Morfološka varijabilnost Dianthus ciliatus kompleksa (Caryophyllaceae) na području Jadrana

Tokić, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:247915

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST *DIANTHUS CILIATUS* KOMPLEKSA (CARYOPHYLLACEAE) NA PODRUČJU JADRANA

DIPLOMSKI RAD

Petar Tokić

Zagreb, siječanj, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij: Hortikultura

Ukrasno bilje

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST *DIANTHUS CILIATUS* KOMPLEKSA (CARYOPHYLLACEAE) NA PODRUČJU JADRANA

DIPLOMSKI RAD

Petar Tokić

Mentor:
Izv. prof. dr. sc. Sandro Bogdanović

Komentor:
Dr. sc. Ivana Rešetnik

Zagreb, siječanj, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Petar Tokić**, JMBAG 0079061474, rođen/a 17.02.1995. u Đakovu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST *DIANTHUS CILIATUS* KOMPLEKSA (CARYOPHYLLACEAE)

NA PODRUČJU JADRANA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta Petar Tokić, JMBAG 0079061474, naslova

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST *DIANTHUS CILIATUS* KOMPLEKSA (CARYOPHYLLACEAE)

NA PODRUČJU JADRANA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1.	izv. prof. dr. sc. Sandro Bogdanović	mentor	_____
2.	dr. sc. Ivana Rešetnik	komentor	_____
3.	izv. prof. dr. sc. Ivica Ljubičić	član	_____
4.	izv. prof. dr. sc. Vesna Židovec	član	_____

Zahvala

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Sandru Bogdanoviću na pomoći tijekom izrade ovog rada te na svemu što me ja naučio u procesu. Zahvaljujem i komentorici s PMF-a, dr. sc. Ivani Rešetnik, koja je voditeljica projekta, a u sklopu kojega sam ovaj rad napravio. Zahvaljujem stoga i projektu: Filogeografija i evolucija triju ekološki divergentnih grupa amfi-jadranskih biljaka AmphiAdriPlant (Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ): Uspostavni istraživački projekti (UIP-05-2017)). Također, želim se zahvaliti profesoru izv. prof. dr. sc. Ivici Ljubičiću na susretljivosti i pomoći oko izrade kartografije kao i cijelom Zavodu Agronomskog fakulteta za poljoprivrednu botaniku koji mi je omogućio ovo istraživanje u njegovim prostorijama. Veliko hvala Ani Terlević na pomoći prilikom statističke obrade podataka i kod strukturiranja mjerenih značajki.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na svoj njihovoj pomoći i podršci tijekom studiranja.

Hvala Bogu na svemu!

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. Opće značajke roda *Dianthus* L. 1

1.2. Rod *Dianthus* L. u flori Hrvatske 3

1.3. Morfologija i rasprostranjenost podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa 4

1.3.1. *Dianthus ciliatus Guss*. subsp. *ciliatus* 4

1.3.2. *Dianthus ciliatus* Guss. subsp. *dalmaticus* (Čelak.) Hayek 8

1.3.3. *Dianthus ciliatus* Guss. subsp. *medunensis* (Beck et Szyszył.) Trinajstić 10

1.4. Taksonomska problematika Dianthus ciliatus kompleksa 12

1.5. Ciljevi istraživanja 13

2. MATERIJAL I METODE 14

2.1. Biljni materijal 14

2.2. Mjerenje istraživanih značajki 16

2.2.1. Protokol za mjerenje pomoću programa Image J 19

2.3. Obrada podataka 23

3. REZULTATI 25

3.1. Statistički testovi 25

3.1.1. Cvijet 25

3.1.2. List 26

3.1.3. Stabljika 26

3.2. Deskriptivna statistika 26

3.2.1. Morfometrijske (kvantitativne) osobine 30

3.2.2. Merističke (kvalitativne) osobine 47

3.3. Multivarijatna statistika (PCA i CDA) 49

3.3.1. Analiza glavnih komponenti (PCA) 49

3.3.2. Kanonička diskriminantna analiza (CDA) 51

3.4. Determinacijski ključ za određivanje podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa 54

4. PRIMJENA KARANFILA U UKRASNOJ HORTIKULTURI 55

5. RASPRAVA 57

6. ZAKLJUČAK 60

7. LITERATURA 61

8. ŽIVOTOPIS 64

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Petra Tokića**, naslova

MORFOLOŠKA VARIJABILNOST *DIANTHUS CILIATUS* KOMPLEKSA (CARYOPHYLLACEAE)

NA PODRUČJU JADRANA

Kompleks *Dianthus ciliatus* sadrži tri podvrste koje su morfološki vrlo slične, a geografski dobro razgraničene na području Jadrana. Tipična podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* dolazi u sjevernom i srednjem Jadranu te centralnoj Italiji, a endemične podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* u južnom Jadranu i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* u Crnoj Gori i Albaniji. Zbog preklapanja morfoloških osobina dosadašnja morfološka razgraničenja nisu bila precizno definirana te podvrste nije bilo moguće jednoznačno definirati. Morfometrijsko istraživanje provedeno je na sakupljenom herbarijskom materijalu triju podvrsta na ukupno 66 jedinki iz 22 populacije duž Jadranskog područja (11 populacija *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, 7 populacija *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i 4 populacije *D. ciliatus* subsp. *medunensis*). Analizirano je 17 kvantitativnih i pet kvalitativnih morfoloških osobina. Provedena je deskriptivna i multivarijatna statistika (PCA i CDA) te je analizama ustanovljeno sedam morfoloških osobina koje su statistički značajne i mogu se koristit za bolje razgraničenje ovih triju podvrsta, a to su: visina epikaliksa, širina i dužina druge vanjske ljuske, širina i dužina prve vanjske ljuske, dužina unutarnje ljuske i dužina vrha prve vanjske ljuske. Na temelju toga izrađen je determinacijski ključ za identifikaciju podvrsta *D. ciliatus* kompleksa i provedena je revizija herbarijskih primjeraka iz CNHM, ZA, ZAGR i ZAHO zbirke.

Ključne riječi: *Dianthus*, Jadran, morfometrijska analiza, taksonomija

Summary

Of the master's thesis – student **Petar Tokić,** entitled

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE *DIANTHUS CILIATUS* COMPLEX (CARYOPHYLLACEAE)

IN THE ADRIATIC REGION

The *Dianthus ciliatus* complex has three morphologically very similar subspecies that are geographically well defined in the Adriatic region. Nominal subspecies *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* occurs in northern and central Adriatic and in central Italy, while two endemic subspecies *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* occurs in southern Adriatic and *D. ciliatus* subsp. *medunensis* in Montenegro and Albania. Because of previous unclear morphological distinctions and due to overlapping of morphological features it was not possible to unambiguously define the subspecies. Morphometric analysis was performed on collected herbarium materials of three subspecies, in total on 66 individuals from 22 populations across the Adriatic region (11 populations of *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, 7 populations of *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* and 4 populations of *D. ciliatus* subsp. *medunensis*). Seventeen quantitative and five qualitative morphological characters were analysed. Descriptive and multivariate statistics (PCA and CDA) were performed, and seven morphological characters were statistically significant. Those seven characters (epicalyx height, outer second scale width and length, outer first scale width and length, inner scale length and apex length of first outer scale) can be used for better determination of *D. ciliatus* subspecies. Based on that analysis, a determination key for identification of subspecies of the *D. ciliatus* complex was given, and a revision of herbarium specimens in CNHM, ZA, ZAGR and ZAHO was conducted as well.

Keywords: Adriatic, *Dianthus*, morphometric analysis, taxonomy

1. UVOD

1.1. Opće značajke roda *Dianthus* L.

Rod *Dianthus* L. (klinčić, karanfil) jest drugi po redu, nakon roda *Silene* L. (pušina), vrstama najbogatiji rod porodice *Caryophyllaceae* (karanfili) koja obuhvaća 86 rodova i približno 2200 vrsta (Popić, 2017). Ova porodica, pretežno zeljastih biljaka, rasprostranjena je u vegetaciji umjerenih klimatskih područja uz nekoliko vrsta koje možemo naći na tropskim planinama. Većina vrsta iz ove porodice raste na Sredozemlju te regionalnim dijelovima između Europe i Azije. Na južnoj hemisferi broj rodova i porodica je relativno mali, a zanimljivost je da jednu vrstu iz ove porodice, imenom perlasti karanfil (*Colobanthus quitensis*), možemo naći na Antartiku, što ju čini svjetski najjužnijom biljkom dvosupnica. Mnoge vrste iz ove porodice se uzgajaju kao ukrasne biljke, a neki od najpoznatijih rodova su *Dianthus*, *Lychnis* i *Silene*. Među ovim rodovima, rod *Dianthus* se smatra kao hortikulturalno najvrjednijim. Svrstan je u potporodicu *Caryophylloideae* i tribus *Caryophylleae*, koji je sastoji od ukupno 17 rodova (Bittrich 1993). Krajem 19. stoljeća objavljena je prva monografija o rodu *Dianthus* (Williams 1893) koja je bila baza za kasnije proučavanje roda Paxa i Hoffmanna (1934). Današnja klasifikacija, uz neke manje promjene, uglavnom slijedi strukturu monografije Pax i Hoffmann (1934). Rod *Dianthus* je podijeljen u dva podroda, *Armeriastrum* Ser. kojeg karakteriziraju cvjetovi u glavičastim cvatovima obavijeni s više ovojnih brakteja, rijetko pojedinačni i *Dianthus* koji ima pojedinačne cvjetove ili su oni u manjim skupinama, ali tada u pravilu bez ovojnih brakteja. Postoji i velik broj samoniklih vrsta, među kojima se mnoge međusobno križaju, a uzgojeno je i približno 30.000 kultivara pa je zbog toga dodatno otežavajuća sistematika ovog roda (Nikolić i sur. 2015).

Linné je imenovao rod *Dianthus*, čije ime sadrži korijene iz grčkih riječi *dios* = bog i *anthos* = cvijet, što bi se moglo prevesti kao *božanski cvijet.* Mnoge vrste samoniklih karanfila pa čak i više od 100 hibrida koriste se u uzgoju kao ukrasne biljke, a razlog su njihovi iznimno lijepi i mirisni cvjetovi koji se pojavljuju tijekom proljeća i ljeta, dok neke vrste cvatu i duboko u jesen. Vrste roda

Dianthus su široko rasprostranjene u sjevernim umjerenim područjima Europe i Azije te u Sredozemlju, dok samo mali broj vrsta možemo naći u Africi i Americi. Glavno razvojno središte i vrstama najbogatijemu je u Maloj Aziji i na Balkanu, gdje je velik broj svojti endemskog statusa (Terlević 2020).

U opisu roda *Dianthus* možemo reći da ga karakteriziraju uglavnom busenaste zeljaste trajnice s manje ili više odrvenjelim i razgranatim rizomom koji na vrhovima ogranaka nosi rozete prizemnih listova. Rijetko su jednogodišnje ili dvogodišnje zeljaste biljke. Stabljike su jednostavne ili razgranate, uspravne ili uzdižuće, okrugle ili bridaste te nose jedan ili više parova nasuprotnih listova, bez zalistaka. Uz fertilne stabljike koje u vršnom dijelu nose cvjetove, često se razvijaju i sterilne lisnate stabljike. Prizemni su listovi linearni ili linearno lancetasti, rjeđe lancetasti ili eliptični, u pravilu s istaknutom središnjom žilom, a završavaju tupim i šiljastim vrhom. Stabljični listovi su slični prizemnim listovima, sjedeći su i u donjem djelu srasli u rukavac, ili su reducirani i preobraženi u jajaste, suhokožičaste ljuske. Cvjetovi su pojedinačni ili u čupercima od nekoliko cvjetova, ili je više cvjetova skupljeno u vršne glavice koje su obavijene zeljastim ili kožastim ovojnim listovima (braktejama). Cvjetovi su dvospolni (rjeđe jednospolni, ženski), zrakasto simetrični petodjelni, s dvostrukim ocvijećem. Lapovi su najvećim dijelom srasli u cjevastu čašku koja završava s 5 zubaca. Pri dnu čaške nalazi se 2-6 (-8) ovojnih ljusaka koje tvore vanjsku čašku. Latice su u donjem dijelu sužene u dug i tanak klinac, a u gornjem proširene u plojku koja je gola i kratko bradastodlakava. Plojka latica cjelovitog je ruba, nazubljena, ili pliće do duboko izrezana na uske isperke. Latice su crvene, ružičaste, bijele, blijedožućkaste ili rijetko žute boje. U cvijetu je 10 prašnika s tankim filamentima koji pri dnu nose nektarije. Plodnica je nadrasla, jednogradna i sadrži mnogo sjemenih zametaka. Nosi dva končasta vrata, svaki sa sitno bradavičavom linearnom njuškom. Plod je tobolac koji je sjedeći ili na dršku (karpoforu), a otvara se četirima unatrag savijenim zupcima. Sjemenke su crnosmeđe, štitaste, okruglaste ili duguljaste, fino bradavičave. Klica je ravna, smještena u sredini sjemenke (Nikolić i sur. 2015).

Vrste roda *Dianthus* rastu na raznim vrstama supstrata, na otvorenim staništima poput kamenih travnjaka, stepa, pijeska, brdskih i planinskih livada, kamenih terena, od nizinskih predjela do planinskih vrhova (Radojević i sur. 2010).

Najopsežniji rad o karanfilima koji rastu na području Hrvatske potječe još iz prve polovine prošlog stoljeća (Gjurašin 1932), tako da je vrlo važno provesti nova istraživanja koja će pokušati razriješiti taksonomski status dvojbenih svojti na području Hrvatske.

1.2. Rod *Dianthus* L. u flori Hrvatske

Prema Gjurašinu (1932) u hrvatskoj flori ima nekoliko oblika iz roda *Dianthus* koje sistematska vrijednost nije u potpunosti razjasnila te navodi i neke oblike koji još tada nisu bili poznati. U svojem istraživanju Gjurašin izostavlja Dalmaciju navodeći kako iz tog područja nemamo tako obilan materijal kao iz drugih krajeva Hrvatske. Ovo Gjurašinovo istraživanje izrađeno je 1939. godine na tadašnjem Botaničkom institutu Sveučilišta u Zagrebu.

Prema dostupnoj literaturi na Balkanskom poluotoku poznato je 112 vrsta (Hayek 1927). Prema Hayeku u sjevernom dijelu Balkanskog poluotoka za pojedine zemlje navodi se različiti broj vrsta npr. u Bugarskoj 48, Srbiji 30, Bosni i Hercegovini 25, Dalmaciji 13 u Crnoj Gori 20. Za područje Hrvatske bilježi se 22 vrste. Od vrsta, koje dolaze na našem području pokazuje najširu rasprostranjenost vrsta *D. superbus* L., koja dolazi počevši od sjeverne Španjolske kroz sredinu Europe i Azije sve do Kine i Japana. Vrsta *D. deltoides* L. nastanjuje gotovo čitavu Europu i umjerenu Aziju, a vrsta *D. ameria* L. srednju i južnu Europu i u Aziji Transkavkaziju i Armeniju, *D. monspessulanus* Novak od Crne Gore, Dalmacije, Slavonije i Hrvatske na zapad do sjevernog Pirenejskog poluotoka, *D. barbatus* L. Pireneje, južne Alpe, sjeverni Balkan sve do srednje Rusije, *D. carthusianorum* L. srednju Europu do Danske na sjeveru, Francusku, Španjolsku, sjevernu Italiju do Balkanskog poluotoka, *D. sylvestris* Wulfen južnu Francusku, Italiju, južne Alpe sve do sjeverozapada Balkanskog poluotoka. Nizine Podunavlja nastavaju *D. armeriastrum* Wolfner od Hrvatske i Slavonije preko Srbije, Vojvodine do Rumunjske i Bugarske, *D. pontederae* Kern. od Austrije pa u Srbiju i Bugarsku, *D. giganteiformis* Borb. Slavoniju, Banat, Rumunjsku i Bugarsku, *D. serotinus* W. K. od Austrije kroz Madžarsku sve do u zapadnu Rusiju. Ilirske visoke planine

nastavaju: *D. sanguineus* Vis. od sjeverozapadne Italije kroz Hrvatsku, Crnu Goru do u Bugarsku, *D. velebiticus* Borb. od Velebita do u Crnu Goru, *D. bebius* Vis. Hrvatsku, zapadnu Bosnu, Crnu Goru, *D. strictus*. Hrvatsku, zapadnu Bosnu i goru Athos, *D. integer* Vis. Hrvatsku, Bosnu, Crnu Goru, Albaniju i Makedoniju. Na nižim položajima na ilirskim gorama rastu: *D. tergestinus* Rchb. od Trsta na sjeveru do Albanije na jugu, *D. nodosus* Tausch od Grobničkog Polja u Hrvatskoj pa do Bosne i Hercegovine na jugu, *D. croaticus* Borb. od Hrvatske kroz Bosnu i Hercegovinu, Crnu Goru, Srbiju do u Bugarsku. U Sredozemlju dolaze: *D. liburnicus* Bartl. od Hrvatske, Bosne i Hercegovine do Bugarske. Vrsta *D. ciliatus* Guss. dolazi od Italije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore pa do Albanije. Gjurašin (1932) osim 22 vrste za naše područje navodi još 19 nižih sistematskih jedinica (podvrsta, varijeteta i forma).

Prema novijim istraživanjima rod *Dianthus* obuhvaća približno 300 vrsta, od kojih je 115 osnovnih vrsta navedeno za područje Europe (Tutin i Walters, 1993), odnosno kada se pribroje podvrste i nedovoljno poznate svojte lokalnog karaktera ili nerazjašnjenoga taksonomskoga statusa, taj broj raste na oko 180 svojti. Prema bazi podataka Flora Croatica (Nikolić 2022) u Hrvatskoj je zabilježeno 40 svojti karanfila od kojih je njih devet endemično. Rod *Dianthus* u zadnje vrijeme nije sustavno istraživan tako da su mnoge svojte taksonomski dvojbene u našoj flori.

1.3. Morfologija i rasprostranjenost podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa

1.3.1. *Dianthus ciliatus Guss*. subsp. *ciliatus*

Mjesto prve objave: Ind. Sem. Horto, Boccad. 5 (1825)

Sinonimi: *D. litoralis* Host, *D. racemosus* Vis., *D. ciliatus Guss.* var. *racemosus* Vis., *D. ciliatus* Guss. subsp. *racemosus* (Vis.) Hayek

Morfološki opis svojte: Trepavičavi klinčić je rahlo busenasta trajnica (hemikriptofit) s razgranjenim, odrvenjelim podankom iz kojeg izbija više uspravnih stabljika visine do 60 cm. Stabljike su oblo-valjkaste, slabo razgranjene, nose 4-6 pari nasuprotnih listova i više cvjetova

skupljenih u čuperke po 2-3 (-5) cvjetova koji su smješteni postrance i terminalno tvoreći metličast ili grozdast cvat. Prizemni su listovi u vrijeme cvatnje malobrojni. Listovi stabljike linearni su (široki 1-2 mm), manje ili više plosnati i ušiljeni. Cvjetovi su veliki blijedoružičasti ili ružičastocrveni, na kratkim stapkama ili gotovo sjedeći. Ovojnih ljusaka obično ima 6, a one su jajaste i ušiljene 2-3 puta duže od svoje širine, uzdužno izbrazdane, na rubu široko suhokožičaste i trepavičaste, dostižu polovicu dužine čaške. Čaška je 15-23 mm duga i 3 mm u promjeru, vretenasta i svjetlozelena, njezini su zupci uski i dugo ušiljeni. Plojka latica je gola, duga 5-10 mm, cjelovitog ruba ili slabo nazubljena. Tobolac je skoro valjkast, kraći je od čaške, otvara se zupcima koji su malo unatrag savijeni (Slika 1 i 2). Cvjeta od svibnja do kolovoza (Nikolić i sur., 2015).



Slika 1. Habitus i morfološki detalji vrste *Dianthus ciliatus* (preuzeto iz prvog opisa vrste Gussone, 1825).



Slika 2. Cvat i habitus trepavičavog klinčića (*Dianthus ciliatus* subsp. *ciliatus*) (preuzeto iz Nikolić i sur., 2015).

