

Morfološka varijabilnost listova i plodova žestilja (*Acer tataricum* L. subsp. *tataricum*) u Hrvatskoj

Benić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:108:732948>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-25**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO**

LUKA BENIĆ

**MORFOLOŠKA VARIJABILNOST LISTOVA I PLODOVA
ŽESTILJA (*Acer tataricum* L. subsp. *tataricum*) U HRVATSKOJ**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2022.)

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: | Luka Benić |
| JMBAG: | 0068234478 |
| Akad. godina: | 2021./2022. |
| Mjesto, datum obrane: | Zagreb, 16. rujna 2022. godine |
| Sadržaj rada: | Slika: 5 Tablica: 11 Navoda literature: 50 Stranica: 27 |
| Sažetak: | <p>Cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost listova i plodova osam populacija javora žestilja (<i>Acer tataricum</i> L. var. <i>tataricum</i>) na području Republike Hrvatske: Odransko Polje, Lipovljani, Veliki Grđevac, Mali Grđevac, Grubišno Polje, Virovitica, Požega i Županja.</p> <p>Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 18 morfoloških svojstava listova i plodova, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode.</p> <p>Istraživanjem je utvrđena visoka varijabilnost istraživanih morfoloških značajki, a koeficijent varijabilnosti na razini svih populacija kretao se od 4,44 % za svojstvo kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke do 37,40 % za svojstvo širina lista mjerena na 90 % dužine plojke. Međupopulacijska varijabilnost manja je odnosu na unutarpopulacijsku varijabilnost. Multivarijatnim statističkim metodama utvrđeno je odvajanje populacije Županja od ostalih istraživanih populacija. Navedena populacija odlikovale se je najmanjim listovima i plodovima.</p> |



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 koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 14. rujna 2022. godine.

vlastoručni potpis

Luka Benić

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Rod <i>Acer</i> L. | 1 |
| 1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste | 3 |
| 1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste..... | 6 |
| 2. CILJ RADA | 7 |
| 3. MATERIJAL I METODE | 8 |
| 3.1. Materijal..... | 8 |
| 3.2. Morfometrijska analiza listova i plodova | 8 |
| 3.3. Statistička obrada podataka..... | 9 |
| 4. REZULTATI..... | 10 |
| 4.1. Morfometrijska analiza listova | 10 |
| Deskriptivna statistika..... | 10 |
| Analiza varijance – ANOVA | 11 |
| Diskriminantna analiza | 12 |
| 4.2. Morfometrijska analiza plodova | 16 |
| Deskriptivna statistika..... | 16 |
| Analiza varijance – ANOVA | 17 |
| Diskriminantna analiza | 18 |
| 5. RASPRAVA | 21 |
| 6. ZAKLJUČCI..... | 23 |
| 7. LITERATURA | 24 |

1. UVOD

1.1. Rod *Acer* L.

Rod *Acer* L. obuhvaća više od 150 vrsta široko rasprostranjenih na kontinentima sjeverne hemisfere. Samo jednu vrstu javora, *Acer laurinum* Hassk., nalazimo na južnoj hemisferi na otocima Sulawesi i Java u Indoneziji. Više od dvije trećine vrsta ovoga roda od prirode raste u istočnoj Aziji s najvećim centrom raznolikosti u Kini (više od 100 vrsta, od kojih je 61 endemična). Oko 15 vrsta autohtono je u Europi, sjevernoj Africi i zapadnoj Aziji, a samo 13 vrsta u Centralnoj i Sjevernoj Americi.

Javori spadaju među najzastupljenije listopadne vrste šuma sjeverne polutke. Kao florni element često dominiraju u biljnim zajednicama, zbog čega imaju temeljnu ulogu u održavanju stabilnosti ekosustava i bioraznolikosti (Minorsky 2003; Bishop i dr. 2015). Osim zbog ekološke uloge, javori su cijenjeni i zbog svoje iznimne ornamentalne vrijednosti, koju ponajviše duguju lišću različitih oblika i veličina te njihovoj jesenskoj obojanosti (Harris 1975). Neke se vrste koriste i za dobivanje drvene građe i drva za ogrjev (Betts 1959), šećernih proizvoda (Ball 2007) te ljekovitih i bioaktivnih spojeva (Bi i dr. 2016).

Povijesno gledano, rod *Acer* svrstava se u porodicu Sapindaceae ili u porodicu Acearaceae koja je ime upravo i dobila po samom rodu *Acer*. Novije filogenetske analize potvrđuju smještaj ovoga roda unutar porodice Sapinadaceae i potporodice Hippocastanoideae zajedno s rodovima *Dipteronia* Oliv. (pleme Acereae), *Aesculus* L. (oko 13 vrsta), *Billia* Peyritsch (dvije vrste) i *Handeliendron* Rehder (jedna vrsta) unutar plemena *Hippocastaneae* (Savolainen i dr. 2000; Soltis i dr. 2000; Harrington i dr. 2005; Buerki i dr. 2009, 2010).

S obzirom na globalnu važnost i distribuciju roda *Acer*, značajna pozornost dana mu je u pogledu biogeografske povijesti i uloge u evoluciji sjevernih umjerenih šuma (Wolfe i Tanai 1987; Boulter i dr. 1996; Huang i dr. 2002; Renner i dr. 2008). Rod ima izuzetno bogate fosilne zapise koji datiraju iz kasnog paleocena (prije 60–56 milijuna godina) i protežu se kroz većinu kenozoika na području kontinenta sjeverne hemisfere, ponajviše zapadne Sjeverne Amerike (Tanai 1983; Wolfe i Tanai 1987; Crane i dr. 1990; Graham 1999; Manchester 1999). Pretpostavlja se da rod *Acer* upravo i potječe s tog područja zbog toga što su neki od najranijih fosilnih zapisa te najveća raznolikost (i na razini sekcija i na razini vrsta) zabilježeni upravo na području Sjeverne Amerike gdje je doživio veliku diverzifikaciju sredinom eocena (prije 49–47 milijuna godina) nakon čega slijedi migracija u Aziju i Europu (Wolfe i Tanai 1987; Manchester 1999). Američko podrijetlo dodatno podupire i činjenica da su svi pouzdani fosili sestrinskog roda *Dipteronia*, također iz Sjeverne Amerike.

Filogenetske analize roda *Acer* upućuju na složenu biogeografsku povijest koja uključuje višestruke migracije između sjevernih kontinenta praćene valovima širenja i izumiranja. Na primjer, Renner i dr. (2008) otkrili su da su se sjevernoameričke vrste odvojile od svojih europskih i azijskih srodnika u znatno različitim razdobljima između kasnog eocena i kasnog miocena. Ovi autori su zaključili da je došlo do eksplozije

diverzifikacije prije otprilike 40 milijuna godina, nakon čega je uslijedilo smanjenje stope diverzifikacije prije 30 do 20 milijuna godina. Ova studija jedna je od najvećih o rodu *Acer* u smislu broja vrsta i jedna od rijetkih koja je dala vremenski okvir za neke biogeografske događaje, međutim, temeljila se na nekoliko lokusa plastida i nije pružila odgovarajuću razlučivost i temelj za većinu glavnih skupina.

Javori su listopadno ili zimzeleno drveće, rjeđe grmovi. Uglavnom ih ubrajamo u mezofilne vrste. Zbog svoje otpornosti i dobre prilagodljivosti, naseljavaju čitav spektar staništa od nizina s većim udjelom vlažnih staništa pa sve do stjenovitih gorskih područja. U našim prilikama su prijelazna vrsta između pionirskih i klimatogenih sastojina (Krüssmann 1960; Nikolić 2013).

Pupovi javora su unakrsno nasuprotnog rasporeda i pokriveni su većim brojem ljusaka. Vršni pup prednjači u dimenzijama nad bočnim pupovima. Listovi su bez palistića, često jednostavni s izraženim režnjevima. Broj režnjeva varira između pojedinih sekcija unutar roda, ali najčešće vrste ovoga roda imaju tri ili pet režnjeva. Osim jednostavnih listova, pojedine vrste karakteriziraju i neparno perasto sastavljeni listovi s tri do sedam liski ili listića (sekcija *Negudo*). Rub plojke može biti narovašen, cjelovit, napiljen ili nazubljen (Herman 1971; Nikolić 2013).

Cvjetovi u javora su dvodomni i poligamni (andromonecični ili androdiecični), sitni, aktinomorfni. Najčešće s dvostrukim ocvijećem i većinom s diskusom koji ima oblik kotura ili jastuka. Ocvijeće se sastoji od četiri ili pet listića. Broj prašnika u cvijetu je jednak broju latica ili je dvostruko veći (većinom osam). U muškim cvjetovima s prašnicima smještenim na dršcima normalne dužine, pojavljuju se ponekad i zakržljali tući (pistilodij), takve cvjetove nazivamo funkcionalno muškim. Isto tako u ženskim cvjetovima pojavljuju se prašnici s kratkim dršcima bez polena (staminodiji) pa ih nazivamo funkcionalno ženskim (Nikolić 2013).

Javori cvjetaju prije, za vrijeme i poslije listanja. Oprašivanje je entomofilno. Mnogobrojni kukci su privučeni nektarom kojeg biljka izlučuje u području tkiva hipoginog diska. Zbog česte jednospolnosti cvjetova te jednodomnosti samih jedinki, smanjuje se mogućnost samooprašivanja što dovodi do veće genetičke raznolikosti (Nikolić 2013).

