

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

Предмет: Извештај комисије за оцену израђене докторске дисертације дипл. инж. Филипа Јовановића, под насловом „Таксономија и екологија врста рода *Galanthus L.* (Amaryllidaceae) у Србији“

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум:

Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Шумарског факултета, на седници одржаној 27.3.2019. године, одлука бр. 01-2/64.

2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датумом избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

1. **Др Драгица Обратов-Петковић**, редовни професор, Пејзажна архитектура и хортикултура, 9.1.2008, Универзитет у Београду, Шумарски факултет;
2. **Др Ивана Бједов**, доцент, Пејзажна архитектура и хортикултура, 19.2.2013, Универзитет у Београду, Шумарски факултет;
3. **Др Јелена Алексић**, виши научни сарадник, Молекуларна биологија, 28.10.2015, Универзитет у Београду, Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство;
4. **Др Гордана Томовић**, ванредни професор, Екологија, биогеографија и заштита животне средине, 26.2.2015, Универзитет у Београду, Биолошки факултет;
5. **Др Марина Мачукановић-Јоцић**, редовни професор, Пољопривредна ботаника, 16.5.2018, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: **Филип, Александар, Јовановић**
2. Датум и место рођења, општина, држава: **22.2.1984. године, Пирот, Р. Србија**
3. Датум одбране, место и назив дипломског рада: 1.11.2010. године, Београд, Варијабилност морфометријских својстава семена и потомства различитих материнских стабала гинка (*Ginkgo biloba L.*) са подручја града Београда
4. Научна област из које је стечено академско звање дипл. инжењера: **Биотехничке науке**

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

**ТАКСОНОМИЈА И ЕКОЛОГИЈА ВРСТА РОДА *GALANTHUS L.*
(AMARYLLIDACEAE) У СРБИЈИ**

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Навести кратак садржај са знаком броја страна поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација Филипа Јовановића, дипломираног инжењера пејзажне архитектуре и хортикултуре, под насловом „Таксономија и екологија врста рода *Galanthus L.* (*Amaryllidaceae*) у Србији“ је подељена у седам поглавља. Дисертација је написана на 230 страна, садржи 421 литературни навод везан за истраживану проблематику, 20 табела и 17 слика.

На почетку дисертације налази се насловна страна на српском и енглеском језику, страна са информацијама о ментору и члановима комисије, захвалница, страна са кључном документационом информацијом на српском и енглеском језику, као и резиме са кључним речима на српском и енглеском језику. Дисертација је написана на српском језику, ћиричним писмом, јасним стилем и у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација је подељена на 7 поглавља која представљају логичну целину:

1. Увод – стр. 1-13;
 2. Досадашња истраживања рода *Galanthus L.* – стр. 14-29;
 3. Циљ рада – стр. 30;
 4. Материјал и методе рада – стр. 31-51;
 5. Резултати истраживања – стр. 52-122;
 6. Дискусија – стр. 123-193;
 7. Закључци – стр. 194-200;
- Литература – стр. 201-230 стр.

Иза литературе следи биографија кандидата, затим изјаве о ауторству, истоветности штампане и дигиталне верзије докторског рада, као и изјава о коришћењу дисертације.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. УВОД (1-13. стр.)

У уводном делу рада представљени су предмет и проблематика истраживања докторске дисертације, који се односе на расветљавање сложених таксономских проблема присутних у класификацији врста рода *Galanthus* на подручју Србије и централног дела Балканског полуострва. Детаљно су приказани опис, распрострањење, екологија, животни циклус, репродуктивна стратегија, статус угрожености, као и научни и практични значај рода *Galanthus*. Посебна пажња посвећена је врстама овог рода које су заступљене у Србији, за које су дати детаљни морфолошки описи и њихова таксономија, у складу са тренутно важећом класификацијом рода.

2. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА РОДА *GALANTHUS L.* (14-29. стр.)

Поглавље Досадашња истраживања рода *Galanthus L.* садржи исцрпан преглед значајних истраживања из области таксономије, хорологије, екологије, морфологије, фенологије, физиологије, палиноморфологије, филогеније, филогеографије и других. Осим описа резултата истраживања чији се преглед представља у овом поглављу, аутор даје и критички осврт на њихов значај и утицај на проблематику истраживања којом се бавио у докторској дисертацији. Посебно детаљно су приказана истраживања која се односе на таксономију, филогенију и филогеографију рода *Galanthus*. Таксономија рода је приказана од њених првих забележених почетака (4. век п.н.е.) па до савремених класификација рода с почетка 21. века. Приликом описа резултата молекуларних истраживања, аутор објашњава значај хлоропластних маркера за испитивање еволуционих односа на нижим таксономским нивоима, указујући и на њихову применљивост за проучавање врста рода *Galanthus*.

3. ЦИЉ РАДА (30. стр.)