Rasprostranjenost: Tipična podvrsta rasprostranjena je u središnjim dijelovima Italije te naročito uz istočnu obalu Jadrana. Iz tog razloga se smatra da je ona ilirsko-apeninski endem. U Hrvatskoj raste na obalnom i otočnom dijelu Hrvatskog primorja i sjeverne Dalmacije te u Istri (Slika 3). Zajedno s nalazištima koja su zabilježena pod imenom *D. ciliatus* Guss. subsp. *ciliatus*, u areal ove vrste pripadaju i sva nalazišta od šireg šibenskog područja do Istre, a koja su zabilježena za osnovnu vrstu *D. ciliatus* Guss. To je područje Šibenika i njegove okolice, NP Krka, PP Vransko jezero, Posedarje, otočići oko Vrgade, Murtera i Žirja, zatim Vir, Lavsa, Kornat (Opat, Koromašnja), okolica Obrovca, Pag (poluotok Lun, područje Pag- Sv. Duh), Cres (okolica Cresa, Beli), Rab, Sibinj (okolica Senja) te u Istri (Premantura i južni Kamenjak). Strogo je zaštićena svojta, ali nije ugrožena (Nikolić i sur., 2015).

Stanište i ekologija: Po pitanju generalnog staništa i ekologije tipične podvrste može se reći da naseljava kamenjarske travnjake i pašnjake, rijetke termofilne šume i pukotine stijena primorskih krajeva istočnojadranskog primorja. Vrsta je uglavnom vezana eu- i submediteransku zonu (Nikolić i sur., 2015).



Slika 3. Rasprostranjenost trepavičastog klinčića (*Dianthus ciliatus* subsp*. ciliatus*) u Hrvatskoj prema bazi podataka Flora Croatica (Nikolić, 2022).

Populacije vrste *D. ciliatus* u sjevernom dijelu našeg primorja Visiani (1829) izdvaja kao samostalnu vrstu *D. racemosus* Vis. Vrstu je opisao prema primjercima skupljenim u okolici Šibenika. Naknadno sam Visiani (1852) mijenja status u podvrstu *D. ciliatus* subsp. *racemosus*, što prihvaćaju i drugi autori (Hayek 1927, Trinajstić 1979). U obradi hrvatski karanfila Gjurašin (1933) Visianijevu svojtu *D. racemosus* ne tretira kao neovisnu, već ovaj naziv navodi kao jedan od sinonima za vrstu *D. ciliatus*. Danas većina autora ne razlikuje zasebnu svojtu *D. racemosus* kako ju je Visiani izvorno opisao, već je uključuju u tipičnu podvrstu *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (Tutin i Walters 1993, Nikolić i sur., 2015).

1.3.2. *Dianthus ciliatus* Guss. subsp. *dalmaticus* (Čelak.) Hayek

Mjesto prve objave: Prodr. Fl. Penins. Balcan. 1: 246 (1924)

Sinonimi: *D. dalmaticus* Čelak., *D. ciliatus* Gussone (1825: 5) var. *cymosus* Visiani (1852: 162); *D. ciliatus* subsp*. racemosus* (Visiani 1829: 12) Hayek (1924: 246) pro. part.

Morfološki opis svojte: Dalmatinski klinčić je zeljasta trajnica (hemikriptofit) koja se razlikuje od tipične podvrste svojim nešto nježnijim podankom, čiji su ogranci izduženiji pa time i biljka ima manje busenast izgled. Stabljika je gusto razgranjena, a obično ima 7-13 pari listova. Latice su pliće ili dublje rezane ili su naglašeno nazubljene (Slika 4).



Slika 4. Dalmatinski klinčić (*Dianthus ciliatus* subsp. *dalmaticus*) (foto S. Maslo, preuzeto iz Nikolić i sur., 2015).

Rasprostranjenost: Dolazi na području Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Crne Gore, a prema nekim autorima čak i u Albaniji (Nikolić i sur., 2015). U Hrvatskoj je vezan za područje središnje i južne Dalmacije (Slika 5). Trinajstić (1979) navodi da dolazi na području južne Dalmacije, vjerojatno prema podatcima Visianija (1852) koji ga kao *D. ciliatus* β *cymosus* navodi za okolicu Dubrovnika.

Ovoj svojti sigurno pripadaju svi nalazi za *D. ciliatus* iz Dubrovnika i okolice Lastova. U novije vrijeme Ruščić bilježi dalmatinski karanfil za okolicu Bola na otoku Braču Nikolić 202, FCD opažanje Id. 7131), što ukazuje na to da i ostali nalazi s područja srednje Dalmacije (Kozjak, Solin, Hvar), najvjerojatnije pripadaju ovoj svojti. Zbog toga je za pretpostaviti da se granica areala svojti *Dianthus ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* najvjerojatnije nalazi na prijelazu iz šibenskog u splitsko područje (prema Nikolić i sur., 2015).

Stanište i ekologija: *Dianthus ciliatus* subsp. *dalmaticus* strogo je zaštićena i nije ugrožena svojta, a možemo ju naći u rijetkim termofilnim šumama, na kamenjarskim pašnjacima te pukotinama stijena mediteranske i submediteranske zone istočnojadranskog primorja (Nikolić i sur., 2015).



Slika 5. Rasprostranjenost dalmatinskog klinčića (*Dianthus ciliatus* subsp*. dalmaticus*) u Hrvatskoj prema bazi podataka Flora Croatica (Nikolić, 2022).

Ovu je svojtu prvi opisao Visiani (1852) pod imenom *D. ciliatus* β *cymosus* Vis., a kasnije joj Čelakovsky (1885) daje status samostalne vrste (*D. dalmaticus* Čelak.), dok u najnovijoj

taksonomskoj literaturi ima status podvrste, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (Tutin i Walters 1993, Trinajstić 1979, Nikolić i sur., 2015).

1.3.3. *Dianthus ciliatus* Guss. subsp. *medunensis* (Beck et Szyszył.) Trinajstić

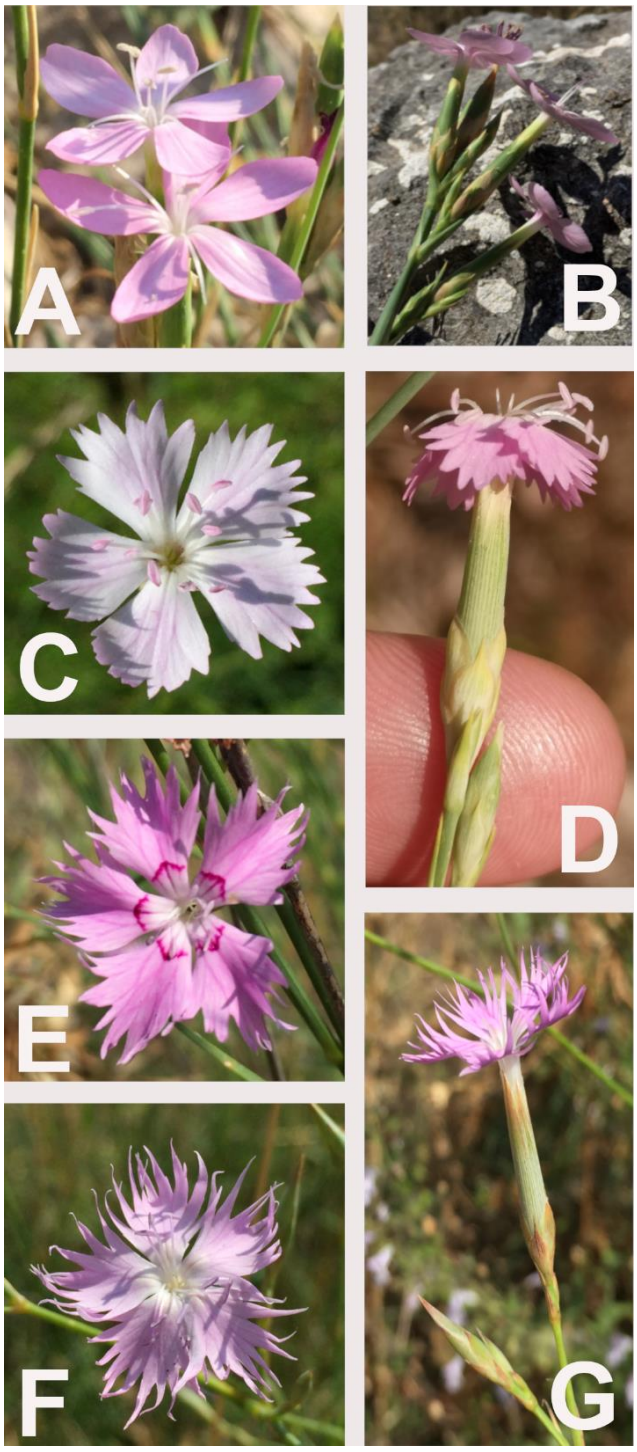
Mjesto prve objave: Suppl. Fl. Anal. Jugosl. 6: 8 (1979)

Sinonim: *D. medunensis* Beck et Szyszył.

Morfološki opis svojte: Beck i Szyszylowitz (1888) za područje Crne Gore (Medun) opisuju zasebnu svojtu *D. medunensis* koja se od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* razlikuje uglavnom po tome što su plojke latica na rubu plićе ili dublje urezane na manje ili veće nitaste isperke (Slika 6 E-G). Ova se svojta u nekim radovima tretira kao varijetet *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (Čelak.) Hayek var. *medunensis* (G. Beck et Szysz.) Hayek (Rochlena, 1942), dok ju neki autori (Tutin i Walters, 1993, Nikolić i sur., 2015) smatraju sinonimom podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*.

Rasprostranjenost: Ova endemična podvrsta je poznata iz Albanije i Crne Gore, gdje dolazi u centralnom dijelu Crne Gore u široj okolici Podgorice te u sjeverozapadnoj Albaniji (Slika 7).

Stanište i ekologija: Raste u submediteranskom pojasu na mjestima s vapnenačkim stijenama, kamenjarskim pašnjacima, strmim kopnenim liticama u pukotinama stijena, uz puteljke i rubne dijelove listopadnih šuma. Cvate od kraja lipnja do kraja srpnja, a plodonosi od kolovoza do rujna.



Slika 6. Morfološki detalji vjenčića (gornja strana) i čaške (bočni prikaz) kod različitih podvrsta: *Dianthus ciliatus* subsp. *ciliatus* (A, B), *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (C, D) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (E, F, G).



Slika 7. Rasprostranjenost medunskog klinčića (*Dianthus ciliatus* subsp. *medunensis*) na području Crne Gore i Albanije prema bazi podataka Flora Croatica (Nikolić, 2022).

1.4. Taksonomska problematika Dianthus ciliatus kompleksa

Kao što je već navedeno ranije, rod *Dianthus* L. je jedan od najvećih rodova porodice *Caryophyllaceae* s preko 300 vrsta koje potječu iz područja Europe, Azije, Afrike te Amerike. Za Europu je zabilježeno preko 70 endemičnih vrsta ovoga roda, a Sredozemlje se pokazalo kao područje s najvećom raznolikošću vrsta, podvrsta i varijeteta unutar ovog roda. Zbog tako velikog broja vrsta, podvrsta i varijeteta unutar roda *Dianthus* i njihovog velikog areala rasprostranjenosti te velike morfološke varijabilnosti, otežana je njihova taksonomska podjela. Treba ispitati i

utvrditi jesu li morfološke različitosti između jedinki te njihove značajnije ili blaže varijacije takve zbog utjecaja različitih okolišnih čimbenika ili tu ipak postoji više potencijalnih vrsta, podvrsta ili varijeteta koji još nisu posve utvrđeni. Postoji nekoliko morfološki i taksonomski dobro definiranih skupina, ali imamo i neke taksonomski vrlo zahtjevne komplekse vrsta unutar roda poput *D. sylvestris* kompleksa (Bacchetta i sur., 2010). Svojte koje pripadaju *D. ciliatus* kompleksu su morfološki slične svojtama *D. sylvestris* kompleksa, a javlja se na Apeninskom i Balkanskom poluotoku. Unutar *D. ciliatus* kompleksa validno su objavljena slijedeća imena vrsta: *D. ciliatus*, *D. racemosus*, *D. dalmaticus* i *D. medunensis*. Kompleks *D. ciliatus* sadrži tri podvrste koje su morfološki vrlo slične, a geografski dobro razgraničene na području Jadrana, a to su: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* u sjevernom i srednjem dijelu obalne Hrvatske te centralnom dijelu Italije, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* na području središnjeg i južnog Jadrana i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* na području središnje i južne Crne Gore i sjeverne Albanije. Dosadašnja morfološka razgraničenja ovih podvrsta su vrlo slabo definirana i stoga je nužno provesti detaljne morfometrijske analize varijabilnosti ovog kompleksa kako bi se bolje definirale dijagnostičke morfološke karakteristike na temelju kojih bi se mogle lakše i preciznije odvajati slične podvrste.

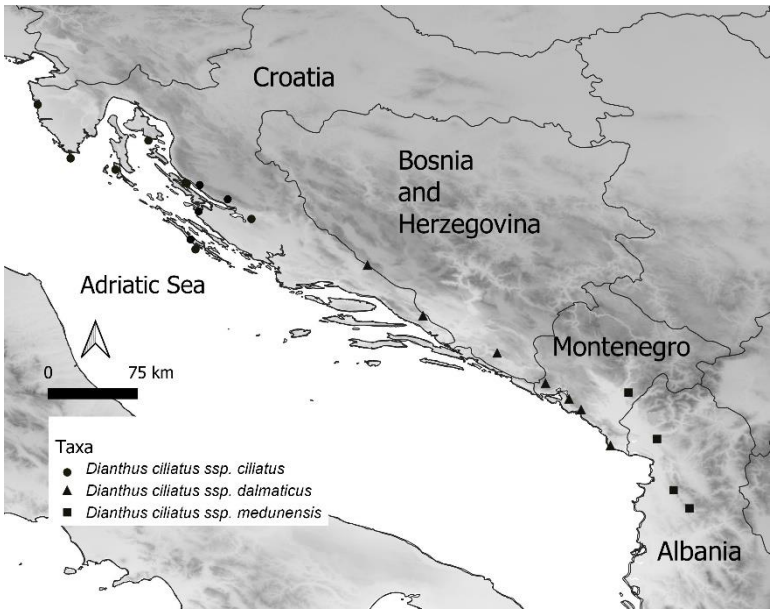
1.5. Ciljevi istraživanja

Cilj ovog rada je opisati i utvrditi morfološka svojstva i njihovu varijabilnost koja doprinose boljem razlučivanju podvrsta unutar *D. ciliatus* kompleksa na istraživanom području. Utvrđivanjem razlika između triju podvrsta (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) na temelju ispitivanih morfoloških osobina izraditi će se determinacijski ključ. Također je cilj redeterminirati sve herbarijske primjerke u zbirkama (CHNM, ZA, ZAGR, ZAHO) na temelju tih morfoloških osobina. Osim toga, navedene podvrste imaju veliki potencijal u ukrasnoj hortikulturi te će stoga biti prikazana njihova moguća primjena.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Biljni materijal

Istraživanje je provedeno na suhom biljnom materijalu koji pripada trima podvrstama *D. ciliatus* kompleksa. Materijal je prikupio tim istraživača Agronomskog fakulteta i PMF-a u Zagrebu, u razdoblju od 2018. do 2021. godine na područjima Hrvatske Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Albanije (Tablica 1, Slika 8). Materijal je bilo potrebno grupirati i sortirati prema opisu i lokalitetu, presložiti i zalijepiti određujući mu potrebne značajke kako bi ga se pohranilo u herbarijsku zbirku ZA. Nakon što su podatci uneseni u zbirku, iz ukupnog materijala izdvojene su populacije s određenih lokaliteta (kako bi se izbjegao rad s više populacija iste ili približne geografske dužine i širine), a zatim iz tih populacija izdvojene su one jedinke koje su sadržavale sve svoje vegetativne i generativne organe u cijelosti, a koji će se kasnije koristiti za morfometrijsko mjerenje i merističko ispitivanje. U konačnici, imao sam uzorak sačinjen od ukupno 22 populacije, odnosno 66 jedinki s 22 različita lokaliteta od koji su: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (33 jedinke - 11 populacija), *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (21 jedinka - 7 populacija) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (12 jedinki - 4 populacija) (Tablica 1, Slika 8).



Slika 8. Uzorkovane populacije *Dianthus ciliatus* kompleksa na istraživanom području.

Tablica 1. Popis istraživanih svojti *Dianthus ciliatus* kompleksa s pripadajućim podacima.

Re	geograp	popNames	ID	Genus	sp	ssp	Locality	Habitat	Altitude_r	Herbarium_vouch	Collector	Collection_dat	LAT_DMS	LONG_DMS
HR		Ribarica	D31	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Ribarica, Uvala Drvarica (Drvarica cove)	littoral rocky coast	2	ZA-47431	I. Resetnik, S. Bogdanovic, I. Ljubicic	15.6.2018	44°33'19.41119999964"	15°2'1.608"
HR		Obrovac	D35	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Obrovac, above the town, above the roa	vertical rocks along the road	46	ZA-47435	I. Resetnik, S. Bogdanovic, I. Ljubicic	16.6.2018.	44°12'5.98319999964"	15°40'41.4948"
HR		Krk	D72	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Island of Krk, Stara Baška, Orlovica	rocky grassland above the sea	20	ZA-48602	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	6.9.2018.	44°58'0.3864"	14°40'18.57"
HR		Rt_Kamenjak	D75	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Rt Kamenjak (cape), S of Premantura, Pol	rocky grassland, along the sea coa	10	ZA-48605	S. Bogdanovic	22.9.2018.	44°47'35.66"	13°54'43.21"
HR		Antenal	D189	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Antenal, Novigrad	rocks along the road	13	ZA-56818	A. Terlevic	19.7.2020.	45°18'59.14"	13°35'25.04"
HR		Osorcica	D190	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Lošinj, Osorčica	vertical carbonate cliffs, SW	259	ZA-56819	M. Dobos, S. Bogdanovic	20.7.2020.	44°40'56.45"	14°21'0.31"
HR		Starigrad	D194	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Paklenica, Starigrad	dry grassland above the sea, E fro	18	ZA-56823	M. Dobos, S. Bogdanovic	20.7.2020.	44°32'52.67"	15°2'47.72"
HR		Ribarica	C1	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Ribarica, Uvala Drvarica (Drvarica cove)	littoral rocky coast	2	ZA-47431	I. Resetnik, S. Bogdanovic, I. Ljubicic	15.6.2018.	44°33'19.41119999964"	15°2'1.608"
HR		Sabunike	C2	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Dalmacija, Sabunike close to Nin	littoral grassland	5	ZAGR 58750	Sandro Bogdanović	26.07.2020.	44° 15' 59.50"	15°9'29.88"
HR		Dugi otok	C3	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Island of Dugi otok, Telašćica, Grpašćak (	edges of cliffs	175	ZAGR 58729	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	7.9.2018.	43°54'21.1752"	15°7'54.0084"
HR		Dugi otok	D73	Dianthus	ciliatus	ciliatus	Island of Dugi otok, Telašćica, Grpašćak (	edges of cliffs	175	ZA-48603	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	7.9.2018.	43°54'21.1752"	15°7'54.0084"
ME		Ulcinj	D100	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Ulcinj (close to), Valdanos to Bratica roa	vertical rocks along the road	279	ZA-48617	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	15.7.2018.	41°57'16.29"	19°11'9.2256"
ME		Budva	D101	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Budva to Cetinje road, Brajići village, roa	rocky grassland	808	ZA-48618	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	16.7.2018.	42°18'12.7008"	18°53'56.4864"
ME		Kotor	D104	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Kotor, road to Lovćen, Lovćenske strane	vertical rocks along the road	634	ZA-48621	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	16.7.2018.	42°24'31.374"	18°46'49.9224"
ME		Mt_Orjen	D105	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Orjen Mt., Orjen sedlo, SE slopes of Zuba	planinske rudine	1689	ZA-48622	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	17.7.2018.	42°33'41.1048"	18°33'5.0148"
BIH		Trebisnjica_river	D159	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Trebišnjica river valley, Popovo polje (vall	rocky clifs along the road	310	ZA-54965	S. Bogdanovic, I. Ljubicic, I. Resetnik,	29.6.2019.	42° 51' 24.5124"	18° 4' 43.0284"
HR		Vrgorac	D167	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Vrgorac, Matokit Mt, Prapatnice, Duboka	rocky grassland	385	ZA-54973	M. Vukojevic	12.9.2019.	43°13'12,53"	17°21'12,82"
HR		Kamesnica	D191	Dianthus	ciliatus	dalmaticus	Kamešnica, Blaca	rocky grassland along the road	876	ZA-56820	S. Bogdanovic	22.7.2020.	43°42'45.13"	16°48'43.63"
ME		Medun	D98	Dianthus	ciliatus	medunensis	Medun above Podgorica	ruderally along the road	472	ZA-48615	S. Bogdanovic, I. Ljubicic	15.7.2018.	42°28'9.3396"	19°21'41.6016"
AL		Dajti_Mt	D200	Dianthus	ciliatus	medunensis	Dajti NP, Eastern slopes of Dajti Mt, abov	on carbonate rocks, in open place	970	ZA-56849	D. Shuka	21.8.2020.	41°20'22.06"	19°57'25.53"
AL		Kruja_Mt	D202	Dianthus	ciliatus	medunensis	Kruja Mt., at the peak of mountain, near	at the peak of mountain	1100	ZA-57634	D. Shuka	19.9.2020.	41°30'59.80"	19°48'8.38"
AL		Vau_i_Dejes	D203	Dianthus	ciliatus	medunensis	Vau i Dejës municipality	10-30 m over the hydropower dar	100	ZA-57635	D. Shuka, L. Shuka	20.9.2020.	42° 0'58.25"	19°38'26.64"