Plod javora nazivamo kalavac. On se raspada na dva merikarpa koje pojedinačno nazivamo samare. Svaka samara u svojoj strukturi ima i takozvano krilce koje omogućuje anemohorno rasprostiranje olakšano rotacijom okriljenih merikarpa. Nakon odjeljenja dvaju merikarpa, isti ostaju još neko vrijeme visjeti pričvršćeni za tanku vitičastu nit nastalu od provodnih elemenata koju nazivamo karpofor. Sjemenke javora u svome sastavu ne sadrže endosperm, posjeduju dobro diferenciran embrio klorofilnog tipa, blago savinutog izgleda. Sjemenke posjeduju dvije supke koje mogu biti spljoštene, naborane, savijene ili nepravilnog oblika. Klijanje javora je najčešće epigejično, a u rijetkim slučajevima i hipogejično. Nakon klijanja, javori razvijaju primarni korijen koji je trajnog karaktera (Nikolić 2013).

1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste

Javor žestilj, *Acer tataricum* L. subsp. *tataricum*, listopadni je 5 do 7 metara visoki i široko razgranati grm ili maleno stabalce nepravilnog oblika debla (slika 1). Promjer debla ove vrste obično ne prelazi 30 cm. Krošnja reprezentativnih primjeraka je 2 do 3 m široka te oko 3 do 4 m visoka. Da bi postigao veće dimenzije, javoru žestilju potreban je duži niz godina pa za njega kažemo da je spororastuća vrsta. Ipak, ne dostiže duboku starost kao neke druge spororastuće vrste, već je očekivana starost između 70 i 80 godina. Zbog sporog rasta i male veličine, javor žestilj ne igra značajniju ulogu na drvnom tržištu. Općenito se koristi na lokalnoj razini kao drvo za ogrjev ili kao materijal pri izradi tokarskih proizvoda. Njegova šira upotreba nalazi se u hortikulturi gdje se koristi kao popularno ukrasno drvo koje se lako njeguje. To je posljedica lijepih, crvenih plodova, šarenog jesenskog lišća, ali i neosjetljivosti na gradske emisije štetnih plinova. Žestilj u prirodi čini važnu sastavnicu vjetrozaštitnih pojaseva, osobito na slabo alkalnom tlu. Stelja od lišća poboljšava sastav i strukturu tla na koja se nalazi (Bartha 2011).

Drvo javora žestilja, poznato kao i žestiljovina je jedričavo i rastresito-porozno. Bjeljika je široka, crvenkastobijela, a srž smeđa. Granice između godova su valovite. Drvni trakovi su dosta niski do nekih 1 mm visine. Gustoća drva iznosi 0,6 do 0,65 g/cm³ što ga čini dosta tvrdim i stabilnim materijalom. Njegova izdržljivost u normalnim uvjetima iznosi između 20 do 30 godina, a u suho postavljenim uvjetima, približno 500 godina. (Herman 1971; Bartha 2011).

Kora javora žestilja dugo je vremena glatka, u mladosti svijetlosiva (slika 1), a tek kasnije poprimi tamniju nijansu te uzdužno ispuca. Pukotine se najprije javljaju na kori u području donjeg dijela debla te tamo ostaju najizraženije (Franjić i Škvorc 2010).



Slika 1. *Acer tataricum* L. subsp. *tataricum* – habitus i kora.

Izbojci ove vrste su dosta tanki, s malim naznakama bridova. Goli su te imaju blagi odsjaj. Površina kore na izbojcima je posuta lenticelama. Na izbojcima se nalaze pupovi koji su kao i u svih javora, unakrsno nasuprotno raspoređeni. Dosta su sitnih dimenzija, svega oko 3 mm dugački, jajastog oblika te kratko ušiljenog vrha. Vršni pup je podjednako velik kao i postrani pupovi koji su priklonjeni uz izbojak s malo otklonjenim vrhovima. Uz pup na izdanku nailazimo i na lisni ožiljak koji je uzak, potkovičast s tri traga provodnih snopića. Ožiljak je svijetlosmeđe boje na proširenom lisnom jastučiću. Pošto se radi o vrsti sa unakrsno nasuprotnim rasporedom lišća, nasuprot jednog lisnog ožiljka dolazi i drugi te se oni međusobno ne dodiruju (Idžojtić 2005).

Listovi su jednostavni, 6 – 10 cm dugački te 3 – 8 cm široki (slika 2). Šiljastog su vrha te slabo srcolike osnove. Rub lista je krupno dvostruko napiljen s dosta nepravilnim odstupanjima koja često formiraju režnjeve. Na režnjeva najčešće nailazimo u donjoj trećini lista. Za vrijeme vegetacije, zelene su boje, točnije tamnozeleni s gornje strane lista bez dlačica te svjetlije zeleni s donje strane s prisustvom manjih dlačica uz same žile lista. Peteljka je oko 2,5 cm dugačka, često crvenkaste nijanse na dijelovima stabla koji su više izloženi svjetlu. Ujesen prije otpadanja, listovi poprimaju crvenu boju (Idžojtić 2009).

Žestilj je jednodomna, mirisna, entomofilna vrsta. Cvjetovi su sitni 6 – 8 mm dugački, 4 – 6 mm široki. Čaška cvijeta građena je od pet žučkastih, jajastih, 1,5 – 2 mm dugačkih, po rubu dlakavih lapova. Vjenčić je građen od pet bijelih ili zelenkastih, duguljasto jajastih latica koje su dosta duže od lapova. S obzirom na strukturu i funkciju cvjetova, razlikujemo muške i ženske cvjetove. Muški cvjetovi sadrže osam prašnika na dugačkim prašničkim nitima. Niti su gole i bijele, a prašnice žute. Uz prašnike nailazimo i na zakržljali, rudimentarni tučak koji ne obavlja svoju funkciju pa stoga kažemo da se radi o funkcionalno muškom cvijetu. Ženski cvjetovi sadrže tučak s dvije njuške. Plodnica je nadrasla, dvo-gradna, postrano spljoštena, više ili manje dlakava. Uz tučak, ženski cvijet sadrži i prašnike s kratkim prašničkim nitima i tvrdim peludnicama koje se ne otvaraju. Stoga kažemo da je to funkcionalno ženski cvijet. Različito je vrijeme sazrijevanja prašnika i tučka (dihogamija). U nekih stabala prvo sazrijevaju ženski cvjetovi to jest tučak (proteroginija), a u drugih prvo sazrijevaju muški cvjetovi odnosno prašnici (protandrija).

Sam proces cvjetanja odvija se tijekom travnja i svibnja. Nakon listanja, pojavljuju se 6 – 8 cm dugačke i 3 – 4 cm široke, djelomično uspravne metlice (slika 2) sastavljene od 25 – 30 manjih cvjetova (Idžojtić 2013).

Plodovi su suhi, tvrdi, smeđi do crvenkastosmeđi kalavci (slika 3). Kalavac se sastoji od dva postrana krilca koja su pod oštrim kutom ili skoro paralelna. Nakon što sazriju, kalavci se dijele na dva dijela (merikarp). Oni se često opisuju kao perutke. Merikarp je 2 – 3 cm dugačak, a sjemenka blago izbočena. Plodovi dozrijevaju u rujnu, a rasprostiru se uz pomoć krilca nošeni na vjetru. Masa 1000 zračno suhих plodova iznosi 50 – 60 g (Idžojtić 2013). Plodovi se raznose vjetrom – anemohorna vrsta.



Slika 2. *Acer tataricum* L. subsp. *tataricum* – listovi i cvjetovi.



Slika 3. *Acer tataricum* L. subsp. *tataricum* – plodovi.

1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

Javor žestilj, florni je element tople kontinentalne klime. Ugrubo areal ove vrste možemo smjestiti na područje jugoistočne Europe, Kavkaza te zapadne Azije. Ne nalazimo ga prirodno u zapadnim i sjevernim dijelovima Europe te sjevernim dijelovima zapadne Azije. Zapadnu granicu areala čine istočni dijelovi Slovenije, zapadna Mađarska te zapadni dijelovi Balkanskog poluotoka. Istočno seže do gorja Ural, a južnu granicu rasprostiranja mu čine planinski masivi: Kavkaz na granici Rusije i Gruzije, Rodopi u Bugarskoj, Šar-Planina u Makedoniji te dijelovi Albanije. Sjevernu granicu distribucije čini južna Slovačka te stepska područja sjeverno od Crnog mora gdje je vrsta osobito prisutna. Zbog svojih malih dimenzija, upečatljivih crvenih plodova i lijepih jesenskih listova, sadi se i kao ukrasna vrsta van granica svoga prirodnog areal pa ga tako nalazimo i u Engleskoj, Danskoj, Norveškoj, Švedskoj, pa sve do sjevernijih ruskih gradova. Na području gradova kao što su Sankt Peterburg, Arkhangelsk, Omsk, Tomsk, u nekih jedinki može doći i do plodonosjenja, ali često trpe oštećenja od mraza. Javor žestilj, prvenstveno je vrsta koja naseljava ravničarska i brežuljkasta staništa, ali se može pronaći i u submontanskim područjima. U Makedoniji raste na visinama od 300 do 700 m nadmorske visine, a u Anatoliji čak između 500 i 1700. U Hrvatskoj raste u šumama nizina i brežuljaka pojedinačno ili u skupinama s ostalim vrstama drveća. Najviše ga ima u slavonskim nizinskim šumama hrasta lužnjaka. Na zapadu dopire otprilike samo do Petrinje i do Karlovca, a u Dalmaciji ga ne nalazimo (Herman 1971; Bartha 2011).

