

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На V редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 9. марта 2018. године, прихваћен је извештај ментора др Драгане Цветковић и др Немање Станисављевића о урађеној докторској дисертацији **Саре Д. Селаковић**, асистенткиње на Биолошком факултету Универзитета у Београду, под насловом „Ефекти пола и хетерогених услова светлости у популацијама дводоме врсте *Mercurialis perennis* L. на диференцијалну хербиворију“, и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу:

др Драгана Цветковић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Немања Станисављевић, научни сарадник Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство Универзитета у Београду, др Светлана Радовић, редовни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Данијела Миљковић, виши научни сарадник Институт за биолошка истраживања "Синиша Станковић" Универзитета у Београду и др Анђелко Петровић, 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 Саре Д. Селаковић под насловом „Ефекти пола и хетерогених услова светлости у популацијама дводоме врсте *Mercurialis perennis* L. на диференцијалну хербиворију“ 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 113 страна и садржи 9 табела, 18 слика, као и 221 библиографску јединицу. Текст је подељен на следећа поглавља: Увод (21 страна), Циљеви истраживања (2 стране), Материјал и методе (16 страна), Резултати (25 страна), Дискусија (24 стране), Закључци (3 стране) и Литература (22 стране).

### **Анализа докторске дисертације:**

**Предмет докторске дисертације** је анализа диференцијалне хербиворије у микроеволуционом контексту, односно образаца варирања у степену оштећења листова од стране хербиворних инсеката у природним популацијама дводоме врсте *Mercurialis perennis*. Испитивани су ефекти пола биљака, станишта са контрастним светлосним условима (вегетацијска сенка vs. пуна дневна светлост) и онтогенетског стадијума (репродуктивни vs. пострепродуктивни) на степен хербиворије и особине биљака везане за величину, нутритивна и дефанзивна својства.

Кандидаткиња у поглављу **УВОД** даје детаљан преглед досадашњих истраживања у овој области, наводи актуелне проблеме и питања која су још увек отворена, и објашњава теоријску основу на којој је базирала истраживања и радне хипотезе. Поглавље је подељено на шест подпоглавља. У првом су дати теоријски оквири за интерпретацију интеракција између биљака и хербивора, које спадају у најприсутније интерспецијске интеракције у природи и представљају једну од најважнијих тема у еволуционој екологији. Дат је преглед различитих хипотеза, формулисаних током последњих неколико деценија, које објашњавају обрасце улагања биљака у одбрану од хербивора. Друго подпоглавље односи се на широк и разноврстан спектар особина биљака које су значајне за исход њихових интеракција са хербиворним инсектима – на физичке и хемијске дефанзивне особине, нутритивне карактеристике, као и параметре величине биљке. Треће подпоглавље обрађује питање интеракције између биљака и хербивора под различитим светлосним условима станишта. Познато је да светлосни услови станишта могу утицати на диверзитет типова и нивоа одбрамбених особина биљака, па тиме и на исход поменутих интеракција. Диференцијална хербиворија у односу на светлосне услове станишта представља значајну тему истраживања последњих година; тестирања хипотезе да биљке које расту у сенци трпе већи притисак хербивора дала су различите резултате.

Четврто подпоглавље се односи на варирање степена хербиворије, односно оштећења нанетих од стране хербивора у зависности од онтогенетског стадијума биљке, што је приступ који је релативно ретко примењиван у овој врсти истраживања, посебно када укључује пострепродуктивну фазу. Посебно је истакнута потреба испитивања временске динамике промена у релативном значају различитих дефанзивних особина. У петом подпоглављу обрађено је питање полног диморфизма код биљака, са фокусом на полно-специфичне разлике у подложности хербиворима. Дислоцирање мушке и женске функције на одвојене биљке омогућава полно-специфичну алокацију ресурса у раст, репродукцију и одбрану од хербивора. Проблем разлике у притиску хербивора на женске и мушке биљке истраживан је на различитим модел системима и са различитим резултатима. Универзалност закључка, проистеклог из метаанализе досадашњих студија, да су мушке биљке подложније хербиворији, и да је то општи образац у природним популацијама, доведена је у питање, те се последњих година истиче потреба за новим истраживањима. Завршно подпоглавље односи се на процену флукутирајуће асиметрије (FA) као показатеља развојне нестабилности у контрастним светлосним условима станишта, као и на питање корелације нивоа асиметрије са степеном хербиворије, односно да ли се FA може користити као показатељ за процену подложности биљака оштећењима од стране хербивора.

У поглављу **ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА** кандидаткиња је представила основне циљеве истраживања:

- Испитати да ли се степен хербиворије и анализирани особине биљака значајно разликују између станишта под контрастним условима светлости, тј. станишта под пуном дневном светлошћу и под вегетацијском сенком.
- Утврдити да ли постоји значајно варирање у степену оштећења нанетих од стране хербивора и у испитиваним особинама биљака у зависности од онтогенетског стадијума (репродуктивни vs. пострепродуктивни).
- Утврдити да ли је присутна полно-специфична хербиворија.
- Испитати које од анализираних особина биљака показују значајан утицај на интеракције са хербиворима у зависности од светлосних услова станишта, као и онтогенетског стадијума.
- Утврдити да ли анализирани особине биљака испољавају полни диморфизам у зависности од хетерогених светлосних услова станишта и онтогенетског стадијума.

- Испитати присуство разлика у развојној нестабилности процењеној преко индекса флукутирајуће асиметрије у зависности од хетерогених светлосних услова станишта и пола, као и корелационе односе између нивоа флукутирајуће асиметрије и степена хербиворије.

У оквиру поглавља **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ**, дат је преглед метода које су примењене у овом истраживању. Представљен је објекат истраживања и карактеристике које врсту *Mercurialis perennis* чине погодном за проучавање ове проблематике, описани су локалитети (Беле стене на Копаонику и Београд) са којих су узимани узорци, као и начин узорковања. Описане су особине изабране за анализу: висина биљке, укупна површина листова, величина листа (дужина дршке и централног нерва, ширина и површина лисне плоче), специфична лисна површина, као и нутритивне (садржај укупних солубилних протеина, воде и неструктурних угљених хидрата) и дефанзивне особине (садржај укупних фенола и кондензованих танина). Детаљно су представљене: методе хемијске анализе нутритивних и дефанзивних особина листова; квантификовање светлосних услова станишта коришћењем хемисферних фотографија, обрађених у програмима Sidelook и Gap Light Analyzer; процена степена хербиворије, односно оштећења нанетих од стране хербивора, на скенираним листовима, као и процене развојне нестабилности коришћењем униваријатних и композитног индекса флукутирајуће асиметрије. За статистичку обраду података коришћене су процедуре из статистичких пакета SAS (SAS Institute, Inc. 2011) и R (R Development Core Team, 2013).

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ** кандидаткиња прегледно износи резултате, систематизоване у четири подпоглавља. У првом је приказана анализа ефеката светлосних услова станишта (пуна дневна светлост vs. вегетацијска сенка) и пола биљке на степен хербиворије и обрасце варирања испитиваних особина биљака. Друго подпоглавље приказује анализу варирања степена хербиворије и испитиваних особина мушких и женских биљака у зависности од онтогенетског стадијума (репродуктивни vs. пострепродуктивни). У трећем је дата анализа варирања степена хербиворије, флукутирајуће асиметрије и испитиваних особина биљака (на нивоу индивидуе и на нивоу листа) у зависности од светлосних услова станишта и пола. Завршно подпоглавље приказује анализу образаца корелационих односа између флукутирајуће асиметрије, степена хербиворије и испитиваних особина мушких и женских биљака у сваком од станишта.

У поглављу **ДИСКУСИЈА**, које садржи три подпоглавља, кандидаткиња критички сагледава добијене резултате и тумачи их у светлу савремених сазнања, као и у контексту ранијих истраживања у овој области. У првом подпоглављу кандидаткиња дискутује резултате везане за утицај хетерогених светлосних услова станишта на степен хербиворије, као и на варирање испитиваних особина на нивоу биљке и на нивоу листа (величина, нутритивне и дефанзивне особине); такође и повезаност испитиваних особина са степеном оштећења од стране хербивора. Посебно се дискутују полно-специфичне разлике у степену хербиворије и особинама биљака у односу на светлосне услове станишта. У другом подпоглављу разматра се утицај онтогенетског стадијума на степен хербиворије и варирање испитиваних особина биљака, као и утицај испитиваних особина на степену хербиворије и присуство полно-специфичних разлика у репродуктивној и пострепродуктивној фази. У трећем подпоглављу, кандидаткиња дискутује утицај светлосних услова станишта на флукутирајућу асиметрију као показатељ развојне нестабилности, као и полно-специфичне разлике у FA и корелације нивоа FA са степеном хербиворије под различитим светлосним условима станишта.

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** кандидаткиња је прегледно изнела најважније закључке ове дисертације.

Овим истраживањем утврђено је присуство диференцијалне хербиворије у односу на светлосне услове станишта код дводоме врсте *Mercurialis perennis*. Степен оштећења изазваног активношћу хербивора био је већи на станишту изложеном пуној дневној светлости. Биљке са тог станишта биле су значајно мање и имале листове мање специфичне лисне површине (SLA) и нутритивне вредности у односу на биљке са станишта под вегетацијском сенком. Ови налази су у складу са постојећим тумачењем о компензаторном конзумирању ткива ниже нутритивне вредности.

Особине биљака које су утицале на степен хербиворије разликовале су се у зависности од светлосних услова станишта. Особина значајно корелисана са степеном оштећења на оба испитивана станишта била је SLA; значајно корелисане особине биле су такође висина биљке и садржај солубилних протеина на станишту под вегетацијском сенком и садржај воде на станишту под пуном дневном светлосношћу. Добијени резултати су у складу са новим сазнањима која указују на то да је однос између степена хербиворије и дефанзивних секундарних метаболита комплекснији него што се раније претпостављало, што и представља актуелну тему у хемоекологији и еволуционој екологији.

Истраживање варирања у степену хербиворије током онтогеније показало је већи степен оштећења код биљака у пострепродуктивној фази, иако су њихови листови били ниже нутритивне вредности и са нижим нивоом укупних фенола и кондензованих танина. Уочено смањење нивоа испитиваних дефанзивних секундарних метаболита у пострепродуктивној фази код *M. perennis* потврђује претпоставке хипотезе оптималне одбране.

Особина значајно корелисана са степеном хербиворије у репродуктивној фази је садржај укупних неструктурних угљених хидрата, док су у пострепродуктивној фази то величина биљке и садржај кондензованих танина. Добијени резултати показују временску динамику промена у релативном дефанзивном значају различитих особина у конкретном модел систему и указују на значај њеног праћења у различитим онтогенетским стадијумима.

Разлике у степену оштећења изазваног активношћу хербивора између мушких и женских јединки *M. perennis* нису биле конзистентне. Мушке биљке су претрпеле значајно већа оштећења на станишту изложеном пуној дневној светлости у другој години истраживања. У испитивању варирања степена хербиворије у зависности од онтогенетског стадијума биљака, у пострепродуктивној фази биле су више оштећене женске биљке, што указује на варијабилне обрасце разлика између полова у степену оштећења изазваног активношћу хербивора.

Светлосни услови су утицали на полни диморфизам у садржају укупних фенола и кондензованих танина на оба станишта, као и солубилних протеина на станишту под сенком. Током онтогеније, разлике између полова су се испољиле у садржају солубилних протеина и фенола само у репродуктивној фази. Добијени резултати се могу објаснити у контексту фенологије процеса репродукције, као и разлика између мушког и женског пола у репродуктивној алокацији, временској динамици и типовима метаболита који се улажу у формирање цветова и плодова.

Индекс  $FA_{PL}$ , као и композитни  $FA_{IND}$  били су значајно виши на станишту изложеном пуној дневној светлости, које се може сматрати стресним за скиофиту као што је *M. perennis*, док се вредности осталих  $FA$  индекса нису значајно разликовале. Ови резултати указују на то да су композитни индекси  $FA$  поузданији индикатори развојне нестабилности на нивоу индивидуе. Обрасци корелација нивоа асиметрије са степеном хербиворије нису потврдили да се  $FA$  може користити као поуздан показатељ за процену подложности биљака оштећењима од стране хербивора у овом конкретном модел систему.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 221 библиографску јединицу и даје темељан преглед научних публикација из области релевантних за ову дисертацију.

**Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:**

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. Selaković, S., Vujić, V., Stanisavljević, N., Jovanović, Ž., Radović, S., and Cvetković, D. 2017. Ontogenetic stage, plant vigor and sex mediate herbivory loads in a dioecious understory herb. *Acta Oecol*, 85: 184–190. **M22**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X17300590>

2. Selaković, S., Stanisavljević, N., Vujić, V., Rubinjoni, L., Jovanović, Ž., Radović, S., and Cvetković, D. 2018. Light and sex interplay: differential herbivore damage in sun and shade in dioecious *Mercurialis perennis*. *Arch Biol Sci*, <https://doi.org/10.2298/ABS171207007S> **M23**

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја (M34)

1. Cvetković D, Selaković S, Stanisavljević N, Vujić V, Rubinjoni L, Jovanović Ž, Radović S (2017): Light, sex and time: patterns of differential herbivory on a dioecious forest perennial. XVI Congress of the European Society for Evolutionary Biology, Groningen, The Netherlands, 19-25.8.2017. (17) **M34** <https://www.eventure-online.com/eventure/public/publicAbstractView.form?id=332131&congressId=12607&from=result>

2. Cvetković D, Selaković S, Vujić V, Stanisavljević N, Jovanović Ž, Radović S (2017) Ontogenetic stage, plant vigor and sex mediate herbivory loads in dioecious *Mercurialis perennis*. XVI Congress of the European Society for Evolutionary Biology, Groningen, The Netherlands, 19-25.8.2017. (16) **M34** <https://www.eventure-online.com/eventure/public/publicAbstractView.form?id=331483&congressId=12607&from=session&fromId=41680>

3. Cvetković D, Selaković S, Stanisavljević N, Vujić V, Rubinjoni L, Jovanović Ž, Radović S (2016): Differential herbivory on dioecious forest perennial: light-biased, sex-biased or both? 5th Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia, Ohrid, 19-22.10.2016, 20. **M34**

4. Selaković S, Stanisavljević N, Vujić V, Jovanović Ž, Radović S, Cvetković D (2016): Intraspecific variation in defense against herbivores in an understory forb: exploring spatial and temporal patterns. 5th Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia, Ohrid, 19-22.10.2016, 26. **M34**

## Мишљење и предлог Комисије:

На основу анализе докторске дисертације Саре Д. Селаковић, чији смо приказ дали у извештају, сматрамо да ова дисертација представља оригиналан научни рад са јасно дефинисаним и оствареним циљевима. Кандидаткиња је користила адекватно одабране и савремене методе и приступе, добијене резултате је систематично приказала и критички дискутовала, а закључци су јасни и сажето изнети. Ова докторска дисертација представља оригиналан допринос познавању сложених механизма који утичу на исход интеракција биљака са хербиворима у природним популацијама, значајан за разумевање образаца еволуционих промена у хетерогеним условима средине.

Имајући у виду значај и научну вредност резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и утврди предлог да се кандидаткињи **Сари Д. Селаковић** одобри јавна одбрана докторске дисертације у складу са важећим прописима.

## КОМИСИЈА:

---

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

---

др Немања Станисављевић, научни сарадник  
Универзитет у Београду – Институт за молекуларну  
генетику и генетичко инжењерство

---

др Светлана Радовић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

---

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

---

др Анђелко Петровић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

У Београду, 05.04.2018. године