2.2. Mjerenje istraživanih značajki

Proces je započeo određivanjem morfoloških merističkih (kvalitativnih) i morfometrijskih (kvantitativnih) osobina koje će se određivati i mjeriti, a kasnije uspoređivati te pripremom biljnog materijala za mjerenje. Kvantitativne osobine koje su mjerene su: dužina epikaliksa, dužina čaške, dužina latica, dužina i širina unutarnjeg para ljuski i njihovih vrhova, dužina i širina prvog, drugog i trećeg para vanjskih ljuski te širina i visina njihovih vrhova, zatim visina biljke i dužina (drugog) stabljičnog lista. Ostale kvalitativne ispitivane osobine za koje nije bilo potrebno mjerenje su: broj parova ljuski (jer su u razredima 2-5), vrsta drvenaste baze (rahla/kompaktna), rub ljuske odnosno postojanje cilija (0/1), oblik plojke latice (klinast/nazubljen) i rub latice (nazubljen/cjelovit/nitast). Kako bi se izmjerile tražene kvantitativne morfološke vrijednosti poput dužine epikaliksa, veličina ljuski itd., sa što većom preciznošću, napravljeni su predlošci za skeniranje ispitivanih osobina načinjeni fiksiranjem tih istih dijelova biljnih organa na proziran papir zajedno s metričkom skalom i odgovarajućom ID oznakom (Slika 8).



Slika 9. Predložak zalijepljenih morfoloških dijelova svojti *D. ciliatus* kompleksa koji se koristito za skeniranje.

Skenovi su upotrjebljeni kao digitalne slike u programu Image J u kojemu će se mjerenje morfometrijskih značajki vršiti digitalno, a sami proces će detaljnije biti opisan u sljedećem poglavlju. Neke ispitivane morfološke osobine su zbog svoje veličine i radi praktičnosti mjerene ravnalom (visina stabljike i dužina stabljičnog lista) ili stereoskopskim mikroskopom (rub ljuske). Osobine koje su mjerene pomoću programa Image J i mikroskopa bilo je potrebno prvo ručno odvojiti od biljnog materijala koristeći se skalpelom i pincetom. Od svake jedinke uzete su tri čaške zajedno s vanjskim ljuskama. Jedna od čaški, koja je iskorištena za mjerenje dužine epikaliksa, u cijelosti je zalijepljena na proziran papir za sken, a druga i treća je rastavljena skalpelom i pincetom na pojedinačne dijelove: čaška, vanjske i unutarnje ljuske i latica. Od svakog para ljuski uzeta je po jedna ljuska (radi identičnosti) koja je bila u boljem stanju i zajedno s ostalim dijelovima fiksirana na proziran papir uz odgovarajuću oznaku, koristeći prozirnu ljepljivu traku. Pored već zalijepljene čaške odgovarajuće jedinke, zalijepljeni su i ostali pojedinačni dijelovi druge čaške u redoslijedu: druga čaška bez ljuski i latica, jedna od latica u najboljem stanju, unutarnja ljuska, 1. vanjska ljuska, 2. vanjska ljuska, 3. vanjska ljuska. Pošto je materijal bio suh samim time bio je i vrlo lomljiv pa je za odvajanje svih dijelova i njihovog lijepljenja na proziran papir trebalo puno vremena i pedantnosti, kako bi se dobili, koliko je to bilo moguće, čitavi i pravilni dijelovi. To je bilo nužno radi preciznog mjerenja odnosno dobivanja točnih vrijednosti pojedinih veličina i kasnijeg korištenja tih podataka u svrhu karakterizacije istraživanih podvrsta *D. ciliatus* kompleksa. Tako pripremljen materijal, skeniran je s rezolucijom od 600 dpi te su na njemu izvršena daljnja potrebna mjerenja morfometrijskih značajki u programu Image J. Dobivene vrijednosti iz programa prepisane su u Excel tablicu s ispitivanim osobinama (Tablica 2), a koje će se koristiti za usporedbu i statistiku ispitivanih svojstva.

Tablica 2. Prikaz izmjerenih morfoloških osobina na svojtama *Dianthus ciliatus* kompleksa.

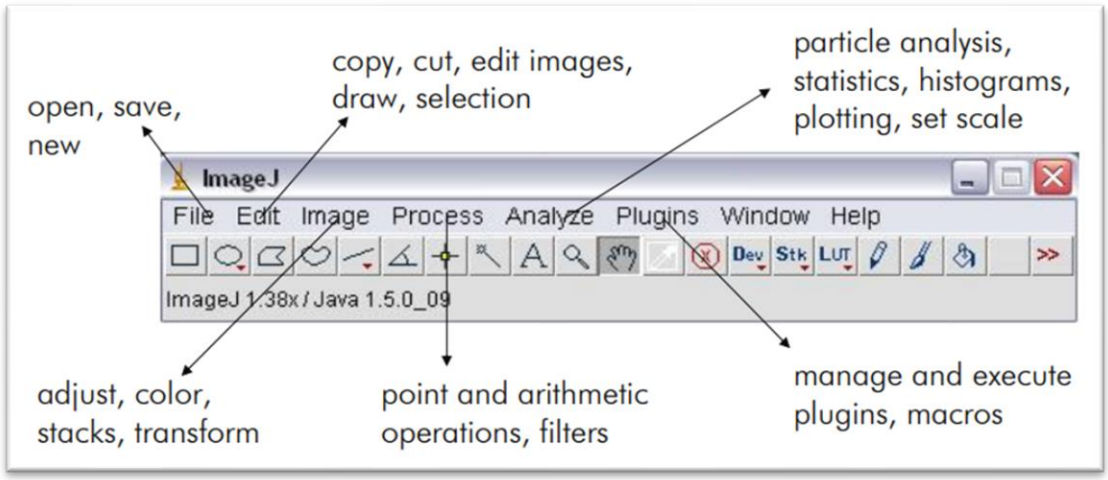
Taxon name	ID	individua	sample	broj_parova_ljuski	dužina_epikaliksa	duzina_caske	duzina_latice	duzina_unutarnje_ljuske	sirina_unutarnje_ljuske	duzina_vrha_unutarnje_ljuske	duzina_vanjske1_ljuske	sirina_vanjske1_ljuske	duzina_vrha_vanjske1_ljuske	duzina_vanjske2_ljuske	sirina_vanjske2_ljuske	duzina_vrha_vanjske2_ljuske	duzina_vanjske3_ljuske	sirina_vanjske3_ljuske	duzina_vrha_vanjske3_ljuske	rub_latice	visina_biljke (mm)	duzina_stabljicnog_lista (mm)	drvenasta_baza	rub_ljuske
dalmaticus	D159	1	D159_1	3	10.764	16.820	16.364	7.968	2.836	0.703	6.004	2.158	0.679	4.892	1.970	0.568	5.515	0.943	2.701	nazubljer	630	70	rahla	1
dalmaticus	D159	2	D159_2	4	9.229	17.179	20.032	7.642	3.206	0.883	6.708	2.261	1.002	5.179	1.501	2.789	5.446	0.913	2.722	nazubljer	700	60	rahla	1
dalmaticus	D159	3	D159_3	4	10.456	17.245	16.96	7.65	3.123	0.75	6.236	2.236	0.89	4.952	1.665	1.565	5.748	0.897	2.812	nazubljer	690	65	rahla	1
dalmaticus	D167	4	D167_1	4-5	10.155	14.821	14.457	6.359	2.780	0.808	4.153	2.342	0.327	3.837	1.890	0.957	3.659	1.459	0.608	cjelovit	580	35	rahla	0
dalmaticus	D167	5	D167_2	4-5	9.207	15.814	12.354	7.311	2.511	0.538	5.625	2.635	0.790	4.641	2.178	0.917	3.717	1.376	0.537	cjelovit	400	30	rahla	0
dalmaticus	D167	6	D167_3	4	10.665	17.236	16.695	7.563	3.102	0.655	6.123	2.163	0.986	4.789	2.336	1.123	3.965	1.896	0.663	cjelovit	500	43	rahla	0
ciliatus	D75	7	D75_1	2-3	14.131	19.889	25.224	10.641	3.096	3.255	7.932	3.018	2.090	9.354	2.704	3.697	4.221	2.332	1.852	cjelovit	330	30	kompaktna	0
ciliatus	D75	8	D75_2	2-3	16.726	17.493	25.112	10.794	2.915	1.861	7.810	2.930	1.489	5.247	2.019	1.089	4.092	1.533	1.561	cjelovit	380	30	kompaktna	0
ciliatus	D75	9	D75_3	2-3	16.587	17.987	24.361	10.653	2.998	1.987	7.887	2.996	2.101	8.322	2.689	3.779	4.154	2.221	1.68	cjelovit	370	25	kompaktna	0
medunensi	D98	10	D98_1	2-3	10.106	18.787	25.342	8.042	3.325	2.204	7.564	1.424	1.941	4.252	2.009	1.322	4.132	1.442	1.86	nitast	700	90	rahla	0
medunensi	D98	11	D98_2	2-3	10.844	18.292	15.528	8.548	2.852	1.941	6.439	2.494	1.883	5.167	2.009	1.804	3.998	2.123	1.784	nitast	650	80	rahla	1
medunensi	D98	12	D98_3	2-3	11.236	19.012	16.245	8.234	3.237	2.111	7.556	1.977	1.884	4.239	2.007	1.431	4.001	1.894	1.334	nitast	690	80	rahla	1
dalmaticus	D104	13	D104_1	3	11.201	16.864	16.956	9.545	3.696	1.833	7.626	2.524	2.133	7.395	1.765	3.418	4.765	1.946	1.235	nazubljer	480	50	rahla	0
dalmaticus	D104	14	D104_2	3	12.475	17.688	16.920	10.213	3.066	2.231	7.844	2.424	1.452	7.475	1.903	2.737	8.608	1.448	4.961	nazubljer	500	60	rahla	1
dalmaticus	D104	15	D104_3	3	11.254	17.987	17.236	9.664	3.189	2.123	7.563	2.448	1.567	7.455	1.878	3.167	7.776	1.544	4.853	nazubljer	480	55	rahla	0
ciliatus	D35	16	D35_1	3-4	12.564	15.764	23.332	10.101	3.830	1.501	8.731	3.413	2.347	7.495	2.599	2.691	8.863	2.264	3.646	cjelovit	560	70	kompaktna	0
ciliatus	D35	17	D35_2	3-4	11.421	15.434	23.459	10.356	2.809	1.875	8.383	3.388	2.066	8.136	2.539	2.126	7.928	2.665	3.660	cjelovit	570	70	kompaktna	0
ciliatus	D35	18	D35_3	3-4	12.987	14.236	21.489	10.236	3.741	1.798	8.421	3.235	2.063	8.112	2.654	2.721	8.766	2.456	3.544	cjelovit	580	70	kompaktna	0
ciliatus	D73	19	D73_1	4-5	15.441	22.825	22.022	11.990	3.037	2.907	9.243	2.965	2.262	7.139	3.000	1.818	7.156	2.052	2.597	cjelovit	820	140	kompaktna	0
ciliatus	D73	20	D73_2	4	17.596	19.236	21.768	12.527	3.485	2.401	9.982	3.975	2.950	8.189	3.193	2.524	10.068	3.025	3.858	cjelovit	700	100	kompaktna	0
ciliatus	D73	21	D73_3	4	17.423	18.236	21.863	12.112	3.369	2.346	9.876	3.876	2.980	8.125	3.001	2.432	7.234	2.221	2.562	cjelovit	890	110	kompaktna	0
ciliatus	D189	22	D189_1	3-4	12.192	16.055	25.663	9.083	4.868	1.871	7.758	4.006	1.359	6.730	3.038	1.840	6.137	2.233	1.527	cjelovit	500	70	kompaktna	0
ciliatus	D189	23	D189_2	3	12.430	16.779	25.053	10.775	5.642	2.000	8.117	3.613	1.744	6.566	2.663	1.445	8.567	3.147	1.843	cjelovit	530	80	kompaktna	1
ciliatus	D189	24	D189_3	3-4	12.45	15.631	25.023	10.365	5.553	1.998	7.876	3.554	1.724	6.876	3.023	1.511	8.432	3.112	1.983	cjelovit	520	75	kompaktna	1
ciliatus	C1	25	C1_1	2-3	13.594	16.554	19.783	7.217	2.811	1.373	9.688	3.430	2.651	6.986	2.057	1.362	7.609	1.074	3.889	cjelovit	330	50	kompaktna	1
ciliatus	C1	26	C1_2	3-4	13.808	16.509	19.998	7.853	3.060	1.713	8.709	3.066	1.537	6.813	2.088	1.553	5.334	1.227	0.964	cjelovit	560	50	kompaktna	0
ciliatus	C1	27	C1_3	3	12.987	16.036	19.784	7.236	3.055	1.735	9.554	3.431	2.772	6.880	2.721	1.554	5.555	1.345	2.121	cjelovit	450	55	kompaktna	0
ciliatus	D190	28	D190_1	4	15.153	17.994	20.112	11.085	4.433	2.220	10.902	4.297	2.081	9.607	3.668	2.056	9.565	2.669	3.038	cjelovit	450	85	kompaktna	0
ciliatus	D190	29	D190_2	4-5	16.474	19.123	25.040	11.143	4.364	1.904	9.771	4.065	1.890	10.794	4.530	1.872	6.585	2.984	1.447	nazubljer	430	90	kompaktna	0
ciliatus	D190	30	D190_3	4	16.236	17.693	24.369	11.156	4.336	2.123	9.877	4.231	2.110	9.869	4.556	1.876	6.895	2.985	1.552	nazubljer	450	90	kompaktna	0
ciliatus	C2	31	C2_1	3	14.554	17.652	23.942	9.546	3.412	2.451	7.237	3.448	1.683	5.991	2.901	1.368	7.153	2.867	2.994	cjelovit	480	40	kompaktna	0
ciliatus	C2	32	C2_2	3-4	12.521	18.212	19.810	11.092	4.665	2.679	10.612	4.232	2.503	9.344	3.444	2.517	7.066	2.886	2.936	cjelovit	720	80	kompaktna	0
ciliatus	C2	33	C2_3	3-4	12.656	17.897	20.235	11.012	3.56	2.754	9.775	4.321	2.775	9.211	3.510	2.551	6.996	2.846	3.126	cjelovit	650	65	kompaktna	0
ciliatus	D194	34	D194_1	3	10.737	17.212	21.962	9.063	2.141	2.901	8.119	3.124	2.434	6.260	2.517	1.823	4.510	1.055	1.441	cjelovit	610	40	kompaktna	0
ciliatus	D194	35	D194_2	3-4	14.692	19.036	24.105	11.271	3.176	2.556	9.568	2.812	2.155	7.559	2.332	2.080	4.905	1.029	1.503	cjelovit	420	55	kompaktna	0
ciliatus	D194	36	D194_3	3-4	14.369	17.147	24.388	11.231	3.213	2.472	9.556	3.236	2.443	7.609	2.431	2.128	4.876	1.554	1.522	cjelovit	550	50	kompaktna	0
ciliatus	C3	37	C3_1	3-4	12.207	23.087	27.091	10.653	4.731	1.932	10.535	5.193	2.363	10.140	3.428	3.779	10.346	3.298	4.005	cjelovit	400	110	kompaktna	0
ciliatus	C3	38	C3_2	3-4	15.599	19.683	20.365	14.250	6.586	3.077	11.588	6.405	2.671	10.020	4.929	3.058	8.624	2.878	3.211	cjelovit	800	120	kompaktna	0
ciliatus	C3	39	C3_3	3-4	14.875	18.369	21.431	13.236	4.986	2.156	10.432	6.665	2.456	10.011	4.772	3.678	8.987	2.897	3.144	cjelovit	650	120	kompaktna	0
ciliatus	D72	40	D72_1	3-4	13.773	17.980	18.776	10.180	3.716	3.059	8.186	3.832	2.117	5.806	1.493	1.724	4.966	2.079	1.942	cjelovit	220	10	kompaktna	0
ciliatus	D72	41	D72_2	3-4	11.538	16.792	18.457	8.673	3.188	2.423	6.366	2.257	2.088	5.298	1.808	1.180	5.124	2.875	2.211	cjelovit	340	50	kompaktna	0
ciliatus	D72	42	D72_3	3-4	11.635	16.893	18.663	10.012	3.236	2.556	6.432	3.887	2.122	5.778	1.912	1.725	4.865	2.865	2.017	cjelovit	340	50	kompaktna	0
ciliatus	D74	43	D74_1	3	12.626	18.042	24.043	11.655	3.995	3.809	8.932	3.199	2.678	6.958	2.380	2.096	5.595	1.763	2.181	cjelovit	630	70	kompaktna	0
ciliatus	D74	44	D74_2	2-3	10.223	17.570	22.375	8.521	2.915	2.730	6.910	2.678	2.233	6.009	2.012	2.334	6.121	1.937	2.351	cjelovit	550	55	kompaktna	0
ciliatus	D74	45	D74_3	3	10.336	18.123	24.336	9.236	3.012	2.886	8.876	2.875	2.547	6.876	2.342	2.321	5.987	1.987	2.345	cjelovit	610	55	kompaktna	0
medunensi	D202	49	D202_1	3-4	12.658	23.488	29.208	9.749	4.381	2.445	7.645	2.497	1.442	4.986	1.804	1.100	4.004	1.471	1.315	nitast	560	60	rahla	0
medunensi	D202	50	D202_2	3-4	11.359	21.777	29.600	10.264	1.910	1.396	7.052	1.981	1.757	5.855	1.811	1.912	4.180	1.187	2.671	nitast	500	50	rahla	0
medunensi	D202	51	D202_3	3-4	12.782	22.364	28.987	10.236	3.178	2.251	7.395	2.567	1.651	5.789	1.821	1.133	4.003	1.342	2.231	nitast	510	50	rahla	0
medunensi	D203	52	D203_1	3-4	11.334	21.387	25.143	8.033	2.858	2.378	5.602	1.991	1.641	5.421	1.997	1.858	3.901	1.519	1.303	nitast	290	75	rahla	1
medunensi	D203	53	D203_2	3-4	10.804	19.461	26.182	9.826	3.352	2.387	7.917	2.450	2.768	6.787	1.799	3.166	3.869	1.512	1.456	nitast	230	70	rahla	1
medunensi	D203	54	D203_3	3-4	11.236	20.789	25.364	9.751	3.569	2.356	6.985	2.775	2.231	5.985	1.811	1.734	4.123	1.876	1.865	nitast	450	75	rahla	1
medunensi	D200	55	D200_1	3-4	10.381	19.345	29.091	9.964	3.375	2.126	7.803	2.936	1.746	5.523	2.071	1.483	4.231	1.987	2.002	nitast	340	55	rahla	0
medunensi	D200	56	D200_2	3-4	13.032	22.264	28.567	8.982	3.279	1.857	6.698	2.246	1.457	5.540	2.374	1.664	5.438	1.687	2.035	nitast	450	70	rahla	0
medunensi	D200	57	D200_3	3-4	12.954	22.123	29.412	8.994	3.156	2.158	7.257	2.265	1.569	5.645	2.123	1.521	5.321	1.655	2.045	nitast	510	70	rahla	0
dalmaticus	D191	58	D191_1	3	7.968	15.041	21.086	7.149	3.485	1.251	5.501	2.449	1.324	5.891	1.914	2.137	8.123	1.874	3.897	cjelovit	380	70	rahla	1
dalmaticus	D191	59	D191_2	3	8.622	14.788	20.098	6.309	4.232	1.030	5.534	2.768	1.151	5.203	2.669	2.131	7.896	1.865	3.998	cjelovit	270	90	rahla	1
dalmaticus	D191	60	D191_3	3	8.365	15.128	21.789	6.998	4.112	1.112	5.454	2.810	1.023	6.124	2.142	1.997	6.998	1.732	4.123	cjelovit	400	70	rahla	1
dalmaticus	D101	61	D101_1	4	13.029	22.456	32.428	10.484	3.502	2.713	9.327	3.510	1.458	8.162	2.526	2.574	7.709	1.989	3.500	nazubljer	460	60	rahla	0
dalmaticus	D101	62	D101_2	3-4	11.161	21.212	29.256	9.666	3.029	2.425	8.137	2.904	2.274	5.879	1.807	2.698	7.71	1.994	3.665	nazubljer	550	70	rahla	0
dalmaticus	D101	63	D101_3	3	12.561	22.364	30.447	9.556	3.456	2.213	8.132	2.898	2.342	5.996	1.975	2.766	7.432	1.897	3.556	nazubljer	510	65	rahla	0
dalmaticus	D100	64	D100_1	4-5	13.029	22.456	32.428	10.484	3.502	2.713	9.327	3.510	1.458	8.162	2.526	2.574	7.709	1.989	3.500	nazubljer	700	90	rahla	1
dalmaticus	D100	65	D100_2	4	11.161	21.212	29.256	9.666	3.029	2.425	8.137	2.904	2.274	5.879	1.807	2.698	7.673	1.993	3.987	nazubljer	590	70	rahla	1
dalmaticus	D100	66	D100_3	4	13.231	22.317	30.125	10.123	3.121	2.432	9.123	3.432	2.223	5.863	1.976	3.123	7.221	2.001	4.001	nazubljer	600	80	rahla	1
dalmaticus	D105	67	D105_1	3	10.257	18.729	26.850	8.645	4.322	2.158	7.790	3.521	2.371	6.766	2.470	3.941	8.222	1.997	3.998	nazubljer	290	35	rahla	0
dalmaticus	D105	68	D105_2	3	10.492	22.541	30.627	8.646	2.960	2.231	6.928	2.081	2.392	6.471	1.712	2.288	8.112	1.655	3.876	nazubljer	320	35	rahla	0
dalmaticus	D105	69	D105_3	3-4	10.356	19.752	29.523	8.565	4.102	2.233	7.65	2.235	2.381	6.565	2.241	3.565	7.711	1.556	3.664	nazubljer	310	40	rahla	0