Ekološki gledano, javor žestilj prijelazna je vrsta između pionirskih i klimatogenih vrsta. U mlađoj dobi podnosi zasjenu te sporo prirašćuje. U starijoj dobi, kada jedinke postaju spolno zrele, obilno plodonosi te se daleko rasprostire na nove otvorene prostore. Najradije nastanjuje vlažna, duboka zemljišta neutralnog do bazofilnog karaktera (pH 6 do 8) koja obiluju hranjivim tvarima. Često se javlja i na aluvijalnom tlu te suhim stjenovitim staništima. Zastupljena je vrsta brojnih asocijacija, a osobito česta u šumama hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto-elatae-Quercetum roboris* Horvat 1938), pogotovo u njejoj subasocijaciji sa žestiljem (*Genisto-elatae-Quercetum roboris aceretosum tatarici* Rauš 1975), zatim u šumama hrasta sladuna i cera (*Quercetum frainetto-cerridis* Rudski (1940) 1949) te u šumama veza i poljskoga jasena (*Fraxino angustifoliae-Ulmetum laevis* Slavnić 1952). Ova vrsta je dosta otporna na različite nepovoljne utjecaje. Može podnijeti temperaturne ekstreme (+35 i -35 stupnjeva Celzija) i dugotrajnu ljetnu sušu koja osigurava pravovremeno odrvljenje izbojaka. Osim toga, dobro podnosi i podlogu sa slabijim koncentracijama soli (Franjić i Škvorc 2010; Bartha 2011).

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija javora žestlja (*Acer tataricum* subsp. *tataricum*) u Hrvatskoj na materijalu iz osam prirodnih populacija. Istraživanje populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 18 morfoloških svojstava listova i plodova, pri čijoj su analizi korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

1. prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima;
2. prikupljeni su podaci o istraživanoj vrsti i području istraživanja;
3. napravljen je plan uzorkovanja;
4. sakupljeni su uzorci biljnoga materijal za morfometrijska istraživanja;
5. izvršene su analize uzoraka u laboratoriju;
6. statistički su obrađeni i analizirani dobiveni rezultati te su interpretirani u skladu s ciljevima istraživanja;
7. izvedeni su zaključci na temelju dobivenih rezultata.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno osam populacija javora žestilja iz Hrvatske (tablica 1). Terenska istraživanja provedena su tijekom 2021. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje uzoraka listova i plodova za morfometrijsku analizu. Na svakom lokalitetu sakupljeno je po 20 listova i plodova s kratkih, osunčanih izbojaka sa po 10 grmova/stabala. Sakupljeni materijal je herbariziran i pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.

| Oznaka populacije | Populacija | Geografska dužina (°) | Geografska širina (°) | Nadmorska visina (m) |
|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| P01 | Odransko Polje | 16,375278 | 45,550000 | 110 |
| P02 | Lipovljani | 16,829444 | 45,374722 | 109 |
| P03 | Veliki Grđevac | 17,071389 | 45,730556 | 120 |
| P04 | Mali Grđevac | 17,182222 | 45,798056 | 150 |
| P05 | Grubišno Polje | 17,230556 | 45,707500 | 138 |
| P06 | Virovitica | 17,366389 | 45,803611 | 135 |
| P07 | Požega | 17,571667 | 45,337778 | 200 |
| P08 | Županja | 18,817222 | 44,973611 | 80 |

3.2. Morfometrijska analiza listova i plodova

Nakon što su listovi herbarizirani, skenirani su sa skenerom MICROTEK ScanMaker 4800, pomoću računalnog programa WinFOLIA (WinFolia TM 2001), dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja listova. Podaci koji su nastali u programu WinFOLIA pohranjeni su u standardnim ASCII tekstualnim datotekama, koje se lako otvaraju programima za statistiku ili proračunskim tablicama kao što je Microsoft Office Excel.

Na svakom listu mjerene su sljedeće morfološke značajke: površina plojke (LA); koeficijent oblika (FC); dužina plojke (LL); maksimalna širina plojke (MLW); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW); širina plojke na 50 % dužine plojke (LW1); širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2); i dužina peteljke (PL).

Na plodovima su mjerene sljedeće morfološke značajke: površina merikarpa (MA); dužina merikarpa (ML); maksimalna širina merikarpa (MMW); dužina merikarpa mjerena od njegove osnove do mjesta najveće širine merikarpa (PMMW); širina merikarpa na 90%

dužine merikarpa (MW90); dužina oraščića (NL); širina oraščića (NW); kut koji zatvaraju krilca (WA).

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) i koeficijent varijacije (CV%). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test). Analiza varijance je korištena kako bi se utvrdile razlike između populacija i između grmova unutar populacija. Faktor grm/stablo bio je fiksiran unutar faktora populacija.

Kako bi se utvrdilo koje značajke nabolje razlikuju istraživane populacije korištena je diskriminantna analiza. 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.

4. REZULTATI

4.1. Morfometrijska analiza listova

Deskriptivna statistika

Unutar tablice 2 navedeni su rezultati deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke lista. Podaci su raspoređeni individualno za svaku populaciju te ukupno za sve populacije zajedno. Svaka izmjerena morfološka značajka prikazana je pomoću aritmetičke sredine (M) i koeficijenta varijacije (CV). Maksimalne vrijednosti prikazane su crvenom bojom, a minimalne zelenom.

Prosječna dužina plojke (LL) za sve populacije iznosila je 6,29 cm, dok je prosječna maksimalna širina (MLW) plojke iznosila 4,08 cm. Dužina peteljke (PL) u prosjeku iznosila je 4,30 cm, a ukupna površina plojke (LA) za sve populacije 18,38 cm². Najveći prosječni koeficijent varijacije zabilježen je za svojstvo širine plojke lista mjerene na 90 % dužine lista (LW2), CV = 37,40 %. Odmah zatim slijedi površina plojke (LA) s koeficijentom varijacije od 36,45 %. Kut koji zatvara rub lisne plojke na 10 % i 25 % ukupne dužine plojke sa središtem lista, odnosno ishodištem glavne lisne žile (LA1, LA2) pokazao je najmanju varijaciju, 4,44 % za lisni kut LA1 i 6,50 % za lisni kut LA2.

Populacija P03 (Veliki Grđevac) istaknula se ja kao najvarijabilnija populacija s najvišim koeficijentima varijacije za sedam od deset istraživanih morfoloških svojstava lista (LA, LL, MLW, PMLW, LW2, PL, LA2). Nadalje, populacija P02 (Lipovljani) izdvojila se je po najvećim prosječnim vrijednostima lista za šest svojstava (LA, LL, MLW, LW1, LW2, PL). Drugim riječima populaciju P02 karakteriziraju najveći listovi. S druge strane, populacija P08 (Županja) pokazala se je kao populacija s najmanjim dimenzijama listova (LL, LA, MLW, PMLW, LW1, LW2, PL), najmanjim lisnim kutovima (LA1, LA2) i najizduženijim listovima (FC). Osim toga, ovu najistočniju populaciju karakteriziraju i najmanje varijabilni listovi. Za navedenu populaciju za pet od deset svojstava utvrđeni su najniži koeficijenti varijacije (LA, LL, MLW, LW1, LW2).

Tablica 2. Parametri deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke lista. Analizirana morfološka obilježja: LA–površina plojke; LL–dužina plojke; MLW–maksimalna širina plojke; PMLW–udaljenost od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine; LW1–širina plojke na 50 % dužine plojke; LW2–širina plojke na 90 % dužine plojke; PL–dužina peteljke; FC–koeficijent oblika; LA1–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke; i LA2–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke. Deskriptivni parametri: M–aritmetička sredina i CV–koeficijent varijance (%). Crvenom bojom označene su maksimalne vrijednosti, a zelenom bojom označene su minimalne vrijednosti. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja.

| Značajke | Deskriptivni pokazatelj | Populacije | | | | | | | | Ukupno |
|-----------------------|-------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | P07 | P08 | |
| LA (cm ²) | M | 20,51 | 21,76 | 18,22 | 18,20 | 17,31 | 19,76 | 19,64 | 14,04 | 18,38 |
| | CV | 34,96 | 26,66 | 40,85 | 33,82 | 38,39 | 36,08 | 29,37 | 25,50 | 36,45 |
| LL (cm) | M | 6,70 | 6,75 | 6,30 | 6,26 | 6,08 | 6,36 | 6,49 | 5,76 | 6,29 |
| | CV | 18,59 | 14,00 | 20,27 | 16,06 | 18,28 | 17,85 | 14,20 | 13,76 | 17,64 |
| MLW (cm) | M | 4,28 | 4,55 | 3,96 | 4,07 | 3,95 | 4,28 | 4,29 | 3,56 | 4,08 |
| | CV | 20,72 | 15,73 | 23,18 | 19,71 | 21,36 | 20,10 | 17,41 | 14,68 | 20,70 |
| PMLW (cm) | M | 2,33 | 2,32 | 2,10 | 2,05 | 1,93 | 2,08 | 2,15 | 1,87 | 2,08 |
| | CV | 26,72 | 20,78 | 29,42 | 25,80 | 28,21 | 24,75 | 24,21 | 24,30 | 26,75 |
| LW1 (cm) | M | 3,73 | 4,00 | 3,50 | 3,58 | 3,40 | 3,75 | 3,69 | 2,98 | 3,54 |
| | CV | 19,84 | 17,17 | 22,98 | 20,51 | 22,60 | 20,75 | 17,65 | 15,18 | 21,56 |
| LW2 (cm) | M | 0,79 | 0,89 | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,82 | 0,80 | 0,60 | 0,78 |
| | CV | 31,07 | 33,38 | 35,20 | 36,92 | 40,96 | 38,74 | 36,98 | 26,61 | 37,40 |
| PL (cm) | M | 4,63 | 5,30 | 4,05 | 3,99 | 4,28 | 4,56 | 4,69 | 3,63 | 4,30 |
| | CV | 28,75 | 22,31 | 33,60 | 30,87 | 28,44 | 29,91 | 32,85 | 25,94 | 31,47 |
| FC | M | 0,65 | 0,62 | 0,60 | 0,62 | 0,67 | 0,69 | 0,63 | 0,55 | 0,63 |
| | CV | 13,52 | 14,95 | 15,34 | 15,18 | 12,26 | 13,19 | 17,37 | 15,61 | 16,29 |
| LA1 (°) | M | 67,41 | 68,73 | 67,21 | 67,85 | 68,10 | 69,10 | 68,14 | 67,09 | 67,91 |
| | CV | 3,86 | 3,72 | 4,42 | 4,83 | 4,13 | 4,07 | 4,29 | 4,73 | 4,44 |
| LA2 (°) | M | 49,58 | 51,05 | 48,93 | 50,00 | 50,31 | 51,32 | 50,70 | 48,83 | 50,00 |
| | CV | 5,10 | 5,76 | 6,80 | 6,66 | 6,70 | 5,58 | 6,47 | 6,47 | 6,50 |

Analiza varijance – ANOVA

Rezultati analize varijance za mjerene značajke lista prikazani su u tablici 3. Analizom je utvrđeno da se populacije i grmovi/stabla javora žestilja značajno razlikuju po svim istraživanim svojstvima listova. Za sva istraživana svojstva pokazalo se da je 1/2-2/3 od ukupne varijance uvjetovano varijabilnošću između listova unutar grma/stabla (komponenta ostatak), dok je najmanja varijabilnost prisutna između populacija (4,58-16,28 % ukupne varijance).

