

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На III редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 11. децембра 2015. године, прихваћен је извештај ментора др Драгане Цветковић, ванредног професора Биолошког факултета и др Данијеле Миљковић, вишег научног сарадника Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду да је кандидаткиња **Вукица Д. Вујић** урадила докторску дисертацију под насловом “Интер- и интрапопулациона варијабилност облика листа *Mercurialis perennis* L. и делова цвета *Iris pumila* L.: утицај хетерогених услова светлости и антропогено индукованог стреса” и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу:

др Драгана Цветковић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Данијела Миљковић, виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду и др Слободан Јовановић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Већу подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Вукице Д. Вујић под насловом “Интер- и интрапопулациона варијабилност облика листа *Mercurialis perennis* L. и делова цвета *Iris pumila* L.: утицај хетерогених услова светлости и антропогено индукованог стреса” садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о менторима и члановима комисије, захвалницу, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, биографију аутора и прилоге

везане за ауторство. Текст докторске дисертације по поглављима написан је на 169 страна и садржи 48 табела, 59 слика, као и 187 библиографских јединица. Текст је подељен на следећа поглавља: Увод (18 страна), Циљеви истраживања (3 стране), Материјал и методе (24 стране), Резултати (18 страна; табеле и графици дати су у поглављу Прилози), Дискусија (22 стране), Закључци (3 стране), Литература (17 страна) и Прилози (64 стране).

АНАЛИЗА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет докторске дисертације је анализа утицаја хеторегених услова светлости и антропогено индукованог стреса на варијабилност облика и величине листа *Mercurialis perennis* и делова цвета (фол, стандард и тучак) *Iris pumila*. Анализиране су биљке из природних популација на стаништима изложеним пуној дневној светлости, односно вегетацијској сенци, као и на стаништима са антропогено индукованим стресом (аерозагађење или гажење) и стаништима која нису била изложена тој врсти стреса. Поред тога, анализиране су и биљке *I. pumila* гајене у експерименталним условима, под дефинисаним светлосним третманима. Испитивање је обухватило и особине изданка *M. perennis* (висину, број листова и број интернодија), као и присуство полног диморфизма код ове врсте.

У поглављу **УВОД** кандидаткиња даје детаљан приказ савремених истраживања која се односе на проблематику и приступе коришћене у докторској дисертацији, наводи проблеме и питања која су још увек отворена, објашњавајући основу на којој је базирала радне хипотезе и истраживања. Поглавље је подељено у неколико тематских целина. У првом делу представљена је материја везана за варијабилност облика вегетативних и репродуктивних органа биљака, која омогућава адаптацију на субоптималне услове животне средине. Посебно су обрађена питања полног диморфизма, феномена веома присутног и значајног у живом свету, али знатно мање проученог код биљака него код животиња, као и модуларности и морфолошке интеграције, што је област која у новије време привлачи све више пажње. У следећем делу изложен је преглед проблематике везане за стрес, који се различито дефинише у зависности од научне области у оквиру које се разматра; у области еволуционе биологије, стрес се дефинише са аспекта фактора животне средине који потенцијално утичу на компоненте фитнеса (преживљавање и

репродукцију). Описан је утицај субоптималних услова светлости на биљке, као и антропогено индукованих промена средине, од којих су посебно издвојене: аерозагађење (као један од кључних фактора стреса у урбаним срединама) и гажење услед рекреативних активности (што представља значајан фактор нарушавања субурбаних шумских станишта и станишта у оквиру заштићених природних добара). У завршном делу представљен је приступ који лежи у основи ове докторске тезе – квантификација морфолошке варијабилности применом геометријске морфометрије.