У овом поглављу дати су циљеви истраживања: (а) утврђивање распрострањења врста рода *Galanthus* на истраживаном подручју, као и одређивање типова станишта и екологије биљних заједница у којима се врсте јављају; (б) расветљавање образаца морфолошке варијабилности, утврђивање степена морфолошке диференцијације у оквиру врста рода, као и одређивање карактера који су најинформативнији за идентификацију потенцијалних инфраспецијских таксона; (в) одређивање потенцијалних образаца у фенологији проучаваних врста; (г) испитивање појединих аспеката медоносности одабраних врста, морфологије полена, као и полинације, те одређивање степена у којој ове екофизиолошке карактеристике доприносе таксономским истраживањима; (д) утврђивање еволутивних односа врста рода *Galanthus* филогенетском анализом, на основу варијабилности одабраних хлоропластних секвенци, те филогеографске структуре на истраживаном подручју; (ђ) утврђивање таксономског значаја испитиваних морфолошких, молекуларних, као и других карактера, код проучаваних представника рода *Galanthus*, уз разматрање статуса тренутно невалидних инфраспецијских таксона.

Основна хипотеза коју је кандидат усвојио пре спровођења самих истраживања је да постоји недостатак сазнања о биологији, екологији и еволутивној историји врста рода *Galanthus* на подручју Србије и централног дела Балканског полуострва. Одређеније, претпоставља се да постоји потреба за:

- 1) Корекцијом података, који се односе на распрострањење и екологију врста рода *Galanthus* на истраживаном подручју;
- 2) Утврђивањем интерпопулационе диференцијације ових врста на нивоу морфолошких и других карактеристика;
- 3) Утврђивање еволутивне историје врста рода *Galanthus* на подручју Србије и централног дела Балканског полуострва;
- 4) Компаративном анализом добијених молекуларних, морфолошких, као и других карактера ради разрешења недоследности у таксономији представника рода *Galanthus* на истраживаном подручју.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА (31-51. стр.)

У овом поглављу кандидат описује локалитете са којих је прикупљен материјал за анализу и детаљно приказује методологију која је коришћена у истраживањима.

Биљни материјал је прикупљен са територије Републике Србије и суседних подручја, водећи рачуна о што већем диверзитету станишта. Укупно је узоркована 41 популација трију врста рода *Galanthus*, и то 32 популације врсте *G. nivalis*, седам популација врсте *G. elwesii* и две популације врсте *G. reginae-olgae*. Узорци проучаваних врста састоје се од 30–40 јединки по популацији, при чему их чине примерци пронађени на највећој међусобној удаљености у природи да би се вероватноћа узорковања клонског материјала свела на најмању меру. У истраживање је ради упоредних анализа укључен материјал још трију алохтоних врста овога рода (*G. plicatus*, *G. gracilis* и *G. woronowii*), који је прибављен комерцијално. Како би се избегао утицај специфичних станишних чинилаца и микроклимата, материјал је пре експерименталних анализа пренет до места истраживања, пресађен у пластичне посуде и гајен у уједначеним условима на огледном пољу.

Ради дефинисања распрострањења врста рода *Galanthus* у Србији и типова станишта у којима се ове врсте јављају, обављена су опсежна истраживања на терену, ревидиран је материјал у хербарским збиркама, коришћени су релевантни литературни и усмени извори података. Распрострањење врста рода *Galanthus* приказано је на UTM картама, у квадрантима 10×10 km, као и текстуално, заједно са подацима који се односе на карактеристике станишта врста. Распрострањење инфраспецијских таксона врста рода *Galanthus* у Србији дефинисано је на основу доступних литературних извора.

За морфолошку анализу издвојено је по 30 индивидуа из сваке узорковане популације, пореклом са 21 локалитета на подручју Србије. Мерено је више морфолошких карактера, који се односе на подземне и надземне делове биљака, њихове вегетативне и генеративне органе. Мерења су обављена на свежем материјалу, у пролеће, када су биљке биле у фази цветања. Добијени подаци су обрађени у складу са дескриптивним, униваријантним, мултиваријантним статистичким методама. За сваки мерени карактер, израчунати су основни статистички параметри (средња вредност, стандардна девијација, коефицијент варијације). Значајност разлика између средњих вредности морфолошких карактера утврђена је анализом варијансе (ANOVA). Анализа основних компоненти и дискриминантна анализа примењене су како би се установила међу- и унутарпопулациона варијабилност и да би се идентификовали најбољи карактери за дискриминацију. Везе између популација, те опште разлике између упоређених група, дефинисане су Еуклидовим дистанцама, које су потом биле употребљене за кластер анализу, према UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) (Sneath, Sokal 1973).

Фенолошким осматрањима у трогодишњем периоду утврђено је време цветања 21 популације врста рода *Galanthus* са подручја Србије. Узорак је обухватио 30–40 индивидуа по популацији. Како би статистичка обрада прикупљених података била могућа, датуми осматрања почетка цветања су метрички обрађени. На основу нумеричких вредности, израчунати су основни статистички параметри. Значајност разлика између утврђених средњих вредности тестирана је анализом варијансе.