Table 3. Rezultati hijerarhijske analize varijance morfoloških obilježja listova. Analizirana morfološka obilježja: LA–površina plojke; LL–dužina plojke; MLW–maksimalna širina plojke; PMLW–udaljenost od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine; LW1– širina plojke na 50 % dužine plojke; LW2–širina plojke na 90 % dužine plojke; PL–dužina peteljke; FC–koeficijent oblika; LA1–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke; i LA2–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke.

| Značajke | Sastavnice varijance | df | %Varijabilnost | F | P |
|----------|----------------------|----|----------------|-------|----------|
| LA | Između populacija | 7 | 11,02 | 7,68 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 89 | 17,40 | 5,87 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 71,58 | | |
| LL | Između populacija | 7 | 6,69 | 5,03 | 0,000079 |
| | Unutar populacija | 89 | 16,49 | 5,29 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 76,82 | | |
| MLW | Između populacija | 7 | 11,34 | 8,12 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 89 | 16,51 | 5,58 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 72,15 | | |
| PMLW | Između populacija | 7 | 6,10 | 4,40 | 0,000312 |
| | Unutar populacija | 89 | 17,22 | 5,49 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 76,68 | | |
| LW1 | Između populacija | 7 | 13,39 | 7,97 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 89 | 21,69 | 7,69 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 64,92 | | |
| LW2 | Između populacija | 7 | 7,15 | 4,11 | 0,000591 |
| | Unutar populacija | 89 | 26,81 | 9,15 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 66,03 | | |
| PL | Između populacija | 7 | 13,37 | 7,57 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 89 | 20,75 | 7,30 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 65,88 | | |
| FC | Između populacija | 7 | 16,28 | 6,75 | 0,000002 |
| | Unutar populacija | 89 | 36,64 | 16,60 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 47,08 | | |
| LA1 | Između populacija | 7 | 4,58 | 2,60 | 0,017385 |
| | Unutar populacija | 89 | 32,61 | 11,40 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 62,81 | | |
| LA2 | Između populacija | 7 | 6,52 | 3,43 | 0,002695 |
| | Unutar populacija | 89 | 31,19 | 11,04 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 62,29 | | |

Diskriminantna analiza

Pokazatelji diskriminantne analize za morfometrijska svojstva listova prikazani su u tablici 4. Pet od deset svojstava lista pomoću *stepwise* diskriminantne analize izabrana su kao svojstva koja najbolje razlikuju istraživane populacije žestilja. Na temelju vrijednosti parcijalne Wilksove λ može se zaključiti da varijabla FC, koja opisuje oblik lisne plojke, najbolje razlikuje istraživane populacije. Zatim slijede značajke: PMLW (udaljenost od

osnove lista do mjesta njegove najveće širine), LA (površina lista), LW2 (širina lista na 90 % njegove širine) i PL (dužina peteljke). Ostale značajke statistički značajno ne doprinose razlikovanju istraživanih populacija.

Tablica 4. Pokazatelji diskriminantne analize, po varijablama. Analizirana morfološka obilježja: LA–površina plojke; LL–dužina plojke; MLW–maksimalna širina plojke; PMLW–udaljenost od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine; LW1– širina plojke na 50 % dužine plojke; LW2–širina plojke na 90 % dužine plojke; PL–dužina peteljke; FC–koeficijent oblika; LA1–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke; i LA2–kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke.

| Značajka | Wilksova λ | Parcijalna λ | F | p-vrijednost |
|----------|--------------------|----------------------|----------|--------------|
| LA | 0,167438 | 0,834046 | 2,273994 | 0,036515 |
| FC | 0,194222 | 0,719026 | 4,465937 | 0,000309 |
| LL | 0,152185 | 0,917638 | 1,025761 | 0,419821 |
| MLW | 0,154629 | 0,903135 | 1,225762 | 0,298574 |
| PMLW | 0,171989 | 0,811975 | 2,646452 | 0,016334 |
| LW1 | 0,156539 | 0,892117 | 1,382055 | 0,224363 |
| LW2 | 0,167233 | 0,835067 | 2,257238 | 0,037847 |
| LA1 | 0,147708 | 0,945452 | 0,659373 | 0,705536 |
| LA2 | 0,149965 | 0,931224 | 0,844059 | 0,554316 |
| PL | 0,164769 | 0,847556 | 2,055573 | 0,049050 |

Za pet varijabla ($p < 0,05$) i osam grupa, kanoničkom analizom dobiveno je pet diskriminacijskih funkcija (broj funkcija = manji broj između broja varijabla i broja grupa minus jedan). Nakon toga je utvrđen doprinos svake pojedine varijable razlikovanju definiranih grupa. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli prikazani su u tablici 5. Što je veći standardizirani koeficijent po svojoj apsolutnoj vrijednosti to je i veći doprinos pripadne varijable razlikovanju grupa koje je definirano dotičnom diskriminacijskom funkcijom. Ista tablica sadrži i svojstvene vrijednosti te kumulativni udio varijabilnosti za svaku funkciju. Iz tablice se može vidjeti da prva funkcija ima svojstvenu vrijednost veću od 1 te da objašnjava 62,1 % od ukupne varijabilnost.

Tablica 5. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli. Analizirana morfološka obilježja: LA–površina plojke; FC–koeficijent oblika; PMLW–udaljenost od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine; LW2–širina plojke na 90 % dužine plojke; PL–dužina peteljke.

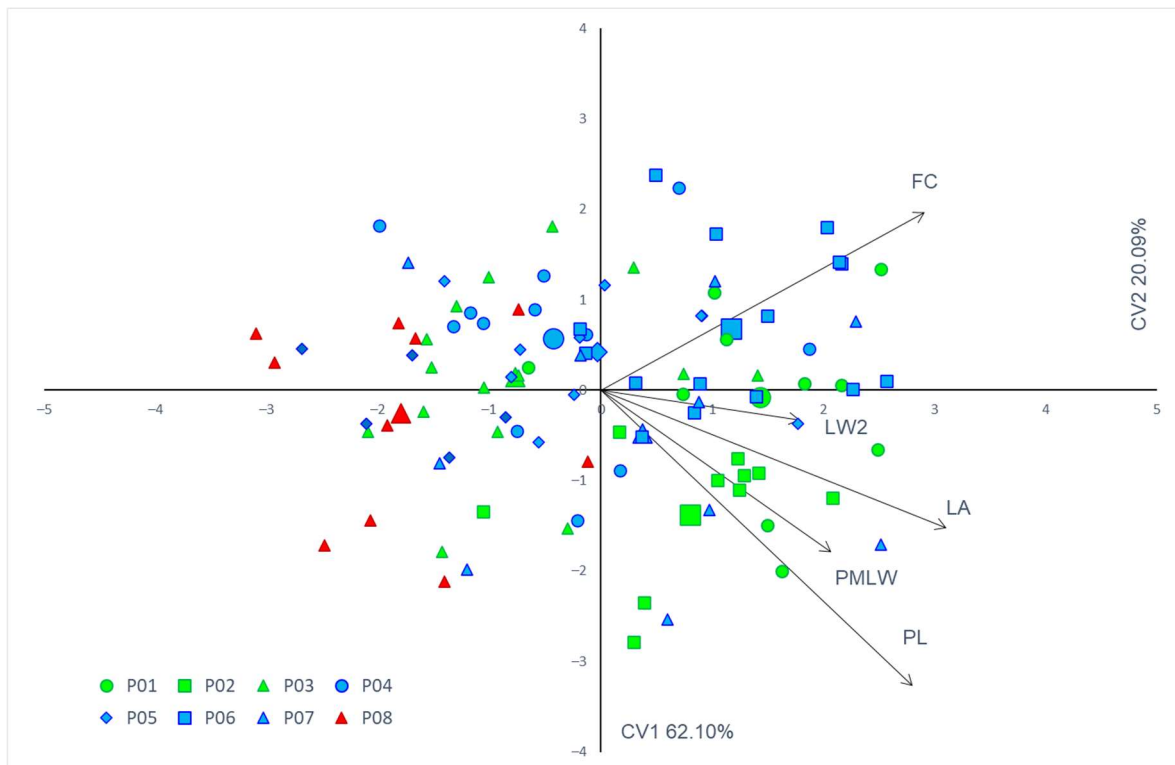
| Značajka | Diskriminantna funkcija | | | | |
|------------------------|-------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| | DF1 | DF2 | DF3 | DF4 | DF5 |
| LA | 0,668860 | 0,72805 | -0,44320 | -0,423846 | -1,71223 |
| FC | 1,053438 | 0,68851 | 0,51833 | 0,151720 | 0,31761 |
| PMLW | 0,605489 | -0,25444 | 0,49779 | -0,732398 | 1,05843 |
| LW2 | -0,915108 | -0,03825 | -1,22917 | 0,304774 | 0,70492 |
| PL | 0,084792 | -1,30956 | 0,37045 | 0,657670 | 0,33783 |
| Svojtvena vrijednost | 1,221568 | 0,39531 | 0,21278 | 0,120648 | 0,01694 |
| Kumulativna proporcija | 0,620951 | 0,82190 | 0,93006 | 0,991387 | 1,00000 |

Nakon što je utvrđeno koja svojstva lista i u kojoj mjeri doprinose razlikovanju istraživanih grupa duž prve i druge kanoničke osi pristupilo se određivanju sredina kanoničkih varijabli kako bi se utvrdilo koje se populacije međusobno razlikuju po pojedinim funkcijama. Iz tablice 6 i slike 4 može se vidjeti da prva diskriminacijska funkcija u najvećoj mjeri razlikuje najistočniju populaciju P08 (Županja) od svih ostalih populacija.