2.2.1. Protokol za mjerenje pomoću programa Image J

Nakon pripreme, materijal je skeniran s rezolucijom od 600 dpi, koristeći tamnu podlogu, čime su dobivene jasnije digitalne snimke (skenovi) uz visoku rezoluciju koje su spremljene na disk u .tif formatu (Slika 9). Takvi gotovi skenovi su zatim otvoreni u programu Image J, pomoću kojeg je izvršeno mjerenje morfometrijskih dijelova uzorka (osobina). Program Image J, svojim alatima omogućuje analizu digitalne slike uzoraka (Slika 10). Dizajniran je na način da omogući obradu različitih vrsta slikovnih podataka na raznim elektroničkim platformama, a zbog njegove jednostavnosti i praktičnosti, mnogi istraživači ga primjenjuju. Program može izračunati statistiku površine i vrijednost piksela slike odabira korisnika i može mjeriti različite udaljenosti i kutove. Podržava standardnu obradu slike poput manipulacije kontrastom, izoštravanjem, zaglađivanjem itd. Radi geometrijske transformacije kao što su skaliranje, rotacija i preokret. Slika se može povećati od 32 : 1 pa do 1 : 32, a sve funkcije analize i obrade dostupne su pri bilo kojem povećanju. Dostupna je prostorna kalibracija za mjerenje dimenzija u stvarnom svijetu u jedinicama kao što su milimetri, inči itd. (Hibik, 2019)

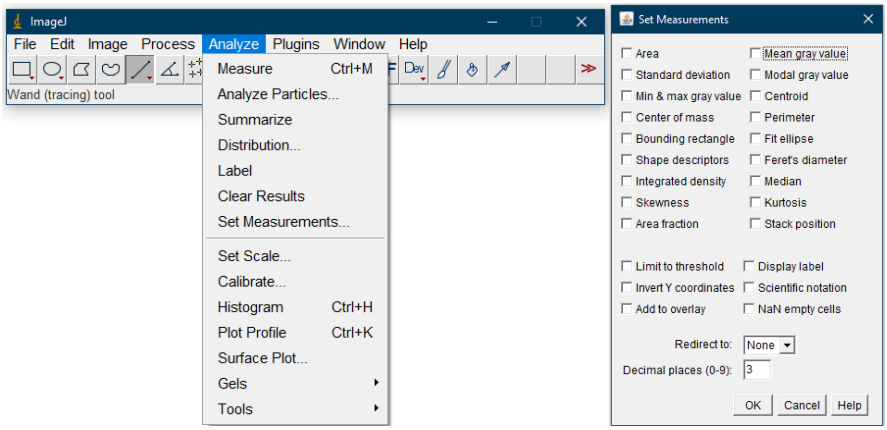


Slika 9. Primjer digitalne snimke (skena) morfoloških osobina za mjerenje u programu Image J.



Slika 10. Prikaz izbornika i osnovnih alata Image J programa.

Prije samog mjerenja, određeni su parametri mjerenja odabirom u izborniku *Analyze/Set Measurments*, gdje su klikom miša na prozorima otklonjeni svi nepotrebni, a već zadani parametri (Slika 11).



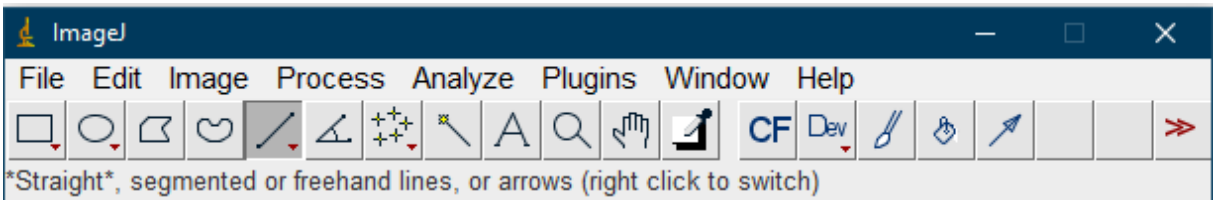
Slika 11. Izbornik programa i pripadajući prozori za odabir parametra.

1. Otvaranje programa i učitavanje željene slike (skena)

- Pritiskom u izborniku na *File/Open* (odabir slike koju želimo učitati)

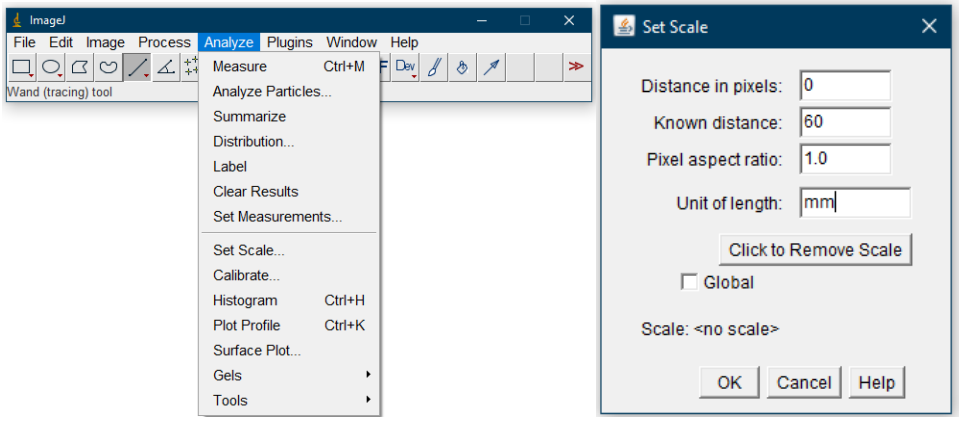
2. Kalibracija – određivanje veličine pixela skena i njoj pripisujuće mjerne jedinice (korišteni su milimetri te je na skali određivana veličina od 6 cm (60 mm) radi bolje preciznosti

- Započinje odabirom alata u izborniku za crtanje ravne linije (*Straight*) **(Slika 12)**



Slika 12. Alat za crtanje ravne linije u programu Image J.

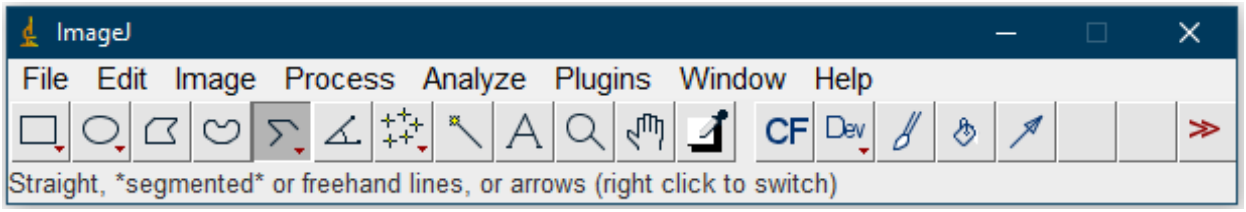
te povlačenjem linije na metričkoj skali od toče A do točke B određujući udaljenost (npr. 60 mm). Linija se mjeri pritiskom tipki CTRL+M, a trajna linija mjerenja ostaje nakon pritiska CTRL+D → zatim klikom miša u izborniku na *Analyze/Set Scale* (u prozor *Known Distance* upisuje se uzeta udaljenost (60) i određuje se mjerna jedinica (mm) odabirom u prozoru *Unit of lenght*) (Slika 13)



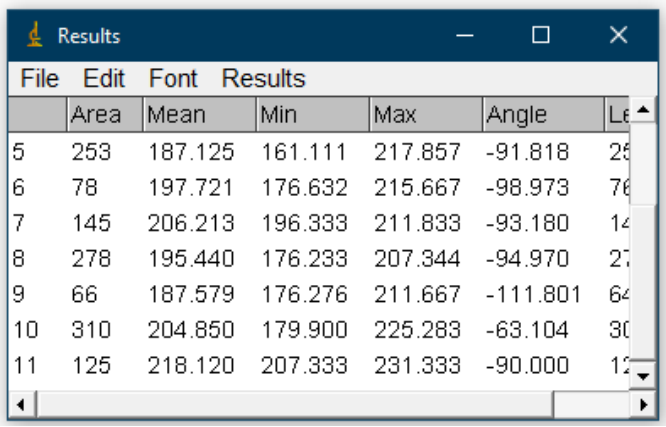
Slika 13. Odabir Set Scale u izborniku kod određivanja vrijednosti za kalibraciju u Image J.

3. Mjerenje

- Lijevim klikom miša i povlačenjem određujemo udaljenost i pravac mjerenja od točke A do točke B, odnosno krajnje točke dužine i širine ispitivanih osobina (dužini i širine nepravilnih oblika mjerimo odabirom alata za crtanje zakrivljene linije, Slika 14) → Pritiskom na tipkovnici CTRL+D izvršavamo mjerenje te se automatski otvara novi prozor gdje se prikazuje i pohranjuje vrijednost svake zadane udaljenosti (Slika 15). Proces završava prijepisom mjerenih veličina iz programa u Excel tablicu osobina.



Slika 14. Alat za crtanje zakrivljene linije u programu Image J.



***Slika* 15.** Primjer prozora u kojemu se pohranjuju vrijednosti zadanih duljina u Image J.

2.3. Obrada podataka

Svi morfometrijski podatci ispitivanih osobina analizirani su pomoću softverskog paketa R (R Core Team 2020) sa setom funkcija MorphoTools (Koutecký 2015). Napravljeni su box-plot dijagrami za analizirane značajke kako bi se istražila varijacija između tri podvrste *D. ciliatus* kompleksa. Statističkom analizom varijance (ANOVA-testom) testirana je nulta hipoteza da su srednje vrijednosti svih morfometrijskih značajki iste odnosno da ne postoji razlika između srednjih vrijednosti mjerenih osobina ispitivanih podvrsta.

Analiza varijance, skraćeno ANOVA (engl. Analysis Of Variance), se upotrebljava kada se želi testirati postoji li statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina više populacija (osnovnih skupova) ili tzv. grupa te se donosi zaključak pripadaju li uzorci (grupe) istoj populaciji. Najčešće je u primjeni analiza varijance s jednim promjenjivim faktorom (engl. One-Way ANOVA) i analiza varijance s dva promjenjiva faktora (engl. Two-Way ANOVA). Svaki od navedenih modela je specijalni slučaj poopćenog linearnog modela GLM (engl. generalized linear model) te svaki od njih zahtijeva određene pretpostavke koje trebaju biti ispunjene. U slučajevima kada se analizira dva ili više faktora, početni se model može proširiti za članove interakcije. Ono što je zajedničko svim modelima analize varijance jest da se značajnost utjecaja analiziranih faktora na promatranu slučajnu varijablu provodi empirijskim F-omjerom, tj. F-testom (Arnerić i Protrka, 2019–2020).

Korišten je i Tukey post hoc test u slučajevima statistički signifikantnog rezultata kako bi se utvrdilo odakle su razlike uistinu došle, međusobno testirajući svaki mogući par unutar svake grupe osobina. Također su morfometrijski podatci analizirani koristeći dvije metode multivarijatne statistike: analizu glavnih komponenti (Principal Components Analysis, PCA) i kanoničku diskriminantnu analizu (Canonical Discriminant Analysis, CDA). PCA reducira više ulaznih varijabli na dvije glavne komponente (X i Y os, odnosno prva i druga os).

PCA analiza predstavlja jednu od najjednostavnijih tehnika multivarijatne analize podataka. Primjenjuje se u slučajevima opsežnog broja varijabli. PCA definiramo kao statistički postupak za reduciranje dimenzije podataka. PCA koristimo za smanjenje dimenzionalnosti podatkovnog skupa, uz zadržavanje onih karakteristika podataka koje najviše doprinose varijanci. Može se reći da je PCA je svojevrsna transformacija podataka na način da bira novi koordinatni sustav za skup podataka, takav da najveća varijanca bilo koje projekcije skupa podataka leži na prvoj osi (prva glavna komponenta), druga najveća varijanca na drugoj osi itd. Podaci se prikazuju na način koji nije uobičajen, ali sadrži mnogo bitnih informacija o skupu izvornih podataka. U interpretaciji novo dobivenih varijabli (glavne komponente) služimo se matricom strukture čiji su elementi linearne korelacije originalnih varijabli i novo dobivenih varijabli ili faktora (Filipović, 2018).

CDA se koristi za već izabrane i formirane grupe, a njezina je glavna zadaća ispitati koje su varijable najznačajnije za međusobno razlikovanje grupa. Ovom analizom procjenjuje se i vjerojatnost pripadnosti jednog seta podataka (vrste, podvrste, varijeteta) određenoj grupi. Za merističke (kvalitativne) značajke ispitivanog uzorka nisu rađeni testovi analize pošto se iz samog grafičkog prikaza pojedinih karaktera svojstvenih određenom broju jedinki može zaključiti koje i kakve osobine su karakteristične za svaku od ispitivanih grupa unutar uzorka.

3. REZULTATI

3.1. Statistički testovi

3.1.1. Cvijet

Analizom varijance (ANOVA-testom) morfometrijskih značajki svojti *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*, nulta hipoteza je odbačena za sljedeće osobine: dužina epikaliksa, dužina unutarnje ljuske, dužina prve vanjske ljuske, širina prve vanjske ljuske, dužina vrha prve vanjske ljuske, dužina druge vanjske ljuske, širina druge vanjske ljuske, dužina treće vanjske ljuske i širina treće vanjske ljuske. Dakle, analizom varijance ove se osobine značajno razlikuju između navedenih svojti (skupina). Ostale morfometrijske osobine cvijeta kod kojih je potvrđena nulta hipoteza, odnosno kod kojih nije utvrđena značajna razlika između svojti su sljedeće : dužina čaške, dužina latice, širina unutarnje ljuske, dužina vrha unutarnje ljuske, dužina vrha druge vanjske ljuske, dužina vrha treće vanjske ljuske. Razlike su statistički značajne na razini *Pr.F < 0,05* (Tablica 3).

Tablica 3. Rezultati analize varijance (ANOVA-testom) morfometrijskih značajki svojti *Dianthus ciliatus* kompleksa.

var	type	Df	Sum.Sq	Mean.Sq	F.value	Pr..F.
duzina_epikaliksa	Taxon_name	2	40,96282	20,48141	8,23	0,002662
duzina_caske	Taxon_name	2	25,78139	12,8907	2,98	0,074879
duzina_latice	Taxon_name	2	30,82204	15,41102	0,73	0,494233
duzina_unutarnje_ljuske	Taxon_name	2	15,82952	7,91476	4,65	0,022758
sirina_unutarnje_ljuske	Taxon_name	2	1,204885	0,602443	1,22	0,317917
duzina_vrha_unutarnje_ljuske	Taxon_name	2	1,837257	0,918629	2,88	0,080697
duzina_vanjske1_ljuske	Taxon_name	2	17,47712	8,738558	6,69	0,006327
sirina_vanjske1_ljuske	Taxon_name	2	7,591436	3,795718	7,96	0,003086
duzina_vrha_vanjske1_ljuske	Taxon_name	2	2,030874	1,015437	5,2	0,015854
duzina_vanjske2_ljuske	Taxon_name	2	20,05731	10,02866	7,07	0,005076
sirina_vanjske2_ljuske	Taxon_name	2	4,105271	2,052635	5,47	0,013275
duzina_vrha_vanjske2_ljuske	Taxon_name	2	1,245313	0,622656	1,44	0,261595
duzina_vanjske3_ljuske	Taxon_name	2	20,3326	10,1663	4,46	0,025766
sirina_vanjske3_ljuske	Taxon_name	2	2,380101	1,19005	4,41	0,026778
duzina_vrha_vanjske3_ljuske	Taxon_name	2	5,063598	2,531799	3,36	0,05628
visina_biljke	Taxon_name	2	6928,066	3464,033	0,18	0,837224
duzina_stabljicnog_lista	Taxon_name	2	418,7969	209,3984	0,37	0,698225

3.1.2. List

Analizom varijance morfometrijske značajke „dužina stabljičnog lista“, nije utvrđena značajna razlika između ispitanih svojti. Nulta hipoteza je u ovom slučaju potvrđena, odnosno na temelju ove osobine ne možemo ih međusobno razlikovati.

3.1.3. Stabljika

Analizom varijance morfometrijske značajke „visina (dužina) biljke“, nije utvrđena značajna razlika između ispitivanih svojti. U ovom slučaju, nulta hipoteza je također prihvaćena.