Анализа интензитета продукције нектара је обухватила одређивање укупне дневне количине нектара по цвету, (б) дневне динамике секреције нектара и (в) динамике секреције нектара током онтогеније цвета. Укупна дневна количина нектара по цвету одређена је узорковањем нектара у јутарњим часовима, наредног дана по отварању цветова, након заштите газом ради превенирања посете опрашивача. Дневна динамика секреције нектара одређена је узимањем нектара у трочасовним интервалима (7.00 до 19.00 часова). Динамика лучења нектара током онтогеније цвета дефинисана је просечном дневном производњом нектара у периоду од отварања пупољака до првих знакова већења цветова. Интензитет продукције нектара у испитаних врста утврђен је директно, методом стаклене микрокапиларе (McКенпа, Thomson 1988). Значајност разлика између установљених средњих вредности тестирана је анализом варијансе. Да би се проценила успешност опрашивања код проучаваних врста, анализирана је атрактивност њихових цветова за медоносну пчелу (*Apis mellifera* L.). Резултати анализе су поређени са одговарајућим подацима који се у литератури наводе за остале врсте цветница, чије се време цветања подудару са цветањем проучаваних врста и забележене су на истим стаништима у Србији.

Опис, мерења и анализа основних морфолошких одлика полена обављени су на узорцима који су прикупљени из свежих цветова, као и хербаризованог материјала. Узорци полена су посматрани под скенирајућим електронским микроскопом (JEOL JSM-6390 LV, 20 кV). Анализиране су следеће одлике поленових зрна: поларна оса, екваторијални дијаметар, тип, број и положај апертура, орнаментација, облик, величина, поларност, симетрија. У анализи је коришћена терминологија коју предлаже Erdtman (1986). Урађен је и већи број мерења за шест морфолошких параметара поленових зрна и на основу добијених нумеричких података, одређени су основни статистички параметри.

Статистичка обрада података у наведеним анализама изведена је помоћу рачунарских програма Statistica (1997, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) и Statgraphics Centurion (Ver. XVI.I).

За потребе молекуларно-генетичких анализа узорковани су млади листови са одабраних индивидуа, пореклом из 37 популација са подручја Србије и суседних региона. Тотална геномска ДНК је изолована из лисног ткива 1–15 јединки по популацији, према протоколу СТАВ (cetyltrimethylammonium-bromide) (Doyle, Doyle, 1990). Концентрација ДНК је одређена спектрофотометријски (Agilent 8453, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany).

Прегледом литературе, одабрано је шест региона, који представљају некодирајуће интергенске спејсере. Хлоропластни региони су амплификовани ланчаном реакцијом полимеразе (*polymerase chain reaction* – PCR), према стандардним протоколима. Успешност умножавања свих шест региона проверена је путем агарозне електрофорезе. Три региона (*rps16-trnK*, *trnL-trnF* и *trnD-trnT*) су успешно умножена. Након утврђивања примарног редоследа нуклеотида, уочено је да сва три хлоропластна региона садрже информативне мутације. Региони *rps16-trnK* и *trnL-trnF* су умножени са оригиналним прајмерима, док је у случају региона *trnD-trnT* дизајниран нови директни (F) прајмер, који је позициониран 400 базних парова (bp) низводно од оригиналног директног прајмера (у гену *trnE*) и назван *trnEf*, тако да је за даље анализе коришћен нешто краћи регион, *trnE-trnT*. Одабрани хлоропластни региони су ланчаном реакцијом полимеразе били умножени у 130 јединки, и то 100 јединки из 28 популација врсте *G. nivalis*, 23 јединке из седам популација врсте *G. elwesii*, четири јединке из две популације врсте *G. reginae-olgae* и по једне јединке врста *G. plicatus*, *G. gracilis* и *G. woronowii*. ДНК секвенцирање је урађено комерцијално (Macrogen, Korea, Geumchen-gu, Seoul), према методи коју су дизајнирали Sanger и сарадници (1977). Добијене секвенце су обрађене у рачунарском програму Chromas Lite 2.0.1 (Technelysium, Australia). Ради утврђивања хомологије нуклеотида, секвенце сваког региона су поравнате применом програма MUSCLE (Edgar 2004), који је имплементиран у програм MEGA 6 (Tamura et al. 2013). Аутоматска поравнања су проверена и мануелно коригована. За сваки појединачни хлоропластни регион утврђен је оптимални модел еволуције секвенци на основу оригиналних података (поравнатог матрикса). AIC вредности су добијене применом рачунарског програма jModelTest. Модел са најмањом вредношћу AIC уједно представља и оптимални модел за објашњење реалног процеса молекуларне еволуције региона који се испитује. Коришћењем оптималног модела еволуције конструисано је филогенетско стабло. Филогенетске реконструкције су обављене коришћењем програма RAxML (Randomized Axelerated Maximum Likelihood) (Silvestro, Michalak 2012; Stamatakis 2014). То је програм за реконструкцију филогенетских стабала, на основу узастопних и паралелних *Maximum Likelihood* (ML) дистанци. Статистичка подршка клада утврђена је применом методе *Bootstrap* (*Bootstrap support* – BS). Стабло је визуелизовано применом програма FigTree 1.0 (Rambaut 2006) и ожиљено коришћењем опције „*root at midpoint*“. Генеолошки односи хаплотипова испитиваних врста рода *Galanthus* утврђени су конструисањем хаплотип мреже, применом *Median-Joining* алгоритма (MJ) (Bandelt et al. 1999) у програму NETWORK 5 (Fluxus Technology). Затим је испитано присуство филогеографске структуре путем утврђивања присуства или одсуства преклапања генеолошке структуре и географске дистрибуције линија и изведени су закључци о еволутивној историји испитиваних таксона на подручју централног дела Балканског полуострва.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА (52-122. стр.)