Tablica 6. Sredine kanoničkih varijabli za pet diskriminacijskih funkcija, po grupama. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja.

| Populacija | DF1 | DF2 | DF3 | DF4 | DF5 |
|------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| P01 | 1,43499 | -0,08279 | 0,531081 | -0,622556 | 0,152590 |
| P02 | 0,80942 | -1,38382 | -0,396388 | 0,229204 | -0,001936 |
| P03 | -0,76786 | 0,14847 | -0,621459 | -0,285313 | 0,089602 |
| P04 | -0,41806 | 0,56707 | -0,425631 | -0,148927 | -0,122793 |
| P05 | -0,03059 | 0,41899 | 0,028680 | 0,656510 | 0,230311 |
| P06 | 1,17625 | 0,67153 | 0,182402 | 0,183796 | -0,109133 |
| P07 | 0,37212 | -0,47417 | 0,053973 | 0,056340 | -0,158313 |
| P08 | -1,79791 | -0,25912 | 0,634666 | 0,007661 | -0,030670 |

Na slici 4 prikazane su projekcije kanonskih varijabla za prve dvije diskriminacijske funkcije. Iz grafičkog prikaza je vidljivo da istraživane jedinke čine kontinuirani oblak podataka. Na lijevoj strani dijagrama izdvajaju se jedinke populacije P08 (Županja), a na desnoj strani dijagrama jedinke populacija P01 (Odransko polje), P02 (Lipovljani) i P06 (Veliki Grđevac). Općenito gledano jedinke s lijeve strane dijagrama karakteriziraju listovi manjih dimenzija, klinastije osnove i izduženije plojke u odnosu na jedinke s desne strane dijagrama.



Slika 4. Projekcija kanoničkih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru prvih dviju diskriminantnih funkcija. Svako pojedina jedinka prikazana je malim simbolom, dok su sredine populacija prikazane velikim simbolima. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja. Analizirana morfološka obilježja: LA–površina plojke; FC–koeficijent oblika; PMLW–udaljenost od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine; LW2–širina plojke na 90 % dužine plojke; PL–dužina peteljke.

4.2. Morfometrijska analiza plodova

Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statistike za morfometrijske značajke plodova prikazani su tablično, i to ukupno za sve populacije te za svaku populaciju pojedinačno (tablica 7). Prikazani deskriptivni statistički pokazatelji su kao i u prethodnoj tablici deskriptivne statistike za mjerene značajke lista, aritmetička sredina (M) i koeficijent varijacije (CV). Maksimalne vrijednosti za svako pojedino svojstvo naglašene su crvenom bojom, a minimalne vrijednosti deskriptivnih parametara zelenom bojom. Ukupno je opisano osam mjerenih značajki plodova, odnosno kalavaca.

Prosječna površina jednog merikarpa (MA), odnosno oraščića i krilca, za sve populacije zajedno iznosila je 2,53 cm², a prosječna dužina (ML) 3,18 cm. Prosječna dužina oraščića (NL) iznosila je 1,23 cm, a njegova širina (NW) 0,63 cm. Još jedan od bitnih parametara je i kut koji zatvaraju dva kalavca, odnosno kut koji zatvaraju dva spojena merikarpa (WA). U ovom slučaju on iznosi 66,35°. Kao najvarijabilnija značajka izdvaja se površina jednog merikarpa (MA) s koeficijentom varijacije od 25,96 %. Ostale istraživane značajke ploda imale su značajno niži koeficijent varijacije, a on se je kretao od 12,38 % za značajku ML (dužina merikarpa) do 19,88 % za značajku WA (kut koji zatvaraju dva merikarpa).

Populacija P08 (Županja) ima prosječno najmanje vrijednost za sljedeće značajke ploda: MA, ML, MMW, PMMW, MW90 i NL. Za razliku od toga, populaciju P01 (Odransko polje) karakteriziraju najduži merikarpi s najvećom površinom. Populacija P06 (Virovitica) ima najveće izmjerene vrijednosti za značajke: PMMW, NW i WA. Kao najmanje varijabilna populacija pokazala se je populacija P01 (Odransko polje). Navedena populacija imala je najniže koeficijente varijacije za četiri od osam mjerenih značajki ploda (MA, MMW, NW, WA). Sa četiri značajke (MA, ML, PMMW, NW) kao najvarijabilnija populacija izdvaja se populacija P07 (Požega).

Tablica 7. Rezultati deskriptivne statistike za morfološka obilježja plodova. Analizirana morfološka obilježja: MA–površina merikarpa; ML–dužina merikarpa; MMW–maksimalna širina merikarpa; PMMW–dužina merikarpa mjerena od njegove baze do njegovog najšireg djela; MW90–širina merikarpa na 90 % dužine ploda; NL–dužina oraščića; NW–širina oraščića; WA–kut koji zatvaraju krilca. Deskriptivni parametri: M–aritmetička sredina i CV–koeficijent varijance (%). Crvenom bojom označene su maksimalne vrijednosti, a zelenom bojom označene su minimalne vrijednosti. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja.

| Značajke | Deskriptivni pokazatelji | Populacija | | | | | | | | Ukupno |
|-----------------------|--------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | P07 | P08 | |
| MA (cm ²) | M | 2,96 | 2,30 | 2,59 | 2,45 | 2,58 | 2,80 | 2,93 | 1,87 | 2,53 |
| | CV | 16,47 | 21,14 | 22,38 | 16,96 | 22,67 | 19,96 | 27,24 | 26,43 | 25,96 |
| ML (cm) | M | 3,48 | 3,15 | 3,22 | 3,18 | 3,21 | 3,35 | 3,18 | 2,75 | 3,18 |
| | CV | 7,55 | 9,29 | 10,33 | 7,24 | 10,38 | 9,94 | 14,08 | 13,92 | 12,38 |
| MMW (cm) | M | 1,26 | 1,06 | 1,19 | 1,16 | 1,17 | 1,24 | 1,35 | 0,97 | 1,17 |
| | CV | 12,41 | 17,47 | 18,29 | 13,50 | 15,30 | 13,16 | 17,01 | 15,66 | 18,18 |
| PMMW (cm) | M | 2,43 | 2,26 | 2,30 | 2,30 | 2,29 | 2,44 | 2,26 | 1,98 | 2,27 |
| | CV | 9,85 | 11,95 | 13,79 | 7,83 | 11,13 | 9,61 | 14,91 | 14,03 | 13,33 |
| MW90 (cm) | M | 0,90 | 0,78 | 0,86 | 0,83 | 0,84 | 0,93 | 1,00 | 0,71 | 0,85 |
| | CV | 16,84 | 17,36 | 19,28 | 14,28 | 18,35 | 14,64 | 16,87 | 16,38 | 19,39 |
| NL (cm) | M | 1,30 | 1,25 | 1,31 | 1,24 | 1,19 | 1,28 | 1,26 | 1,03 | 1,23 |
| | CV | 9,89 | 8,80 | 10,43 | 8,54 | 8,33 | 8,15 | 12,87 | 13,59 | 12,67 |
| NW (cm) | M | 0,66 | 0,64 | 0,66 | 0,65 | 0,57 | 0,67 | 0,62 | 0,59 | 0,63 |
| | CV | 9,56 | 13,04 | 14,31 | 15,34 | 11,05 | 13,66 | 15,62 | 13,06 | 14,54 |
| WA (°) | M | 59,67 | 71,56 | 70,75 | 66,99 | 55,02 | 73,35 | 65,97 | 64,13 | 66,35 |
| | CV | 15,13 | 15,94 | 20,90 | 19,89 | 20,31 | 16,23 | 17,76 | 16,75 | 19,88 |

Analiza varijance – ANOVA

U tablici broj 8 prikazani su rezultati analize varijance (ANOVA) za istraživane značajke plodova. Provedenom analizom utvrđeno je da se populacije i grmovi/stabla unutar populacija značajno razlikuju po svim mjerenim morfološkim značajkama plodova ($p < 0,05$). Za većinu istraživanih značajki utvrđeno je da unutarpopulacijska varijabilnost zauzima oko 50 % od ukupne varijabilnosti. Drugim riječima unutarpopulacijska varijabilnost viša je u odnosu na varijabilnost listova unutar grma/stabala.