У оквиру поглавља **ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА** кандидаткиња је поставила циљеве овог рада, формулисане кроз питања:

- Да ли постоји значајна разлика облика и величине листа *M. perennis* у природним популацијама са станишта изложених различитим условима светлости (пуна дневна светлост/вегетацијска сенка), као и са станишта изложених различитом нивоу антропогених утицаја (гажења)?
- Да ли се значајно разликују особине изданка *M. perennis* (висина, број листова и број интернодија) на стаништима изложеним хетерогеним условима светлости и различитом нивоу антропогеног стреса?
- С обзиром на то да је *M. perennis* дводома биљка, да ли постоји значајан полни диморфизам у анализираним особинама, као и полно–специфичне реакције на субоптималне услове станишта?
- Да ли постоји значајна варијабилност облика и величине делова цвета *I. pumila* у природним популацијама са станишта изложених различитим условима светлости (пуна дневна светлост/вегетацијска сенка), као и у експерименталним условима дефинисаног интензитета светлости?
- Да ли антропогено индуковани стрес утиче на разлике облика и величине делова цвета *I. pumila* између руралног незагађеног станишта (заштићен резерват природе) и урбаног станишта изложеног аерозагађењу?
- Да ли интензитет светлости и аерозагађење утичу на промену корелационих односа између облика различитих делова цвета *I. pumila*?

У оквиру поглавља **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ**, које садржи четири подпоглавља, дат је исцрпан преглед свих приступа и метода које су примењене у истраживању. Описани су објекти истраживања, локалитети, величина узорака, начин узорковања, препарације и мерења, као и статистичке анализе података; посебно детаљно су приказане морфометријске анализе, које укључује визуелно (графичко) представљање

промене облика морфолошких структура, као и различите мултиваријатне методе анализе облика.

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ** кандидаткиња прегледно износи резултате, систематизоване у пет подпоглавља. У првом је приказана анализа утицаја хетерогених услова светлости (пуна дневна светлост/вегетацијска сенка) на варијабилност облика и величине листа, као и особина изданка *M. perennis*. У другом подпоглављу дати су резултати анализе утицаја антропогено индукованог стреса (гажења) на наведене особине. У трећем делу дата је анализа утицаја хетерогених услова светлости (пуна дневна светлост/вегетацијска сенка) на варијабилност облика и величине делова цвета (стандарда, фола и тучка) *I. pumila* у природним стаништима, као и у експерименталним условима. Четврто подпоглавље приказује анализу утицаја антропогено индукованог стреса (аерозагађења) на варирање особина делова цвета *I. pumila*, поређењем руралне и урбане популације. У завршном делу анализирана је морфолошка интеграција делова цвета *I. pumila*. Сви добијени резултати су представљени табеларно и графицима који су дати у поглављу Прилози.

У поглављу **ДИСКУСИЈА**, које садржи шест подпоглавља, кандидаткиња критички сагледава добијене резултате и тумачи их у контексту резултата претходних истраживања на овим врстама, као и сличних истраживања на другим врстама биљака. У прва три подпоглавља дискутују се резултати везани за утицај хетерогених услова светлости и антропогено индукованог стреса на варијабилност особина вегетативних органа *M. perennis*. Утврђена је значајна разлика у облику и величина листова – листови су били шири, краћи и мањи у стресним условима. Величина листа је један од кључних фактора који доприносе толеранцији на гажење, те се смањење листа у присуству ове врсте стреса може објаснити у контексту адаптивног одговора биљака. Досадашња истраживања су показала да у условима механичког стреса могу постојати супротни обрасци промене облика листа, што у великој мери зависи од животне форме биљака. Од анализираних особина изданка, највеће су разлике у погледу висине, што указује да је висина биљака значајан и осетљив индикатор негативних ефеката стреса. Полни диморфизам у анализираним особинама није био значајан за особине облик и величина листа, за разлику од особина изданка. Добијене разлике међу половима могу се објаснити у контексту разлика у репродуктивној алокацији и хипотезе дисперзије полена.