Поглавље Резултати истраживања је написано на 69 страна и садржи наративни, табеларни и сликовит приказ резултата.

На основу истраживања на терену, ревизије референтних хербарских збирки и расположивих литературних и усмених података, проучена је хорологија и екологија врста рода *Galanthus* у Србији. Утврђено је да је проучавани род у флори Србије представљен двама врстама. То су *G. nivalis* и *G. elwesii*. Прва од ових врста има широко распрострањење у Србији, док је друга заступљена само локално. Врста *G. nivalis* је присутна у свим флористичким регионима земље, на различитим шумским заједницама, у широком опсегу надморских висина (70 m до преко 2100 m), где претежно насељава станишта која леже на карбонатним подлогама, мада је има и на вулканским и метаморфним стенама. Врста *G. elwesii* је највише заступљена у источној Србији, где се јавља на кречњачким падинама и вртачама планинских букових шума, на надморским висинама изнад 1000 m.

Анализом морфологије, установљено је да већина проучаваних морфолошких карактера двеју врста рода у Србији има умерен степен варијабилности (CV=10–20%).

Вредности појединих морфолошких одлика премашују границе варијабилности забележене у литератури за врсте *G. nivalis* и *G. elwesii*, па и за цео род. Од 16 анализираних морфолошких карактера на нивоу популација, они који у највећој мери доприносе диференцијацији популација су ширина листа, однос дужина и ширина спољашњих и унутрашњих листића цветног омотача, као и дужина стубића тучка. За већину ових карактера, популације које највише доприносе диференцијацији су оне са Сврљишких планина, Црног врха (код Пирота), Јастрепца, Радана и Обедске баре. Према каноничкој дискриминантној и кластер-анализи, популације су диференциране у неколико засебних група (поткластера). Прву групу чини 13 популација *G. nivalis*, пореклом из северне, западне, централне и источне Србије, које су морфометријски хомогене, односно са релативно високом међусобном сличношћу. Популације *G. nivalis* из југоисточног и источног дела Србије (Озрен, Пчиња и Нишка Бања) груписане су у другом поткластеру и разликују се од осталих популација по уским листовима, који у младости поседују воштану превлаку дуж средишњег нерва. Трећа група представљена је само једном популацијом, пореклом са планине Радан, и може се једноставно морфолошки одредити по стубићу тучка, који је у просеку краћи од прашника. Подаци добијени за дужину луковице, ширину и вернацију листова, положај врхова унутрашњих листића перијанта, као и пречник плодника код проучаваних популација *G. elwesii* одговарали су како овој врсти тако и врсти *G. gracilis*. Међутим, у четвртој групи, све популације *G. elwesii* имају високу међусобну морфолошку сличност.

У фенолошкој анализи, све анализирани популације двеју врста рода у Србији показују релативну стабилност у три године осматрања у односу на време почетка цветања, те је сходно статистички утврђеним групама издвајено 8 фенолошких група. Фенофаза цветања отпочела је најраније код узоркованих јединки врсте *G. nivalis* пореклом са Озрена, Пчиње и Нишке Бање (19,3, 19,3 и 20,0), а најкасније код јединки ове врсте које потичу са Чемернице и Таре (62,0 и 66,0). Јединке из популација које расту на надморским висинама ≥ 1000 m углавном су припале каснијим фенолошким групама у погледу времена почетка цветања.

Резултати анализе продукције нектара и опрашивања код врста рода *Galanthus* са подручја Србије, утврђено је да ове врсте производе веома мале и међусобно приближне количине нектара (*G. nivalis*: $0,04 \pm 0,03$ μ l/дан; *G. elwesii*: $0,05 \pm 0,02$ μ l/дан). Укупна продукција нектара по цвету, као и продукција нектара током онтогеније цвета, своди се на количину нектара која се лучи првог дана по отварању цветова, у јутарњим часовима, када су коеволутивни опрашивачи најактивнији. Просечни животни век цветова ових врста је кратак (*G. nivalis*: 4,5 дана; *G. elwesii*: 5 дана).

Према резултатима палиноморфолошке анализе, поленова зрна проучаваних врста рода су билатерално симетрична, хетерополарна, моносулкатна, облатна. Орнаментација егзине је микроругулатно-микроперфоратна. Облик поленових зрна је варијабилан – елиптичан или чуњаст у поларном положају и овалан до заобљено троугласт у екваторијалном положају. Према величини екваторијалног дијаметра, полен врста рода *Galanthus* у Србији, заједно са поленом двеју проучаваних алохтоних врста, *G. plicatus* и *G. gracilis*, припада класи поленових зрна средње величине (25–50 μ m), док полен других двеју алохтоних врста, *G. reginae-olgae* и *G. woronowii*, припада класи поленових зрна мале величине (10–25 μ m). Већина мерених одлика поленових зрна код ових врста има низак ($CV < 10\%$) до умерен степен варијабилности ($CV = 10\text{--}20\%$). Вредности појединих палиноморфолошких одлика премашују границе варијабилности забележене у литератури за врсте *G. nivalis* и *G. elwesii*. Екваторијални дијаметар и пречник перфорација највише доприносе диференцијацији врста. Пречник перфорација је једина палиноморфолошка одлика која омогућава правилно диференцирање између врста *G. nivalis* и *G. elwesii*, као и инфраспецијску диференцијацију у оквиру врсте *G. nivalis*.