Tablica 8. Rezultati hijerarhijske analize varijance morfoloških obilježja plodova. Analizirana morfološka obilježja: MA–površina merikarpa; ML–dužina merikarpa; MMW–maksimalna širina merikarpa; PMMW–dužina merikarpa mjerena od njegove baze do njegovog najšireg djela; MW90–širina merikarpa na 90 % dužine ploda; NL–dužina oraščića; NW–širina oraščića; WA–kut koji zatvaraju krilca.

| Značajke | Sastavnice varijance | df | % Varijabilnost | F | P |
|----------|----------------------|----|-----------------|-------|----------|
| MA | Između populacija | 7 | 25,87 | 7,25 | 0,000001 |
| | Unutar populacija | 86 | 51,59 | 46,83 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 22,54 | | |
| ML | Između populacija | 7 | 24,42 | 7,32 | 0,000001 |
| | Unutar populacija | 86 | 49,72 | 39,52 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 25,86 | | |
| MMW | Između populacija | 7 | 25,87 | 6,90 | 0,000002 |
| | Unutar populacija | 86 | 52,64 | 50,00 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 21,49 | | |
| PMMW | Između populacija | 7 | 19,68 | 7,23 | 0,000001 |
| | Unutar populacija | 86 | 41,16 | 22,07 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 39,16 | | |
| MW90 | Između populacija | 7 | 23,65 | 7,73 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 86 | 41,83 | 25,24 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 34,52 | | |
| NL | Između populacija | 7 | 31,50 | 9,86 | 0,000000 |
| | Unutar populacija | 86 | 47,47 | 46,21 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 21,03 | | |
| NW | Između populacija | 7 | 11,34 | 3,40 | 0,002976 |
| | Unutar populacija | 86 | 54,71 | 33,25 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 33,95 | | |
| WA | Između populacija | 7 | 15,74 | 3,84 | 0,001113 |
| | Unutar populacija | 86 | 62,17 | 57,24 | 0,000000 |
| | Ostatak | | 22,09 | | |

Diskriminantna analiza

Pokazatelji diskriminantne analize za morfometrijska svojstva plodova prikazani su u tablici 9. Četiri od osam svojstava ploda pomoću *stepwise* diskriminantne analize izabrana su kao svojstva koja najbolje razlikuju istraživane populacije žestilja. Iz parcijalne Wilksove λ možemo zaključiti da varijabla WA najviše doprinosi razlikovanju istraživanih populacija. Zatim slijede varijable: NL (dužina oraščića), NW (širina oraščića) i MA (površina merikarpa). Ostale značajke statistički značajno ne doprinose razlikovanju istraživanih populacija.

Tablica 9. Pokazatelji diskriminantne analize, po varijablama. Analizirana morfološka obilježja: MA–površina merikarpa; ML–dužina merikarpa; MMW–maksimalna širina merikarpa; PMMW–dužina merikarpa mjerena od njegove baze do njegovog najšireg djela; MW90–širina merikarpa na 90 % dužine ploda; NL–dužina oraščića; NW–širina oraščića; WA–kut koji zatvaraju krilca.

| Značajka | Wilksova λ | Parcijalna λ | F | p-vrijednost |
|----------|--------------------|----------------------|----------|--------------|
| MA | 0,161953 | 0,729436 | 2,751022 | 0,023921 |
| ML | 0,152976 | 0,898521 | 1,274609 | 0,273688 |
| MMW | 0,154988 | 0,886862 | 1,439730 | 0,201412 |
| PMMW | 0,150150 | 0,915437 | 1,042514 | 0,408642 |
| MW90 | 0,149494 | 0,919450 | 0,988705 | 0,445627 |
| NL | 0,195322 | 0,703723 | 4,751441 | 0,000171 |
| NW | 0,171933 | 0,799456 | 2,831032 | 0,010991 |
| WA | 0,206495 | 0,665645 | 5,668847 | 0,000025 |

Za četiri varijable ($p < 0,05$) koje najviše doprinose razlikovanju populacija i osam grupa, kanoničkom analizom dobivene su četiri diskriminacijske funkcije (broj funkcija = manji broj između broja varijabla i broja grupa minus jedan). Nakon toga je utvrđen doprinos svake pojedine varijable razlikovanju definiranih grupa. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli prikazani su u tablici 10. Što je veći standardizirani koeficijent po svojoj apsolutnoj vrijednosti to je i veći doprinos pripadne varijable razlikovanju grupa koje je definirano dotičnom diskriminacijskom funkcijom. Ista tablica sadrži i svojstvene vrijednosti te kumulativni udio varijabilnosti za svaku funkciju. Iz tablice se može vidjeti da prva funkcija ima svojstvenu vrijednost veću od 1 te da objašnjava 61,1 % od ukupne varijabilnost.

Tablica 10. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli. Analizirana morfološka obilježja: MA–površina merikarpa; WA–kut koji zatvaraju krilca; NW–širina oraščića; NL–dužina oraščića.

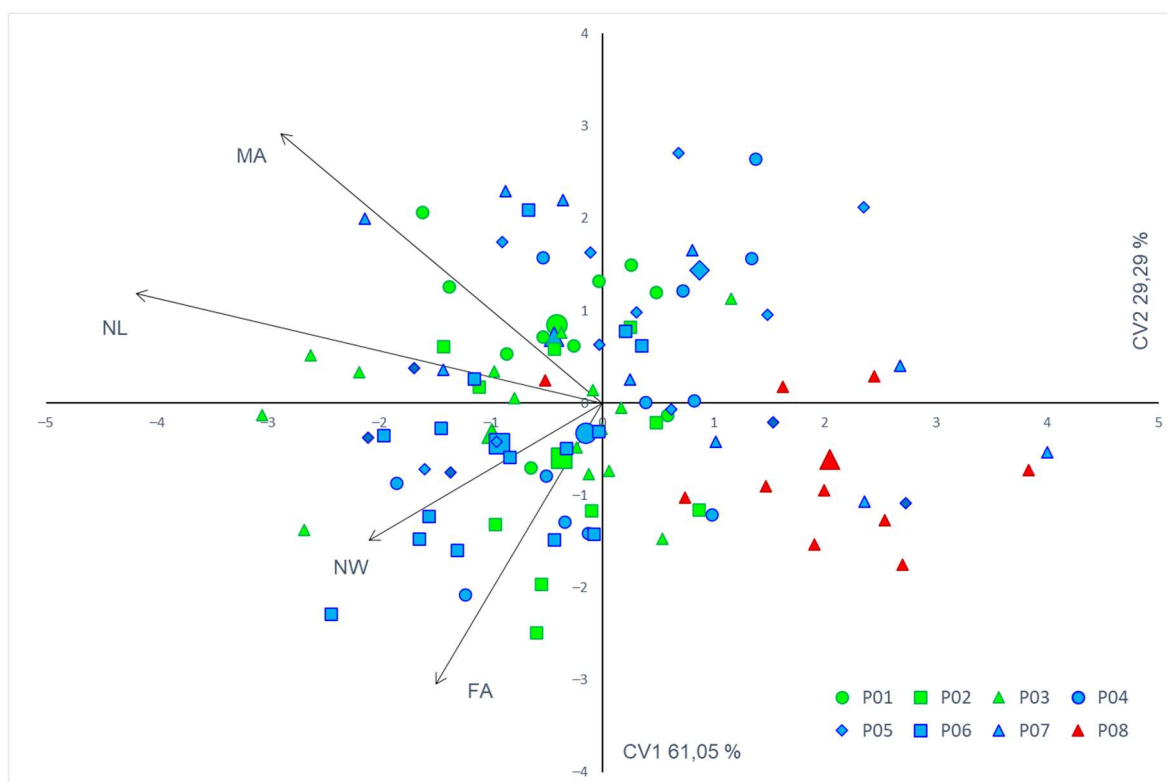
| Značajka | Diskriminantna funkcija | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | DF1 | DF2 | DF3 | DF4 |
| MA | -0,200559 | 0,587196 | -0,911550 | -0,259124 |
| WA | -0,574980 | -0,677024 | -0,097128 | -0,569504 |
| NW | 0,049983 | -0,772605 | -0,756174 | 0,685582 |
| NL | -0,919245 | 0,224206 | 1,040918 | 0,039450 |
| Svojstvena vrijednost | 1,162741 | 0,558723 | 0,143480 | 0,039463 |
| Kumulativna proporcija | 0,610553 | 0,903937 | 0,979278 | 1,000000 |

Nakon što je utvrđeno koja svojstva ploda i u kojoj mjeri doprinose razlikovanju istraživanih grupa duž prve i druge kanoničke osi pristupilo se određivanju sredina kanoničkih varijabli kako bi se utvrdilo koje se populacije međusobno razlikuju po pojedinim funkcijama. Iz tablice 11 i slike 5 može se vidjeti da prva diskriminacijska funkcija u najvećoj mjeri razlikuje najistočniju populaciju P08 (Županja) od svih ostalih populacija.

Tablica 11. Sredine kanoničkih varijabli za četiri diskriminacijske funkcije, po grupama. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja.

| Populacija | DF1 | DF2 | DF3 | DF4 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P01 | -0,401498 | 0,839720 | -0,318347 | 0,378444 |
| P02 | -0,358304 | -0,609221 | 0,554856 | -0,111824 |
| P03 | -0,992581 | -0,336546 | 0,411745 | 0,040186 |
| P04 | -0,142571 | -0,331947 | 0,117469 | 0,218481 |
| P05 | 0,873258 | 1,440424 | 0,379056 | -0,093531 |
| P06 | -0,924249 | -0,441405 | -0,474776 | -0,111269 |
| P07 | -0,432279 | 0,721006 | -0,279908 | -0,311615 |
| P08 | 2,044919 | -0,618420 | -0,172366 | -0,003314 |

Na slici 5 prikazane su projekcije kanonskih varijabla za prve dvije diskriminacijske funkcije. Iako je iz grafičkog prikaza vidljivo da istraživane jedinice čine kontinuirani oblak podataka, na lijevoj strani dijagrama nazire se jasno izdvajanje jedinki populacije P08 (Županja).