3.2. Deskriptivna statistika

Rezultati istraživanja morfometrijskih značajki prikazani su box-plot dijagramima. Neke od dobivenih vrijednosti će biti navedene u tekstu, a sve vrijednosti deskriptivne statistike biti će priložene u tablicama. Pomoću deskriptivnih statističkih parametra provedeni su testovi analiza

varijance (ANOVA-test) i Tukey post hoc test, gdje u rezultatima deskriptivna statistika prikazuje sve točne vrijednosti na temelju izmjera (Tablica 4), dok Tukey post hoc test i test analize varijance (ANOVA-test) objašnjavaju statističku signifikantnost. Tukey post hoc test za razliku od ANOVA- testa objašnjava statističku signifikantnost pojedinog karaktera između svake skupine (podvrste) unutar svih mogućih kombinacija parova podvrsta (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus, D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis, D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis*). U Tukey post hoc testu, određeno je da su razlike statistički značajne na razini: $p < 0.05$. Dakle, sve vrijednosti koje će u Tukey post hoc tablici pokazivati da je vrijednost p.adj veća od 0.05, značiti će da ne postoji značajna razlika po određenoj osobini u parovima, odnosno ako je manja, znači da postoji (Tablica 5). Kutijasti dijagram ili box-plot (box and whisker plot) je jednostavan graf koji prikazuje karakterističnu petorku : minimum (Min), donji kvartil (LQ), srednju vrijednost (Median), gornji kvartil (UQ) i maksimum (Max). Box-plot se sastoji od pravokutnika koji prikazuje podatke od donjeg do gornjeg kvartila unutar kojih se nalazi 50% svih rezultata. Vodoravna crta u pravokutniku označava medijan koji dijeli ukupne podatke na pola (50/50). Donje i gornje vertikalne linije se nazivaju whisker te one prikazuju preostalih 50% podataka, gdje donja linija označava prvih 25%, a gornja drugih 25% podataka. Donji kraj donje navedene linije (whisker) predstavlja minimum, a gornji kraj gornje linije predstavlja maksimum. Sve točke (crne točke na prikazu) izvan tih granica (Min i Max), crtaju se posebno i nazivaju se outlierima. Outlieri predstavljaju vrijednosti koje odudaraju od ostalih te ih se smatra ekstremima koji su nastali pod specifičnim uvjetima ili pak ukazuju na greške napravljene prilikom mjerenja. Izgled box-plota ukazuje na stupanj raspršenosti i asimetričnosti te na temelju tog izgleda možemo zaključiti koliko se po određenim svojstvima ispitivane podvrste poklapaju, a koliko odudaraju jedne od drugih. Za razliku od morfometrijskih osobina, vrijednosti merističkih (kvalitativnih) osobina nije bilo potrebno statistički analizirati jer nije bilo potrebe za tim pošto se rezultati mogu na jednostavniji način prikazati i usporediti. Rezultati merističkih značajki prikazani su stupčastim dijagramom koji objašnjava odnose između pojedinog karaktera i broja ispitivanih podvrsta unutar poznatih skupina.

Tablica 4. Vrijednosti deskriptivne statistike.

Taxon_nan	variable	No	Mean	Mediar	Min	Max	LQ	UQ
ciliatus	dužina_epikaliksa	11	13,71	13,27	11,06	16,82	12,34	15,02
dalmaticus	dužina_epikaliksa	7	10,74	10,37	8,32	12,47	10,08	11,95
medunensis	dužina_epikaliksa	4	11,56	11,62	10,73	12,27	11,03	12,16
ciliatus	duzina_caske	11	17,79	17,91	15,14	20,38	16,79	18,36
dalmaticus	duzina_caske	7	18,55	17,51	14,99	22,01	16,52	21,17
medunensis	duzina_caske	4	20,76	20,89	18,7	22,54	20,08	21,57
ciliatus	duzina_latice	11	22,53	22,96	18,63	25,25	21,61	23,53
dalmaticus	duzina_latice	7	22,95	20,99	14,5	30,71	17,41	29,8
medunensis	duzina_latice	4	25,72	27,29	19,04	29,26	23,93	29,08
ciliatus	duzina_unutarnje_ljuske	11	10,45	10,52	7,44	12,71	9,94	10,91
dalmaticus	duzina_unutarnje_ljuske	7	8,58	8,62	6,82	10,09	7,42	9,85
medunensis	duzina_unutarnje_ljuske	4	9,22	9,26	8,27	10,08	8,97	9,51
ciliatus	sirina_unutarnje_ljuske	11	3,76	3,38	2,84	5,43	3,15	4,13
dalmaticus	sirina_unutarnje_ljuske	7	3,35	3,32	2,8	3,94	3,14	3,56
medunensis	sirina_unutarnje_ljuske	4	3,21	3,21	3,14	3,27	3,15	3,26
ciliatus	duzina_vrha_unutarnje_ljuske	11	2,34	2,39	1,61	3,14	2,02	2,64
dalmaticus	duzina_vrha_unutarnje_ljuske	7	1,69	2,06	0,67	2,52	0,95	2,33
medunensis	duzina_vrha_unutarnje_ljuske	4	2,13	2,07	2,03	2,37	2,04	2,16
ciliatus	duzina_vanjske1_ljuske	11	8,9	9,08	6,99	10,85	8,08	9,51
dalmaticus	duzina_vanjske1_ljuske	7	7,09	7,46	5,3	8,86	5,91	8,1
medunensis	duzina_vanjske1_ljuske	4	7,16	7,22	6,83	7,36	7,1	7,28
ciliatus	sirina_vanjske1_ljuske	11	3,69	3,35	2,92	6,09	3,18	3,86
dalmaticus	sirina_vanjske1_ljuske	7	2,68	2,61	2,22	3,28	2,42	2,89
medunensis	sirina_vanjske1_ljuske	4	2,3	2,38	1,97	2,48	2,25	2,42
ciliatus	duzina_vrha_vanjske1_ljuske	11	2,23	2,32	1,61	2,73	2,07	2,42
dalmaticus	duzina_vrha_vanjske1_ljuske	7	1,55	1,72	0,7	2,38	1,01	2
medunensis	duzina_vrha_vanjske1_ljuske	4	1,83	1,76	1,59	2,21	1,61	1,98
ciliatus	duzina_vanjske2_ljuske	11	7,7	7,64	5,63	10,09	6,81	8,05
dalmaticus	duzina_vanjske2_ljuske	7	6,08	6,6	4,42	7,44	5,37	6,66
medunensis	duzina_vanjske2_ljuske	4	5,43	5,56	4,55	6,06	5,3	5,69
ciliatus	sirina_vanjske2_ljuske	11	2,88	2,6	1,74	4,38	2,36	3,17
dalmaticus	sirina_vanjske2_ljuske	7	2,04	2,1	1,71	2,24	1,98	2,14
medunensis	sirina_vanjske2_ljuske	4	1,97	1,94	1,81	2,19	1,85	2,05
ciliatus	duzina_vrha_vanjske2_ljuske	11	2,19	2,15	1,49	3,5	1,77	2,39
dalmaticus	duzina_vrha_vanjske2_ljuske	7	2,37	2,68	1	3,26	1,86	2,95
medunensis	duzina_vrha_vanjske2_ljuske	4	1,68	1,54	1,38	2,25	1,48	1,73
ciliatus	duzina_vanjske3_ljuske	11	6,77	7,07	4,16	9,32	5,44	7,93
dalmaticus	duzina_vanjske3_ljuske	7	6,75	7,53	3,78	8,02	6,31	7,64
medunensis	duzina_vanjske3_ljuske	4	4,27	4,05	3,96	5	4,02	4,3
ciliatus	sirina_vanjske3_ljuske	11	2,31	2,46	1,21	3,02	1,96	2,85
dalmaticus	sirina_vanjske3_ljuske	7	1,66	1,74	0,92	1,99	1,61	1,89
medunensis	sirina_vanjske3_ljuske	4	1,64	1,71	1,33	1,82	1,56	1,79
ciliatus	duzina_vrha_vanjske3_ljuske	11	2,43	2,29	1,49	3,62	1,9	3,01
dalmaticus	duzina_vrha_vanjske3_ljuske	7	3,18	3,68	0,6	4,01	3,16	3,84
medunensis	duzina_vrha_vanjske3_ljuske	4	1,83	1,84	1,54	2,07	1,63	2,04
ciliatus	visina_biljke	11	526,97	526,67	300	803,33	445	606,67
dalmaticus	visina_biljke	7	492,38	493,33	306,67	673,33	418,33	568,33
medunensis	visina_biljke	4	490	478,33	323,33	680	405,83	562,5
ciliatus	duzina_stabljicnog_lista	11	68,48	61,67	28,33	116,67	50	81,67
dalmaticus	duzina_stabljicnog_lista	7	59,19	65	36	80	45,83	70,83
medunensis	duzina_stabljicnog_lista	4	68,75	69,17	53,33	83,33	62,08	75,83

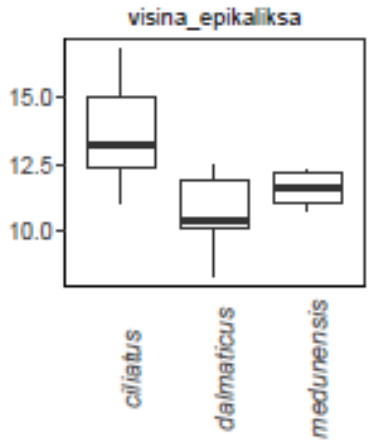
Tablica 5. Vrijednosti Tukey post hoc testa.

var	type	diff	lwr	upr	p.adj
duzina_caske	medunensis-ciliatus	2,964417	-0,12066	6,049491	0,060935
duzina_caske	medunensis-dalmaticus	2,202655	-1,10914	5,514451	0,234814
duzina_caske	dalmaticus-ciliatus	0,761762	-1,79292	3,316446	0,732844
duzina_latice	medunensis-ciliatus	3,194114	-3,61396	10,00219	0,472163
duzina_latice	medunensis-dalmaticus	2,775417	-4,53298	10,08382	0,607272
duzina_latice	dalmaticus-ciliatus	0,418697	-5,21892	6,056318	0,980586
duzina_stabljicnog_lista	dalmaticus-ciliatus	-9,29437	-38,6704	20,08167	0,705264
duzina_stabljicnog_lista	medunensis-dalmaticus	9,559524	-28,5225	47,64152	0,80139
duzina_stabljicnog_lista	medunensis-ciliatus	0,265152	-35,2098	35,7401	0,999801
duzina_unutarnje_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-1,87191	-3,47495	-0,26887	0,020659
duzina_unutarnje_ljuske	medunensis-ciliatus	-1,23457	-3,17042	0,701287	0,261707
duzina_unutarnje_ljuske	medunensis-dalmaticus	0,637345	-1,44078	2,715466	0,720011
duzina_vanjske1_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-1,80669	-3,21078	-0,4026	0,010748
duzina_vanjske1_ljuske	medunensis-ciliatus	-1,7388	-3,4344	-0,04319	0,043874
duzina_vanjske1_ljuske	medunensis-dalmaticus	0,067893	-1,75232	1,888106	0,995063
duzina_vanjske2_ljuske	medunensis-ciliatus	-2,26789	-4,03485	-0,50092	0,010943
duzina_vanjske2_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-1,62526	-3,08844	-0,16207	0,028052
duzina_vanjske2_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,64263	-2,53945	1,254189	0,670831
duzina_vanjske3_ljuske	medunensis-ciliatus	-2,49937	-4,73806	-0,26069	0,027215
duzina_vanjske3_ljuske	medunensis-dalmaticus	-2,48158	-4,88479	-0,07838	0,042285
duzina_vanjske3_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,01779	-1,8716	1,83602	0,999672
duzina_vrha_unutarnje_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,65413	-1,34759	0,039338	0,066533
duzina_vrha_unutarnje_ljuske	medunensis-dalmaticus	0,445595	-0,45338	1,344575	0,434468
duzina_vrha_unutarnje_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,20853	-1,04597	0,628906	0,804196
duzina_vrha_vanjske1_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,67931	-1,22233	-0,13629	0,013102
duzina_vrha_vanjske1_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,39595	-1,05171	0,259806	0,297998
duzina_vrha_vanjske1_ljuske	medunensis-dalmaticus	0,283357	-0,4206	0,987309	0,572084
duzina_vrha_vanjske2_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,6909	-1,73789	0,356076	0,239756
duzina_vrha_vanjske2_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,51382	-1,48912	0,461487	0,392101
duzina_vrha_vanjske2_ljuske	dalmaticus-ciliatus	0,177087	-0,63054	0,984716	0,844145
duzina_vrha_vanjske3_ljuske	medunensis-dalmaticus	-1,35858	-2,74064	0,023477	0,05451
duzina_vrha_vanjske3_ljuske	dalmaticus-ciliatus	0,751758	-0,31435	1,817864	0,199208
duzina_vrha_vanjske3_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,60683	-1,89427	0,68062	0,469017
sirina_unutarnje_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,54958	-1,59279	0,493639	0,392125
sirina_unutarnje_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,40505	-1,26892	0,458812	0,472571
sirina_unutarnje_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,14452	-1,2644	0,975357	0,942648
sirina_vanjske1_ljuske	medunensis-ciliatus	-1,3862	-2,41061	-0,3618	0,007413
sirina_vanjske1_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-1,00965	-1,85793	-0,16136	0,018285
sirina_vanjske1_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,37656	-1,47625	0,723131	0,665217
sirina_vanjske2_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,83684	-1,58908	-0,0846	0,027799
sirina_vanjske2_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,9077	-1,81611	0,000718	0,050202
sirina_vanjske2_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,07086	-1,04603	0,904318	0,981409
sirina_vanjske3_ljuske	dalmaticus-ciliatus	-0,64902	-1,28733	-0,0107	0,045885
sirina_vanjske3_ljuske	medunensis-ciliatus	-0,67272	-1,44356	0,098117	0,093818
sirina_vanjske3_ljuske	medunensis-dalmaticus	-0,0237	-0,85119	0,803783	0,997085
visina_biljke	dalmaticus-ciliatus	-34,5887	-205,299	136,1217	0,865128
visina_biljke	medunensis-ciliatus	-36,9697	-243,122	169,1827	0,892531
visina_biljke	medunensis-dalmaticus	-2,38095	-223,684	218,9216	0,999588
duzina_epikaliksa	dalmaticus-ciliatus	-2,9687	-4,90619	-1,03121	0,002686
duzina_epikaliksa	medunensis-ciliatus	-2,15286	-4,49261	0,186878	0,074584
duzina_epikaliksa	medunensis-dalmaticus	0,815833	-1,69586	3,327523	0,692371

3.2.1. Morfometrijske (kvantitativne) osobine

Dužina epikaliksa

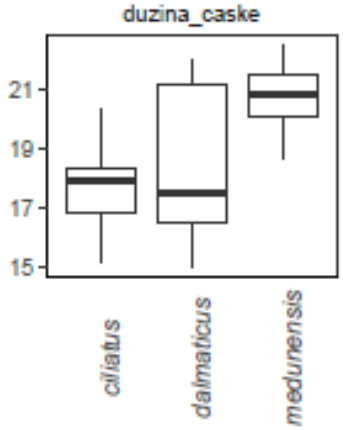
Usporedbom svih navedenih podvrsta (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus i D. ciliatus* subsp. *medunensis*), Tukey post hoc testom pokazano je da se po osobini dužina epikaliksa značajno razlikuju samo *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (p= 0.002686), dok između *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. cilatus* subsp. *medunensis* te između *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* nema značajne razlike (p= 0,074584, p= 0,692371) (Tablica 5). *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* posjeduje najširi raspon dužina (varijabilnost) od 11,06 mm (Min) do 16,82 mm (Max), *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* je drugi po redu, a *D. ciliatus* subsp. *medunensis* ima najmanji raspon. Ako gledamo srednje vrijednosti (Median), epikaliks podvrste *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* je najduži (13,27 mm), zatim drugi po redu *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (11,62 mm) te je najkraći kod *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (10,37 mm) (Slika 16).



Slika 16. Box-plot dijagram za osobinu - visina (dužina) epikaliksa (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina čaške

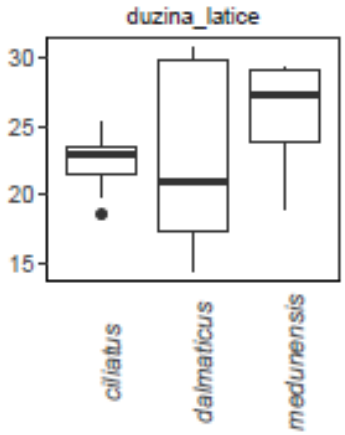
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc testom pokazano je da po osobini dužina čaške ne postoji značajnija razlika između niti jedne podvrste od mogućih kombinacija parova (Tablica 5). Povrsta *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i ovdje pokazuje najveću varijabilnost dok *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* imaju podjednak raspon, gdje su kod *D. ciliatus* subsp. *medunensis* nešto veće vrijednosti (dužine). Srednje vrijednosti *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* su podjednake (17,91 mm i 17,51 mm), dok kod *D. ciliatus* subsp. *medunensis* nema značajne razlike, ali je ipak veća (20,89 mm) (Slika 17).



Slika 17. Box-plot dijagram za osobinu – dužina čaške (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina latice

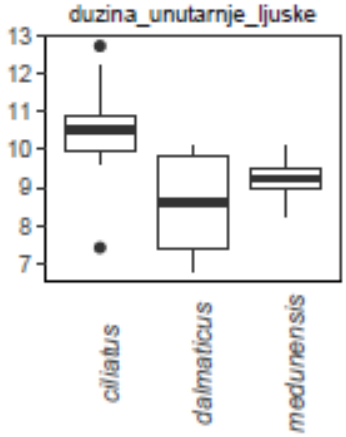
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc testom pokazano je da po osobini dužina latice nema značajne razlike između niti jedne skupine od mogućih kombinacija parova (Tablica 5). Najveću varijabilnost opet pokazuje *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* u rasponu dužina od 14,5 mm do 30,71 mm, a *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* najmanju od 18,63 mm do 25,25 mm (ne obuhvaćajući donji outlier). Srednje vrijednosti *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* su približno slične (22,96 mm i 20,99 mm), dok je kod *D. ciliatus* subsp. *medunensis* srednja vrijednost nešto veća (27,29 mm) (Slika 18).



Slika 18. Box-plot dijagram za osobinu – dužina latice (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina unutarnje ljuske

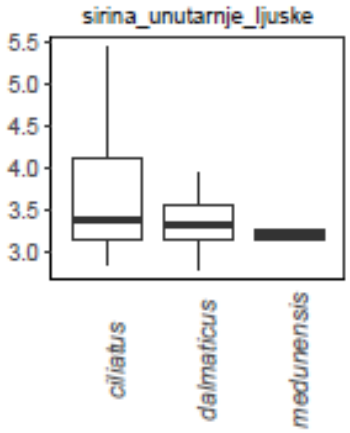
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je po osobini dužina unutarnje ljuske pokazao da postoji značajna razlika između *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (Tablica 5). Najveću srednju vrijednost pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (10,52 mm), drugi je *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (9,26 mm) i najmanji *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (8,62 mm). Između preostalih parova, *D. ciliatus* subsp. *medunensis* i *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* te *D. ciliatus* subsp. *medunensis* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*, po ovoj osobini nema značajne razlike. Po varijabilnosti svojstva, *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* su približni (ako u obzir ne uzimamo outliere), dok je *D. ciliatus* subsp. *medunensis* najmanji. (Slika 19).



Slika 19. Box-plot dijagram za osobinu – dužina unutarnje ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Širina unutarnje ljuske

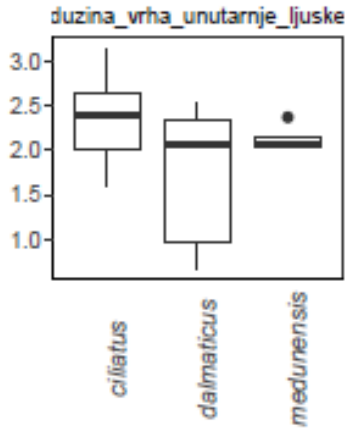
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da po osobini širina unutarnje ljuske ne postoji značajna razlika između niti jedne skupine mogućih parova (Tablica 5). Najveću varijabilnost po ovom svojstvu pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (od 2,84 mm do 5,43 mm), a srednje vrijednosti svih parova su približne: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (3,38 mm), *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (3,32 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (3,21 mm) (Slika 20).