У следећа три подпоглавља дискутују се резултати везани за утицај хетерогених услова светлости и антропогено индукованог стреса на варијабилност делова цвета *I. pumila*. Обрасци варирања облика и величине делова цвета под утицајем хетерогених

услова светлости су били специфични за посматрани део цвета. Облик фола, стандарда и тучка се мењао у зависности од интензитета светлости како у природним стаништима, тако и у експерименталним условима. Делови цвета били су већи у срединама са смањеним интензитетом светлости (станиште под вегетацијском сенком и ниски интензитет светлости у експерименталним условима). У условима антропогено индукованог стреса (аерозагађења) делови цвета били су мањи, краћи и шири у односу на цветове на заштићеном природном станишту. Облик фола и стандарда, као и фола и тучка, био је значајно корелисан у свим условима (природна станишта, урбани и експериментални услови). Промена облика и величине делова цвета може утицати на репродуктивни успех биљака и адаптивну вредност. Стога, поред непосредног штетног утицаја на преживљавање и раст биљака, стресни услови средине, као нпр. присуство тешких метала, могу имати и еволуционе ефекте.

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** сажето и прегледно су изнети најважнији закључци ове докторске дисертације:

- Облик и величина листа *M. perennis* са станишта под различитим светлосним условима значајно су се разликовали – листови са станишта пуне дневне светлости били су шири и краћи, са мањим вредностима величине центроида, од листова са станишта под вегетацијском сенком. Биљке изложене антропогено индукованом стресу (гажењу) имале су шире и краће листове, са мањим вредностима величине центроида, у односу на биљке које нису биле изложене том стресу. Смањење листа у присуству ове врсте стреса може се објаснити у контексту адаптивног одговора биљака. Разлике у облику листа уклапају се у један од алтернативних образаца промене облика листа утврђених претходним истраживањима, који у великој мери зависи од животне форме биљака.

- Ефекат станишта био је значајан и за неке од анализираних особина изданка. Биљке на станишту пуне дневне светлости биле су значајно ниже у односу на биљке на станишту под вегетацијском сенком. Биљке изложене антропогено индукованом стресу (гажењу) биле су значајно ниже (али са већим бројем листова) у поређењу са биљкама које нису биле изложене том стресу. Добијени резултати показују да је висина биљака значајан и осетљив индикатор негативних ефеката стреса.

- Облик и величина листа *M. perennis* нису показали значајан полни диморфизам, за разлику од особина изданка. На стаништима под различитим светлосним условима, мушке биљке су имале значајно већи број интернодија и листова у односу на женске биљке. У условима различитог степена антропогено индукованог стреса (гажења) значајан полни диморфизам је добијен за све особине изданка. Женске биљке биле су

ниже, и имале су мањи број листова и интернодија на оба станишта. Добијени резултати могу се објаснити у контексту хипотезе дисперзије полена и разлика у репродуктивној алокацији, односно већег улагања женских јединки у репродукцију, као и смањењем тих разлика у популацијама на већим надморским висинама.

- Облик и величина делова цвета *I. pumila* значајно су се разликовали између природних станишта изложених различитим светлосним условима. Стандарди и тучкови су били шири и краћи, фолови су били ужи, а сва три дела са већим вредностима величине центроида на станишту под вегетацијском сенком. На разлике између популација унутар станишта утицале су разлике у микросрединским условима.

- У експерименталним условима, облик делова цвета разликовао се између анализираних популација у оба светлосна третмана. Фолови и стандарди пореклом са станишта под вегетацијском сенком су били краћи и шири, а тучкови ужи, од делова цвета пореклом са станишта пуне дневне светлости. У оба светлосна третмана, значајно већи су били фолови пореклом са засенченог станишта. Између третмана, обрасци разлика у облику делова цвета били су слични за обе популације – сви делови цвета су били краћи, а фолови и тучкови и шири, у високом светлосном интензитету у односу на ниски. Значајна разлика у величини делова цвета између третмана је добијена за фол и стандард (популација са отвореног станишта) и за стандард и тучак (популација са засенченог станишта).

- Антропогена активност (аерозагађење) је значајно утицала на разлике у величини и облику делова цвета *I. pumila*. Фолови, стандарди и тучкови у присуству антропогено индукованог стреса (аерозагађења) били су мањи, краћи и шири у поређењу са наведеним деловима цвета са станишта без аерозагађења, али је за разлике у облику преовлађујући био ефекат алометрије.

- Анализа корелационих односа између облика делова цвета *I. pumila* показала је значајне корелације облика фолова и стандарда, као и фолова и тучкова, унутар сваког од природних станишта, у експерименталним, као и у урбаним условима. Резултати указују да се постојећи структурни и функционални односи између ових делова цвета нису значајно мењали у субоптималним условима средине.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 187 библиографских јединица и даје темељан преглед научних публикација из области релевантних за ову дисертацију.

БИБЛИОГРАФИЈА

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја:

Vujić V, Avramov S, Tarasjev A, Barišić-Klisarić N, Živković U, Miljković D (2015) The effects of traffic-related air pollution on the flower morphology of *Iris pumila* - comparison of a polluted city area and the unpolluted Deliblato sands (Nature reserve). *Applied ecology and environmental research*, 13: 405-415. M₂₃

Vujić V, Rubinjoni L, Selaković S, Cvetković D (2016) Small-scale variations in leaf shape under anthropogenic disturbance in dioecious forest forb *Mercurialis perennis*: a geometric morphometric examination. *Arch Biol Sci*, DOI:10.2298/ABS15111011V M₂₃

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја (M₃₄):

Vujić V, Avramov S, Barišić Klisarić N, Živković U, Tarasjev A, and Miljković D (2015) Light induces variation in size and shape of *Iris pumila* flower parts in two natural habitats. *2nd International Conference on Plant Biology*, Petnica, 17–20.6.2015.

Vujić V, Rubinjoni L, Selaković S, Cvetković D (2015) Exploring the leaf shape variation under anthropogenic disturbance in dioecious forest forb *Mercurialis perennis*: a geometric morphometric approach. *2nd International Conference on Plant Biology*, Petnica, 17–20.6.2015.

Miljković D, **Vujić V**, Avramov S, Barišić Klisarić N, Živković U, Prokić D, Tarasjev A (2013) Effects of traffic air pollution on *Iris pumila* flower organ shape. *1st International Conference on Plant Biology*, Subotica, 4-7.6.2013.

Vujić V, Rubinjoni L, Selaković S, Cvetković D (2013): Geometric morphometric study of leaf shape variation in *Mercurialis perennis*. *1st International Conference of Plant Biology*, Subotica, 4-7.6.2013.

Vujić V, Avramov S, Tarasjev A, Barišić Klisarić N, Živković U, Prokić D, Miljković D (2013) A geometric morphometric approach in assessment of population variation of *Iris pumila* L flower part shape. *1st International Conference on Plant Biology*, Subotica, 4-7.6.2013.

МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу увида у докторску дисертацију **Вукице Д. Вујић**, чији смо приказ дали у извештају, као и на основу непосредног увида у рад кандидаткиње, сматрамо да докторска дисертација под насловом:

“Интер- и интрапопулациона варијабилност облика листа *Mercurialis perennis* L. и делова цвета *Iris pumila* L.: утицај хетерогених услова светлости и антропогено индукованог стреса”

представља оригиналан научни рад са јасно дефинисаним и оствареним циљевима. Методе и приступи који су коришћени у раду су адекватно одабрани и савремени. Добијене резултате кандидаткиња је систематично приказала и критички дискутовала, а закључци су јасни и сажето изнети. Ова докторска дисертација представља оригиналан допринос разумевању образаца фенотипског варирања вегетативних и репродуктивних органа биљака из природних популација, као и њиховог одговора индукованог алтернативним светлосним условима и антропогеним стресом.

Имајући у виду значај и научну вредност резултата, као и начин на који су обрађени и интерпретирани, Комисија предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и одобри одбрану докторске дисертације у складу са важећим прописима.

У Београду, 04.02.2016.

КОМИСИЈА:

др Драгана Цветковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

др Данијела Миљковић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за
биолошка истраживања „Синиша Станковић“

др Слободан Јовановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Биолошки факултет