Slika 5. Projekcija kanoničkih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru prvih dviju diskriminantnih funkcija. Svaka pojedina jedinica prikazana je malim simbolom, dok su sredine populacija prikazane velikim simbolima. Populacije: P01–Odransko polje; P02–Lipovljani; P03–Veliki Grđevac; P04–Mali Grđevac; P05–Grubišno Polje; P06–Virovitica; P07–Požega; P08–Županja. Analizirana morfološka obilježja: MA–površina merikarpa; WA–kut koji zatvaraju krilca; NW–širina orašćića; NL–dužina orašćića.

5. RASPRAVA

Iako do sada nisu provedena značajnija morfološka istraživanja na žestilju, postoji nekoliko literaturnih zapisa o dimenzijama i obliku njegovih listova i plodova. Prema Walters (1968), Idžojić (2009) i Bartha (2011) listovi su 6 do 10 cm dugački te 3 do 8 cm široki, sa oko 2,5 cm dugačkom peteljkom. Naši rezultati pokazuju da hrvatske populacije žestilja po dužini (6,29 cm) i širini lista (4,08 cm) spadaju u navedene raspone, no imaju nešto dužu peteljku (4,30 cm) od ranije opisanog. Prosječna dužina merikarpa dobivena u ovom istraživanju (3,18 cm) nešto malo odstupa od dimenzija koje navode Bartha (2011) i Idžojić (2013). Navedeni autori za javor žestilj opisuju 2 do 3 cm dugačke merikarpe.

Koeficijenti varijabilnosti u ovom istraživanju kreću se od 17.64 % do 37.40 % za značajke koje opisuju veličinu lista te od 4.44 % do 15.61 % za one značajke koje opisuju oblik lista. Ovako visoka varijabilnost u veličini lista ne čudi s obzirom na to da listovi igraju ključnu ulogu u interakciji biljke s okolinom, zbog čega su modifikacije u morfologiji lista čest mehanizam kojeg biljke koriste kako bi se prilagodile stanišnim uvjetima (Chitwood i dr. 2016). Promatrajući varijabilnost plodova, vidljivo je da su koeficijenti varijabilnosti nešto manji, a kreću se od 12.38 % do 25.96 %. Manja varijabilnost plodova u odnosu na listove karakteristična je za još neke drvenaste vrste, poput *Staphylea japonica* (Thunb.) Mabb. (Sun i dr. 2019).

Visoka varijabilnost u veličini i obliku listova i plodova žestilja utvrđena je između i unutar istraživanih populacija. Statistički modeli kojima se koristimo u procjeni varijabilnosti između i unutar populacija obično definiraju sastavnicu pogreške kao varijabilnost listova ili plodova unutar jednog stabla (Poljak i dr. 2022). Pod pretpostavkom da je uzorkovanje obavljeno prema standardiziranim protokolima, učinak sastavnice pogreške ne bi trebao biti veći od učinka unutarpopulacijske varijabilnosti, barem kada su u pitanju listovi (Cornelissen i dr. 2003; Miljković i dr. 2019). Naši rezultati za plodove pokazuju da je unutarpopulacijska varijabilnost odgovorna za veći dio od ukupne varijabilnosti od "pogreške", što nam govori da su jedinke unutar populacija bolje diferencirane po morfologiji plodova od pojedinačnih plodova na svakome grmu/stablu. Slični rezultati utvrđeni su i za druge drvenaste vrste, kao što su pitomi kesten (Bolvanský i Užik 2005; Idžojić i dr. 2009; Poljak i dr. 2012, 2022), nizinski brijest (Zebec i dr. 2016) i oskoruša (Poljak i dr. 2021). Iz ovoga proizlazi da su listovi, u usporedbi s plodovima, pod značajno većim utjecajem mikrostanišnih uvjeta (Poljak i dr. 2022).

Od svih populacija uključenih u ovo istraživanje, prema dimenzijama i obliku listova i plodova, najviše je odudarala populacija P08 (Županja). Navedenu populaciju odlikuju najmanje vrijednosti za sve mjerene morfološke značajke listova i za većinu značajki plodova. Razlog tomu vjerojatno leži u činjenici da se ova populacija nalazi na antropogeniziranom staništu uz rub nedavno posječene šume, zbog čega su stanišni uvjeti znatno nepovoljniji za normalan rast i razvoj vegetativnih i generativnih organa biljaka. Poznato je da fenotipska obilježja listova i plodova ovise i stanišnim uvjetima poput temperature (Atkin i dr. 2005; Rover i dr. 2009), količine oborina (McDonald i dr. 2003; Leuschner i dr. 2006) i intenzitetu radijacije (Grassi i dr. 2001; Xu i dr. 2009). Smanjenje

količine oborina i srednje temperature, kao i povećana izloženost sunčevoj radijaciji, uzrokuje smanjenje u dimenzijama listova.

Žestilj se, na temelju ovog istraživanja, pokazao kao morfološki vrlo varijabilna vrsta. Tijekom našeg istraživanja dokazana su značajna morfološka odstupanja između istraživanih populacija, a za pretpostaviti je da takvu fenotipsku varijabilnost u određenoj mjeri prati i genetička varijabilnost. Na temelju morfoloških karakteristika, do sada je opisano nekoliko varijeteta i kultivara. Franjić i Škvorc (2010) navode kako je uz *Acer tataricum* var. *tataricum* u našim krajevima zastupljen i var. *hebecarpum* Schwerin čije su ahenije dlakave (kod tipskog oblika su najčešće gole). Sličan žestilju, u hortikulturi često se uzgaja kineski ili mandurijski javor (*A. tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.). Listovi ove vrste imaju tri režnja od kojih je srednji najveći, a krila ploda su mu gotovo paralelna. U literaturi je opisan i varijetet 'Aureovariegatum', prepoznatljiv po svojim zlatno žutim listovima, a povremeno se javlja u sadnica uzgojenih iz sjemena. Varijetet *incubens* izgledom habitusa i lišća odgovara tipičnom var. *tataricum*, a razliku čine krilca plodova koja su međusobno nagnuta ili se preklapaju, a plodovi su slabo dlakavi. Varijetet *torminaloides* izgledom podsjeća na brekinju (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) i pokazuje intermedijarna svojstva između *A. tataricum* var. *tataricum* i *A. tataricum* subsp. *ginnala*, no ne predstavlja njihovog križanca.

Velika morfološka varijabilnost populacija za sobom vrlo vjerojatno povlači i veliku genetičku raznolikost, što je vrlo važno u pogledu očuvanja genskog fonda neke vrste. Veća genetička raznolikost omogućuje vrstama preživljenje, prilagodbu i evoluciju u uvjetima sve izraženijih klimatskih promjena. Zbog toga je vrlo važno u budućnosti provesti detaljna molekularno-biološka istraživanja na ovoj vrsti, ali i ispitati u kojoj mjeri je morfološka varijabilnost posljedica heterogenih okolišnih čimbenika.

6. ZAKLJUČCI

Završni rad obuhvaćao je osam prirodnih populacija žestilja na području kontinentalne Hrvatske. Morfološkom analizom listova i plodova utvrđeno je da postoje statistički značajke razlike između i unutar istraživanih populacija.

Morfološki najvarijabilnije značajke listova bile su površina plojke (LA) i širina plojke mjerena na 90 % njezine dužine (LW2), dok su najmanje varijabilne bile značajke koje opisuju kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista koja se nalazi na 10 % i 25 % dužine plojke (LA1 i LA2). Promatrajući morfologiju plodova, najveća varijabilnost zabilježena je za površinu merikarpa (MA), a najmanja za dužinu oraščića (NL).

Prosječno najveće listove imala je populacija P02 (Lipovljani), dok su najveći plodovi bili karakteristični za populaciju P01 (Odransko polje). Najistočnija populacija P08 (Županja) imala je prosječno najmanje i listove i plodove. Najveći koeficijenti varijabilnosti u morfologiji lista zabilježeni su u populaciji P03 (Veliki Grđevac), a najmanji u populaciji P08 (Županja). Plodovi su bili najvarijabilniji u populaciji P07 (Požega), a najmanje varijabilni u populaciji P01 (Odransko polje).

Diskriminantnom analizom utvrđeno je da varijabla FC, koja opisuje oblik lisne plojke, najbolje razlikuje istraživane populacije. Zatim slijede značajke PMLW (udaljenost od osnove lista do mjesta njegove najveće širine), LA (površina lista), LW2 (širina lista na 90 % njegove dužine) i PL (dužina peteljke). Ostale značajke statistički značajno ne doprinose razlikovanju istraživanih populacija. Prema morfologiji plodova, istraživane populacije najbolje razlikuje varijabla WA (kut koji zatvaraju krilca), a zatim slijede varijable NL (dužina oraščića), NW (širina oraščića) i MA (površina merikarpa). Ostale značajke statistički značajno ne doprinose razlikovanju istraživanih populacija.

Istraživanjem je utvrđena značajna raznolikost populacija žestilja u Hrvatskoj, međutim nije uočena geografska ili ekološka strukturiranost populacija. Ovaj rad može poslužiti kao temelj za daljnja morfometrijska i molekularno-biološka istraživanja ove često zanemarene vrste.