Slika 20. Box-plot dijagram za osobinu –širina unutarnje ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina vrha unutarnje ljuske

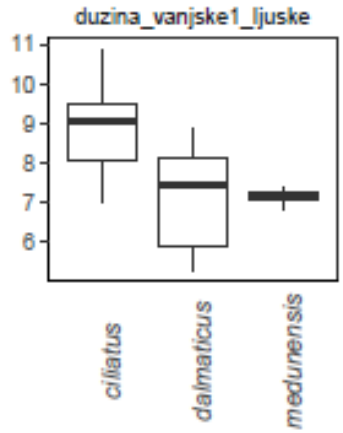
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina vrha unutarnje ljuske značajno ne razlikuje niti jedan od mogućih parova (Tablica 5). Srednje vrijednosti svih parova su približne. Najveću pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (2,39 mm), zatim *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (2.07 mm) i najmanju *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (2,06 mm). D. *ciliatus subsp. ciliatus* s nešto većim vrijednostima pokazuje podjednaku varijabilnost u odnosu na *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*, dok *D. ciliatus* subsp. *medunensis* pokazuje značajno najmanju varijabilnost unatoč postojanju jednog gornjeg outliera (Slika 21).



Slika 21. Box-plot dijagram za osobinu – dužina vrha unutarnje ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina prve vanjske ljuske

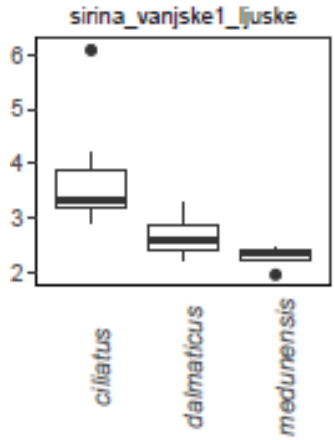
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina prve vanjske ljuske značajno razlikuju parovi podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* - *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* te *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (Tablica 5). Srednja vrijednost *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (9,08 mm) je značajno veća u odnosu na *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (7,46 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (7,22 mm). Između *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* nema velike razlike što se može vidjeti iz njihovih srednjih vrijednosti. Najmanju varijabilnost po ovom svojstvu opet pokazuje *D. ciliatus* subsp. *medunensis*, a gdje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* imaju podjednaku (Slika 22).



Slika 22. Box-plot dijagram za osobinu – dužina prve vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Širina prve vanjske ljuske

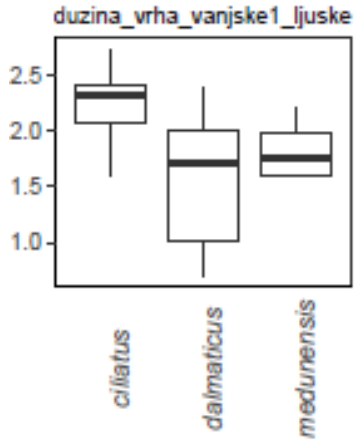
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini širina prve vanjske ljuske značajno razlikuju parovi *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* - *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* te *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis,* gdje je u paru *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis* postoji najveća razlika, a što je vidljivo iz podatka p.adj (0.007413) u tablici (Tablica 5), ali i na grafičkom prikazu u srednjim vrijednostima: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (3,35 mm), *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (2,61 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (2,38 mm). Varijabilnosti podataka ove osobine za sve skupine su podjednake izostavljajući outliere kod *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* koji znatno odskače od ukupnih vrijednosti (najvjerojatnije greška prilikom mjerenja) (Slika 23).



Slika 23. Box-plot dijagram za osobinu – širina prve vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina vrha prve vanjske ljuske

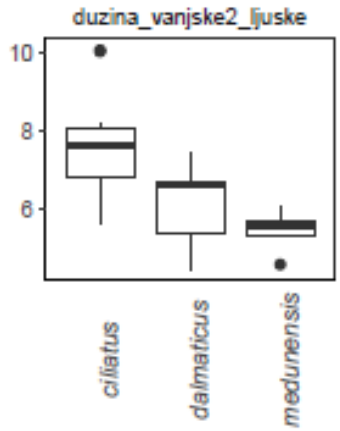
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina vrha prve vanjske ljuske samo značajno razlikuje par *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* - *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (p= 0.013102) (Tablica 5). Usporedbom srednjih vrijednosti vidimo da je D. ciliatus subsp. *ciliatus* najveći (2,32 mm), *D. ciliatus* subsp. *medunensis* drugi po veličini (1,76 mm) i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* neznatno manji (1,72 mm). Najveću varijabilnost po ovom svojstvu pokazuje *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (od 0,7 mm do 2,38 mm) zbog sadržaja sitnijih vrhova u odnosu na druge (Slika 24).



Slika 24. Box-plot dijagram za osobinu – dužina vrha prve vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina druge vanjske ljuske

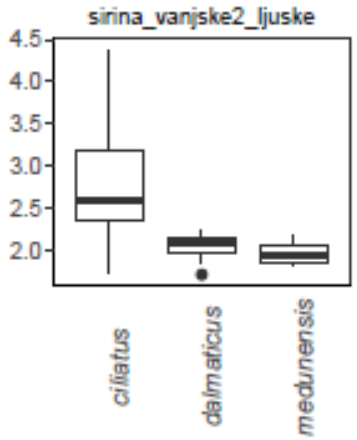
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina druge vanjske ljuske značajno razlikuju parovi podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (p= 0.010943) te *D. ciliatus* subsp. – *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (p= 0.028052) (Tablica 5). To se može zaključiti i gledajući srednje vrijednosti gdje je dakle kod *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* najduža (7,64 mm), kod *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (6,6 mm) kraća te kod *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (5,56 mm) najkraća. Podvrsta *D. ciliatus* subsp. *medunensis*, gledajući graf ima vidljivo najmanju varijabilnost ovog svojstva (od 4,55 mm do 6,06 mm), dok su *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* podjednaki po varijabilnosti, ne uzimajući u obzir gornji outlier kod *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (Slika 25).



Slika 25. Box-plot dijagram za osobinu – dužina druge vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Širina druge vanjske ljuske

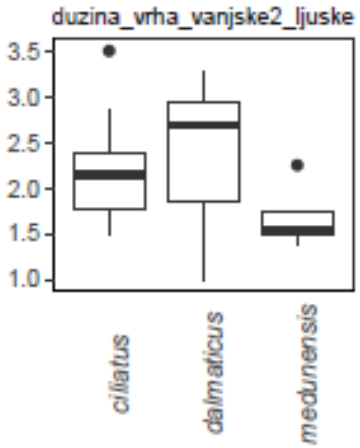
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini širina druge vanjske ljuske značajno razlikuje samo jedan par, *D. cilatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (p= 0,027799) (Tablica 5). Par *D. cilatus* subsp. *ciliatus* – *D. ciliatus* subsp**.** medunensis se razlikuje na razini p= 0.050202. Najveću varijabilnost u ovoj osobini pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* u rasponu od 1,74 mm do 4,38 mm te generalno pokazuje veće vrijednosti u odnosu na druge dvije skupine sa srednjom vrijednošću 2,6 mm. Podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* pokazuju malu varijabilnost u ovom svojstvu gdje su im srednje vrijednosti slične (2,1 mm i 1,94 mm) i vidljivo manje od *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* skupine (Slika 26).



Slika 26. Box-plot dijagram za osobinu – širina druge vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina vrha druge vanjske ljuske

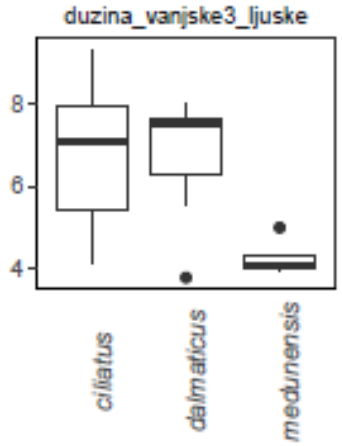
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina vrha druge vanjske ljuske značajno ne razlikuje niti jedan od mogućih parova podvrsta (Tablica 5). Sve tri skupine imaju podjednaku varijabilnost, ali podvrsta *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* se tu ipak malo izdvaja pokazujući nešto veću varijabilnost unatoč postojanju outliera iznad *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*. Podvrsta *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* također pokazuje najveću srednju vrijednost (2,68 mm), *D. ciliatus* je tu drugi po dužini (2,15 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* najkraći (1,54 mm) (Slika 27).



Slika 27. Box-plot dijagram za osobinu – dužina vrha druge vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina treće vanjske ljuske

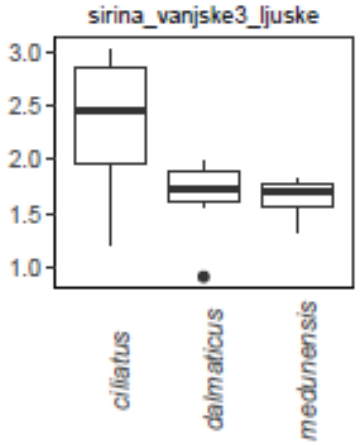
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina treće vanjske ljuske značajno razlikuju parovi *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* – *D*. *ciliatus* subsp. *medunensis* (p= 0.027215) te *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* – *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (p= 0.042285) (Tablica 5). Najveću varijabilnost pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (od 4,16 mm do 9,32 mm), unatoč outlierima kod druge dvije skupine. Najveću srednju vrijednost ima *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (7,53 mm), malo manji je *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (7,07 mm), a *D. ciliatus* subsp. *medunensis* je po ovoj osobini uočljivo najmanji (4,05 mm) (Slika 28**)**.



Slika 28. Box-plot dijagram za osobinu – dužina treće vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Širina treće vanjske ljuske

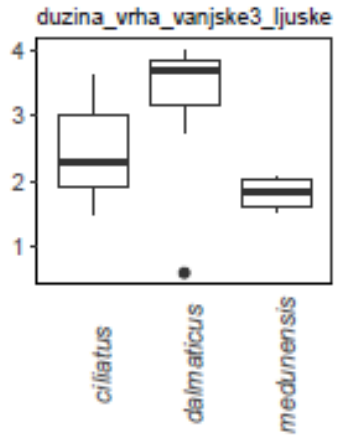
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini širina treće vanjske ljuske značajno razlikuje samo par podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (p= 0,045885) (Tablica 5). Najveću varijabilnost ima *D. ciliatus* subsp. *ciliatus,* a druge dvije skupine podjednaku. Najveću srednju vrijednost ove osobine, odnosno najširu ljusku ima *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (2,46 mm), a *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (1,74 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (1,71 mm) imaju manju srednju vrijednost te se međusobno neznatno razlikuju (Slika 29).



Slika 29. Box-plot dijagram za osobinu – širina treće vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina vrha treće vanjske ljuske

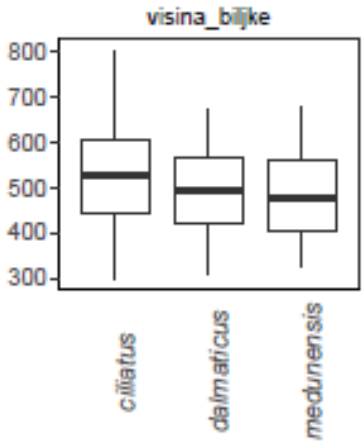
Usporedbom triju podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina vrha treće vanjske ljuske značajno ne razlikuje niti jedan od mogućih parova (Tablica 5). Srednja vrijednost je najveća kod *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (3,68 mm), a po rasponu je slična tipična podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* zanemarujući jedan outlier. Podvrsta *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (2,29 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (1,83 mm) imaju manje srednje vrijednosti, odnosno imaju kraći vrh treće vanjske ljuske u odnosu na *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (Slika 30).



Slika 30. Box-plot dijagram za osobinu – dužina vrha treće vanjske ljuske (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Visina biljke

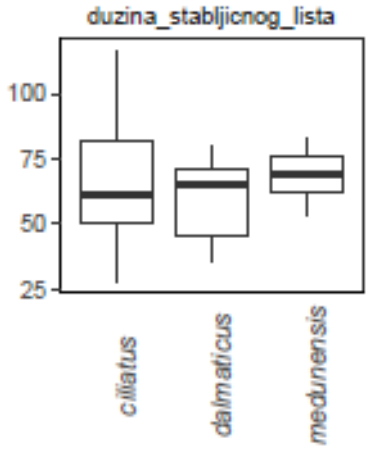
Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini visina biljke značajno ne razlikuje niti jedan od mogućih parova (Tablica 5). Gledajući srednje vrijednosti, vidimo da je *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* najveći (526,67 mm), drugi po visini je *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (493,33 mm), a najniža je podvrsta *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (478,33 mm). Po varijabilnosti su svi podjednaki i generalno gledajući po ovoj osobini su sve tri podvrste međusobno slične, odnosno uočljive su najmanje razlike na dijagramu (Slika 31**).**



Slika 31. Box-plot dijagram za osobinu – visina biljke (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

Dužina stabljičnog lista

Usporedbom svih navedenih podvrsta, Tukey post hoc test je pokazao da se po osobini dužina stabljičnog lista značajno ne razlikuje niti jedan od mogućih parova (Tablica 5). Najduži list ima *D. ciliatus* subsp. *medunensis* što se iz dijagrama vidi po njegovoj srednjoj vrijednosti za osobinu (69,17 mm), zatim *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (65 mm) i najkraći je kod *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (61,67 mm). Najveću varijabilnost pokazuje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, zatim *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*, a najmanju *D. ciliatus* subsp. *medunensis.* Varijabilnost svakako ovisi i o veličini uzorka za svaku pojedinu skupinu tako da i tu okolnost moramo uzeti u obzir (Slika 32).

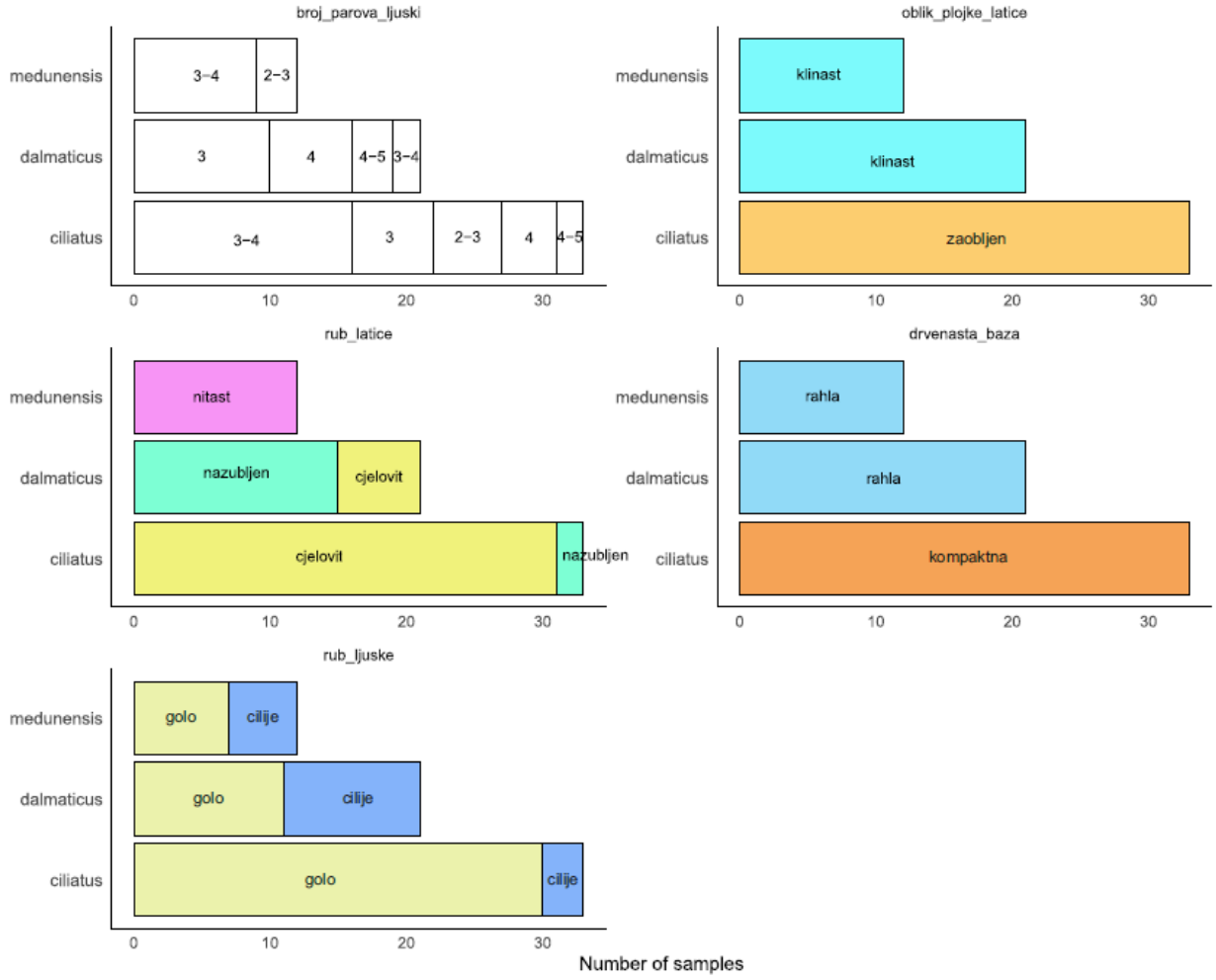


Slika 32. Box-plot dijagram za osobinu – dužina stabljičnog lista (mm) podvrsta: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*.

3.2.2. Merističke (kvalitativne) osobine

Broj parova ljuski

Po ovoj osobini ne možemo međusobno razlikovati ispitivane tri podvrste (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) budući nema značajnih razlika u zadanim razredima između skupina.



Slika 33. Prikaz vrijednosti merističkih značajki: broj parova ljuski, rub ljuske, oblik plojke latice, rub latice i tip drvenaste baze za tri podvrste *D. ciliatus* kompleksa.

Oblik plojke latice

Oblik plojka latice je meristička značajka, odnosno kvalitativna značajka cvijeta. Na prikazu (Slika 33) vidimo da plojka latice može imati klinast ili zaobljen oblik te su na temelju tog karaktera grupe *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* podijeljene. Iz prikaza možemo zaključiti da sve jednike (33) uzorka *D. ciliatus* subsp. ciliatus imaju zaobljen oblik, a da s druge strane sve jedinke *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (21) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (12) grupe imaju klinast oblik plojke.

Rub latice

Rub latice je meristička značajka te na prikazu vidimo da postoje tri oblika: cjelovit, nazubljen i nitast. Kod tipične podvrste *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* vidimo da od ukupno 33 jedinke u skupini, cjelovit rub ima 31 jedinka (93,9%) te da su 2 jedinke nazubljene (6,1%). Podvrsta *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*, od ukupno 21 jedinke broji 15 nazubljenih (71,429%) i 6 cjelovitih (28,571%), a kod *D. ciliatus* subsp. *medunensis* skupine, svih 12 jedinki (100%) imaju nitast rub (Slika 33).

Rub ljuske

Rub ljuske je meristička značajka gdje rub može biti gol ili posjedovati cilije (dlačice). Prikaz objašnjava kako je 90,9% (30) jedinki *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* golo, odnosno da 9,1% (3) jedinki ima cilije. *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* ima 47,6% (10) jedinki s cilijama, a 52,4% (11) jedinki je golo te *D. ciliatus* subsp. *medunensis* 58,3% (7) jedinki golo i 41,7% (5) jedinki s cilijama (Slika 33).

Drvenasta baza

Drvenasta baza je meristička značajka koja može biti kompaktna ili rahla. Iz prikaza je vidljivo da sve jedinke *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (33) skupine imaju kompaktnu drvenastu bazu, a da sve jedinke *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (21) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (12) skupine imaju rahlu drvenastu bazu (Slika 33).

