veći doprinos određene varijable razlikovanju grupa koje je definirano određenom diskriminacijskom funkcijom. I na kraju, kako bi se odredilo između kojih je grupa definirano razlikovanje dobivenim funkcijama, određene su sredine funkcija.

Kako bi se omogućila klasifikacija novih uzoraka u jednu od analiziranih grupa izračunate su klasifikacijske funkcije za svaku od tih grupa. Uzorak se uvrštava u onu grupu za koju je klasifikacijski rezultat najveći. Nakon toga, izrađuje se klasifikacijska matrica pomoću koje se može vidjeti u koje bi grupe bili raspoređeni postojeći podatci pomoću dotičnih klasifikacijskih funkcija. Ukoliko se postojeći podatci sa zadovoljavajućom vjerojatnošću točno klasificiraju u grupe, utoliko je pretpostavka da će novi podatci s jednakom vjerojatnošću biti klasificirani u jednu od grupa.

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize bobuljastih češera prikazani su u tablici 2 po populacijama te ukupno za sve populacije zajedno. Za svaku mjerenu morfološku značajku prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), medija (MED), minimalna vrijednost (MIN), maksimalna vrijednost (MAX), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV). Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom.

Prosječna širina bobuljastog češera (W) iznosila je 6,14 mm s koeficijentom varijacije od 10,94 %, što ju čini najmanje varijabilnom značajkom. Prosječna dužina češera (H) iznosila 6,25 mm, s koeficijentom varijabilnosti od 15,92 %. U prosjeku, omjer između ove dvije vrijednosti (W/H) za sve populacije zajedno iznosio je 1,00, što upućuje na pravilan, kuglasti oblik bobuljastih češera. Najvarijabilnijom značajkom pokazao se broj češernih ljusaka (CSN), čiji koeficijent varijabilnosti iznosi 25,60 %, iza kojeg slijedi broj sjemenki (SN) s 18,94 %. U prosjeku, bobuljasti češer se sastojao od 3,25 češerne ljuske i sadržavao je 2,87 sjemenki, koje su u prosjeku bile debljine od 2,09 mm.

Populacija Otočac ističe se po najvećim prosječnim vrijednostima za tri od šest značajki, za širinu (6,33 mm) i dužinu (7,09 mm) bobuljastih češera te debljinu sjemenki (2,16 mm), što upućuje da navedena populacija ima najveće bobuljaste češere. S druge strane, populacija Krasno ističe se najmanjim vrijednostima za tri značajke, za širinu (5,82 mm) i dužinu (5,48 mm) bobuljastog češera i broj češernih ljusaka (3,02). Istu populaciju karakteriziraju i najveći koeficijenti varijacije za pet od šest značajki, što ju čini najvarijabilnijom populacijom. Osim toga, populacija Krasno je u prosijeku sadržavala i najviše sjemenki po bobuljastom češeru, 3,02. Najveći broj ljusaka zabilježen je u populacije Brinje (3,72), koja je osim toga imala i najmanji broj sjemenki te najtanje sjemenke. Populacija Brinje se osim toga pokazala i kao najmanje varijabilna populacija, budući da ima najmanje vrijednosti koeficijenta varijacije za četiri od šest mjerenih značajki. Promatrajući omjer između širine i dužine bobuljastog češera, vidljivo je da je on najmanji u populacije Otočac, što ukazuje na šire, kuglastije češere, dok je on najveći u populacije Krasno, što ukazuje na uže i nešto dugoljastije bobuljaste češere.

Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji.

Populacija	Deskriptivni pokazatelj	Značajke					
		W (mm)	H (mm)	CSN	SN	ST (mm)	W/H
Brinje	M	6,28	6,18	3,72	2,80	2,02	1,02
	MED	6,34	6,19	3,00	3,00	2,03	1,01
	MIN	4,49	4,29	2,00	1,00	1,17	0,83
	MAX	7,73	7,42	6,00	4,00	2,75	1,30
	SD	0,49	0,58	1,29	0,48	0,25	0,09
	CV (%)	7,85	9,43	34,70	17,17	12,27	9,03
Krasno	M	5,82	5,48	3,02	3,02	2,08	1,07
	MED	5,73	5,47	3,00	3,00	2,07	1,06
	MIN	3,97	3,96	3,00	1,00	0,95	0,73
	MAX	8,15	8,11	4,00	5,00	3,01	1,53
	SD	0,71	0,73	0,12	0,62	0,34	0,14
	CV (%)	12,14	13,32	4,04	20,63	16,21	12,63
Otočac	M	6,33	7,09	3,03	2,80	2,16	0,90
	MED	6,24	7,10	3,00	3,00	2,15	0,90
	MIN	4,97	5,03	3,00	1,00	1,36	0,67
	MAX	8,29	9,91	6,00	4,00	2,97	1,26
	SD	0,68	0,89	0,30	0,49	0,27	0,08
	CV (%)	10,70	12,61	9,88	17,54	12,59	8,87
Ukupno	M	6,14	6,25	3,25	2,87	2,09	1,00
	MED	6,15	6,18	3,00	3,00	2,08	0,98
	MIN	3,97	3,96	2,00	1,00	0,95	0,67
	MAX	8,29	9,91	6,00	5,00	3,01	1,53
	SD	0,67	1,00	0,83	0,54	0,29	0,13
	CV (%)	10,94	15,92	25,60	18,94	14,05	12,83

4.2. Analiza varijance (ANOVA)

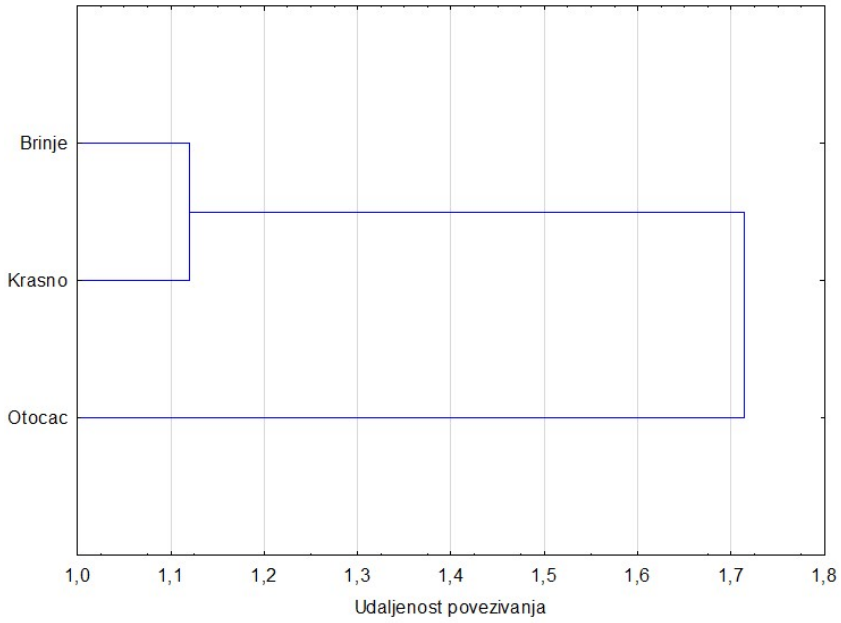
Rezultati provedene hijerarhijske analize varijance prikazani su u tablici 3. Crvenom bojom označene su statistički značajne p vrijednosti. Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i grm/stablo (populacija). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike na međupopulacijskoj razini prema svim mjerenim značajkama bobuljastih češera, osim prema broju i debljini sjemenki (p = 0,16; p = 0,20). Grmovi i stabla obične borovice unutar populacija statistički značajno su se razlikovali za sva istraživana svojstva. Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) dobiven je uvid u zastupljenost pojedinih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci za sve istraživane varijable. Iz navedenih rezultata vidljivo je da najveći udio u ukupnoj varijabilnosti zauzima komponenta ostatka, osim za značajku dužina bobuljastog češera i omjer širine i dužine bobuljastog češera gdje je varijabilnost najveća između populacija.

Tablica 3. Univarijatna analiza varijance – ANOVA.

Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	*p*-vrijednost
W	Populacija	2	4,16	13,49	0,03
	Stablo (Populacija)	28	15,63	37,38	< 0,01
	Ostatak			49,13	
H	Populacija	2	19,40	50,62	< 0,01
	Stablo (Populacija)	28	24,60	27,52	< 0,01
	Ostatak			21,56	
CSN	Populacija	2	10,51	18,60	< 0,01
	Stablo (Populacija)	28	6,27	17,52	< 0,01
	Ostatak			63.88	
SN	Populacija	2	1,96	2,40	0,16
	Stablo (Populacija)	28	6,79	22,50	< 0,01
	Ostatak			75,10	
ST	Populacija	2	1,68	2,82	0,20
	Stablo (Populacija)	28	9,72	30,04	< 0,01
	Ostatak			67,14	
W/H	Populacija	2	15,35	39,19	< 0,01
	Stablo (Populacija)	28	15,21	25,67	< 0,01
	Ostatak			35,14	

4.3. Klasterska analiza

Rezultati provedene klasterske analize za tri populacije obične borovice u Lici prikazani su na slici 6. Iz dendrograma je jasno vidljivo da su međusobno najsličnije populacije Brinje i Krasno. Navedenim populacijama se na udaljenosti povezivanja od 1,72 pridružuje populacija Otočac.



Slika 6. Horizontalno hijerarhijsko stablo tri populacije obične borovice, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.

4.4. Diskriminantna analiza

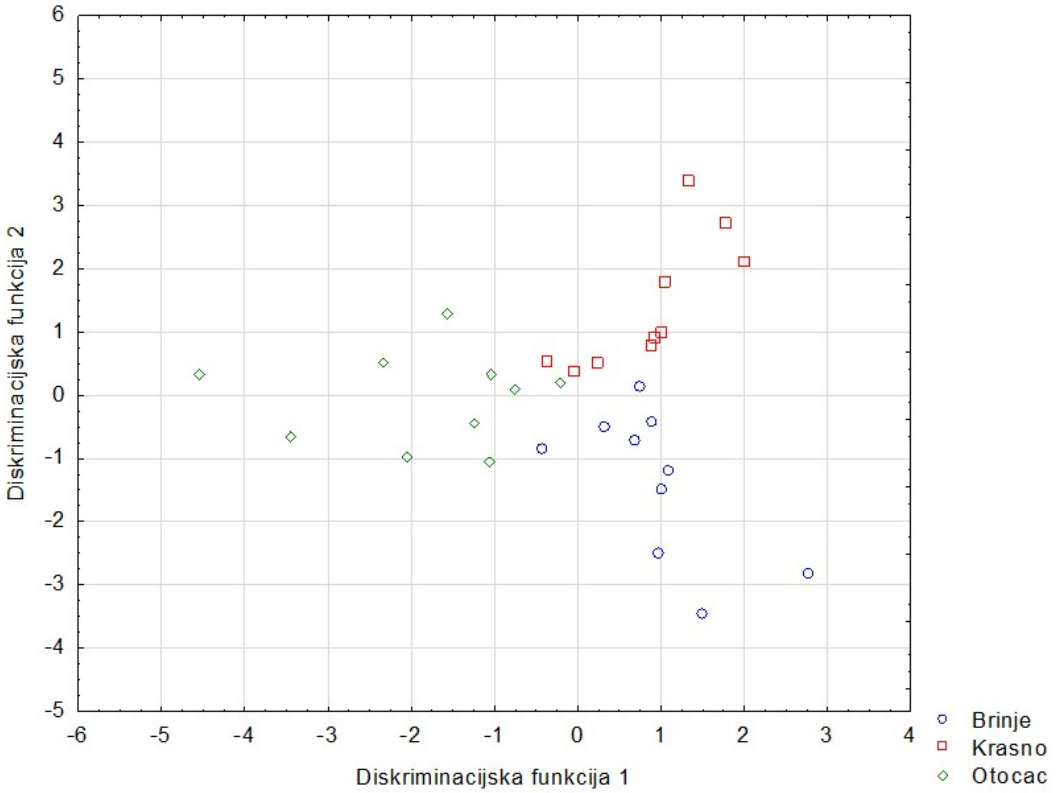
Cjelokupni rezultati diskriminantne analize nam ukazuju na činjenicu da je razlikovanje između istraživanih populacija signifikantno: Wilksova $\lambda = 0, 03836$; $F(30,79) = 5,4270$; $p < 0,0001$. Za šest varijabla i tri grupe kanoničkom analizom dobivene su dvije diskriminacijske funkcije. Iz sredina kanoničkih varijabla vidljivo je da prva diskriminacijska funkcija najbolje razlikuje populaciju Otočac od populacija Brinje i Krasno (tablica 4). Iz tablice 5 vidljivo je da tom razlikovanju u najvećoj mjeri pridonose varijable: dužina i širina bobuljastog češera. Iz iste tablice, koja sadrži i svojstvene vrijednosti te kumulativni udio rastumačene varijabilnosti za svaku diskriminacijsku funkciju, može se vidjeti da prva diskriminacijska funkcija sadrži 56,2 % objašnjene varijabilnosti. Druga diskriminacijska funkcija, koja zajedno s prvom objašnjava 100 % varijabilnosti, najbolje razlikuje populaciju Brinje od populacije Krasno. Razdvajanju tih dviju populacija najviše pridonose značajke širina i oblik bobuljastog češera. Na slici 7 prikazane su projekcije kanonskih varijabla za prve dvije diskriminacijske funkcije. Na grafu se jasno nazire odvajanje istraživanih populacija.

Tablica 4. Sredine kanoničkih varijabla za dvije diskriminacijske funkcije, po grupama.

Populacija	Diskriminacijska funkcija 1	Diskriminacijska funkcija 2
Brinje	0,94840	-1,37728
Krasno	0,87565	1,41440
Otočac	-1,82405	-0,03711

Tablica 5. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabla.

Značajka	Diskriminacijska funkcija 1	Diskriminacijska funkcija 2
W	1,60200	-1,41616
H	-2,41037	1,19203
CSN	0,30351	-0,76204
SN	-0,04786	0,56248
ST	-0,27204	0,38898
W/H	-0,92426	1,18675
Svojstvena vrijednost	1,84941	1,44400
Kumulativna proporcija	0,56155	1,00000



Slika 7. Grafički prikaz prve i druge diskriminacijske funkcije.

Osim razlikovanja unaprijed definiranih grupa, diskriminantna analiza se koristi i za klasifikaciju novih uzoraka u jednu od tih grupa, na način da za svaku grupu imamo klasifikacijsku funkciju (rezultati nisu prikazani). Podatci postojećeg uzorka uvršteni su u klasifikacijske funkcije i to na način da su svrstani u onu grupu za koju je klasifikacijski rezultat najveći, a kao rezultat dobivena je klasifikacijska matrica.

Sve istraživane jedinke, odnosno grmovi i stabla, klasificirani su u grupe kojima najvjerojatnije pripadaju (tablica 6). Na temelju izmjerenih morfoloških karakteristika bobuljastih češera, uzorci iz populacije Krasno točno su klasificirani u 100 % slučajeva, kao i oni iz populacije Otočac. Najmanje precizno klasificirani uzorci su oni iz populacije Brinje, koji su točno klasificirani u 90 % slučajeva. Ukupna točnost klasifikacije iznosila je 96,7 %.

Tablica 6. Klasifikacijska matrica. Svi mjereni podatci su prema klasifikacijskim funkcijama razvrstani u grupe kojima najvjerojatnije pripadaju. U drugoj koloni je postotak točno klasificiranih podataka.

Populacija	Postotak klasifikacije	Brinje	Krasno	Otočac
Brinje	90,0	9	1	0
Krasno	100,0	0	10	0
Otočac	100,0	0	0	10
Ukupno	96,7	9	11	10

5. RASPRAVA

Prosječne vrijednosti morfoloških karakteristika bobuljastih češera u ovom istraživanju u skladu su s vrijednostima zabilježenima u dendrološkoj literaturi (Herman 1971; Vidaković 1993; Idžojtić 2013; Roloff i Bärtels 2014). Prosječna širina bobuljastog češera iznosila je 6,14 mm, a dužina 6,25 mm. Broj češernih ljusaka u prosjeku je bio 3,25, a svaki je bobuljasti češer u prosjeku sadržavao 2,87 sjemenki prosječne debljine 2,09 mm. Najvarijabilnijom značajkom pokazao se broj češernih ljusaka (CV = 25,60 %), dok je najmanje varijabilna bila širina češera (CV = 10,94 %). Koeficijenti varijabilnosti dobiveni u ovom istraživanju slični su onima koje su u svom istraživanju varijabilnosti bobuljastih češera šmrike dobili Brus i dr. (2014).

Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike na unutar- i među-populacijskoj razini za skoro sve mjerene značajke. Relativno visoka razina varijabilnosti na unutar-populacijskom nivou može se objasniti kao posljedica fenotipske prilagodbe različitim mikro-stanišnim uvjetima koji se odražavaju na svaku jedinku, ali i kao rezultat genskih razlika među pojedinim jedinkama (Brus i dr. 2011).

Općenito, u fragmentiranih i prostorno izoliranih populacija za očekivati je ograničen protok gena i visoku genetičku diferenciranost. Suprotno očekivanjima, u populacija obične borovice iz Njemačke, Italije, Slovače i Norveške zabilježena je velika genetička raznolikost, ali slaba diferenciranost između populacija (Reim i dr. 2016). Isto je potvrđeno i od strane drugih autora (Khantemirova i Semerikov 2010; Michalczyk i dr. 2010; Vanden-Broeck et al. 2011). Ovakvi su rezultati mogući jedino pod uvjetom da je protok gena između populacija moguć, a poznato je da golosjemenjače pokazuju bolji protok gena u usporedbi s kritosjemenjačama (Govindaraju 1989). Sličnost između haplotipova obične borovice iz zapadnih i središnjih djelova Kavkaza i srednjeeuropskih haplotipova potvrđena u prijašnjoj studiji (Knyazeva i Hantemirova 2020) upućuje na slobodan protok gena u prošlosti iz vlažnijih područja sjevernog Kavkaza prema europskim planinskim masivima. To najbolje pokazuje činjenica da populacija Soči u Rusiji, koja se nalazi na krajnjem zapadnom dijelu Kavkaza, pokazuje značajnu sličnost s populacijom iz austrijskih Alpa i vrlo malo sličnosti s kavkaskim populacijama.

Istraživanjem je utvrđeno da se populacije obične borovice na području Like razlikuju s obzirom na oblik bobuljastih češera te broj češernih ljusaka. Takve razlike na među-populacijskom nivou upućuju na razlike u genetičkoj raznolikosti istraživanih populacija. S druge strane razlike u veličini bobuljastih češera mogu upućivati na fenotipsku plastičnost istraživane vrste. Specifični uvjeti pridolaska istraživanih populacija mogli su utjecati na veličinu bobuljastih češera. Naime, populacija Krasno koja ima najmanje dimenzije bobuljastih češera nalazi se na najvišoj nadmorskoj visini od svih istraživanih populacija. S promjenom nadmorske visine mijenja se temperatura zraka, vlaga zraka i količina oborina, što dovodi do promjene stanišnih uvjeta koji mogu utjecati na veličinu iglica i bobuljastih češera (Bresson i dr. 2011). Takav trend variranja morfoloških svojstava zabilježen je i u morfometrijskom istraživanju koje provode Vasić i dr. (2014). Navedeni autori bilježe promjenu u veličini iglica s promjenom nadmorske visine. Utvrđeno je da biljke na višim nadmorskim visinama imaju manje iglice u odnosu na one koje rastu na nižim nadmorskim visinama.

6. ZAKLJUČCI

Obična borovica izrazito je varijabilna vrsta, koja obuhvaća nekoliko varijeteta i veliki broj kultivara, odnosno hortikulturnih formi. Tipična vrsta može se koristiti za pošumljavanje siromašnih pjeskovitih terena i požarišta te drugih čistina.

Prosječna širina bobuljastog češera (W) iznosila je 6,14 mm, a prosječna dužina (H) 6,25 mm. Omjer između ove dvije vrijednosti (W/H) za sve populacije zajedno iznosio je 1,00, što upućuje na pravilan, kuglasti oblik bobuljastih češera. Najvarijabilnijom značajkom pokazao se broj češernih ljusaka (CSN), CV = 25,60 %, a najmanje varijabilnom prosječna širina bobuljastog češera (W), CV = 10,94 %. Prosječno najveće češera imala je populacija Otočac, dok su najmanji i najvarijabilniji češeri odlikovali populaciju Krasno.

Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike na međupopulacijskoj razini prema svim mjerenim značajkama bobuljastih češera, osim prema broju i debljini sjemenki. Grmovi i stabla obične borovice unutar populacija statistički značajno su se razlikovali za sva istraživana svojstva.

Trend variranja populacija obične borovice na području Like dodatno je analiziran multivarijatnim statističkim metodama - klasterskom i diskriminantnom analizom. Klasterskom analizom utvrđeno je da su međusobno najsličnije populacije Brinje i Krasno. Prva diskriminacijska funkcija najbolje je razlikovala populaciju Otočac od populacija Brinje i Krasno, a druga diskriminacijska funkcija populaciju Brinje od populacije Krasno. Na grafičkom prikazu utvrđeno je da se populacije obične borovice jasno mogu razlikovati na osnovi morfologije bobuljastih češera.

Ovim istraživanjem dobiven je uvid u raznolikost i strukturiranost populacija obične borovice na području Like. Ovaj rad može poslužiti kao osnova za daljnja morfometrijska i molekularno-biološka istraživanja ove vrste u Hrvatskoj.

7. LITERATURA

Adams, R.P., Tashev, A.N., Schwarzbach, A.E., 2014: Variation in *Juniperus communis* trees and shrubs from Bulgaria: analyses of nrDNA and cpDNA regions plus leaf essential oil, Phytologia, 96 (2): 124–129.

Bresson, C., Vitasse, C.Y., Kremer, A., Delzon, S., 2011: To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? Tree Physiology, 31 (11): 1164–1174.

Brus, R., Ballian, D., Zhelev, P., Pandža, M., Bobinac, M., Acevski, J., Raftoyannis, Y., Jarni, K., 2011: Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula, European Journal of Forest Research, 130: 657–670. 1 https://doi.org/0.1007/s10342-010-0457-1

Brus, R., Idžojtić, M., Jarni, K., 2014: Morphological variation in northern marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* populations in Istria, Plant Biosystems, 150 (2): 274–284, http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.984790

García, D., Zamora, R., Gómez, J.M., Jordano, P., Hódar, J.A., 2000: Geographical variation in seed production, predation and abortion in *Juniperus communis* throughout its range in Europe, Journal of Ecology, 88: 436–446.

Godet, J-D., 2000: Drveće i grmlje: cvjetovi listovi, pupovi i kora: Godetov vodič, Naklada C, Zagreb.

Govindaraju, D.R., 1989: Estimates of gene flow in forest trees, Biological Journal of the Linnean Society, 37(4): 345–357.

Grlić, LJ., 1990: Enciklopedija samoniklog jestivog bilja, Ex Libris, 460 STR., Rijeka.

Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470 str., Zagreb.

Hontemirova, E.V., Berkutenko, A.N., Semerikov, V.L., 2012: Systematics and gene geography of *Juniperus communis* L. inferred from isoenzyme data, Russian Journal of Genetics, 48 (9): 920–926. https://doi.org/10.1134/S1022795412090050

Idžojtić, M., 2009: Dendrologija list. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 903 str., Zagreb.

Idžojtić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str., Zagreb.

Khantemirova, E.V., Semerikov, V.L., 2010: Genetic variation of some varieties of common juniper *Juniperus communis* L. inferred from analysis of allozyme loci, Russian Journal of Genetics, 46, 546–554.

Knyazeva, S. G., Hantemirova, E.V., 2020: Comparative analysis of genetic and morpho-anatomical variability of common juniper (*Juniperus communis* L.), Russian Journal of Genetics, 56 (1): 48–58. https://doi.org/10.1134/S102279542001007X

McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.

Michalczyk, I.M., Opgenoorth, L., Luecke, Y., Huck, S., Ziegenhagen, B., 2010: Genetic support for perglacial survival of *Juniperus communis* L. in Central Europe, The Holocene, 20 (6): 887–894. https://doi.org/10.1177/0959683610365943

Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika – Raznolikost i evolucija biljnog svijeta, Alfa d.d., 882 str., Zagreb.

Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.

Poljak, I., Idžojtić, M., Šapić, I., Vukelić, J., Zebec, M., 2014: Varijabilnost populacija bijele (*Alnus incana* (L.) Moench) i crne johe (*A. glutinosa* (L.) Gaertn.) na području Mure i Drave prema morfološkim obilježjima listova, Šumarski list, 138 (1–2): 7–17.

Poljak, I., Idžojtić, M., Šapić, I., Korijan, P., Vukelić, J., 2018: Diversity and structure of Croatian continental and Alpine-Dinaric populations of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench subsp. *incana*): Isolation ba distance and environment explains phenotypic divergence, Šumarski list, 142 (1–2): 19–32.

Reim, S., Lochschmidt, F., Proft, A., Tröber, U., Wolf, H., 2016: Genetic structure and diversity in Juniperus communis populations in Saxony, Germany, Biodiversity: Research and Conservation, 42: 9–18. https://doi.org/10.1515/biorc-2016-0008

Roloff, A., Bärtels, A., 2014: Flora der Gehölze: Bestimmung, Eigenschafen und Verwendung, Ulmer, Stuttgart, Njemačka.

Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: Biometry, Freeman and CO, San Francisco.

StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

Šilić, Č., 2005: Atlas dendroflore (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine, Čitluk, Bosna i Hercegovina, Čitluk: Matica Hrvatska: Franjevačka kuća Masna Luka.

Trinajstić, I., 1978: Sistematika bilja (Embriobyonta), (interna skripta), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 117 str., Zagreb.

Vaičiulytė, V., Ložienė, K., 2013: Variation of chemical and morphological characters of leaves and unripe cones in *Juniperus communis*, Botanica Lithuanica, 19 (1): 37–47. https://doi.org/10.2478/botlit-2013-0005

Valcinskas, R., Jociene, L., Rekasius, T., Marozas, V., Paulauskas, A., Kupcinskiene, E., 2016: Genetic diversity of Lithuanian populations of *Juniperus communis* L. in relation to abiotic and biotic factors, Dendrobiology, 76: 61–71. http://dx.doi.org/10.12657/denbio.076.006

Van der Merwe, M., Winfield, M. O., Arnold, G. M. , Parker J. S., 2000: Spatial and temporal aspects of the genetic structure of *Juniperus communis* populations, Molecular Ecology, 9: 379–386. https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.00868.x

Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I.M., Verheyen, K., Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: a case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe, BMC Genetics, 12: 73. http://www.biomedcentral.com/1471-2156/12/73

Vasić, P., Krivošej, Z., Topuzović, M., Dubak, D., Prodanović, D., 2014: Morphological-anatomical characteristics of two common junipers (*Juniperus communis* and *Juniperus oxycedrus*) from the area of mountain Kopaonik in Serbia, Agriculture & Forestry, 60 (1): 91–104.

Vidaković, M., 1993: Četinjače – Morfologija i varijabilnost, Zagreb, Hrvatska, Grafički zavod Hrvatske.

Zebec, M., 2010: Morfologija i varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.

Zebec, M., Idžojtić, M., Poljak, I., Mihaldinec, I., 2010: Varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) na području hrvatske Podravine prema morfološkim svojstvima listova, Šumarski list, 134 (11–12): 569–580.

Zebec, M., Idžojtić, M., Poljak, I., 2014: Morfološka varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) na području kontinentalne Hrvatske, Šumarski list, 138 (11–12): 563–572.

Zebec, M., Idžojtić, M., Poljak, I., Modrić, I., 2015: Raznolikost gorskog brijesta (*Ulmus glabra* Huds.) na području gorsko-kotlinske Hrvatske prema morfološkim obilježjima listova, Šumarski list, 139 (9–10): 429–439.

WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.