

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

На I редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду-Биолошког факултета, одржаној 14.10.2022. године, на основу молбе ментора др Владимира Томића, ванредног професора Биолошког факултета Универзитета у Београду и др Драгане Миличић, ванредног професора Биолошког факултета Универзитета у Београду, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације **Иване Д. Шагановић**, под насловом: „**Морфолошка варијабилност и развојне аномалије врсте *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Branchiopoda, Notostraca) из Србије**“, у саставу: др Александра Кораћ, редовни професор, Универзитет у Београду-Биолошки факултет, др Александар Остојић, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу-Природно-математички факултет, Институт за биологију и екологију и др Борис Дудић, доцент, Универзитет у Београду-Биолошки факултет.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Наставно-научном већу Универзитета у Београду-Биолошког факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација **Иване Д. Шагановић** под насловом „**Морфолошка варијабилност и развојне аномалије врсте *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Branchiopoda, Notostraca) из Србије**“ урађена је на Катедри за динамику развића животиња Института за зоологију Биолошког факултета Универзитета у Београду, у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Онтогенетска карактеризација филогеније биоразноврсности“, МПНТР 451-03-68/2022-14/200178.

Докторска дисертација обухвата 138 страна (заједно са насловима поглавља), и има следеће делове: Увод (23 стране), Циљеви (2 стране), Материјал и методе (15 страна), Резултати (38 страна), Дискусија (21 страна), Закључци (3 стране), Литература (22 стране) и Прилози (14 страна). На крају дисертације су приложена следећа документа: Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу (4 стране).

Докторска дисертација садржи 18 табела и 68 слика. Поглавље Литература садржи 328 библиографских јединица.

Анализа докторске дисертације:

Поглавље **Увод** подељено је на осам потпоглавља и обухвата преглед научних литературних података повезаних са предметом докторске дисертације. У самом уводном делу представљене су основне карактеристике представника филума Arthropoda, као и концизан приказ филогеније групе. Посебан акценат стављен је на постојање принципијелно усаглашеног става о парафилији субфилума Crustacea, односно о груписању Hexapoda и Crustacea у кладу Tetraconata (или Pancrustacea). У првом потпоглављу под називом „Основне одлике субфилума Crustacea“ изнети су подаци о важним морфолошким карактеристикама Crustacea и таксономским односима у групи. Такође, наведене су хипотезе о таксону Crustacea који представља сестринску групу кледи Hexapoda. У следећем потпоглављу под називом „Опште одлике класе Branchiopoda“ наведне су заједничке карактеристике представника ове групе ракова, као и приказ досадашњих и актуелних решења у вези са таксономијом у оквиру класе. Затим, у потпоглављу „Опште одлике реда Notostraca и рода *Lepidurus*“ наведене су основне морфолошке карактеристике нотострака и врста рода *Lepidurus*, као и подаци о еколошким одликама и распрострањењу врста. Такође, представљени су важни морфолошки карактери врсте *Lepidurus couesii* који се користе у таксономској идентификацији врсте. Следеће потпоглавље под називом „Морфолошке и хистолошке карактеристике гонада Notostraca“ садржи детаљан преглед морфо-хистолошких карактеристика женских и мушких гонада представника Notostraca, уз преглед основних одлика оогенезе и сперматогенезе. У потпоглављу „Сексуални систем и репродукција

Notostraca“ описана је нестабилна природа сексуалног система *Notostraca* и присутни различити модели репродукције. Партеногенеза и хермафродитизам/андродиоеција су представљени уз осврт на досадашња схватања о еволуцији ових ауто-компатибилних начина репродукције у групи *Notostraca*, уз детаљније објашњење могућих механизма еволуције андродиоеције – ретке појаве која подразумева истовремено присуство хермафродитних јединки и мужјака у популацији. У следећем потпоглављу под називом „Феномен алометрије“ дефинисан је и класификован концепт алометрије. Такође, истакнути су аргументи који указују на значај овог феномена и важност студија које се баве проучавањем алометрије. У делу „Полни диморфизам“ објашњен је образац постојања разлика између полова и наведени су механизми који доводе до еволуције полног диморфизма. Наглашен је значај изучавања полног диморфизма у изгледу морфолошких структура, нарочито применом релативно новијих метода геометријске морфометрије. На крају уводног дела дисертације, у потпоглављу „Развојне аномалије“, наведени су основни појмови који се користе у класификовању различитих видова атипичне морфологије, која може да се јави као резултат развојне нестабилности или деловањем других фактора.