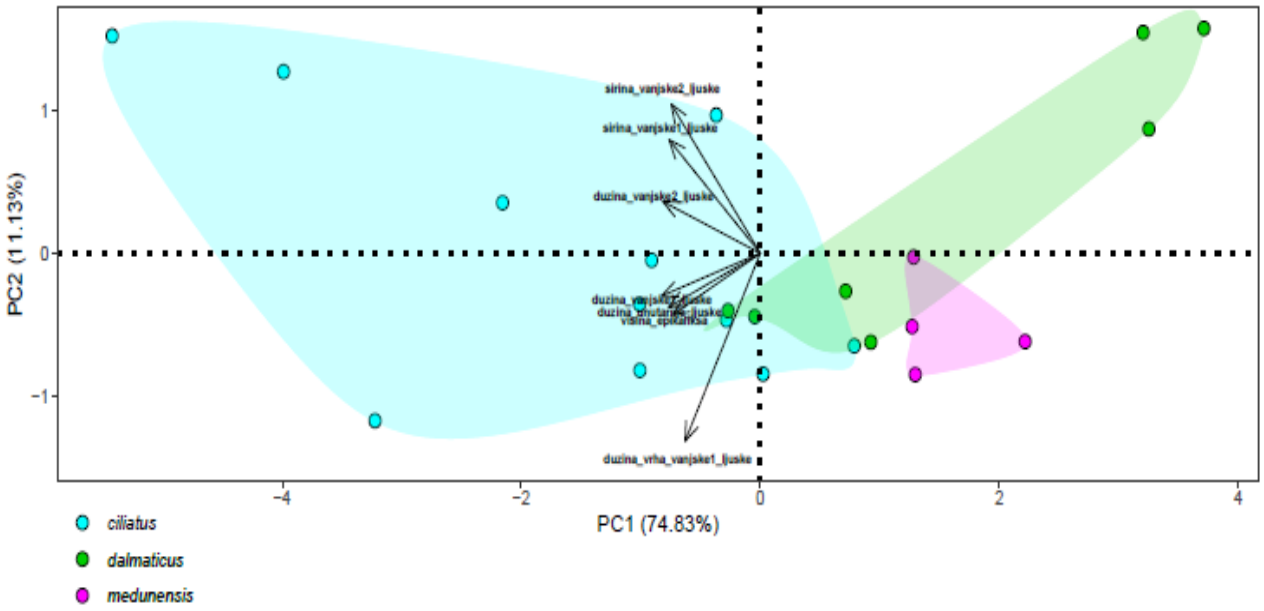
3.3. Multivarijatna statistika (PCA i CDA)

3.3.1. Analiza glavnih komponenti (PCA)

U analizu glavnih komponenti integrirane su samo morfometrijske značajke koje su se pokazale kao značajno različite između proučavanih skupina, izuzevši dvije osobine (dužina i širina) treće vanjske ljuske. Sve jedinke u uzorku nisu sadržavale taj treći par ljuski pa se zbog toga ta osobina nije mogla uzimati u obzir prilikom izrade ovog statističkog testa. Značajke koje su se pokazale kao najznačajnije, uvrštene su i prikazane ovom analizom. Te značajke su: dužina druge vanjske ljuske, širina druge vanjske ljuske, dužina prve vanjske ljuske, širina prve vanjske ljuske, dužina vrha prve vanjske ljuske, dužina unutarnje ljuske i visina epikaliksa.

Na PCA grafičkom prikazu je koordinatni sustav morfološke varijabilnosti, koja je vidljiva među obuhvaćenim skupinama. Iz grafičkog prikaza (Slika 34) vidimo dvije glavne komponente, X i Y os. One prikazuju udio varijabilnosti morfoloških značajki pojedinih skupina izražen u postotcima. X i Y os opisuju najveću varijabilnost uzorka, te su upotrijebljene za dvodimenzionalni grafički prikaz. Prvu glavnu komponentu X (PC1) opisuje udio varijabilnosti od 74,83%, a drugu glavnu komponentu Y (PC2) opisuje udio varijabilnosti od 11,13%. Dakle, PCA prikaz s obje glavne osi opisuje ukupnu varijabilnost uzorka od 85,96%. Ostatak varijabilnosti čine preostale osi: PC3 (6,23%), PC4 (3,19%), PC5 (2,03%), PC6 (1,49%) i PC7 (1,10%). Pošto je prikaz dvodimenzionalan, mi na njemu prikazujemo samo prve dvije osi jer one opisuju najveću varijabilnost uzorka. Osi PC1 (X) i PC2 (Y) sadrže morfometrijske osobine prikazane crnim vektorima koji pokazuju smjer i korelacije s osima, a označavaju važnost određene osobine u razlikovanju vrsta. Vektori koji su duži te više paralelni s osima označavaju veće razlike u osobinama koje predstavljaju. Vrijednost osobine raste u smjeru strjelica (vektora), pa tako skupine koje se nalaze na suprotnoj strani pružanja vektora imaju manje vrijednosti u baš tim osobinama koje opisuje vektor. Dakle, može se zaključiti, što su skupine udaljenije od vektora, to su im vrijednosti u osobini koju vektor opisuje manje, tj. razlika među skupinama sa suprotnih strana vektora po toj osobini je veća.

Najveću morfološku varijabilnost na osi prve glavne komponente (PC1) objašnjavanju dva vektora: vektor - dužina vanjske prve ljuske (-0,4125984) i vektor - dužina vanjske druge ljuske (-0,4072347). Ti vektori imaju negativan predznak jer su usmjereni prema negativnom dijelu X osi (PC1) te gledajući graf, može se primijetiti kako se na tom dijelu prikaza proteže svijetlo-plava boja koja označava tipičnu podvrstu *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*. To znači da se *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* skupina najviše razlikuje od preostale dvije skupine, po tim osobinama koje opisuju navedeni vektori. Također, gledajući graf vidi se da je *D. ciliatus* subsp. *medunensis* grupa (ljubičasta boja) još udaljenija (u desno) nego *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* grupa od smjera pružanja vektora. Iz tog se može zaključiti da su u tom odnosu razlike još veće, odnosno da su vrijednosti za tu osobinu u toj skupini značajno najmanje. Na distribuciju uzoraka duž osi druge glavne komponente (PC2) najviše utječu vektori: vektor - dužina vrha prve vanjske ljuske (-0,6578042) i vektor - širina druge vanjske ljuske (0,5220612). Opet iz grafa zaključujemo, po smjeru i duljini pružanja vektora, da se po tim osobinama izdvaja grupa *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* kao ona s najvećim vrijednostima po tom karakteru. Grupe *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* su podjednako manje u odnosu na grupu *D. cilatus* subsp. *ciliatus* po osobini vektora – dužina vrha prve vanjske ljuske, a po osobini vektora širina druge vanjske ljuske je grupa *D. ciliatus* subsp. *medunensis* najudaljenija od smjera pružanja vektora, stoga i najmanja po vrijednostima u tom karakteru.

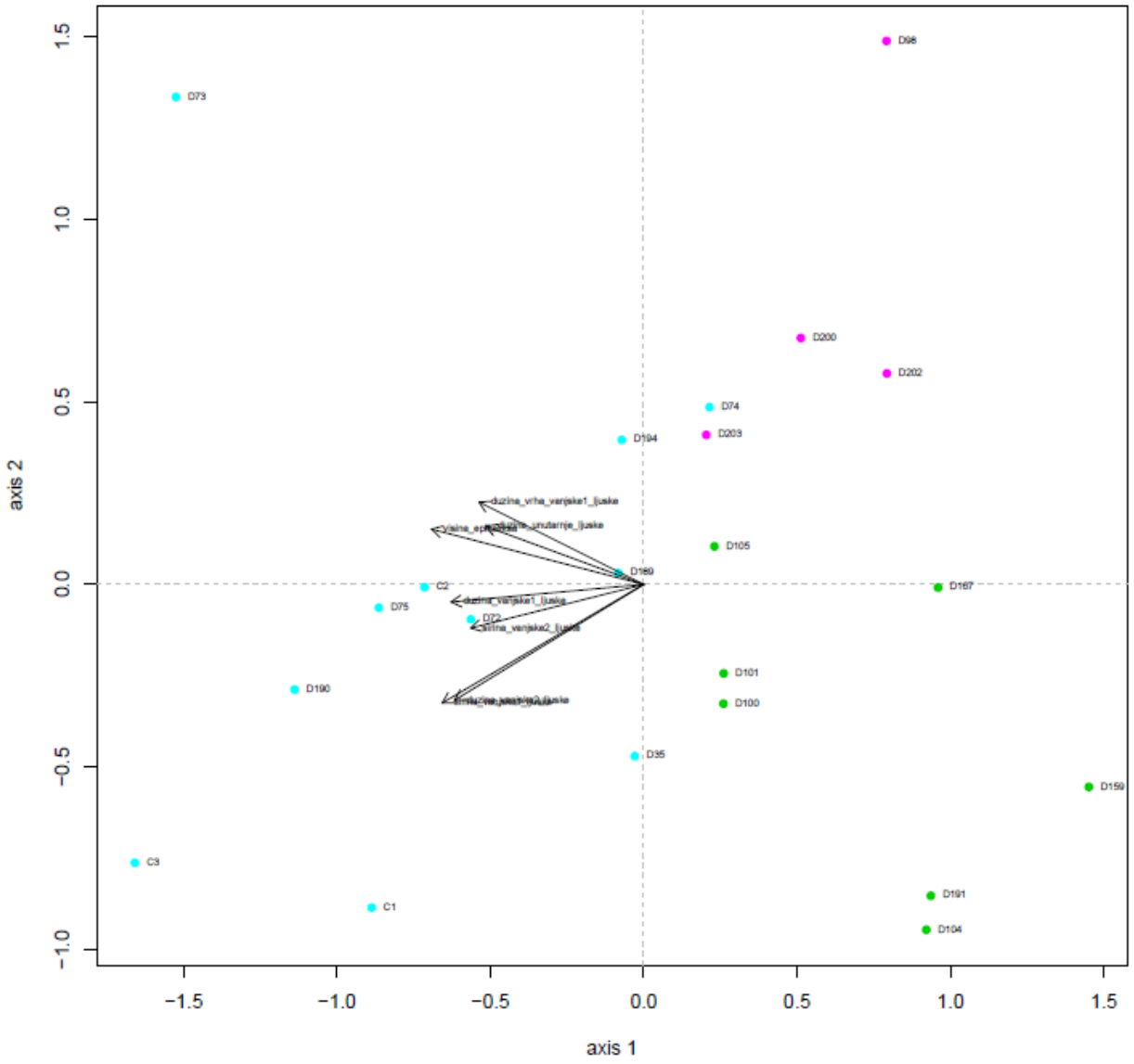


Slika 1. PCA graf za skupine triju podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa (*D ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) na temelju mjerenih morfometrijskih značajki: širina druge vanjske ljuske, širina prve vanjske ljuske, dužina druge vanjske ljuske, dužina prve vanjske ljuske, dužina unutarnje ljuske i dužina epikaliksa.

3.3.2. Kanonička diskriminantna analiza (CDA)

Diskriminantnom analizom su prikazane samo signifikantne morfometrijske značajke kao i u PCA-testu gdje je određen doprinos pojedinog karaktera na X (CCA1) i Y (CCA2) osi. Njezina je glavna zadaća ispitati koje su varijable najznačajnije za međusobno razlikovanje triju podvrsta (grupa) te su na ovom grafu prikazane i pojedine oznake za pripadajuće populacije unutar pojedinih skupina. Morfometrijske značajke predočene su crnim vektorima koje opisuje njihov smjer (količina korelacije s osima) i duljina (mjera vrijednosti u karakteru), a raspored točki (populacije unutar

skupina) nam govori kako se kreću vrijednosti određenih karaktera u pojedinim skupinama i njihovim populacijama (Slika 35).



Slika 35. CDA graf za skupine triju podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa (*D ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) na temelju mjerenih morfometrijskih značajki: dužina vrha prve vanjske ljuske, dužina unutarnje ljuske, visina (dužina) epikaliksa, dužina prve vanjske ljuske, širina druge vanjske ljuske, dužina druge vanjske ljuske i širina prve vanjske ljuske.

Diskriminantnom analizom morfometrijskih značajki triju podvrsta. pokazalo se da je najznačajnije razlikovanje navedenih vrsta na X (CCA1) osi u sljedećim osobinama: dužina epikaliksa, širina prve vanjske ljuske i dužina prve vanjske ljuske (Slika 35).

Os prve glavne komponente (CCA1) najviše je pod utjecajem vektora – dužina epikaliksa (-0,6915202), vektora – širina prve vanjske ljuske (-0,6568466) i vektora – dužina prve vanjske ljuske (-0,6281060). Os druge glavne komponente (CCA2) je pod manjim utjecajem vektora. Svi navedeni vektori odvajaju skupinu *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* kao onu s najvećim vrijednostima u tim osobinama što se vidi na prikazu u vidu svjetlo-plavih točki (populacije) koje se nalaze s lijeve strane (negativ) CCA1 osi. S druge strane (pozitiv) CCA1 osi, vidi se kako se nasuprot vektora - dužina epikaliksa proteže *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* skupina (zelene točke), u desno i prema dolje. To znači da su u toj osobini kod *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* najmanje vrijednosti u odnosu na druge skupine, odnosno da po tom karakteru postoje najznačajnije razlike između *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* skupine. Skupina *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (ljubičaste točke) je po tom karakteru manja od *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, ali ipak veća od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* pa su tu razlike nešto manje no ipak dovoljno velike da se skupine na grafu razdvajaju (zbog toga je ona smještena malo bliže skupini *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, u pozitivu CCA2 osi). Gledajući drugi najznačajniji vektor – širina prve vanjske ljuske, nasuprot najvećemu u toj osobini (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus*) nalazi se *D. ciliatus* subsp. *medunensis* s desne strane prema gore, koji stoga ima najmanje vrijednosti u toj osobini tj. postoje najveće razlike između tih skupina po tom karakteru. Podvrsta *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* se po tom karakteru nalazi između te dvije skupine, te je zbog toga na grafu podjednako odvojen od obje skupine. Treći po redu značajnosti je vektor – dužina prve vanjske ljuske gdje je opet skupina *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* najveća u osobini. Nasuprot njoj se dalje od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* proteže skupina *D. ciliatus* subsp. *medunensis* pa je između njih razlika veća, iako su po tom karakteru *D. ciliatus* subsp. *medunensis* i *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* približni, a što se vidi po njihovoj blizini na prikazu nasuprot tog vektora (Slika 35).

3.4. Determinacijski ključ za određivanje podvrsta *Dianthus ciliatus* kompleksa

Pri izradi determinacijskog ključa priložene su morfološke značajke za koje su analize rezultata pokazale da su statistički značajne i korisne za razlikovanje podvrsta (Tablica 3, 4). Meristička značajka najvažnija za prvotno razlikovanje podvrsta također je uključena u determinacijski ključ (Slika 33). Determinacijski ključ opisuje tri podvrste *Dianthus ciliatus* kompleksa na području Jadrana.

1 Drvenasta baza kratka, kompaktna; stabljika slabo razgranjena; bazalni listovi mnogobrojni, u rozeti; stabljičnih listova obično 4–6 para; plojka latice zaobljena; prve vanjska ljuska široka (2,92) 3,18–3,86 (6,09) mm …… subsp. ***ciliatus***

1 Drvenasta baza, dugačka, rahla; stabljika vrlo razgranjena; bazalni listovi nisu prisutni; stabljičnih listova obično 7–13 parova; plojka latice klinasta; prva vanjska ljuska široka (2,25) 1,97–3,28 (2,89) mm …… **2**

2 Plojka latice blijedo ružičasta; vrh plojke nazubljen, rijetko cjelovit; treća vanjska ljuska dugačka (3,78) 6,31–7,64 (8,02) mm; vrh treće vanjske ljuske dugačak (0,6) 3,16–3,84 (4,01) mm …..... subsp. ***dalamaticus***

2 Plojka latice tamno ružičasta do ružičasto-crvenkasta; vrh plojke duboko urezan, nitast; treća vanjska ljuska dugačka (3,96) 4,02–4,30 (5,0) mm; vrh treće vanjske ljuske dugačak (1,54) 1,63–2,04 (2,07) mm …….. subsp. ***medunensis***

4. PRIMJENA KARANFILA U UKRASNOJ HORTIKULTURI

Karanfili su jedni od gospodarski najvažnijih predstavnika cvjetnih vrsta. Uzgojna praksa karanfila provodi se od proizvodnje na otvorenom pa sve do sofisticiranije intenzivne proizvodnje u staklenicima (van der Hoeven, 1987). Mnoge vrste i više od 100 hibrida iz roda *Dianthus* koriste se kao ukrasno bilje kamenjara, zahvaljujući izvanredno lijepim mirisnim cvjetovima koji se pojavljuju tijekom proljeća i ljeta, a često i do kasno u jesen. Osim što se biljke karanfila često koriste kao rezano cvijeće, korisne su za izradu prešanih cvjetnih aranžmana zbog dobrog zadržavanja boje cvjetova suhih biljaka. Za cvjetnu industriju/hortikulturu od posebnog su značaja vrste karanfila koje imaju lijepe, krupne cvjetove u različitim nijansama ružičaste do crvene boje, a posebice one koje se odlikuju dugim periodom cvatnje s otpornošću na sušu te da uspijevaju na siromašnim i kiselim tlima. Takve vrste i hibridi česti su u parkovima, osobito u sklopu vrtova s ukrasnim kamenjarima, kao cvjetni rubovi sjemenskih gredica ili kao pokrivači manje plodnih tala u naseljima. Biljke karanfila preferiraju neutralno do blago alkalno, dobro drenirano tlo (pjeskovita do ilovasta tla, pH razine od 5,5 do 6,5). U prirodi naseljavaju različite vrste geoloških supstrata (pijesak, les, vapno, dolomit, silikat, serpentin), na otvorenim staništima kao što su pijesci, stepe, brežuljkaste i planinske livade te kameni tereni, od nizinskih predjela do planinskih vrhova preko 2500 m. Rastu uglavnom na suncu, ali podnose i blagu sjenu. U zaštićenom prostoru temperatura se prilagođava zahtjevima uzgojne faze. Preporučene optimalne noćne temperature su u prosjeku zimi od 10 do 11°C, a ljeti od 13 do 15,5°C. Dnevne temperature se kreću između 18 i 24°C. Moderni karanfili učestalije cvatu i snažnijeg su rasta od tradicionalnih kultivara. Karanfili za gredice tijekom tri do četiri godine sve obilnije rađaju cvjetove. Tradicionalne Malmaison karanfile (npr. *Dianthus 'Souvenir de la Malmaison')*, koji imaju velike, dvostruke i vrlo mirisne cvjetove, treba uzgajati u hladnom stakleniku. Oni povremeno cvatu tijekom cijele godine. Poznatiji predstavnici roda *Dianthus* L. su često varijeteti vrsta Dianthus Armeria, *Dianthus caryophyllus*, *Dianthus plumarius***,** *Dianthus superbus***,** *Dianthus chinensis* i njegovi hibridi, kao i *Dianthus barbatus* te drugi.

Vegetativno razmnožavanje preferira se za dobivanje biljaka istog fenotipa kao njihovih roditelja, ali svi karanfili, a posebno trajne cvjetne sorte, mogu se razmnožavati reznicama. Osim toga, svi

se mogu uzgojiti i iz sjemena. Karanfili su kategorizirani kao fakultativne biljke dugog dana, tj. biljke kojima se potiče cvjetanje u dugim danima, ali može cvjetati i u kratkim danima, iako cvjetanje kasni. (Jakuš, 2020).