7. LITERATURA

- Atkin, O. K., Loveys, B. R., Atkinson, L. J., Pons, T. L., 2005: Phenotypic plasticity and growth temperature: understanding interspecific variability. *J. Exp. Bot.*, 57 (2): 267–281. Doi: 10.1093/jxb/erj029.
- Ball, D.W., 2007: The chemical composition of maple syrup. *J. Chem. Educ.*, 84: 1647–1650, Doi: 10.1021/ed084p1647.
- Bartha, D., 2011: *Acer tataricum* L. U: A. Roloff, H. Weisberger, U. M. Lang, B. Stimm, P. Schütt. (Eds.): Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. Wiley-VCH: Weinheim, Njemačka, p. 11.
- Betts, H., 1959: Maple (*Acer* species). American Wood Series, US Department of Agriculture. US Government Printing Office, Washington DC.
- Bi, W., Gao, Y., Shen, J., He, C., Liu, H., Peng, Y., Zhang, C., Xiao, P., 2016: Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple): a review, *J. Ethnopharmacol.*, 189: 31–60. Doi: 10.1016/j.jep.2016.04.021.
- Bishop, D.A., Beier, C.M., Pederson, N., Lawrence, G.B., Stella, J.C., Sullivan, T.J., 2015: Regional growth decline of sugar maple (*Acer saccharum*) and its potential causes, *Ecosphere*, 6: a179. Doi: 10.1890/es15-00260.1.
- Bolvanský, M., Užík, M., 2005: Morphometric variation and differentiation of European chestnut (*Castanea sativa*) in Slovakia. *Biologia*, 60: 423–429.
- Boulter, M.C., Benfield, J.N., Fisher, H.C., Gee, D.A., Lhotak, M., 1996: The evolution and global migration of the Aceraceae. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, 351: 589–603. Doi: 10.1098/rstb.1996.0058.
- Buerki, S., Forest, F., Acevedo-Rodríguez, P., Callmander, M. W., Nylander, J.A.A., Harrington, M., Sanmartín, I., Küpfer, P., Alvarez, N., 2009: Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae), *Mol. Phylogenet. Evol.* 51: 238–258. Doi: 10.1016/j.ympev.2009.01.012.
- Buerki, S., Lowry, P.P., Alvarez, N., Razafimandimbison, S.G., Küpfer, P., Callmander, M. W., Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. *Plant Ecol. Evol.*, 143: 148–159. Doi: 5091/plecevo.2010.437.
- Chitwood, D.H., Sinha, N.R., 2016: Evolutionary and environmental forces sculpting leaf development. *Curr. Biol.*, 26: R297–R306. Doi: 10.1016/j.cub.2016.02.033.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Pooter, H., 2003: Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.*, 51: 335–380.
- Crane, P.R., Dilcher, D.L., Manchester, S.R., 1990: A preliminary survey of fossil leaves and well-preserved reproductive structures from the Sentinel Butte Formation (Paleocene) near Almont, North Dakota, Fieldiana (Geology). Field Museum of Natural History, Chicago, SAD, pp. 1–63. Doi: 10.5962/bhl.title.100826.
- Franjić, J., Škvorc, Ž., 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 432 str.

- Graham A., 1999: Late Cretaceous and Cenozoic history of North American vegetation North of Mexico. Oxford University Press, New York, SAD.
- Grassi, G., Bagnaresi, U., 2001: Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. *Tree Physiol.* 21: 959-967. Doi: 10.1093/treephys/21.12-13.959.
- Harrington, M.G., Edwards, K.J., Johnson, S.A., Chase, M.V., Gadek, P.A., 2005: Phylogenetic inference in Sapindaceae sensu lato using plastid *matK* and *rbcL* DNA sequences. *Syst. Bot.* 30: 366–382. Doi: 10.1600/0363644054223549.
- Harris, J., 1975: Tree genera — 3. *Acer* — of the maple, Arboric, J. *Int. J. Urban For.*, 2: 361–369. Doi: 10.1080/03071375.1975.10590443.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Zagreb, Hrvatska, Stanbiro, 470 str.
- Huang, S.-F., Ricklefs, R.E., Raven, P.E., 2002: Phylogeny and historical biogeography of *Acer* I - study history of the infrageneric classification. *Taiwania*, 47: 203–218.
- Idžojtić, M., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 256 str.
- Idžojtić, M., 2009: Dendrologija – list. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 904 str.
- Idžojtić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 671 str.
- Idžojtić, M., Zebec, M., Poljak, I., Medak, J., 2009: Variation of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Croatia according to the morphology of fruits. *Sauteria*, 18: 232–333.
- Krüssmann, G., 1960: Handbuch der Laubgehölze; Paul Parkey in Berlin und Hamburg, Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen: Berlin, Njemačka.
- Leuschner, C., Voß, S., Foetzki, A., Clases, Y., 2006: Variation in leaf area index and stand leaf mass of European beech across gradients of soil acidity and precipitation. *Plant Ecol.*, 182: 247-258. Doi: 10.1007/s11258-006-9127-2.
- Manchester, S.R., 1999: Biogeographical relationships of north American tertiary floras, *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 86: 472–522. Doi: 10.2307/2666183.
- McDonald, P.G., Fonseca, C.R., Overton, J. McC., Westoby, M., 2003: Leaf-size divergence along rainfall and soil-nutrient gradients: is the method of size reduction common among clades? *Funct. Ecol.*, 17: 50-57. Doi: 10.1046/j.1365-2435.2003.00698.x.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.
- Miljković, D., Stefanović, M., Orlović, S., Stanković Nedić, M., Kesić, L., Stojnić, S., 2019: Wild cherry (*Prunus avium* (L.) L.) leaf shape and size variations in natural populations at different elevations. *Alp. Bot.*, 129: 163–174. Doi: 10.1007/s00035-019-00227-1.
- Minorsky, P.V., 2003: The decline of sugar maples (*Acer saccharum*). *Plant Physiol.*, 133: 441–442. Doi: 10.1104/pp.900091.
- Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika – Raznolikost i evolucija biljnog svijeta. Alfa, Zagreb.

- Poljak, I., Idžojtić, M., Zebec, M., Perković, N., 2012: The variability of European sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the region of northwest Croatia according to morphology of fruits. *Šumar. List*, 136: 479–489.
- Poljak, I., Vahčić, N., Liber, Z., Tumpa, K., Pintar, V., Zegnal, I., Vidaković, A., Valković, B., Kajba, D., Idžojtić, M., 2021: Morphological and chemical diversity and antioxidant capacity of the service tree (*Sorbus domestica* L.) fruits from two eco-geographical regions. *Plants*, 10: 1691. Doi: 10.3390/plants10081691.
- Poljak, I., Vahčić, N., Liber, Z., Šatović, Z., Idžojtić, M. 2022: Morphological and Chemical Variation of Wild Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Populations. *Forests* 13, 55. <https://doi.org/10.3390/f13010055>
- Renner, S.S., Grimm, G.W., Schneeweiss, G.M., Stuessy, T.F., Ricklefs, R.E., 2008: Rooting and dating maples (*Acer*) with an uncorrelated-rates molecular clock: implications for north American/Asian disjunctions. *Syst. Biol.*, 57: 795–808. Doi: 10.1080/10635150802422282.
- Royer, D.L., Meyerson, L.A., Robertson, K.M., Adams, J.M., 2009: Phenotypic plasticity of leaf shape along a temperature gradient in *Acer rubrum*. *PLoS ONE*, 4(10): e7653. Doi: 10.1371/journal.pone.0007653.
- Savolainen, V., Fay, M.F., Albach, D.C., Backlund, A., Van der Bank, M., Cameron, K.M., Johnson, S.A., Lledo, M.D., Pintaud, J.-C., Powell, M., Sheahan, M.C., Soltis, D.E., Soltis, P.S., Weston, P., Whitten, W.M., Wurdack, K.J., Chase, M.W., 2000: Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on *rbcL* gene sequences, *Kew Bull.*, 55: 257–309. Doi: 10.2307/4115644.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: *Biometry*, Freeman and CO, San Francisco.
- Soltis, D.E., Soltis, P.S., Chase, M.W., Mort, M.E., Albach, D.C., Zanis, M., Savolainen, V., Hahn, W.H., Hoot, S.B., Fay, M.F., Axtell, M., Swensen, S.M., Prince, L.M., Kress, W.J., Nixon, K.C., Farris, J.S., Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, *rbcL*, and *atpB* sequences, *Bot. J. Linn. Soc.*, 133: 381–461. Doi: 10.1006/bojl.2000.0380.
- StatSoft, Inc. 2001: *STATISTICA* (data analysis software system), version 8.0.
- Sun, W., Yuan, X., Liu, Z-J., Lan, S., Tsai, W-C., Zou, S-Q., 2019: Multivariate analysis reveals phenotypic diversity of *Euscaphis japonica* population. *PLoS ONE*, 14(7): e0219046. Doi: 10.1371/journal.pone.0219046.
- Tanai, T., 1983: Revisions of tertiary acer from East Asia, *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, 20: 291–390.
- Vukelić, J., 2012: *Šumska vegetacija Hrvatske*, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 403 str.
- Walters, S. M., 1968: *Aceraceae*. U: T. G. Tutin, V. H. Heywood, (Ed.): *Flora Europaea*. Cambridge University Press, pp. 237-239.
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- Wolfe, J.A., Tanai, T., 1987: Systematics, phylogeny, and distribution of *Acer* (maples) in the Cenozoic of Western North America, *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.* 22: 1–246.
- Xu, F., Guo, W., Xu, W., Wei, Y., Wang, R., 2009: Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves? *Prog. Nat. Sci.*, 19: 1789-1798. Doi: 10.1016/j.pnsc.2009.10.001.

Zebeć, M., Drvodelić, D., Moro, M., 2016: Geometric morphometric analysis of fruit shape variability in continental populations of *Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo* from Croatia. Knjiga sažetaka, Natural Resources Green Technology & Sustainable Development 2, 5-7. 10. 2016, Zagreb, Hrvatska.