Молекуларно-генетичка анализа је показала да од три анализирани хлоропластна региона код шест проучаваних врста рода *Galanthus*, највећи број супституција база и дужинских мутација има регион *trnL-trnF* (40), поравнате дужине 944 bp у 126 јединки, средњи број мутација има регион *rps16-trnK* (39), поравнате дужине 754 bp, а најмањи – регион *trnE-trnT*

(21), поравнате дужине 555 bp. У матрици састављеној од три испитивана хлоропластна региона, поравнате дужине 2253 bp, детектовано је 71 позиција са супституцијама база и 29 дужинских мутација (21 индел, 4 дупликације и 4 микросателита). У матрици су детектована четири карактера која су синапоморфна за врсту *G. plicatus*, 10 за *G. elwesii*, три за *G. gracilis*, 15 за *G. woronowii*, вероватних шест за *G. reginae-olgae* (детектовани су само код једне индивидуе, те је неопходно утврдити да ли су присутни и код других индивидуа ове врсте), као и један карактер који одваја проучаване припаднике серије *Latifolii* од врста серије *Galanthus*. Све индивидуе су коришћене у филогеографској анализи док су за филогенетску анализу коришћене само индивидуе које имају различите хаплотипове (51).

Према *Maximum Likelihood* (ML) стаблу, конструисаном на основу модела еволуције НКУ+G и матрикса сва три испитивана хлоропластна региона, поравнате дужине 2253 bp код 51 анализиране индивидуе – врсте *G. nivalis* и *G. reginae-olgae* чине једну добро подржану кладу (Клада I, BS=83%), врсте *G. gracilis* и *G. plicatus* су сестринске, чине другу умерено подржану кладу (Клада II, BS=61%) и имају заједничког претка са претходним двама врстама. *G. elwesii* и *G. woronovii* су сестринске врсте, чине трећу добро подржану кладу (Клада III, BS=100%) и имају заједничког претка са свим осталим проучаваним врстама. Међутим, односи врста *G. nivalis* и *G. reginae-olgae*, као и односи субклада у оквиру Кладе I остали су неразјашњени због недовољне варијабилности испитиваних хлоропластних региона, интра- и интерспецијске хибридизације и(или) некомплетног сортирања линија.

Односе линија врсте *G. nivalis* који филогенетском анализом нису били разрешени, као и историјске и савремене процесе, који су довели до садашње дистрибуције генеолошки везаних линија на Балкану, али и потенцијалне руте миграција којима се наведена врста у прошлости ширила на Балканском полуострву, откривају резултати филогеографске анализе. Поређењем генеолошки везаних линија и њихове садашње дистрибуције, утврђено је да постоји неколико популација врсте *G. nivalis* које су данас географски међусобно удаљене, а представљају остатке древне колонизације Балканског полуострва, након чега је долазило до дивергенције, диференцијације и експанзије линија на споменутом региону у више праваца. Једна линија врсте се ширила по западној, централној и источној Србији и Трансилванији, а друга по Војводини и источној, југоисточној и јужној Србији. Прва је генеолошки блиска са популацијама *G. nivalis* које су данас распрострањене у континенталној Хрватској, Словенији, као и са популацијама у Истри. Присуство ретикуларне структуре у центру МЈ мреже указује на честу појаву интраспецијске хибридизације индивидуа, као и на интерспецијску хибридизацију између врста *G. nivalis* и *G. reginae-olgae* у Хрватској (Дубровник), током које је дошло до цитоплазматске интрогресије хлоропластног генома прве врсте у другу врсту. Међутим, чињеница да постоји једна индивидуа *G. reginae-olgae* код које није уочена цитоплазматска интрогресија, а која је присутна на истом локалитету у Хрватској, те њено позиционирање у МЈ мрежи, може указивати на то да је врста релативно млада и да је највероватније настала од линије *G. nivalis* која је данас распрострањена у источној, југоисточној и јужној Србији.

6. ДИСКУСИЈА (123-193. стр.)

У овом поглављу кандидат коментарише, повезује и упоређује своје резултате истраживања са резултатима других истраживача. На прегледан и јасан начин образложени су резултати истраживања везани за морфологију, распрострањење, екологију, фенологију, продукцију нектара, опрашивање, палиноморфологију, филогенију и филогеографију проучаваних врста рода *Galanthus*. Квантитативне показатеље варијабилности на нивоу морфологије, као и палиноморфологије ових врста, кандидат пореди са онима који су за исте одлике наведени у литератури. Кандидат је уочио недостатке у важећој таксономији врста рода *Galanthus* са подручја Србије и централног дела Балканског полуострва, када је реч о врстама *G. nivalis* и *G. elwesii*, што за последицу има неусаглашеност у таксономској класификацији ових врста и потенцијално отежава примену конзервационих и трговинских стандарда.