Endemske vrste su posebno zanimljive, imajući u vidu potrebu zaštite i očuvanja vrsta i genetske raznolikosti ovih, manje-više, ugroženih biljaka, kao i njihovih ukrasnih karakteristika. Na području Balkanskog poluotoka endemskim karanfilima pripadaju *Dianthus ciliatus* Guss. i *Dianthus giganteus* Dum.- Urville. U prvom *in vitro* uzgoju vrsta *D. ciliatus* ssp. *dalmaticus* i *D. giganteus* ssp. *croaticus* provedenog u istraživanju Radojević Ljiljane i njenih suradnika 2010. godine (In vitro propagation of *Dianthus ciliatus* ssp. *dalmaticus* and *D. giganteus* ssp. *croaticus* (Caryophyllaceae) from stem segment cultures) regeneracija biljaka je postignuta u kulturi vršnih (apikalnih) i nodalnih segmenata na hranjivoj podlozi. Formiranje biljaka je postignuto mikropropagacijom izdanaka, organogenezom i/ili somatskom embriogenezom. Za mikropropagaciju vrsta *Dianthus* L. roda najčešće korišteni auksini su IAA i NAA, a od citokinina KIN ili BAP. Mikrorazmnožavanje je bilo moguće kulturom izdanaka porijeklom iz različitih segmenata presadnica. *In vitro* biljčice *D. giganteus* ssp. *croaticus* su imale krupne ukrasne cvjetove s dugim cvjetnim peteljkama prosječne dužine 86,14 cm, dok su cvjetovi *D. ciliatus ssp. dalmaticus* bili manji s kraćim cvjetnim peteljkama (48,10 cm). Zbog svojih ukrasnih karakteristika i trajanja razdoblja cvatnje ove vrste se mogu koristiti u cvjetnoj industriji/hortikulturi (npr. cvjetne reznice), dok se in vitro biljke mogu koristiti za daljnja istraživanja hibridizacije. S druge strane, mikropropagirane sadnice *D. ciliatus* ssp. *dalmaticus* mogu se koristiti u parkovnoj hortikulturi kao cvjetni rubovi sjemenskih gredica, na kamenjarima ili kao pokrivači neplodnih mjesta u naseljima (Radojević 2007).

5. RASPRAVA

Prema dosadašnjim spoznajama postoje dva različita taksonomska koncepta koja se odnose na status podvrsta unutar *D. ciliatus* kompleksa. Oba se zasnivaju prvenstveno na morfologiji vegetativnih i generativnih organa. Prvi je koncept predložio Hayek (1924–1927) kojeg nešto kasnije također uvažavaju Tutin i Walters (1993) prilikom izrade djela *Flora Europaea* u kojem prihvaćaju postojanje dviju podvrsta unutar ovog kompleksa. Prema Tutinu i Waltersu (1993) to su tipična podvrsta, *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, koja je prisutna u Italiji i SZ Balkanu i druga podvrsta, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*, koja je poznata s JZ Balkana i zapadne Albanije. Ovaj je koncept trenutno prihvaćen u većini lokalnih balkanskih flora (npr. Nikolić i sur., 2015) i uglavnom se temelji na vrlo jednostavnoj morfološkoj distinkciji između dviju podvrsta, a to su kratka drvenasta baza i slabo razgranjena stabljika koje karakteriziraju podvrstu *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* naspram dugačke rahle drvenaste baze i razgranjenije stabljike kod podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*. Osim toga, Tutin i Walters (1993) još navode da su 4-6 para stabljičnih listova i plitko nazubljene do gotov cjelovite latice karakteristika po kojoj se može identificirati tipična podvrsta, *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, naspram 7-13 pari stabljičnih listova i jače nazubljenih latica koje su karakteristika podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus*. Ovaj koncept je trenutno prihvaćen i nalazi se u široj upotrebi (Greuter i sur., 1984, Nikolić i sur., 2015).

Drugi taksonomski koncept, sasvim drugačiji, predložio je eminentni botaničar i poznavatelj roda *Dianthus* na području Balkanskog poluotoka, Trinajstić (1979a, 1979b) koji prepoznaje i prihvaća četiri podvrste unutar *D. ciliatus* kompleksa. To su: *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, za kojeg kaže da dolazi isključivo na području Italije, *D. ciliatus* subsp. *racemosus* na području Hrvatske, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* na području južne Hrvatske, Bosne i Hercegovine te Crne Gore i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* koji dolazi samo na području Crne Gore. Njegov koncept djelomično prihvaća i poznata Euro+Med baza podataka (Marhold, 2011) koja ne prihvaća jedino podvrstu *D. ciliatus* subsp. *racemosus* već ju smatra sinonimom tipične podvrste. I ovaj se koncept također temelji na vrlo sličnim morfološkim karakteristikama kao i prethodni, ali uključuje i geografsko podrijetlo podvrsta (Trinajstić, 1979a).

Analiza detaljnije morfološke varijabilnosti podvrsta unutar *D. ciliatus* kompleksa provedena je po prvi puta ovim istraživanjem kojim su obuhvaćene 22 populacije u Jadranu. S obzirom na navedeno nije bilo moguće usporediti rezultate ovog istraživanja s drugim sličnim istraživanjima. Na temelju analiziranih 17 kvantitativnih i pet kvalitativnih osobina ustanovljeno je samo sedam morfoloških karakteristika koje su statistički značajne i koje se mogu koristit za bolje razgraničenje triju istraživanih podvrsta. Tih sedam karakteristika (visina epikaliksa, širina i dužina vanjske druge ljuske, širina i dužina vanjske prve ljuske, dužina unutarnje ljuske i dužina vrha vanjske prve ljuske) ovim je istraživanjem po prvi puta upotrjebljeno u svrhu preciznijeg odvajanja istraživanih podvrsta *D. ciliatus* kompleksa. Niti jedna od tih morfoloških karakteristika nije bila do sada korištena u determinacijskim ključevima niti u lokalnim florama stoga su dobiveni podaci od iznimne važnosti u taksonomiji *D. ciliatus* kompleksa.

Merističke odnosno kvalitativne značajke poput oblika plojke i ruba latice te drvenaste baze biljke bile su korištene u prijašnjim determinacijskim ključevima (Hayek, 1924, Trinajstić, 1979a, Tutin i Walters, 1993). Ovo je istraživanje također pokazalo da se navedene osobine mogu dobro iskoristiti u razlikovanju podvrsta dok se karakteristike poput broja parova ljuski na epikaliksu, (koji varira od 3-5) i dlakavost ruba ljuske (od golog do trepavičastog) ne mogu koristiti kao dobro svojstvo razlikovanja (v. Slika 33). Osobina kao što je drvenasta rahla baza te klinast oblik plojke latice je svojstvena za podvrste *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*, dok je za tipičnu podvrstu karakteristična kompaktna drvenasta baza i zaobljena plojka latice. Osim toga, osobina ruba latice koju navode i prijašnji autori (Hayek 1924, Trinajstić 1979a, Tutin i Walters 1993) također se može koristiti. Tako da je rub latice u većini slučajeva (94%) cjelovit za tipičnu podvrstu *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, dok je nitast isključivo (100%) za podvrstu *D. ciliatus* subsp. *medunensis*, a za podvrstu *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* je uglavnom nazubljen (71,43%) iako u 28,57% jedinki je bio i cjelovit.

Od morfometrijskih odnosno kvalitativnih značajki kao što je dužina epikaliksa pokazala je jasno odvajanje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (srednja vrijednost 13,27 mm) od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (sr. vr. 10,37 mm). Dužina unutarnje ljuske također je dobra osobina na temelju koje se mogu dobro odvojiti *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (sr. vr. 10,52 mm) od ostale dvije podvrste od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (sr. vr. 8,62 mm) i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* (sr. vr. 9,26 mm). Isto tako, u

osobini dužina prve vanjske ljuske značajno je odvajanje *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* (sr. vr. 9,08 mm) *od D. ciliatus subsp. medunensis* (sr. vr. 7,22mm) *i D. ciliatus subsp. dalmaticus* (sr. vr. 7,46 mm). Zatim u osobini širine vanjske ljuske *D. ciliatus subsp. ciliatus* (sr. vr. 3,35 mm) od *D. ciliatus subsp. medunensis* (sr. vr. 2,38 mm) i *D. ciliatus subsp. dalmaticus* (sr. vr. 2,61 mm) te u osobini dužine druge vanjske ljuske *D. ciliatus subsp. ciliatus* (sr. vr. 7,46 mm) od *D. ciliatus subsp. medunensis* (sr. vr. 5,56 mm) *i D. ciliatus subsp. dalmaticus* (sr. vr. 6,6 mm).

Ovo istraživanje pokazalo je da su dvije podvrste, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis* morfološki vrlo slične izuzev već prije spomenutih karakteristika koje su značajne za pojedinačnu podvrstu. Upravo radi tako velike sličnosti, često je u taksonomskom smislu prema nekim autorima (Hayek, 1924, Greuter, 1984, Tutin i Walters, 1993) podvrsta *D. ciliatus* subsp. *medunensis* bila smatrana sinonimom od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* ili je uključivana u njezinu morfološku varijabilnost. Tako već Beck i Szyszylowicz (1888) za područje Crne Gore navode i opisuju zasebnu svojtu *D. medunensis* G. Beck et Szysz., koja se od *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* razlikuje uglavnom po tome što su plojke latica na rubu pliće ili dublje urezane na više-manje nitaste isperke, a kasnije ju Trinajstić (1979a) tretira kao zasebnu podvrstu, a Hayek (1924) čak kao varijetet *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* (Čelak.) Hayek var. *medunensis* (G. Beck et Szysz.) Hayek. Većina autora koji su istraživali floru našega primorja navodi nalaze svojte na razini vrste (*D. ciliatus*), bez razlikovanja podvrsta stoga stvarna rasprostranjenost ovih dviju podvrsta i granice njihovih areala u istočnojadranskom primorju nisu dobro poznati (Nikolić i sur., 2015).

Postojeći determinacijski ključevi prema Trinajstiću (1979a) i Tutinu i Waltersu (1993) sada su modificirani na temelju dobivenih rezultata morfometrijske analize te je u ovom radu ponuđen novi determinacijski ključ za identifikaciju podvrsta *D. ciliatus* kompleksa koji uključuje značajne kvantitativne karakteristike vezane za ljuske na čaški. Kao što je i praksa u ovakvim istraživanjima, na temelju takvog novog ključa provedena je redeterminacija herbarijskih primjera koji se čuvaju u četiri Zagrebačke herbarijske zbirke (CNHM, ZA, ZAGR i ZAHO) te je ukupno obrađeno 306 herbarijskih primjeraka od čega devet u CNHM, 108 u ZA, 189 u ZAGR dok u ZAHO zbirci nije bilo herbarijskih primjeraka.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanje morfološke varijabilnosti na herbarijskim primjercima triju podvrsta (*D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) koje pripadaju *D. ciliatus* kompleksu na području Jadrana pružilo je bolji uvid u varijabilnost morfoloških osobina i bolje razgraničenje navedenih podvrsta.

- Morfometrijsko istraživanje provedeno je na ukupno 66 jedinki iz 22 populacije duž Jadranskog područja (jedanaest populacija za *D. ciliatus* subsp. *ciliatus*, sedam populacija za *D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i četiri populacije za *D. ciliatus* subsp. *medunensis*).
- Provedena je deskriptivna (ANOVA-test i Tukey Post Hoc-test) i multivarijatna statistika (PCA i CDA) te je analizirano 17 kvantitativnih i pet kvalitativnih morfoloških osobina. Ustanovljeno je sedam morfoloških osobina koje su statistički značajne i mogu se koristit za bolje razgraničenje ovih triju podvrsta.
- Najutjecajnije morfološke osobina za razlikovanje podvrsta su: visina epikaliksa, širina i dužina druge vanjske ljuske, širina i dužina prve vanjske ljuske, dužina unutarnje ljuske i dužina vrha prve vanjske ljuske.
- Iz provedenih analiza jasno je vidljivo da se tipična podvrsta, *D. ciliatus* subsp. *ciliatus* jasno odvaja od ostale dvije podvrste (*D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) koje su morfološki sličnije.
- Međusobno razlikovanje morfološki sličnijih podvrsta (*D. ciliatus* subsp. *dalmaticus* i *D. ciliatus* subsp. *medunensis*) temelji se na boji cvjetova i na vrhu plojke latice.
- Izrađen je determinacijski ključ za identifikaciju podvrsta *D. ciliatus* kompleksa.
- Provedena je redeterminacija primjeraka iz četiri herbarijske zbirke (CNHM, ZA, ZAGR i ZAHO) te je ukupno obrađeno 306 herbarijskih primjeraka od čega devet u CNHM, 108 u ZA, 189 u ZAGR dok u ZAHO zbirci nije bilo materijala.
- Prikazana je moguća primjena istraživanih karanfila u ukrasnoj hortikulturi.

7. LITERATURA

1. Arnerić, J., Protrka, K., (2019– 2020): Modeli analize varijance (ANOVA), Matematičko-fizički list 70(277): 25-32.
2. Bacchetta, G., Brullo, S., Casti, M., Giusso del Galdo, G.P. (2010) Taxonomic revision of the Dianthus sylvestris group (Caryophyllaceae) in central-southern Italy, Sicily and Sardinia. Nordic Journal of Botany 28: 137–173.
3. Beck, G., Szyszylowicz, I. (1888): Plantae a Dre Ign. Szyszyíowicz in itinere per Cernagoram et in Albania adiacente anno 1886 lectae. Rozpr. Spraw. Wydz. matem.-przyr. Akad. Umiejetn. 19: 1–166.
4. Bittrich, V. 1993. Caryophyllaceae. *In* K. Kubitzki, J. Rohwer, and V. Bittrich [eds.], *The families and genera of vascular plants, vol. 2, Magnoliid, Hamamelid, and Caryophyllid families,* 206– 236. Springer Verlag, Berlin, Germany.
5. Čelakovský, L. (1885) *Dianthus dalmaticus* n. sp. Oesterreichische Botanische Zeitschrift 35(6): 189–194.
6. Domina, G., Astuti, G., Bacchetta, G., Barone, G., Rešetnik, I., Terlević, A., Thiebaut, M., Peruzzi, L. (2021a) Typification on 13 names in the *Dianthus virgineus* group (Caryophyllaceae). PhytoKeys 187: 1–14. doi.org/10.3897/phytokeys.187.75534
7. Domina, G., Astuti, G., Barone, G., Gargano, D., Minuto, L., Varaldo, L., Peruzzi, L. (2021b) Lectotypification of the Linnaean name *Dianthus virgineus* (Caryophyllaceae) and its taxonomic consequences. Taxon 70(5): 1096–1100.
8. Filipović, M. (2018): Procjena pekarske kvalitete kultivara ozime pšenice primjenom kemometrijske analize glavnih komponenata (PCA). Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
9. Gjurašin., S. (1933): Rod *Dianthus* u flori Hrvatske i Slavonije. Prir. istraz. Jugoslav. Akad. znan. i umjetnosti 18: 1-3.
10. Gussone, G. (1825) Index Seminum vol. 5. [Boccadifalco].
11. Gussone, G. (1826) Plantae rariores quas in itinere per oras Jonii ac Adriatici maris et per regiones Samnii ac Aprutii. Neapoli, Regia Typographia, 1-403 pp.

12. Hayek, A. (1924–1927) Prodromus Florae peninsulae Balcanicae, vol. 1. Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 30(1): 246-1193.
13. Hibik, A. (2019): Primjena mikroskopije i računalne analize slike u ispitivanju kvalitete tiska. Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
14. Jakuš, M. (2020): Skladištenje cvijeća za rez, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
15. Linnaeus, C. (1753) Species plantarum, vol. 1. Holmiae [Stockholm]: impensis Laurentii Salvii.
16. Lužar-Stiffler, V. (2010): Pregled metoda i primjena multivarijatne analize podataka. CAIR Centar d.o.o. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
17. Marhold, K. 2011+. Caryophyllaceae. In: Euro+Med Plantbase – The information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published at http://www.europlusmed.org.
18. Nikolić, T. (2022): Flora Croatica baza podataka. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
19. Nikolić, T., Milović, M., Bogdanović, S., Jasprica, N., (2015): Endemi u hrvatskoj flori. Alfa d.d., Zagreb.
20. Pax, F., Hoffmann, K. (1934): Caryophyllaceae. U: Engler, A., Prantl, K. (ur.) Die natürlichen Pflanzenfamilien, 2nd edn. Leipzig: Engelmann 16c: 275–364.
21. Popić, M. (2017): Proizvodnja trajnica iz porodice karanfila (Caryophyllaceae). Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
22. R Core Team (2020): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
23. Rabeler, R. K., Bittrich, V. (1993): Suprageneric nomenclature in the Caryophyllaceae. Taxon 42: 857-863.
24. Radojević, Lj., Ćalić-Dragosavac, D., Špirić, J., Stevanović, B., Stevanović, V. (2010): In vitro propagation of *Dianthus ciliatus* ssp. *dalmaticus* and *D. giganteus* ssp. *croaticus* (Caryophyllaceae) from stem segment cultures. Botanica serbica 34 (2): 153-161.
25. Rajić, H. (2021): Morfološke značajke plodova i sjemenki roda *Aurinia* Desv. (Brassicaceae). Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

26. Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T., Eliceiri, K. W. (2017): ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. BMC Bioinformatics 18 (1): 529.
27. Szyszylowicz, I. (1889) Une excursion botanique au Montenegro. Bulletin de la Societe Botanique de France 36: 113–123.
28. Terlević, A. (2020): Dianthus - božanski cvijet. www.biologija.hr
29. Trinajstić, I. (1979a): *Dianthus* L. In: Trinajstić I. ed.: Analitička flora Jugoslavije 1(5). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 716-767.
30. Trinajstić, I. (1979a): *Dianthus* L. In: Trinajstić I. ed.: Analitička flora Jugoslavije 1(5). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 716-767.
31. Trinajstić, I. (1979b) Taxa nova et combinationes novae in flora Jugoslaviae 6. In: Trinajstić, I. (ed.) Supplementum ad Floram analyticam Jugoslaviae. Zagreb, Editio Universitatis Zagrebiensis-Liber. pp. 8.
32. Tutin, T.G., Walters, S.M. (1993): *Dianthus* L. U: Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (eds.), Flora Europaea, 2nd ed., vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 227–246.
33. Van der Hoeven, A.P. (1987). The influence of daylength on flowering of carnations. Acta Horticulturae 216: 315–319.
34. Visiani de, R. (1829) Plantae rariores in Dalmatia recens detectae a Roberto de Visiani, M. D. et plurium Academiarum Sodali. Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung 12: 1-24.
35. Visiani de, R. (1847) Flora Dalmatica, sive enumeratio stirpium vascularium quas hactenus in Dalmatia lectas et sibi observatas, Vol. 2. Lipsiae, Apud Friedericum Hofmeister.
36. Visiani de, R. (1852) Flora Dalmatica, sive enumeratio stirpium vascularium quas hactenus in Dalmatia lectas et sibi observatas, Vol. 3. Lipsiae, Apud Friedericum Hofmeister.
37. Visiani, R., (1826): Ogled dalmatinskog bilja. Čakavski sabor, izdanje 1978, Split.
38. Williams, F.N. (1893): A monograph of the Genus *Dianthus*, Linn. Botanical journal of the Linnean society 19(203): 346-469.

8. ŽIVOTOPIS

Petar Tokić, rođen 17. veljače 1995. godine u Đakovu, nakon prva tri razreda osnovne škole seli se u Zagreb (2005. godine) te tamo nastavlja osnovnoškolsko obrazovanje u OŠ Ksaver Šandor Gjalski koja nosi status Europske eko-škole od 2001. godine. Osnovnu školu završava 2010. godine te upisuje i pohađa Nadbiskupsku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Zagrebu. Maturirao je 2014./2015. godine, a 2016. upisuje redovan preddiplomski studij hortikulture, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Tijekom studiranja u Osijeku, u cilju stjecanja radnih navika te ostalih vještina radi različite studentske poslove koji nisu vezani uz hortikulturu. Preddiplomski studij završava 2019. godine predajom završnog rada: Zelena osnova privatnih vrtova zagrebačkog naselja Ksaver. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikultura – ukrasno bilje na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom 2. godine diplomskog studija (2020./2021.) radi kao student u firmi Agri-vrt d.o.o., gdje stječe praktično znanje o skladištenju, korištenju te trgovini sadnog i sjetvenog materijala te o primjeni raznih vrsta gnojiva i pripravaka za zaštitu bilja. Iste godine napušta taj posao te počinje raditi u obrtu za usluge Uredi-vrt, gdje kao pomoćni radnik sudjeluje u projektiranju i održavanju privatnih okućnica u gradu Zagrebu.