С обзиром да је предмет ове докторске дисертације био изучавање карактеристика развојне биологије врсте *Lepidurus couesii*, идентификоване у Србији, у поглављу **Циљеви** су постављени основни научни циљеви који су обухватили:

- Анализу важних таксономских морфолошких карактера ради таксономске идентификације и употпуњавања знања о распрострањењу врсте.
- Разматрање хистолошких одлика гонада и основних одлика гаметогенезе, са циљем процене могућих начина репродукције популација из Србије и потенцијалних улога мужјака у популацијама.
- Како би се проценила морфолошка варијабилност, анализирани су обрасци варирања облика две морфолошке структуре – телзона са каудалном ламином и карапакса. Овом приликом је испитан и ефекат алометрије, као и могућност примене добијених података о морфолошким структурама у сврху таксономске идентификације.
- На крају, циљ је био да се дефинишу, класификују и анализирају уочени поремећаји и абнормалности, као и квалитативне промене морфолошких структура.

У поглављу **Материјал и методе** дат је преглед узоркованих популација на којима су извршене различите анализе, као и преглед свих примењених метода. У првим потпоглављима представљене су карактеристике локалитета и станишта са којих је узоркован материјал, као и метод узорковања и коришћена теренска опрема и апаратура. Морфолошки карактери који имају значај у таксономији су табеларно представљени, уз навођење типа карактера и начина квантификације. Такође, детаљно су описане коришћене методе међу којима су методе светлосне и електронске микроскопије, као и методе геометријске морфометрије. Овом приликом је описан поступак изоловања гонада и припреме ткива за хистолошке анализе. Такође, наведени су програми, R софтверски пакети и функције у оквиру коришћених пакета помоћу којих су прикупљени подаци и извршене статистичке и друге анализе применом геометријске морфометрије. За ове анализе одабране су две морфолошке структуре – телзон са каудалном ламином и карапакс. Неуобичајене карактеристике спољашње морфологије јединки анализирани су помоћу бинокуларног стереомикроскопа и бинокуларне лупе.

Поглавље **Резултати** подељено је на шест целина. У потпоглављу „Таксономска идентификације врсте“ табеларно су представљени резултати морфометријске анализе разматраних дијагностичких карактера. Такође, приложене су слике квалитативних карактеристика јединки које подржавају став о таксономској припадности узорака врсти *Lepidurus couesii*. У наредном потпоглављу сумирани су прелиминарни подаци о разликама између полова. Елементи дескриптивне статистике одабраних морфометријских карактера женки и мужјака су графички представљени помоћу бар дијаграма. Резултати су указали на постојање разлика између полова у дужини каудалне ламине, дужини карапакса, и односу дужине каудалне ламине и дужине карапакса. У наставку, морфолошка различитост полова је употпуњена приказом полно диморфних одлика једанаестог пара торакопода. Кандидаткиња је прелиминарно детерминисала јединке као женке или мужјаке на основу изгледа наведеног пара екстремитета.