У овом поглављу детаљно се образлаже зашто тренутно нема оправданих разлога за усвајање инфраспецијских таксона у оквиру врсте *G. nivalis* на било ком нивоу у званичној таксономији рода, за разлику од бројних аутора који су то у прошлости чинили. Такође, кандидат образлаже због чега се не може сматрати да је врста *G. gracilis* заступљена у Србији

и да је њено навођење у синонимици врсте *G. elwesii* – како се то чини у *Флори СР Србије* – нелегитимно. Аутор такође реконструира еволуциону историју и сродничке везе и између других врста рода *Galanthus* на подручју централног дела Балканског полуострва. На крају, кандидат се осврће на потенцијални значај резултата за плодноснију примену конзервационих и трговинских стандарда и даје препоруку за увођење одабраног биљног материјала у културу ради оплемењивање нових хортикултурних таксона.

7. ЗАКЉУЧЦИ (194-200. стр.)

У поглављу Закључци, кандидат детаљно наводи закључке до којих је дошао током својих истраживања – за сваку анализу понаособ, као и сумарно. Кандидат такође даје мишљење о таксономском статусу појединих популација врсте *G. nivalis*, које се значајно морфолошки и фенолошки разликују од осталих проучаваних популација, као и препоруку да се поједине популације користе као извор биљног материјала за селекцију и оплемењивање гајених таксона.

ЛИТЕРАТУРА (201-230. стр.)

Списак цитиране литературе у докторској дисертацији обухвата веома велики број навода домаће и стране литературе (421), и то највећим делом научних радова из области ботанике и екологије врста рода *Galanthus*. У дисертацији је коришћена литература која је актуелна и релевантна за проучавану проблематику.

VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу обављених истраживања и добијених резултата, издвајају се следећи закључци:

1. Род *Galanthus* у флори Србије представљен је двама врстама, *G. nivalis* и *G. elwesii*. Прва од ових врста има широко распрострањење у Србији, у свим флористичким регионима земље, у различитим шумским заједницама, у широком опсегу надморских висина, док је друга заступљена само локално и има другачији образац распрострањења, него што се то раније сматрало – претежно је заступљена у источној Србији, на падинама и вртачама планинских букових шума, на висинама изнад 1000 m.

2. Већина морфолошких карактера проучаваних врста има умерен степен варијабилности, али вредности појединих карактера код одређених популација премашују границе варијабилности које су забележене у литератури. Према мултиваријантној анализи, популације ових врста су диференциране у неколико засебних група, што указује на постојање значајних фенотипских разлика међу њима. Како је истраживање изведено у огледним условима, може се закључити да је уочена диференцијација резултат генетичких или еволутивних чинилаца и да не би било неочекивано уколико би постојали криптични таксони у оквиру врсте која се тренутно назива *G. nivalis*. С друге стране, подаци добијени за поједине морфолошке карактере код проучаваних популација *G. elwesii* одговарали су како овој врсти тако и врсти *G. gracilis*. Ипак, како кластер-анализа указује на релативно високу сличност међу испитиваним популацијама, не може се рећи да је врста *G. gracilis* присутна у Србији.

3. Све анализирани популације двеју врста рода у Србији показују релативну стабилност у три године осматрања у односу на време почетка цветања, те се издваја 8 фенолошких група. Како су све популације проучене у климатски уједначеним условима, може се закључити да утврђене разлике проистичу из њихових генетичких разлика, односно, одговора генетичке компоненте на климатске варијације, које су наступиле између анализираних година. Издвојене фенолошке групе наговештавају постојање раних и касних форми, те резултати могу послужити као допуна сазнањима о инфраспецијској варијабилности проучаваних врста, као и за селекцију биљног материјала различитих периода цветања.

4. У складу са резултатима анализе продукције нектара и опрашивања код врста рода *Galanthus* са подручја Србије, закључује се да ове врсте производе веома мале и међусобно приближне количине нектара. Ово се објашњава њиховом адаптацијом на рани период цветања, током којег су посете опрашивача генерално ређе. Укупна продукција нектара по цвету, као и продукција нектара током онтогеније цвета, своди се на количину нектара која се лучи првог дана по отварању цветова, у јутарњим часовима. Просечни животни век цветова ових врста је кратак, међутим, он може бити знатно пролонгиран у зависности од услова средине. У случају да опрашивање инсектима изостане, цветови врста овога рода су компатибилни и за самооплодњу, те су им и мале количине нектара довољне за несметано одвијање сексуалне репродукције.

5. Према резултатима палиноморфолошке анализе, закључује се да су поленова зрна проучаваних врста билатерално симетрична, хетерополарна, моносулкатна, облатна. Орнаментација егзине је микроругулатно-микрперфоратног типа. Облик поленових зрна је варијабилан – елиптичан или чуњаст у поларном положају и овалан до заобљено троугласт у екваторијалном положају. Према величини екваторијалног дијаметра, полен врста рода *Galanthus* у Србији, заједно са поленом двеју проучаваних алохтоних врста, *G. plicatus* и *G. gracilis*, припада класи поленових зрна средње величине (25–50 μm), док полен других двеју алохтоних врста, *G. reginae-olgae* и *G. woronowii*, припада класи поленових зрна мале величине (10–25 μm). Већина мерених одлика поленових зрна у ових врста има низак до умерен степен варијабилности, док вредности појединих одлика премашују границе варијабилности забележене у литератури. Облик поленових зрна врста рода *Galanthus* представља исувише варијабилну одлику да би се могао користити као таксономски карактер за разграничавање врста. Остале одлике поленових зрна, заједно са ширином ругула, као и бројем и пречником перфорација, морају бити предмет опсежнијих истраживања пре потенцијалне примене у таксономији врста овога рода. Уочене разлике у величини перфорација поленових зрна код узоркованих популација врсте *G. nivalis* са подручја Србије имају потенцијала да буду примењене за рашчлањење инфраспецијских таксона.

6. Од три анализирана хлоропластна региона, код шест проучаваних врста рода *Galanthus*, највећи број супституција база и дужинских мутација уочен је у региону *trnL-trnF*, поравнате дужине 944 bp у 126 јединки, средњи број мутација у региону *rps16-trnK*, поравнате дужине 754 bp, а најмањи у региону *trnE-trnT*, поравнате дужине 555 bp. Међутим, имајући у виду различите дужине наведених региона, може се рећи да су сва три испитивана хлоропластна региона подједнако информативна. У матрици састављеној од три испитивана хлоропластна региона, поравнате дужине 2253 bp, детектовано је 71 позиција са супституцијама база и 29 дужинских мутација (21 индел, 4 дупликације и 4 микросателита), од чега су четири карактера синапоморфна за врсту *G. plicatus*, 10 за *G. elwesii*, три за *G. gracilis*, 15 за *G. woronowii*, вероватна шест за *G. reginae-olgae* и један карактер за проучаване припаднике серије *Latifolii* од серије *Galanthus*, те се могу користити у таксономске сврхе.

7. Према *Maximum Likelihood* (ML) стаблу, конструисаном на основу модела НКУ+G и матрикса сва три испитивана хлоропластна региона, поравнате дужине 2253 bp у 51 анализираној индивидуи – врсте *G. nivalis* и *G. reginae-olgae* чине једну добро подржану групу, врсте *G. gracilis* и *G. plicatus* су сестринске, чине другу умерено подржану кладу и имају заједничког претка са претходним двама врстама, *G. elwesii* и *G. woronovii* су сестринске, чине трећу добро подржану кладу и имају заједничког претка са свим осталим проучаваним врстама. Резултати анализе су у подударности са рашчлањењем рода *Galanthus* на серије *sensu* Davis, с тим што је врста *G. gracilis* груписана са врстама *G. nivalis*, *G. reginae-olgae* и *G. plicatus* (ser. *Galanthus*), уместо са врстама *G. elwesii* и *G. woronovi* (ser. *Latifolii*).

8. Поређењем генеолошки везаних линија и њихове садашње дистрибуције, може се закључити да свега неколико популација врсте *G. nivalis*, које су данас географски међусобно веома удаљене, представља остатке древне колонизације Балканског полуострва. Након тога је долазило до дивергенције, диференцијације и експанзије линија на споменутом региону у више праваца. Једна линија *G. nivalis* се ширила по западној, централној и источној Србији и Трансилванији и генеолошки је блиска са популацијама *G. nivalis* које су данас распрострањене у континенталној Хрватској и Словенији, као и са популацијама у Истри.

Друга се ширила по Војводини и источној, југоисточној и јужној Србији. Присуство ретикуларне структуре у центру МЈ мреже указује на појаву интраспецијске хибридизације индивидуа, као и на интерспецијску хибридизацију између врста *G. nivalis* и *G. reginae-olgae* у Хрватској. Међутим, код једне индивидуе *G. reginae-olgae* није уочена цитоплазматска интрогресија, а присутна је на истом локалитету у Хрватској, те њено позиционирање у МЈ мрежи може указивати на то да је ова врста релативно млада и да је највероватније настала од линије *G. nivalis* која је данас распрострањена у источној, југоисточној и јужној Србији.

9. Односи популација и таксона, који су добијени на основу варијабилности три генерисана региона хлоропластног генома, у извесном степену поклапају се и са резултатима других анализа. Односи врста се подударују са рашчлањењем рода на серије *sensu* Davis, која је добијена и у палиноморфолошкој анализи, на основу односа поларне осе и екваторијалног дијаметра (P/E). Подела на два јасно одвојена таксона – *G. nivalis* и *G. elwesii* – уочена испитивањем морфологије рода *Galanthus* у Србији је уочљива и на нивоу трију испитиваних региона хлоропластног генома. У сагласности са закључцима донетим на основу анализе морфологије, популације врсте *G. elwesii* у Србији су јасно одвојене од врсте *G. gracilis* и не може се сматрати да је врста *G. gracilis* заступљена у Србији. Такође, постоји изражено поклапање између генетичких и фенолошких група.

10. Филогенетска анализа није показала јасну дистинкцију популација врсте *G. nivalis* из јужне, југоисточне и источне Србије и могуће присуство инфраспецијских таксона у оквиру проучаване врсте, за разлику од резултата анализа морфологије и палинологије. Међутим, наведена линија је уочена у филогеографској анализи, односно, уочена је тенденција одвајања ових популација од осталих популација у оквиру линије која је дистрибуирана дуж Велике и Јужне Мораве. С друге стране, 13 морфометријски хомогених популација *G. nivalis* из северне, западне, централне и источне Србије су филогеографски рашчлањене у четири линије, што би могло указивати на постојање криптичних таксона.