У оквиру потпоглавља „Хистолошки аспект одређивања пола” анализирани су морфо-анатомска и хистолошка грађа гонада женки и мужјака. Резултати су детаљно представљени на 22 слике и једној илустрацији. Показано је да су гонаде женки парне и да их карактерише разграната и тубуларна грађа. Гонада се састоји од главног канала са ког полазе бочни фоликуларни канали. На врховима фоликуларних канала се уочавају фоликули унутар којих се развијају четири ћелије – ооцита и три помоћне ћелије. Наведене ћелије заједно образују герминативну цисту. Показано је присуство жуманцетних гранула у све четири ћелије фоликула. Такође, утврђено је да ћелије фоликуларних канала показују секреторну активност и ослобађају у лумен велике количине материјала који представља материјал за изградњу омотача јајних ћелија. Ултраструктурне анализе ћелија фоликуларног канала су показале да оне обилују комплексом Голџи, као и да поседују изразито развијен гранулисани ендоплазмични ретикулум. Наведене органеле имају улогу у производњи материјала за изградњу омотача јајне ћелије. Током синтезе, материјал се постепено кондензује унутар вакуола уочених у цитоплазми ћелија фоликуларног канала. Омотач јајних ћелија се формира кроз неколико континуираних фаза које су јасно дефинисане и представљене сликама. У гонадама женки није откривено присуство тестикуларног ткива, односно није откривено присуство овотестиса. Гонаде мужјака су такође парне структуре, режњевите и разгранате грађе. Полутанки пресеци у нивоу тестикуларних каналића су показали да се сперматогенеза одвија, и да се у гонадама продукују сперматозоиди.

У следећој целини приказани су резултати анализа варирања облика телзона са каудалном ламином и карапакса, као и резултати процене ефекта алометрије који је разматран на узорку женки. Промене облика су визуализоване. Показано је да алометрија описује више од 70% уоченог варирања облика телзона са каудалном ламином. Алометријске промене облика карапакса обухватају око 5% укупног варирања. Током раста женки, телзон се сужава, док се каудална ламина издужује. Карапакс женки се током раста сужава и благо издужује, а ове промене су највише изражене у постериорном делу карапакса. Прелиминарни резултати указују на постојање полног диморфизма у облику анализираних структура. Женке у просеку имају шири телзон и краћу каудалну ламину од мужјака, као и дужи и суженији карапакс.

У последњем потпоглављу, кандидаткиња класификује и табеларно сумира резултате о уоченим аномалијама различитих морфолошких структура. Аномалије су класификоване као малформације и дисрупције. Међу малформацијама су наведени непотпуно развијени и спирално распоређени сегменти, као и примери каудалне ламине асиметричног облика. Уочене дисрупције се односе на озледе екстремитета, карапакса, телзона, каудалне ламине и церкопода, као и на квалитативне промене (нпр. промене обојености).

У оквиру поглавља **Дискусија** кандидаткиња је анализирала резултате своје докторске дисертације, поредећи их са релевантним научним литературним подацима. Добијени резултати су темељно дискутовани и протумачени у контексту постојећих научних сазнања, уз критички осврт на поједине аспекте резултата и коришћених метода. Истакнут је потенцијално велики значај резултата добијених применом геометријске морфометрије – потпуно новог методолошког приступа у решавању сложених таксономских проблема у групи *Notostraca*.

У поглављу **Закључци** наведени су најважнији закључци који су изведени из добијених резултата. На основу морфометријске анализе одабраних морфолошких карактера закључено је да карактеристике јединки одговарају одликама врсте *Lepidurus couesii*. Релативна дужина каудалне ламине – однос дужине каудалне ламине и дужине карапакса, има највећи значај у таксономији. С обзиром да у популацијама није утврђено присуство хермафродитних јединки и да су резултати указали да се у тестикуларним каналићима мужјака одвија сперматогенеза, изведено је још неколико закључака:

- Популације из Србије се састоје углавном од женки, док је учесталост мужјака мања од 5%.
- Јединке се размножавају првенствено партеногенезом. Полна репродукција је такође могућа, али захтева даљу генетичку потврду.
- С обзиром на мали број репродуктивно способних мужјака, њихово присуство и одржавање у популацијама није сасвим разјашњено и захтева додатна испитивања.

Додатно, применом метода геометријске морфометрије откривени су нови аспекти морфолошке варијабилности врсте. Алометријске промене облика су утврђене на нивоу обе анализирани морфолошке структуре (телзона са каудалном ламином и карапакса). Међутим, обрасци ових промена са значајно разликују: алометрија описује значајан део варирања облика телзона са каудалном ламином, док је у случају карапакса овај проценат доста мањи. На основу визуелних приказа добијених резултата може да се закључи да се две испитиване популације женки највише разликују према облику телзона. Облик каудалне ламине се показао као поузданији морфолошки карактер за таксономску идентификацију врсте и овај карактер потенцијално представља важан дијагностички карактер врста рода *Lepidurus*. Са друге стране, закључено је да је варирање облика карапакса вероватно резултат фенотипске пластичности која се јавља као одговор на варирање параметара животне средине.

На крају, уочен измењен или неуобичајен изглед неких јединки би могао да се објасни карактеристикама ембрионалног развића, као и активношћу предатора и паразита на њиховим природним стаништима. Због постојања периода криптобиозе током раног ембрионалног развића и потребе за убрзаним растом и брзим достизањем полне зрелости, могуће су промене током онотегентског развића које могу да доведу до појаве различитих видова аномалија.

Резултати дисертације указују да је налаз ове врсте значајан и да је потребно да се спроведу додатне студије које би се фокусирале на откривање нових станишта ових рачића, као и на прикупљање детаљних података о еколошким карактеристикама врсте.

Поглавље **Литература** садржи 328 библиографских јединица које се односе на истраживања од значаја за ову докторску дисертацију и које су адекватно цитиране у тексту дисертације.

У поглављу **Прилози** табеларно и графички су приказани додатни резултати и детаљи карактеристика анализираних узорака.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја:

1. **Šaganović, I.D.**, Tomić, V.T., Lučić, L.R., Miličić, D.M. (2017) The first finding of *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Crustacea, Notostraca) in Western Balkans: A record based on the level of development of diagnostic body characters in a bisexual population from Serbia. [*Acta Zoologica Bulgarica*, 8: 91–97.](#) (M23)
2. **Šaganović, I.**, Makarov, S., Lučić, L., Pavković-Lučić, S., Tomić, V., Miličić, D. (2019) Developmental and other body abnormalities in the genus *Lepidurus* Leach 1819 (Crustacea: Notostraca) from Serbia. [*Arthropoda Selecta*, 28: 65–72.](#) (M23)

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја:

1. **Šaganović, I.**, Tomić, V., Lučić, L., Miličić, D. (2016) First finding of *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Crustacea, Triopsidae) in Serbia - a record based on development of diagnostic body characters in males and females. International Conference on Zoology and Zoonoses, 26–28. 10. 2016, Hissar, Bulgaria. Book of Abstracts, p. 94. (M34)
2. Miličić, D., **Šaganović, I.**, Tomić, V., Makarov, S., Lučić, L. (2017) Geometric morphometric analysis of shape variation and allometry of telson and caudal lamina in *Lepidurus couesii* (Packard, 1875) (Crustacea: Notostraca). 4th Balkan Conference in Biology, 1–3. 11. 2017, Plovdiv, Bulgaria. Book of Abstracts, p. 109–110. (M34)
3. **Šaganović, I.**, Miličić, D., Pavković-Lučić, S., Trajković, J., Lučić, L., Tomić, V. (2018) Developmental and the other induced abnormalities in morphology of *Lepidurus couesii* Packard,

1875 (Crustacea: Branchiopoda) from Serbia. 13th Croatian Biological Congress, 19–23. 9. 2018, Poreč, Croatia, Book of Abstracts, p. 229. (M34)

4. Miličić, D., Šukalo, G., Dmitrović, D., Šaganović, I., Čolić, S. (2018) Rediscovery of genus *Lepidurus* (Crustacea, Notostraca) – New data of occurrence in Bosnia and Herzegovina. VI Međunarodna naučno-stručna konferencija "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša", 18.–19. 06. 2018., Bihać, Bosna i Hercegovina. Book of Abstracts, 88. (M34)
5. Šaganović, I., Lazarević, A., Bogdanović, M., Pavković-Lučić, S., Lučić, L., Miličić, D. (2018) Nuchal organ of the large branchiopod crustacean *Triops cancriformis* (Lamarck, 1801) shows a distinct arrangement and ultrastructural difference of mitochondria. Fourth International Congress of Serbian Society for Mitochondrial and Free Radical Physiology: Challenges in Redox Biology, Belgrade, 28.–30. 9. 2018. Book of Abstracts, 105. (M34)
6. Miličić, D., Đ. Janković, G. Šukalo, D. Dmitrović, S. Čolić, I. Šaganović, B. Ilić, L. Lučić, S. Pavković-Lučić, V. Vujić. 2019. Morphological variability of *Lepidurus apus* (Linnaeus, 1758) (Notostraca, Crustacea) from Bosnia and Herzegovina. Third International Conference on Zoology, Zoonoses and Epidemiology, 21.–23. 10. 2019., Hissar, Bulgaria. Book of Abstracts, p. 92–93. (M34)

Б4. Конгресна саопштења на скуповима националног значаја:

1. Šaganović, I., Korać, A., Aleksić, M., Tomić, V., Miličić, D. (2022) Histološke analize ovarijuma i ultrastrukturne karakteristike ćelija folikularnog kanala vrste *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Crustacea, Notostraca) iz Srbije. Treći kongres biologa Srbije, 21–25. 9. 2022, Zlatibor, Srbija. Knjiga sažetaka, p. 179. (M64)

ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Иване Д. Шагановић, број индекса Б3039/2014, послата је на софтверску проверу оригиналности од стране ментора 10.10.2022. године. Извештај о резултатима провере оригиналности ментори су добили дана 12.10.2022. године.

Резултати софтверске провере докторске дисертације Иване Д. Шагановић показали су подударност текста са доступним изворима на интернету од 4%. На основу увида у извештај, утврђено је да су сва регистрована подударња мања од 1% и односе се углавном на подударности са уобичајеним деловима текста публикованих научних радова и докторских дисертација, те су као таква у потпуности прихватљива.

Када се све изнето узме у обзир, извештај указује на оригиналност докторске дисертације кандидата Иване Д. Шагановић под насловом „Морфолошка варијабилност и развојне аномалије врсте *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Branchiopoda, Notostraca) из Србије“. Стога сматрамо да се прописани поступак припреме за јавну одбрану тезе може наставити.

МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу анализе Комисија сматра да докторска дисертација кандидата **Иване Д. Шагановић** представља пионирско и савремено истраживање и даје оригиналан научни допринос у области карактеристика развојне биологије врсте *Lepidurus couesii*. Посебно је значајно што је по први пут извршено детаљно разматрање хистолошких одлика репродуктивног система, анализа оогенезе и сперматогенезе код полно диморфних јединки, као и процена могућих модела репродукције у популацијама из Србије. Примењена је и методологија за процену морфолошке варијабилности применом метода геометријске морфометрије и откривени аспекти образаца морфолошког варирања главних карактера у оквиру врсте *L. couesii*. Урађена је и процена удела алометрије у укупном варирању облика анализираних морфолошких структура, а такође је истакнута и дискутована појава јединки измењеног или неуобичајеног фенотипа у природним популацијама. Сви добијени резултати су у сагласности са постављеним циљевима истраживања.

Резултати ове дисертације пружају податке о присуству и морфолошким одликама врсте *L. couesii* у Србији, испитиваних на јединкама из две до сада познате популације на територији земље. Добијени резултати имају практични значај у таксономској идентификацији врста у оквиру рода *Lepidurus* и као основа за разрешење потенцијалних таксономских питања у оквиру овог рода. Осим значаја за будућа истраживања, ова дисертација је од изузетног значаја и за процену граница распрострањења рода *Lepidurus* у Европи.

Кандидат Ивана Д. Шагановић је успела да јасно представи, протумачи и дискутује добијене резултате на критички и непристрасан начин, користећи и адекватно цитирајући различите релевантне научне и стручне изворе.

На основу свега изнетог, Комисија предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Извештај и одобри кандидату **Ивани Д. Шагановић** јавну одбрану докторске дисертације под насловом „**Морфолошка варијабилност и развојне аномалије врсте *Lepidurus couesii* Packard, 1875 (Branchiopoda, Notostraca) из Србије**“.

КОМИСИЈА:

др Александра Кораћ, редовни професор
Универзитет у Београду-Биолошки факултет

др Александар Остојић, редовни професор
Природно-математички факултет-Универзитет у
Крагујевцу, Институт за биологију и екологију

др Борис Дудић, доцент
Универзитет у Београду-Биолошки факултет

У Београду, 19.10.2022. године.