11. И поред могућности да ће се након будућих истраживања указати потреба за усвајањем нових инфраспецијских таксона у оквиру врсте *G. nivalis*, сматра се да за то тренутно нема оправданих разлога. Ипак, без обзира на питања званичне таксономије, биљке које поседују пожељна својства могу бити уведене у културу као хортикултурне биљке. Према резултатима представљеног истраживања, може се оценити да популације *G. nivalis* пореклом из југоисточне и источне Србије, посебно из долине реке Пчиње и Нишке Бање, као и све популације врсте *G. elwesii*, поседују високодекоративне особине и представљају одличан почетни материјал за оплемењивање нових гајених таксона.

12. Резултати истраживања доприносе бољем разумевању биологије, еволуционе историје и сродничких веза унутар комплексне групе врста рода *Galanthus* у Србији и у суседним подручјима централног дела Балканског полуострва.

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат је прегледно представио резултате до којих је дошао током истраживања.

У складу за предметом истраживања, кандидат је темељно обрадио научни проблем који је одабрао и резултате истраживања представио текстуално, али и табеларно и графички како би допринео јаснијем и једноставнијем сагледавању добијених резултата. Резултати истраживања и закључци кандидата представљају оригинални допринос науци.

Имајући у виду одабрани предмет истраживања, као и постављене циљеве и хипотезе од којих се у истраживању полазило, Комисија сматра да је кандидат засновао хипотезе својих истраживања на доброј теоријској основи и да је до резултата дошао применом одговарајуће научне методологије, тиме успешно остварујући постављене циљеве истраживања. Стога, комисија констатује да су резултати истраживања који су представљени у овој докторској дисертацији методолошки научно засновани, јасно и прегледно изложени, исправно тумачени и дискутовани и да су на основу њих донети и одговарајући закључци.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Комисија констатује да је докторска дисертација Филипа Јовановића, дипл. инжењера пејзажне архитектуре и хортикултуре, израђена у складу са пријављеном темом, за коју је Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност одлуком бр. 61206-68/2-15 од 21.1.2015. године.
2. Комисија такође констатује да дисертација садржи све неопходне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, захвалницу, кључне документационе информације на српском и енглеском језику, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, списак литературе, биографију, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о начину коришћењу дисертације.
3. Докторска дисертација дипл. инж. Филипа Јовановића, под насловом: „Таксономија и екологија врста рода *Galanthus* L. (Amaryllidaceae) у Србији” представља оригиналан допринос науци и научној мисли. Оригиналноост ове докторске дисертације огледа се у избору истраживане проблематике, одговарајућим методама за истраживање предмета и проблема дисертације, добијеним резултатима и изведеним закључцима, који се односе на решавање таксономских проблема присутних у класификацији врста рода *Galanthus* у Србији и централном делу Балканског полуострва. Овим истраживањима отварају се и нова научна питања из наведене проблематике, као и могућности за њихову примену у хортикултурној пракси, што дисертацији даје посебан значај.
4. Комисија није уочила недостатке у току израде докторске дисертације, који би могли да утичу на добијене резултате истраживања и из њих изведене закључке.

Имајући у виду да је услов за одбрану докторске дисертације објављивање рада у часопису међународног значаја (M20), Комисија констатује да је овај услов испуњен:

1. Jovanović F., Obratov-Petković D., Bjedov I., Živanović I., Braunović S., Ćirković-Mitrović T., Tomović G. (2018): Morphological variability of snowdrops in the central part of the Balkan Peninsula. HortScience 53(8): 1119–1124. – **M22**
2. Jovanović F., Obratov-Petković D., Niketić M., Vukojičić S. (2016): Distribution of the genus *Galanthus* L. (Amaryllidaceae) in Serbia. Bot. Serbica 40(1): 69–81. – **M24**

IX ПРЕДЛОГ

На основу сагледаног садржаја и изнете оцене докторске дисертације Филипа Јовановића, дипломираног инжењера пејзажне архитектуре и хортикултуре, Комисија констатује следеће:

- Кандидат је израдио докторску дисертацију, под насловом: „Таксономија и екологија врста рода *Galanthus* L. (Amaryllidaceae) у Србији”. Дисертација је написана према свим стандардима научно-истраживачког рада и испуњава све потребне услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду – Шумарског факултета.
- Истраживања представљена у докторској дисертацији су структурно, методолошки и према обиму обављена у складу са пријављеном темом, за коју је Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност одлуком бр. 61206-68/2-15 од 21.1.2015. године.

Сходно претходно изнетим констатацијама, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду–Шумарског факултета да дисертацију дипл. инж. Филипа Јовановића стави на увид јавности, да прихвати Извештај о оцени израђене докторске дисертације и упути га Већу научних области биотехничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање, као и да се кандидат дипл. инж. Филип Јовановић, након завршене процедуре, позове на јавну одбрану докторске дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Драгица Обратов-Петковић, редовни професор
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Др Ивана Бједов, доцент
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Др Јелена Алексић, виши научни сарадник
Универзитета у Београду – Института за молекуларну
генетику и генетичко инжењерство

Др Гордана Томовић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Биолошког факултета

Др Марина Мачукановић-Јоцић, редовни професор
Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета