



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ



ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ
ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

SCIENTIFIC MEETINGS
Book CLXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES
Book 12

ECOLOGICAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF FAUNA OF SERBIA

PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC MEETING
held on November 17, 2016

E d i t o r
Corresponding Member
RADMILA PETANOVIĆ

BELGRADE 2018

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ
Књига CLXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА
Књига 12

ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

ЗБОРНИК РАДОВА СА НАУЧНОГ СКУПА
одржаног 17. новембра 2016.

Уредник
дописни члан
РАДМИЛА ПЕТАНОВИЋ

БЕОГРАД 2018

Издаје
Српска академија наука и уметности
Београд, Кнез Михаилова 35

Лектура и коректура
Тања Рончевић

Прелом и дизајн корица
Никола Стевановић

Технички уредник
Мира Зебић

Тираж 400 примерака

Штампа
Colorgrafx, Београд

Српска академија наука и уметности © 2018

САДРЖАЈ
CONTENTS

Предговор	9
Preface	13
Александар Ћетковић, Владимир Стевановић ОЧУВАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ БИОДИВЕРЗИТЕТА: КОНЦЕПТ ЕКОСИСТЕМСКИХ УСЛУГА И БИОЛОШКИ РЕСУРСИ ФАУНЕ	17
Aleksandar Ćetković, Vladimir Stevanović PRESERVATION AND EVALUATION OF BIODIVERSITY: THE CONCEPT OF ECOSYSTEM SERVICES AND BIOLOGICAL RESOURCES OF FAUNA	36
Душко Ћировић, Срђан Стаменковић ФАУНА СИСАРА СРБИЈЕ – ВРЕДНОВАЊЕ ФУНКЦИОНАЛНЕ УЛОГЕ И ЗНАЧАЈА ВРСТА У ЕКОСИСТЕМИМА	39
Duško Ćirović, Srđan Stamenković MAMMALS FAUNA OF SERBIA – VALORISATION OF FUNCTIONAL ROLE AND SPECIES IMPORTANCE IN ECOSYSTEMS	62
Воислав Васић О ВАЖНОСТИ ПТИЦА: ПРИМЕРИ ЕГЗИСТЕНЦИЈАЛНЕ ВРЕДНОСТИ И ПРАКТИЧНОГ ЗНАЧАЈА У СРБИЈИ	67
Voislav Vasić ON THE IMPORTANCE OF BIRDS: EXAMPLES OF THE EXISTENTIAL VALUE AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE BIRDS IN SERBIA	100

Имре Кризманић, Тања Вуков ВОДОЗЕМЦИ У СРБИЈИ ДАНАС И СУТРА – ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ	103
Imre Krizmanić, Tanja Vukov AMPHIBIANS IN SERBIA TODAY AND TOMORROW – ECOLOGICAL AND ECONOMIC VALUE	138
Мирјана Ленхардт, Весна Ђикановић, Александар Хегедиш, Желјка Вишњић-Јефтић, Стефан Скорић, Марија Смедеревац-Лалић КВАЛИТАТИВНО-КВАНТИТАТИВНЕ ПРОМЕНЕ ИХТИОФАУНЕ У ПРОТОЧНИМ ДУНАВСКИМ АКУМУЛАЦИЈАМА ПОСЛЕ ИЗГРАДЊЕ БРАНА ЂЕРДАПСКИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА	143
Mirjana Lenhardt, Vesna Đikanović, Aleksandar Hegediš, Željka Višnjić-Jeftić, Stefan Skorić, Marija Smederevac-Lalić QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHANGES IN THE ICHTHYOFAUNA OF THE DANUBIAN RESERVOIRS AFTER THE CONSTRUCTION OF THE IRON GATES HYDROPOWER PLANT DAMS	168
Зоран Марковић, Марко Станковић, Божидар Рашковић, Ненад Секулић, Весна Полексић АКВАКУЛТУРА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ УГРОЖЕНИХ ВРСТА РИБА У СРБИЈИ	173
Zoran Marković, Marko Stanković, Božidar Rašković, Nenad Sekulić, Vesna Poleksić AQUACULTURE IN SERVICE OF EDANGERED FISH SPECIES PROTECTION IN SERBIA	195
Ивана Живић, Александар Остојић, Бранко Миљановић, Зоран Марковић МАКРОИНВЕРТЕБРАТЕ ТЕКУЋИХ ВОДА СРБИЈЕ И ЊИХОВ БИОИНДИКАТОРСКИ ЗНАЧАЈ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ	199
Ivana Živić, Aleksandar Ostojić, Branko Miljanović, Zoran Marković MACROINVERTEBRATES OF SERBIAN STREAMS AND THEIR SIGNIFICANCE AS BIOINDICATORS IN ESTIMATION OF WATER QUALITY	226

Дејан Пантелић, Срећко Ђурчић, Александар Крмпот, Дејан В. Стојановић, Михаило Рабасовић, Светлана Савић-Шевић МОРФОЛОШКЕ СТРУКТУРЕ НЕКИХ ПРЕДСТАВНИКА ЕНТОМОФАУНЕ СРБИЈЕ КАО МОДЕЛИ У БИОМИМЕТИЦИ	231
Dejan Pantelić, Srećko Ćurčić, Aleksandar Krmpot, Dejan V. Stojanović, Mihailo Rabasović, Svetlana Savić-Šević THE MORPHOLOGICAL STRUCTURES OF SOME REPRESENTATIVES OF THE ENTOMOFAUNA OF SERBIA AS MODELS IN BIOMIMETICS	250
Михаела Кавран, Александра Игњатовић Ђупина, Марија Згомба, Душан Петрић ЈЕСТИВИ ИНСЕКТИ – БЕЗБЕДНА ХРАНА ЗА ЉУДЕ И ДОМАЋЕ ЖИВОТИЊЕ	251
Mihaela Kavran, Aleksandra Ignjatović Ćupina, Marija Zgomba, Dušan Petrić EDIBLE INSECTS – SAFE FOOD FOR HUMANS AND LIVESTOCK	295
Жељко Томановић, Владимир Жикић КОМПЛЕКСИ БРАКОНИДНИХ ОСА (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) У СРБИЈИ И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ У БИОЛОШКОЈ КОНТРОЛИ	301
Željko Tomanović, Vladimir Žikić BRACONID COMPLEXES (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) IN SERBIA; THE IMPORTANCE IN BIOLOGICAL CONTROL	308
Љубодраг Михајловић ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ НАДФАМИЛИЈЕ CHALCIDOIDEA СРБИЈЕ (INSECTA:HYMENOPTERA)	313
Ljubodrag Mihajlović ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF ZOOLOGY OF THE SUPERFAMILIA CHALCIDOIDEA IN SERBIA (INSECTA: HYMENOPTERA)	337

- Иво Тошевски, Оливер Крстић, Јелена Јовић,
Биљана Видовић, Радмила Петановић
ИНСЕКТИ И ГРИЊЕ У ФАУНИ СРБИЈЕ ОД ЗНАЧАЈА
ЗА КЛАСИЧНУ БИОЛОШКУ КОНТРОЛУ КОРОВА 341
- Ivo Toševski, Oliver Krstić, Jelena Jović,
Biljana Vidović, Radmila Petanović
INSECTS AND MITES IN THE FAUNA OF SERBIA –
IMPORTANCE FOR THE CLASSICAL BIOLOGICAL
CONTROL OF WEEDS 363
- Љубиша Станисављевић, Анте Вујић, Предраг Јакшић, Злата Марков,
Александар Ћетковић
ФУНКЦИОНАЛНО-ЕКОЛОШКИ СТАТУС, УГРОЖЕНОСТ И
ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ИНСЕКТА ОПРАШИВАЧА У
СРБИЈИ 367
- Ljubiša Stanisavljević, Ante Vujić, Predrag Jakšić, Zlata Markov,
Aleksandar Ćetković
FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL STATUS, VULNERABILITY
AND ECONOMIC EVALUATION OF INSECT POLLINATORS IN
SERBIA 411

ПРЕДГОВОР

Тематски скуп о еколошком и економском значају фауне Србије, који је иницирао Академијски одбор за проучавање фауне Србије САНУ, одржан је у јубиларној години обележавања 175. годишњице САНУ, 17. новембра 2016. године.

Откада је појам **биодиверзитета** званично ушао у употребу 1992. године доношењем Конвенције о биолошкој разноврсности а потом и њеном ратификацијом којом су све државе потписнице преузеле **обавезу** да донесу законска акта и успоставе потребне активности на **заштити и вредновању** биодиверзитета, истраживања флоре, фауне и фунгије добила су на значају, а класичне биолошке дисциплине – таксономија, биогеографија и екологија – нашле су се у жижи интересовања не само научне већ и шире јавности. Таксономија, систематика и фаунистика, односно флористика, традиционалне биолошке дисциплине са најдужом традицијом у биологији, доживеле су свој препород или тријумфални повратак.

Важно је истаћи да је Српска академија наука и уметности, од свог оснивања, препознала значај изучавања живог света Србије и околних земаља и да је увидела да је повратак ових биолошких дисциплина важан задатак биолога у Србији на почетку новог миленијума. Два Академијска одбора, Одбор за изучавање флоре и вегетације и Одбор за проучавање фауне Србије, покренула су и остварила капитална дела флористике, фитоценологије и фаунистике у Србији. Едиција Флоре Србије доживљава друго, ново и значајно измењено издање, објављују се нови прилози у едицији Вегетација Србије, а едиција Фауна Србије већ има неколико вредних монографија: *Фауна мрави Србије*, *Крпељи Србије*, *Репати водоземци Србије*. Овим публикацијама САНУ се представила као најрелевантнија институција у Србији, фокусирана, преко одбора, на истраживања флоре и фауне, што имплицира свеобухватно сагледавање биодиверзитета у Србији.

Одржани научни скупови посвећени, директно или индиректно овој проблематици додатно потврђују спремност и разумевање САНУ да

истраживања флоре и фауне, као и биодиверзитета Србије, одлучно подржи. У том контексту би требало и разумети овај научни скуп.

Примена Конвенције о биолошкој разноврсности и њених полазних идеја и концепција временом је довела до разраде, унапређивања и усредсређивања на неке друге аспекте очувања и коришћења биодиверзитета, а не само његове вредности као више или мање обновљивог ресурса, већ и читавих екосистема, односно до функционалности њихових кључних компоненти или процеса који омогућавају корист и добробит за било коју људску заједницу. То је остварено дефинисањем **екосистемских услуга** као **кључног теоријског приступа и практичног механизма** за свеобухватно **вредновање** реалног значаја очувања биодиверзитета.

Подсетићемо се овим приликом да је 2005. године у организацији Одбора „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности, одржан научни скуп **„Биодиверзитет на почетку новог миленијума“** који је **сумирао фундаменталне теме** које се тичу биодиверзитета, развоја идеје о потреби заштите и парадигми одрживости са циљем да пружи одговоре на значајна питања: колико је у нашем друштву порасла свест о потреби заштите биодиверзитета; шта је у међувремену урађено на плану инвентаризације биодиверзитета и колики су трошкови заштите биодиверзитета, односно који су економски модалитети потребни за остваривање склада између заштите биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса.

Научни скуп „Еколошки и економски значај фауне Србије“ комплементаран је, у извесној мери, наведеном, и надовезује се темама које обрађује на неке аспекте очувања и заштите биодиверзитета, примарно на **вредновање** фауне Србије као елемената биодиверзитета у функцији **биолошких ресурса**, али и у складу са савременим приступом о **екосистемским услугама биодиверзитета** пре свега у доменима „снабдевања/обезбеђивања“ и регулације, али и „културних“ вредности/добара.

Сви научни радови, у Зборнику, подвлаче циљеве научног скупа, одржаног 17. новембра 2016. године:

- сагледавање напретка који је постигнут разрадом концепата из Конвенције и доношењем допунских стратешких докумената чији је циљ да олакшају комплексне задатке очувања биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса, генерално, а посебно у Србији, као и да се укаже на неодрживу праксу експлоатације и недовољне бриге о ресурсима фауне;
- сагледавање функционалне улоге и значаја припадника фауне Србије и указивање на њихове вредности у контексту новоуспостављеног концепта **екосистемских услуга** пре свега као биоиндикатора загађења средине, те илустративних и инспиративних примера у биомиметици и биофизици, као чинилаца биолошке контроле штет-

них организама, опрашивања биљака или као елемената естетске и других нематеријалних вредности, у различитим доменима људске егзистенције и делатности у Србији;

- сагледавање значаја које поједине врсте или фаунистичке групе имају као ресурси хранљивих и лековитих супстанци и других, за човека корисних и употребљивих својстава.

Очекујемо да ће резултати анализа у Зборнику са научног скупа „Еколошки и економски значај фауне Србије“, допринети планирању пројеката вредновања и очувања биодиверзитета, процени угрожености и заштити фауне Србије, као и одрживом коришћењу биолошких ресурса фауне и омогућити сагледавање садашњег стања у националној легислативи и активностима надлежних сектора и однос заједнице према живом свету као природној баштини у Србији данас. Очекујемо да ће се истаћи и економски значај, односно вредновање појединих таксона животиња, не само у контексту биолошких ресурса, већ вредности њихове улоге у склопу екосистемских услуга које пружају, а уколико не постоје одговарајући подаци у Србији, да се процене могу извести на основу аналогних података из других земаља, са циљем очувања биодиверзитета Србије.

У Београду, 17. јануара 2018. године

Радмила Петановић, дописни члан

PREFACE

The thematic conference on ecological and economic importance of Serbian fauna, initiated by the SASA Academic committee for the study of the fauna of Serbia, was held in the jubilee year of marking the 175 years of SASA, on 17th November 2016.

Since the term biodiversity was officially put into use in 1992, with the Convention on Biological Diversity entering into force and its later ratification which led to all signatory states taking the obligation to impose legal acts and establish necessary activities regarding the protection and evaluation of biodiversity, the exploration of flora, fauna and fungi gained importance while classical biological disciplines such as taxonomy, biogeography and ecology were placed in the focus of not only scientific, but also wider public. Taxonomy, systematics and faunistics, i.e. floristics, traditional biological disciplines with the longest tradition in biology, have witnessed their rebirth and triumphal return.

It is important to highlight that the Serbian Academy of Sciences and Arts since its inception has recognized the importance of studying the living world of Serbia and surrounding countries, and that the return of these biological disciplines is an important task for Serbian biologists at the beginning of the new millennium.

Two Academic committees, the Academic committee for the study of flora and vegetation and the Academic committee for the study of the fauna of Serbia, have initiated and accomplished capital works in the field of floristics, phytocoenology and faunistics in Serbia.

The publication *Flora of Serbia* has had a new, second and significantly revised edition, new contributions within the edition *Vegetation of Serbia* have been published, and the edition *Fauna of Serbia* has already got several valuable monographs – the *Ant Fauna of Serbia*, *Ticks of Serbia*, *Tailed Amphibians of Serbia*. These publications show that SASA, through its committees, is like few institutions in Serbia, centered on the exploration of flora and fauna, which can ultimately be classified as an inevitable and comprehensive view on biodiversity in Serbia. The previous scientific conferences directly or indirectly

dedicated to this subject, additionally confirm the readiness and understanding of SASA to offer its strong support to the exploration of flora and fauna, as well as the biodiversity of Serbia. This scientific conference should also be understood through such context.

The application of the Convention on Biological Diversity and its initial ideas and conceptions, eventually led to the elaboration, improvement and focusing on some other aspects of conservation and use of biodiversity, not only its value as a more or less renewable resource, but also the whole ecosystems, i.e. the functionality of their key components or processes which provide benefit and well-being to any human community. This was accomplished by defining ecosystem services as a key theoretical approach and practical mechanism for comprehensive evaluation of the real importance of biodiversity conservation.

On this occasion, we would like to bring to mind the scientific conference “Biodiversity at the onset of a new millennium” held in 2005, organized by the “Man and Environment” Committee of SASA, summing up fundamental issues regarding biodiversity, development of the idea on the need of protection and paradigm of sustainability with the aim to offer answers to questions such as:

- how much has the awareness on the need of biodiversity preservation been developed in our society;
- what has been done about the plan of inventory of biodiversity in the meantime;
- and how big the expenses of protecting biodiversity are, i.e. which economic modalities are necessary for achieving harmony between the protection of biodiversity and the use of biological resources.

The scientific conference “Ecological and economic importance of Serbian fauna” is somewhat complementary to the above mentioned conference, with the areas of interest it explores, building on certain aspects of conservation and protection of biodiversity, above all the evaluation of fauna of Serbia as an element of biodiversity in the function of biological resources, and in accordance with the contemporary approach to ecosystem services of biodiversity, primarily in the domain of “supplying/providing” and regulation, but also “cultural” values/goods.

The aim of this scientific conference and the scientific papers to be published in the Proceedings is to enable:

- perceiving the progress made by elaborating concepts from the Convention and imposing additional strategic documents aimed at facilitating complex tasks of preserving biodiversity and using biological resources in general, especially in Serbia, as well as indicating the unsustainable exploitation practice and insufficient care for the resources of fauna;

- perceiving the functional role and importance of the members of Serbian fauna and indicating their values in the context of the newly established concept of ecosystem services, primarily as bioindicators of environmental pollution, as illustrative and inspirational examples in biomimetics and biophysics, as factors of biological control over harmful organisms, plant pollination or elements of esthetic and other immaterial values, in various domains of human existence and activity in Serbia;
- perceiving the importance that certain species or faunistic groups have as resources of nutritive and healing substances and other useful and usable properties to people.

We expect that the results of analysis, published in the Proceedings from the scientific conference “Ecological and economic significance of Fauna of Serbia”, will be useful for planning the projects of evaluating and preserving biodiversity, assessing the endangerment and protection of Serbian fauna, as well as sustainable use of biological resources of fauna, and that we will be able to perceive the current situation in national legislation and activities, along with the attitude of the community towards the living world as a natural heritage in Serbia today. We also expect to draw attention to the economic significance, i.e. the evaluation of certain animal taxa, not only in the context of biological resources but also the value of their role within the ecosystem services they offer, and if there are no sufficient data in Serbia, that assessments based upon corresponding data from other countries will be made, all in order to preserve the biodiversity of Serbia.

Belgrade, 17th January 2018

Radmila Petanović, corresponding member

ФУНКЦИОНАЛНО-ЕКОЛОШКИ СТАТУС, УГРОЖЕНОСТ И ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ИНСЕКТА ОПРАШИВАЧА У СРБИЈИ

Љубиша СТАНИСАВЉЕВИЋ*, Анте ВУЈИЋ**,
Предраг ЈАКШИЋ***, Злата МАРКОВ**, Александар ЋЕТКОВИЋ*

С а ж е т а к. – Опрашивање је важна екосистемска услуга у копненим системима, кључна за размножавање биљака цветница, очување биолошке разноврсности, али и производњу хране. Већину цветница (87.5%) опрашују инсекти и друге животиње, док чак око 75% главних врста гајених биљака у свету могу имати користи од оваквог вида опрашивања. Од 115 најчешћих врста гајених биљака за људску исхрану, чак 87 се у мањој или већој мери ослања на животиње опрашиваче, а око 35% произведене хране на глобалном нивоу зависи од њих. Између биљка и опрашивача постоје веома комплексни односи међусобне условљености и утицаја на размножавање, продукцију и одржавање популација и заједница, а од посебног интереса је установити који су главни трендови и ефекти испољавања ових феномена на градијенту од природних и полуприродних – релативно очуваних екосистема, до агроекосистема и других претежно вештачких формација, изложених снажном негативном утицају. Опрашивачи су данас изложени бројним негативним чиниоцима глобалних промена, међу којима се посебно истичу: климатске промене, промене у коришћењу земљишта, интензификација у пољопривреди и ширење инвазивних врста – посебно патогена. Пад бројности и разноврсности опрашивача могао би

* Универзитет у Београду – Биолошки факултет, ljstanis@bio.bg.ac.rs; acetkov@bio.bg.ac.rs

** Универзитет у Новом Саду – Природно-математички факултет, ante.vujic@dbe.uns.ac.rs; zlata.markov@dbe.uns.ac.rs

*** Чингријина 14, Београд, jaksicpredrag@gmail.com

имати каскадни ефекат на губитак многих других сегмената биодиверзитета, али и велике последице по безбедност производње хране у глобалним размерама. Економска вредност од опрашивачких услуга које пружају животиње у пољопривреди на глобалном нивоу су процењене на 153 милијарде евра (подаци за 2005. годину).

Најбројнија групација опрашивача су инсекти, а међу њима су далеко најзначајније пчеле (Hymenoptera: Apiformes); од преко 2050 врста познатих у фауни Европе, за Србију можемо грубо проценити да је вероватно присутно око 800–1000 врста. Муве (Diptera) су други по фреквентности најчешћи посетиоци цветова, а међу бројним групама најзначајнији опрашивачи су чланови породице Syrphidae. Од приближно 900 врста сирфида у европској фауни, у Србији је забележено преко 400. Дневних лептира (Hesperioidea, Papilionoidea) до сада је регистровано око 200 врста у Србији, док је хетерогена нетаксономска групација „ноћних лептира“ вишеструко бројнија али далеко слабије проучена; према последњим проценама има око 1300 врста Microlepidoptera и око 1200 врста Macrolepidoptera. Од осталих инсеката, познато је да бројни тврдокрилци, осе, мрави, трипси и неки други једнако често посећују цветове, али се о њиховим ефектима на опрашивање зна веома мало. Медоносна пчела (*Apis mellifera*) је неоспорно најбоље позната врста опрашивача, али остале гајене и дивље пчеле су глобално много значајнији опрашивачи у производњи гајених биљака и, свакако, имају незаменљиву улогу у опрашивању осталих биљака. Уз гајене пчеле (социјалне и солитарне), као опрашивачи се гаје и неке врсте мува. Пчеле су несумњиво најзначајнија група опрашивача у умереној зони, док су муве опрашивачи много разноврсније и бројније заступљене у хладнијим регионима (арктичким и алпијским). Лептири су најбоље проучена групација инсеката, али је њихова улога и практична примена као опрашивача пропорционално знатно мање евалуирана и квантификована. Генерално, функционално-еколошка истраживања и различите валоризације статуса инсеката опрашивача су више од 15 година међу приоритетима међународних програма финансирања фундаменталне и примењене науке, док у Србији ова проблематика још није адекватно заступљена.

Кључне речи: опрашивачи, пчеле, лептири, муве, екосистемска услуга опрашивање, економска добит

УВОД

Опрашивање цветница

Основу за размножавање и опстанак биљака цветница чини опрашивање, један од основних екосистемских процеса. У зависности од порекла полена, опрашивање може бити самоопрашивање (полен са истог цвета, или са исте биљке) или унакрсно опрашивање (полен са цветова друге

биљке исте врсте). Преко 300 000 врста цветница (око 87.5% од свих) опрашују се уз помоћ животиња [1]. Близу 1/3 производње хране на глобалном нивоу индиректно зависи од опрашивања биљака које обављају животиње, међу којима су најважнији инсекти [2]. Биљке користе многе сложене механизме којима привлаче опрашиваче, један од веома познатих случаја су смокве и њихови опрашивачи, смоквине осице [3, 4].

Практички, сâмо опрашивање не осигурава успешно полно размножавање (нпр. самоопрашивање код биљке која је самонеплодна јавља се често, али не доводи до развоја семена). Биљке које су лако самоопрашиве, такође су и самооплодне. Неадекватно опрашивање дешава се услед недовољног броја вијабилних поленових зрнаца или услед ограничене активности опрашивача [5]. Мало је информација у савременој литератури о опрашивачким захтевима који доводе до оптималних приноса код важних гајених сорти биљака. Тек за неколико економски важних биљака способних за аутогамију (сунцокрет, уљана репица, јагода, кафа и соја) значајно повећање приноса и квалитета плодова/семена постиже се помоћу опрашивача [6]. Облигатна ксеногамија (нпр. код јабука и крушака) захтева да биљка која плодоноси прима полен од друге, генетски различите биљке.

Инсекти опрашивачи и њихова улога у производњи хране

Свеобухватна прегледна студија о опрашивачима гајених биљака, показала је да њихове цветове посећује чак 785 врста [7]. Пчеле су најбројнији и најразноврснији опрашивачи цветница, са преко 20.000 описаних врста [8]. Врсте из појединих фамилија мува (садрже преко 120.000 познатих врста), важна су група опрашивача [9]. Муве су од пчела разноврсније и бројније као опрашивачи у хладнијим регионима, на стаништима виших надморских висина и географских ширина [10]. Поред пчела и мува, неки дневни лептири, ноћни лептири, тврдокрилци, осе, трипси, мрави и бубашвабе [11] опрашују дивље и неке гајене биљке. Лептири су као опрашивачи присутни широм света, али су бројнији и разноврснији у тропским пределима [12]. За мање познате инсекте опрашиваче није познато колико су значајне у пружању подршке пољопривредној производњи.

Неке биљке захтевају специфичне опрашиваче, тако када се преселе ван природног ареала оне обично не дају семена (нпр. црвена детелина на Новом Зеланду и уљана палма у југоисточној Азији) [13]. Са друге стране, егзотични полинатори, као што је медоносна пчела *A. mellifera*, опрашују многе гајене биљке које нису из њеног аутохтоног ареала. У одсуству одговарајућег опрашивача, може се користити тзв. ручно опрашивање од стране човека. То је био чест случај ручног опрашивања за уљане палме у југоисточној Азији већ дуги низ година, док није интродукован сурлаш уљане палме *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera), поре-

клом из тропске западне Африке, који је њен главни опрашивач [14]. Ручно опрашивање је практиковано хиљадама година у производњи датула (*Phoenix dactylifera*) на Блиском Истоку [15] као и у производњи ваниле [16, 17]. Неки пољопривредници у последње време опет практикују ручно опрашивање да би осигурали производњу нпр. јабука у Маохјан округу, југозападна Кина, услед губитка дивљих опрашивача и медоносних пчела због праксе интензивне обраде земљишта и употребе пестицида [18].

Понашање опрашивача и међусобни односи

Ефикасност инсеката опрашивача се разликује при опрашивању гајених и дивљих биљака. Иако су медоносне пчеле, посебно *A. mellifera*, најчешћи гајени опрашивачи, други инсекти су бољи опрашивачи неких гајених биљака од медоносне пчеле. У многим студијама последњих година истакнута је улога дивљих врста пчела у опрашивању [19, 20, 21, 22]. Тако нпр. неке ранопролећне солитарне пчеле (*Osmia* spp., *Andrena* spp.) опрашују поједине гајене биљке много ефикасније од медоносне пчеле [23, 24, 25, 26]. Пчела *Centris tarsata* која сакупља уља са биљака, знатно је ефикаснија од медоносне пчеле у опрашивању индијског ораха *Anacardium occidentale*, у североисточном Бразилу [27]. У Новом Зеланду, неке аутохтоне пчеле, муве, медоносна пчела и бумбари су подједнако ефикасни опрашивачи репице *Brassica rapa* [28]. Присуство већег броја врста опрашивача може да утиче на боље формирање плодова биљака, кроз њихове комплементарне активности [6, 29].

Велика разноврсност и бројност популација опрашивача на једној сорти гајене биљке може да утиче на повећање количине и квалитет приноса. Неколико новијих студија указују на важну улогу дивљих опрашивача чак и у присуству гајених опрашивача [6, 21, 25, 29]. Понашање појединих врста опрашивача у различитим условима може да доведе до разлика у њиховој ефикасности. Утврђено је да дивљи инсекти полинатори на стаблима бадема посећују цветове у нижем делу крошње, за разлику од медоносне пчеле, тако да у условима јаког ветра они врше опрашивање [29]. На јагодама је показано да крупне пчеле опрашују оплодне листиће на врху цвета, док оне у основи цвета опрашују ситније пчеле, што доводи до правилно обликованог плода [30]. Међусобне интеракције у понашању између дивљих пчела и медоносних пчела показале су да се повећала ефикасност опрашивања медоносних пчела до пет пута на хибридима сунцокрета [31]. Ови примери показују да различите врсте опрашивача могу допунити једни друге, што често доводи до успешнијег опрашивања [29, 32]. Глобална анализа података о опрашивању гајених биљака, показала је да дивљи полинатори играју централну улогу код опрашивања гајених биљака, јер понекад више доприносе формирању плодова од медоносних пчела [6]. Механизми који стоје иза овог закључка, међутим, нису у пот-

пуности разумљиви. Заједно, ове студије показују да дивљи опрашивачи не само да доприносе приносу гајених биљака, већ ако су њихове популације довољно бројне, дају одређени степен обезбеђивања приноса гајених биљака након опадања бројности медоносне пчеле.

Узрочници промена опрашивача

Индијектни узрочници (демографски, социо-економски, институционални и технолошки) производе притисак на животну средину (директни покретачи) који мењају разноврсност опрашивача и опрашивање. Раст светске популације људи, економског богатства, глобалне трговине и технолошког развоја (нпр. повећање ефикасности саобраћаја), трансформисао је климу, земљин покривач и интензитет газдовања, равнотежу хранљивих материја екосистема, и биогеографско распрострањење врста. Све то је имало, и има, последице на опрашиваче и опрашивање широм света. Међународна трговина је основни покретач/узрочник климатских промена, коришћења земљишта, инвазије врста и губитка биодиверзитета. Глобално повећање индустријализоване пољопривреде изазване повећаном потрошњом у развијеним и у земљама у развоју наставиће да узрокује промене у екосистемима које ће утицати на опрашиваче и опрашивање. Као одговор на захтеве растућег тржишта и све бројнијег становништва, глобално се стално повећава површина под земљиштем на коме се гаје биљке зависне од опрашивања [33, 34, 35, 36].

Постоји велики број потенцијалних узрочника промена опрашивача и опрашивања. Утицаји тих покретача се процењују, нарочито везе опрашивача и опрашивања са производњом хране, али и у природним деловима екосистема. Углавном се разматрају пчеле (медоносна пчела, бумбари, безжаочне пчеле и солитарне пчеле), сирфиде (осолике муве) и лептири.

Директни покретачи промена у опрашивању су: коришћење земљишта и његове промене, укључујући промене површинског покривача, промене у газдовању земљиштем и промене пољопривредне праксе; коришћење хемикалија, укључујући фунгициде, хербициде, инсектициде попут неоникотиноида; коришћење ГМО и ветеринарских лекова; загађења околине од тешких метала; болести опрашивача; газдовање опрашивачима; инвазивне врсте; и климатске промене [37, 162].

Многи типови коришћења земљишта (нпр. пољопривреда, урбанизација) снажно мењају типове земљишног покривача, што је довело до губитка/редукције или деградације станишта многих врста [38]. Уништавање природних станишта може да смањи богатство врста и/или величину популације опрашивача [36, 39]. Показано је да су неки инсекти опрашивачи из редова Hymenoptera и Lepidoptera у опадању [35], што је делимично у вези са конверзијом станишта, као и губитком појединих елемената станишта попут повољних места за гнежђење или локалитета са изво-

ром хране [35, 40]. Једна студија је показала да експанзија пољопривреде смањује богатство и композицију пчела опрашивача у Великој Британији, вероватно због смањења диверзитета цветова што се повезује са порастом површина под монокултурама [41]. Такође, смањење бројности популација неколико врста бумбара и дневних лептира у Европи приписује се нестанку природних травних заједница, пашњака, мочвара и бара [42], а са њима и битних цветних ресурса [43]. Слични трендови су забележени од стране пчелара и код медоносне пчеле. На пример, у јужној Француској, пчелари су приметили да смањење популација цветница, ширење шумских плантажа и умањење пашњака и ливада смањује «виталност» њихових пчела, што наноси штету у производњи меда [44].

Неке студије [2, 36] су показале да су разноврсност и бројност дивљих врста пчела били значајно већи у пољима која су окружена пределима који опрашивачима пружају више цветних и ресурса за гнезђење. Због тога је подржана хипотеза да присуство уситњених, ресурсима богатих станишта унутар предела повећава разноврсност и бројност опрашивача.

Вештачко ђубрење поља утиче на смањење разноврсности и присуства мање конкурентних дивљих биљних врста [46]. Смањење биљних ресурса има за последицу смањење разноврсности опрашивача и њихову бројност, као и учесталост посета опрашивача, што такође може негативно да утиче на успешно опрашивање и размножавање биљака [47].

Око 70% врста пчела гнезди се у земљи [8]. Стога промене на површини земљишта настале нпр. орањем деструктивно утичу на опрашиваче. Осим тога, мења се и састав и бројност дивљих биљних врста.

Важни ресурси хране за опрашиваче у пољопривредним областима су коровске биљке. Њихово физичко уклањање (нпр. орањем) или хемијско сузбијање (нпр. употреба хербицида на толерантне ГМО гајене биљке) може проузроковати опадање дивљих опрашивача у агро-екосистемима [45, 48].

Разноврсност гајених биљака у простору, времену и на генетском нивоу снажно утиче на заједнице опрашивача и успех опрашивања. Као и у природним заједницама, тзв. поли-културни системи могу да осигурају временски континуитет ресурса за заједнице опрашивача када гајене биљке цветају сукцесивно [159].

Генетичка варијабилност унутар врсте гајених биљака може утицати на опрашивање инсеката. Повећање генетске разноврсности гајених биљака има потенцијал за побољшање опрашивања више одрживим унакрним опрашивањем [160].

Полинатори често више посећују једну биљну сорту од друге, што за узгајиваче није увек пожељна ситуација. Нпр., код бадема је утврђено да медоносне пчеле претежно посећују само једну сорту па се унакрсно опрашивање дешава само случајним посетама двеју или више компатибилних сорти. Да би се постигао оптималан принос, многе сорте воћака потребују унакрсно опрашивање између сорти (нпр., код малина, *Rubus* spp.). Дobar

пример је производња хибридног семена сунцокрета: мушке стерилне и мушке фертилне биљке сунцокрета се сеју у наизменичним редовима. Медоносне пчеле су усмерене на сакупљање нектара или полена, па ретко прелазе између редова све док не наиђу на дивље пчеле и друге опрашиваче (нпр. лептири) који мењају понашање медоносних пчела, тако што оне покушавају да избегну контакт са дивљим опрашивачима па чешће прелазе између редова, што утиче на повећање стопе унакрсног опрашивања. Дивље цветнице које заостану у пољима гајених биљака такође повећавају разноврсност опрашивача, што олакшава кретање медоносних пчела и самим тим повећава продуктивност гајених култура [31, 48].

Неке од економски најзначајнијих врста воћака, као што су јабуке, бадеми, вишње, крушке захтевају опрашивање инсектима, што утиче на количину и квалитет производње, величину, облик, укус и број семена [49]. У воћњацима се опрашивање углавном обавља гајеним медоносним пчелама, али такође важну улогу имају и дивљи полинатори [29]. Ефикасност дивљих пчела као опрашивача често је већа у односу на медоносну пчелу (нпр. *Osmia* spp. у воћњацима јабука) [50].

Стакленичка/пластеничка производња воћа и поврћа повећана је широм света током последње три деценије [51]. Кина је водећа са око 2,7 милиона хектара, а и у медитеранском региону, као што су Шпанија, Турска, Италија, јужна Француска, Израел и Грчка постоје велике површине под стакленицима [52]. Производња неких стакленичких биљака (нпр. парадајз, диње, јагоде) зависи од опрашивања инсектима. Пластеници могу бити затворен систем са унетим гајеним опрашивачима, или полуотворени, што омогућава дивљим и гајеним опрашивачима да несметано улазе. Дивље пчеле и муве су међу најважнијим опрашивачима, а медоносне пчеле и бумбари се углавном комерцијално користе за опрашивање у стакленицима [21]. У тропским крајевима безжаочне пчеле се успешно користе за опрашивање у стакленицима. Премештање неких врста опрашивача и интродукција нпр. неаутохтоних врста бумбара на другим континентима за опрашивање у стакленицима, изазвало је озбиљне проблеме, као што је пренос патогена између узгајаних и дивљих пчела.

Пестициди (фунгициди, хербициди, инсектициди, акарициди и сл.) се првенствено користе у заштити гајених биљних врста против штеточина и болести и укључују синтетичке хемикалије, биолошке агенсе, нпр. *Bacillus thuringiensis* (Bt) или друге препарате биолошког порекла као што су пептиди отрова паука [53]. Пестициди такође играју кључну улогу у јавном здрављу, на пример у контроли вектора болести попут комараца, нпр. примена ларвацида, адултицида. Инсектициди широког спектра, који се генерално сматрају већим ризиком за опрашиваче, користе се на пољопривредним површинама, у урбаним срединама, као што су баште, паркови, и за контролу штетних инсеката и вектора обољења као што су комарци [54]. Директна изложеност опрашивача пестицидима може се вр-

шити на више начина, укључујући узимање контаминираних полена, нектара, медљике или воде (нпр. из контаминираних локви у оквиру поља), контакт са наносом или честицама у току примене на лишћу и контакт са остацима на лишћу и цветовима. Солитарне пчеле такође могу бити изложене путем резидуа у земљишту и на биљном материјалу који користе за изградњу гнезда [55].

Јасно је да опрашивачи могу бити изложени широком спектру пестицида у пољопривредним и урбаним срединама.

Генетички модификовани организми (ГМО) који се користе у пољопривреди носе својства отпорности на инсекте, толеранције на хербициде, или оба. Иако се опрашивачи сматрају нециљним организмима у односу на ГМО, они могу бити подложни директним или индиректним ефектима. Директни ефекти изложености инсеката опрашивача на инсект отпорне биљне културе показују да нпр. Bt-токсини нису летални за полинаторе из редова Hymenoptera и Coleoptera, али могу бити за Lepidoptera. Биљне културе отпорне на инсекте доводе до глобалног смањења употребе инсектицида, што заузврат позитивно утиче на разноврсност инсеката. Са друге стране, због употребе хербицида, поља са биљкама толерантним на хербициде имају за последицу смањење броја корова атрактивних за опрашиваче, што може довести до смањења опрашивача у ГМ-пољима [56].

Болести пчела имају неке негативне утицаје на колоније или популације опрашивача, па се истичу као потенцијални узрочници њиховог опадања [35, 57]. Паразити и патогени пчела могу бити широко распрострањени у природи, међутим, обично постају проблематични код доместификованих врста у већој бројности [58]. Разни облици стреса, као што су пестициди или лошија исхрана могу да утичу на повећање нивоа болести. Болести се често шире као последица технологија гајења пчела, а већина студија се односи на медоносне пчеле, нешто мање на бумбаре и много мање на остале гајене пчеле. Пчелиње болести могу се пренети са једне на другу врсту (нпр. вирус деформисаних крила (DWV) између медоносне пчеле и бумбара), или унутар истог рода када узгајане пчеле пренете у нове области могу да шире болест на аутохтоне сродне врсте (нпр. *Apis* и *Varroa* [58]; *Bombus* и *Nosema* [59]).

Од укупно преко 2.050 врста пчела присутних у Европи, према најновијем прегледу [60], на подручју Србије је литературно документовано или на различите начине процењено вероватно/могуће присуство око 840–850 врста [61]. У недавној IUCN студији за подручје Европе [62], која је обухватила до тада потврђених 1.942 врсте, 77 (4%) је сврстано у регионално угрожене категорије (CR, EN, VU), 764 су процењене са малим ризиком (NT, LC), али чак 1.101 врсте није било могуће евалуирати (DD). Од угрожених врста, 33 су присутне и у фауни Србије, у оквиру три категорије угрожениости, (CR: 2, EN: 20, VU: 11).

ГАЈЕНЕ ВРСТЕ ПЧЕЛА КАО ОПРАШИВАЧИ

Медоносна пчела (Apis mellifera)

Међу значајним инсектима опрашивачима у пољопривреди познате су пчеле, посебно медоносне, бумбари, безжаочне и солитарне пчеле. Иако је познато преко 20.000 врста пчела, до сада је било могуће доместификовати само неке од њих. Познато је да седам врста медоносних пчела припадају роду *Apis*, од којих су две најчешће гајене: западна (*Apis mellifera*) и источна медоносна пчела (*Apis cerana*) [63]. Обе ове врсте пчела људи гаје хиљадама година у кошницама које се често премештају пратећи токове нектара, углавном ради производње меда, или због опрашивања [64].

Проналаском кошнице која се отвара са горње стране и покретних оквира у њој (од стране Langstroth-а 1853), започело је савремено пчеларство са медоносном пчелом (слика 1). На тај начин омогућено је пчеларима да убирају мед без разарања саћа, врше провере на болести и уклоне оквири да размноже нове колоније. Међутим, у многим подручјима света (нпр. Африка и Азија), пчеле се и даље чувају у једноставним кутијама, вршкарама од прућа, шупљим деблима, зидовима кућа, глиненим посудама. Из њих се за сакупљање меда уништава саће, а када су присутне болести, оне се тешко откривају и третирају. Са друге стране, у савременом пчеларству са покретним оквирима, ризик од ширења болести се повећава [65].



Слика 1. Медоносне пчеле *Apis mellifera* на покретном раму извађеном из кошнице на пчелињаку Апицентра, село Вранић, Барајево, Београд. Фото: Љ. Станисављевић

Након колонизације новог света, Европљани су донели медоносну пчелу (*A. mellifera*), а касније је ова врста пренета у Азији, тако да је данас присутна на свим континентима – осим Антарктика. Медоносне пчеле су првобитно гајене углавном за производњу меда и воска, док је гајење ради опрашивања пољопривредних култура накнадно порасло у неким развијеним земљама широм света. Ово одражава чињеницу да њихова укупна вредност као опрашивача далеко надмашује вредност меда које произведу [63]. У САД, *A. mellifera* чини више од 90% гајених пчела. Допринос дивљих опрашивача у производњи воћа и поврћа у САД-у је мањи од 20% у односу на гајене пчеле [66]. *Apis mellifera* је најраспрострањенији узгајани опрашивач на свету.

Премештање различитих гајених врста пчела широм света у регионима где их раније није било, иако је корисно када је у питању производња меда и опрашивање, често има и негативан утицај кроз ширење болести и замену локалних опрашивача [67]. Међутим, пчеларење са аутохтоним пчелама, може се посматрати и као начин очувања и унапређења локалне фауне и производње хране [68]. Број колонија медоносне пчеле у датом подручју се може повезати са понудом и потражњом за опрашивањем или са ценом меда. Због тога су стварни број гајених колонија и потреба за њима одређени спољним факторима, ван контроле пчелара [69]. Потражња за опрашивањем расте брже од понуде гајених опрашивача нарочито у развијеним подручјима света [70].

Растући захтеви за опрашивањем и потрага за бољим подручјима за производњу меда су усмерили пчеларе да чешће селе своја друштва у многим деловима света. Овај „миграциони“ тренд је одавно повећан, међутим, пчеле су премештане од када су људи и почели да их гаје. Пошто производња меда зависи од доступности цветова у непосредном окружењу, пчелари знају да премештањем кошница у области са издашнијом пашом (ток нектара) могу да произведу више меда. Потреба да се премештају кошнице за производњу меда, а недавно и за опрашивање, учинила је селидбу код пчелара уобичајеном праксом у многим деловима света [71]. Пчелиња друштва се најчешће пресељавају ноћу на краћим растојањима, али ако су у питању веће раздаљине онда пчеле морају бити затворене мрежама на великим камионима за превоз. Током селидбе неке пчеле се изгубе или остану, што може утицати на ширење болести и штеточина у нове области. Најекстремније селидбено пчеларство за потребе опрашивања дешава се у САД сваке године, када се преко 1,6 милиона кошница преселе из целе САД у Калифорнију за опрашивање бадема у фебруару и марту [72]. Селеће пчеларство је корисно за пчеларе због повољних финансијских опрашивачких уговора или због повећања производње меда. Главни приход за пчеларе долази од изнајмљивања кошница за услуге опрашивања; мед и восак су постали споредни производи. Просечна вредност изнајмљивања по кошници у 2004. години била је око 54

US\$ [73]. У 2006. години вредност изнајмљивања је скочила на око 140 US\$ [21]. Међутим, селеће пчеларство има утицај на локалне медоносне и солитарне популације пчела, што олакшава брзо ширење болести и штеточина пчела и преливање патогена на аутохтоне популације пчела. Поред наведеног, светска трговина пчелињим производима (мед, восак, полен и прополис) још један је начин за ширење болести и штеточина у новим областима. Болести и штеточине могу да опстану на пчелињим производима, којима се тргује, и тако постају извор за ширење на нова подручја, ако се користе у пчеларству или нпр. за узгој бумбара (нпр., полен, или матични млеч може садржати разне болести које се затим прошире глобално ако се користи за одгој матица при увозу у области без болести) [64, 74, 75].

Премештање пчелињих врста на нове области или континенте може да изазове неочекиване додатне ризике изван ширења штеточина и болести и може укључивати: промене у локалним фаунама пчела, конкуренцију за ресурсе и промене у пчеларској пракси са новоинтродукованим врстама [76, 77]. Један од примера је увоз кавкаске подврсте медоносне пчеле *A. m. caucasica* у националном парку Sevennes у Француској да би заменила локалне аутохтоне пчеле *A. m. mellifera*; ово је довело до интродукције пчелињег крпеља *Varroa* који је онда углавном „збрисао“ аутохтоне пчеле у тој области [78].

Република Србија има традицију у пчеларству, које је организовано по принципу удруживања појединачних пчелара у локалним организацијама (нпр. општинска или градска), а које све повезује Савез пчеларских организација Србије (СПОС) као кровна организација под чијим покровитељством се организују многобројна предавања, трибине, изложбе и сл. СПОС издаје и стручни часопис Српски пчелар.

Према подацима из пописа пољопривредних газдинстава из 2012. године, у Р. Србији је било нешто више од 15.000 индивидуалних пчелара са око 674.000 кошница, што је у просеку око 45 кошница/пчелар (нпр. у Северној Америци тај просек је око 12). Приноси меда сезонски варирају и износе 7–13 кг/кошници, или 300–600 кг/пчелару у Србији, док је нпр. у Европи тај просек око 350 кг/пчелару.

У последње време Србија извезе и до 2/3 произведеног меда и то највише у ЕУ, северну Африку, Индију и Јапан (земље са традиционално високом потрошњом меда). Финансијска добит од извезеног меда може бити и знатно већа, уколико се тај посао буде у блиској будућности реализовао на организован начин, што је према најави СПОС-а и ресорног Министарства и реално остварљиво. Цена меда на поменутиим тржиштима је знатно већа него код нас, па је и то један од подстицајних разлога за повећање интересовања.

Ресурси нектара су у Р. Србији разноврсни захваљујући богатству у типовима екосистема и предела, а свега око 5% искоришћени, што даје

огромну могућност за развој пчеларства и повећање укупне производње меда. Ипак, професионални пчелари су традиционално сконцентрисани у појединим регионима Србије, па није редак случај да се на једном месту нађе и већи број кошница од оптималног. У Србији постоји тренд раста броја кошница: 2012 (674.000; 2016 (808.000), пре свега зато што се повећао број пчелара почетника, а као могућности допунске зараде [79].

Бумбари (Bombus spp.)

Због слабије ефикасности опрашивања медоносне пчеле за неке гајене биљке и опасности од зависности од само једног гајеног опрашивача, многи истраживачи су истраживали могућност комерцијализације других опрашивача, нарочито бумбара. Од касних 1980-их, постало је могуће domestikovati неколико врста бумбара и користити их комерцијално за опрашивање неколико биљних врста. Свеобухватну студију о историји припитомљавања бумбара и различитим гајеним културама у којима се бумбари користе за опрашивање дали су Velthuis & van Doorn [80]. У Белгији је први пут примењена технологија њиховог гајења, а постепено се раширила и на друге земље у Европи (Француска, Немачка, Велика Британија, Италија, Холандија, Турска, Шпанија и Русија), Нови свет (САД, Канада, Мексико и Чиле), Азија (Јапан, Кореја и Кина), Блиски исток (Израел) и Нови Зеланд. Бумбарске врсте имају предност над другим гајеним опрашивачима због веома ефикасног начина опрашивања вибрирањем цветова. Род *Bombus* обухвата око 250 врста глобално [81], али комерцијално се узгаја пет врста, а међу њима углавном две: *B. terrestris* (слика 2) у Европи и Азији, и *B. impatiens* у Северној Америци [80]. Од њих *Bombus terrestris* је најраспрострањенија врста. Они се користе за око 20 биљака од којих је парадајз најважнији. Друге биљке за које се бумбари користе као опрашивачи укључују јабуке, крушке, малине, боровнице, бруснице, детелине, паприке, краставце, бундеве. У 2004. години било је произведено близу милион бумбарских колонија које су коришћене за опрашивање [80]. Бумбари се гнезде у кутијама и тако транспортују на поља, где се постављају на погодним локацијама. Друштва се брзо и лако прилагођавају новој средини и почињу да посећују цветове.

Масовно уношење гајених колонија, унутар или изван природног ареала тих гајених врста, препознато је као један од главних претњи аутохтоним бумбарима и осталим врстама пчела [82]. Интродукција ствара ризике у конкуренцији за ресурсе укључујући места за гнезђење, ризик преношења болести и патогена и ризик репродуктивне интерференције због међусобног укрштања интродукованих са аутохтоним бумбарима [83]. Почетни ризик настаје када интродуковани комерцијални бумбари побегну у дивљину, потенцијално постају инвазивни, надмећу се са аутохтоним бумбарима. Два добро описана случаја су увоз и каснија нату-



Слика 2. Радиллица бумбара *Bombus terrestris* на цвету георгине (*Dahlia* sp.) Вучје, Лесковац. Фото: Љ. Станисављевић

рализација *B. terrestris* у северни Јапан (Хокаидо) 1990-их [84]. Недавни случај био је брзо ширење *B. ruderatus* и *B. terrestris* у Јужној Америци. Тамо постоји ризик од конкуренције за места гњежђења и за цветне ресурсе између интродукованих врста и свих осталих аутохтоних врста пчела [85].

Солитарне пчеле (*Megachile*, *Osmia*, *Nomia*)

Поред бумбара, неколико других аутохтоних врста солитарних пчела, као што су пчеле зидарице (масони) (*Osmia* spp.), алкална пчела (*Nomia melanderi*) и пчела луцеркин листорез (*Megachile rotundata*), које су ефикаснији опрашивачи неколико гајених биљака, постали су комерцијално доступни за обављање услуге опрашивања [21, 86].

Солитарне пчеле се користе за опрашивање пољопривредних култура скоро читав један век. Најдуже гајене врсте несумњиво су луцеркин листорез (*M. rotundata*) [87], интродукована у Северну и Јужну Америку и Аустралију, алкална пчела (*N. melanderi*) [88], плава пчела воћњака (*Osmia lignaria*) [23], обе се користе у Северној Америци, *O. cornifrons* у Јапану

[89], европске пчеле воћњака *O. cornuta* и *O. bicornis*. Пчела воћњака *O. cornuta* је 90-тих година 20 века интродукована у САД из Србије (тада Југославија), Шпаније и Француске због њене ефикасности у опрашивању јабука и других воћних врста. Као опрашивач показала је позитивне ефекте јер уопштено утиче на повећање приноса воћних врста, а посебно се истиче у неповољним условима (хладна пролећа) када обезбеђује прихватљиве приносе биљака [24]. Нема евиденције о негативним ефектима на аутохтоне опрашиваче ни у САД нити у свом природном ареалу [23].

Луцеркин листорез *M. rotundata* (слика 3) је аутохтона у Медитерану и Средњем истоку. Она је случајно интродукована у Северну Америку око 1940. године. Убрзо после тога откривена је њена ефикасност у опрашивању луцерке. Уследиле су интензивна истраживања њене биологије и могућности за коришћење као опрашивача луцерке да би се повећала производња семена [87]. *M. rotundata* припада групи солитарних пчела, са израженом особином грегарности. Оне се гнезде изнад земље у шупљинама великог броја сувих биљних делова, као што су шупље стабљике и гранчице, али такође и у тунелима вештачких цевчица, као што су избушене рупе у комадима дрвета. Одавно су развијене методе за њено масовно гајење у аридним пределима САД и Канади [90]. Канада држи монопол над снабдевањем овом солитарном пчелом у целом свету. Углавном се продају као кокони са предлуткама. На пољима луцерке која се опрашује овом пчелом добијају се приноси семена од 500 до 1000 kg/ha. Ова пчела се користи и за опрашивање шаргарепа, лубеница и хибридне уљане репице.



Слика 3. Женка пчеле луцеркин листорез *Megachile rotundata* на цвету луцерке (*Medicago sativa*). Фото: ARS, USDA

У нашој земљи луцеркина солитарна пчела је увожена пре 20–30 година и релативно успешно гајена [91, 92, 93]. Међутим, неконтролисана употреба пестицида на пољима луцерке изазива тровања и прекид метаморфозе у току инкубационог периода, па се о овоме мора водити рачуна уколико се жели адекватна примена *M. rotundata*. Бројност *M. rotundata* за опрашивање хектара луцерке се креће од 2.000–20.000, у зависности од различитог присуства и других опрашивача у појединим регионима [92, 94].

Алкална пчела *N. melanderi* је једина солитарна пчела која се гнезди у земљи, а комерцијално се користи. Она је високо грегарна врста која може да изгради на милионе гнезда по 1 ha. Пошто лете на растојањима до 3 km, њихова вештачка гнездилишта се не постављају близу једни другима [21, 88].

Пчеле масони (зидарице), веома су ефикасни полинатори биљака које цветају у рано пролеће. У Јапану се солитарна пчела *O. cornifrons* узгаја и комерцијално користи навелико за опрашивање јабука [23, 95]. Данас се у Јапану две трећине воћњака са јабукама опрашује овим пчеламa. Оне су интродуковане у САД и Кину где се користе за опрашивање, а недавно је употреба *O. cornifrons* проширена и на Јужну Кореју [96]. Осим јапанске, данас се за опрашивање воћака у САД користи и аутохтона *O. lignaria* која се тамо комерцијално употребљава као опрашивач у воћњацима различитих врста. Њена примена је у сталном порасту. Око 500–600 женки *O. cornifrons* или око 600–1.800 *O. lignaria* је довољно за опрашивање 1 ha јабука. За исту површину потребно је две до шест кошница медоносне пчеле са хиљадама јединки [97].

Обе европске врсте *O. cornuta* (пчела воћњака) (слика 4) и *O. bicornis* се у Србији узгајају и користе за опрашивање воћњака јабука, крушака, трешања и малина. Биологија врсте *O. cornuta* је посебно истражена у Србији, а технологија за њено узгајање је развијена на Биолошком факултету Универзитета у Београду [24]. Постоји велики потенцијал за комерцијализацију обе врсте због пораста потражње како у Србији тако и у многим другим земљама Европе (Италија, Шпанија, Немачка, Француска). Истраживања на плантажним воћњацима трешања, јабуке и крушке показала су да су ове врсте незаменљиви опрашивачи нарочито у време хладних и променљивих пролећа. Србија је у последњој деценији постала водећа земља по производњи малина. Иако се малине још увек гаје на мањим површинама (10–100 aри), често у природном окружењу, али уз примену интензивних агротехничких мера укључујући и хемијска средства за заштиту, примећено је да се уз примену гајене *O. bicornis* принос и квалитет малине повећава [24].

Гајене солитарне пчеле, за разлику од медоносне и бумбара, мање су проучаване са аспекта ризика који они представљају за њихову околину. Гајене солитарне пчеле, које се преместе или једноставно интродукују на нове локалитете, могу да утичу на врсте природних опрашивача и опра-



Слика 4. Женка солитарне пчеле *Osmia cornuta* на цвету кајсије (*Prunus armeniaca*) Радмиловац, Београд. Фото: Љ. Станисављевић

шивање које пружају [98]. Међутим, једини добро документовани случај инвазивности интродукованог опрашивача је „циновска пчела смоларица“ (*Megachile sculpturalis*), опрашивача легуминоза из средње Азије. Ова врста је случајно била интродукована у САД, и евидентирана као инвазивна у Европи [99] где је почела надвладавати нативне пчеле дрвенарице (*Xylocopa virginica*) на њиховим гнездилиштима [100].

О СТАТУСУ ИНСЕКАТА ОПРАШИВАЧА

Информације о дивљим опрашивачима првенствено су доступне из два извора, било историјских из природњачких музејских збирки и записа прикупљених од стране научника и аматера, или новијих истраживања започета као одговор на забринутост због њихових трендова опадања као основа за будућа упоређивања. За Велику Британију и Холандију, Biesmeijer et al. [43] прикупили су око милион записа о посматрању пчела и осоликих мува (сирфида) из националних ентомолошких база података за упоређивање подручја пре и после 1980. године. Пронашли су значајне падове у броју пчелињих врста на многим подручјима, а такође и тренд смањења броја биљних врста које су у вези или се ослањају на инсекте опрашиваче (Велика Британија) или пчеле опрашиваче (Холандија), у односу на биљке које се опрашују ветром или водом. Ти резултати снажно сугеришу да постоји узрочна веза између локалних нестајања функционално повезаних биљака и врста опрашивача. Неке врсте, раније бројне, нестале су, а тај тренд је наглашенији код крупнијих него ситнијих пчела. У једној студији је утврђено да је бројност честих пчелињих врста у ближој вези са опрашивањем него њихова разноврсност [101].

Студије о диверзитету врста за Syrphidae [102], и студија о пчелама, осоликим мувама и лептирима [103] дале су неке информације о статусу опрашивача, у недостатку података о трендовима њихових популација. У Великој Британији, Холандији и Белгији за четири узастопна двадесетогодишња периода (1930–2009) прегледане су три групе опрашивача. Пронађени су докази о опсежном губитку богатства врста и биотичкој хомогенизацији пре 1990. године, али су ти негативни трендови постали знатно мање наглашени током последњих деценија, чак и делимично преокренути као за пчеле у Великој Британији и Холандији. Тај опоравак приписан је престанку раста интензивног коришћења земљишта и губитка природних станишта у последњих неколико деценија [103].

МУВЕ (DIPTERA) КАО ОПРАШИВАЧИ

Муве су други по фреквентности најчешћи посетиоци цветова, а међу бројним групама значајни опрашивачи су чланови породице Syrphidae (око 20% од свих мува) [104].

Муве могу бити ефикасни полинатори дивљих и гајених биљака [105, 106], и многе од њих су евидентирани као посетиоци цветова [107]. Неке биљне културе, као што је црни лук, који ретко посећују пчеле опрашују се мувама [108], које се могу користити у пластеницима за опрашивање паприка [109]. Утврђено је да врсте из најмање 86 породица Diptera посећују цветове преко 1100 врста биљака из 172 породице [110]. Једна

врста је и комерцијално доступна за опрашивање; *Lucilia sericata* (обична зелена мува) под комерцијалним називом “Natufly” (Koppert Biological System). Муве су посебно важне на већим географским ширинама [107] и високим надморским висинама, посебно у подручјима где бумбари нису присутни, као што је „алпска“ Аустралија [111].

Преко 400 врста осоликих мува је идентификовано на подручју Србије, а значајан проценат тих врста су ретке и ендемичне. У Војводини је регистровано 254 врсте сирфида.

Фауна осоликих мува на подручју Србије је изузетно добро истражена. Екологија сирфида је слабије проучавана у Србији, али постоје доста добри подаци везани за нпр. Немачку [112]. Таксономија се све више развија захваљујући интегративном приступу, тачније укључивањем већег броја метода (а нарочито молекуларних маркера COI и ITS) поред традиционалних морфолошких. Савремене методе као што је геометријска морфометрија примењена на крилима и стилима омогућава јасно разликовање криптичних и блиско сродних врста. Само у последној години је описано око 10-ак нових криптичних врста употребом интегративне таксономије, а већина је из родова *Merodon* и *Chrysotoxum*.

Поједине цветнице у потпуности зависе од опрашивања од стране Diptera [113, 114], посебно у условима када су пчеле мање присутне или слабије активне. У арктичким, алпским и брдским пределима сирфида су најзначајнији полинатори. У појединим европским земљама је нађено да осолике муве посећују више од 70% дивљих биљака које опрашују животиње. Оне посећују и могу опрашивати одређене биљке које се иначе опрашују ветром као што су траве [115]. Ситни двокрилци, углавном осолике муве (Syrphidae), су најзначајнији полинатори у грмљу са малим и неупадљивим цветовима [9, 116]. Оне опрашују цветове више од 100 гајених биљака, као што су јагоде [117], детелина, слачица, шаргарепа, јабуке [118], празилук [119], затим какао, манго и друге економски важне културе.

Према Правилнику о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива [120], 33 врсте осоликих мува се налазе на листи строго заштићених дивљих врста, а 44 врсте су заштићене. Током истраживања у Војводини од тих врста пронашли смо *Chrysotoxum lineare* (слика 5), а од заштићених врста регистроване су *Cheilosia hypena* (слика 6) и *Eumerus clavatus* (слика 7). Налаз врсте *C. lineare* је врло значајан услед чињенице да је врста ретка на Европском нивоу и одсутна из јужних делова континента. У неким европским државама је можда ишчезла (југ Шведске и Португалија). На IUCN црвеној листи не налази се ни једна врста сирфида.



Слика 5. *Chrysotoxum lineare*. Фото: З. Марков



Слика 6. *Cheilosia hypena*. Фото: З. Марков



Слика 7. *Eumerus clavatus*. Фото: З. Марков

ЛЕПТИРИ (LEPIDOPTERA) КАО ОПРАШИВАЧИ

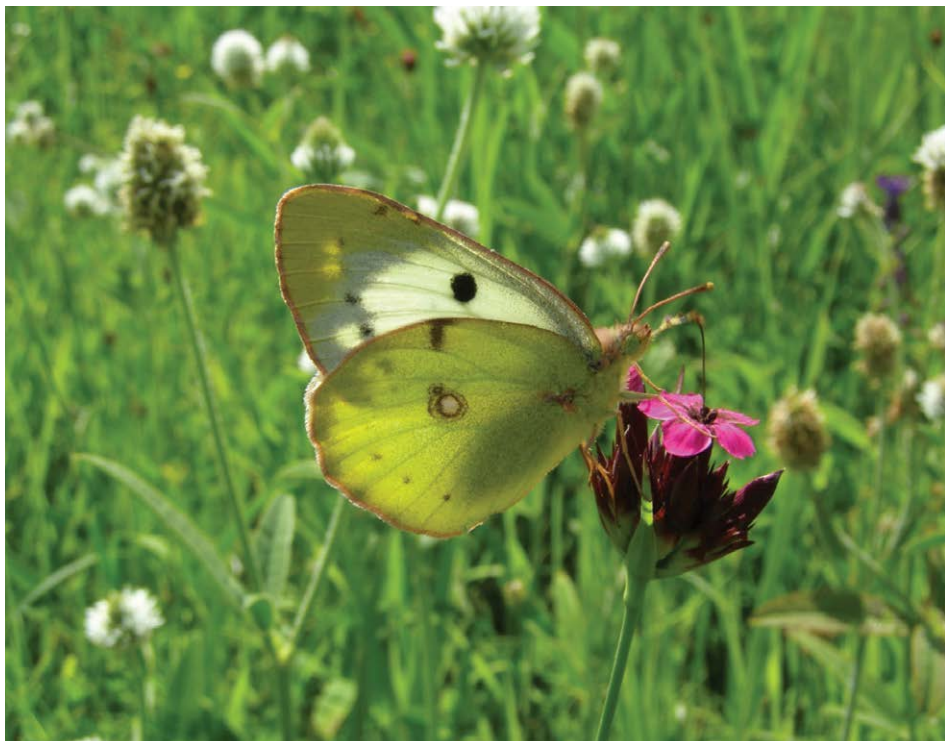
Биолошки значај полинације први је разјаснио Darwin [121] у класичном раду посвећеном врсти *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae). Од тада је урађено много студија у којима је неоспорно доказана полинаторска улога инсеката. У односу на остале групе инсеката лептири су у Европи релативно незаступљени као полинатори. Представници лептира (Insecta, Lepidoptera) у Србији су такође били предмет изучавања овог процеса. Само 24 године после Дарвиновог рада др Радмило Лазаревић, зачетник српске лепидоптерологије, публикувао је рад у коме је истакнута полинаторска улога лептира [122]. Цитираћемо овде део његовог текста са циљем да покажемо исправност његових запажања: „Познато је да неке феле лептирова посећују само извесно цвеће. Цвеће са узаним и дугачким цвастим чашицама могу посећивати само лептирови, јер они могу да својим дугим сисалкама достигну до дна њихова, нпр. каранфил.“ ... „Лептирови посећују биљке и преносе оплодни прах са цвета на други цвет да би се тиме извршило оплођење и распрострале се дотичне биљне феле, јер су многе од њих јединствено упућене на оплођивање с помоћу инсеката.“ После Лазаревићевог рада [122] публикована су још два рада на српском језику у којима је анализирана полинација уз учешће лептира. Грозданић и Васић [123] су показали да 5 врста дневних лептира посећују врсте рода *Mentha* у околини Београда. Јакшић [124] је утврдио да 17 врста дневних лептира на подручју Бора, Приштине и Брезовице (Шар-планина) посећује врсте рода *Mentha*.

Према класичној ентомолошкој литератури [125] полинација може бити облигатна, факултативно-облигатна и факултативна. Облигатна полинација подразумева обостране морфолошко-анатомске, физиолошко-биохемијске и еколошке адаптације код биљне врсте и њеног опрашивача. Класичан пример је мутуална симбиоза између јуке (*Yucca glauca*) и жукиног лептира (*Tageticula yuccosella*), оформљена кроз дуготрајни коеволуциони однос. Факултативно-облигатна полинација уз помоћ лептира је забележена код анемофилних врста биљака (примарно опрашивање је ветром) чијим поленом се хране (а тада се и обавља полинација) лептири из фамилије Micropterigidae. Ово је у Србији још потпуно непроучена фамилија примитивних Microlepidoptera и до сада су познате само две врсте. *Micropterix aruncella* (Scopoli, 1763) и *M. calthella* (Linnaeus, 1761) [126]. Добро је проучен пример исхране ових врста поленом *Plantago media* [161].

Полинација посредством лептира у нашим условима је најчешће факултативна. На слици 8 то се лепо види: лептир Кавкаски поштар – *Colias balcanica* Rebel, 1903. је снимљен у моменту полинације каранфила, а полинарије на његовој сурлици показују да је пре тога извршио полинацију орхидеје. Полинација се може остварити на неколико начина. Односно,

централно питање је како лептири могу преносити полен. Лазаревић је у поменутом раду [122] навео неке од њих: лепљењем за сурлицу или сисаљку (*galea maxila I, proboscis*), на глави, са стране тела или на једно око.

Само код малог броја биљних врста постоји адаптација на полинацију дугачком сурлицом коју имају поједине групе лептира. Ту адаптацију, исказану прецизним међуодносом дужине тубуса цвета и сурлице лептира, потврдио је Nilsson [127]. Полинација је свакако последица – узрок посете је прехрана нектаром. Али не мора увек бити тако. Још је Лазаревић у наведеном раду [122] приметио, а недавно су то потврдили и Brys & Jacquemyn [128], да кичица – *Centaurium erythraea* (*Gentianaceae*) уопште не формира нектар а ипак су инсекти (примарно *Syrphidae*, *Apidae*, *Empididae*, секундарно *Lepidoptera*) њени опрашивачи. Код каранфила (врсте рода *Dianthus*), напротив, продукција нектара је обилна а због карактеристичне грађе цвета лептири су најважнији, ако не и једини опрашивачи. Willemstein [125] наводи петнаестак врста лептира који опрашују неколико врста каранфила. Полен се лепи за ноге лептира и тако преноси до наредног цвета. Ми смо утврдили већи број врста дневних лептира које посећују каранфил, један од тих примера је илустрован на слици 8.



Слика 8. Кавкаски поштар - *Colias balcanica* Rebel, 1903 на цвету врсте рода *Dianthus*, Копаоник, Јарам. Фото: П. Јакшић



Слика 9. Полинарија на сурлици лептира Жутац (Лимуновац) – *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758). Јелашничка клисура. Фото: П. Јакшић

Класичан пример полинације лептирима који за узврат добијају нектар је полинација орхидеја. Darwin [129] је први студирао овај међуоднос. Орхидеје формирају пакетиће полена – полинарије које се на тело инсеката лепе помоћу лепљивих висцидијума. Полинарије могу пренети бројне групе инсеката, међу њима и лептири (зато је ово факултативна полинација). Већина орхидеја формира нектар који је богат са аминокиселинама. Насупрот, цветови орхидеје *Anacamptis pyramidalis* немају нектар и инсекте привлаче мимикријом, имитирајући цветове других биљних врста које формирају нектар. Колико је овај међуоднос уско специјализован показује студија Micheneau et al. [130]. Аутори су показали да се полинарије различитих врста орхидеја лепе за различите, строго дефинисане, делове сурлице (пробосциса): његову базу, базу вентрално, базу дорзално, затим на предњи део палпи, на главеном штиту, или на врху главе.

Nazarov & Efetov [131] су студирали опрашивање лептирима орхидеје *Anacamptis pyramidalis* на Криму. На 10 локалитета током 147 часова теренског рада узорковано је 288 индивидуа лептира са 621 паром полинарија *A. pyramidalis*. Опрашивачи су били представници 23 врсте лептира из 8 фамилија. Најбројнији полинатори су биле врсте рода *Zygaena*



Слика 10. Пет полинарија на сурлици Смеђег скелара – *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1806). Јелашничка клисура. Фото: П. Јакшић

(Lepidoptera, Zygaenidae) са 502 полинарије. Аутори су показали да су у односу на женке мужјаци чешће посећивали цвасти *A. pyramidalis*, међу преносиоцима полена 79% су били мужјаци. То је објашњено чињеницом да цветови ове орхидеје имају боје и шаре које одговарају бојама и шарама крила женки ових Zygaenidae.

Ми смо регистровали више таквих примера преношења полинарија лептирима. На подручју Јелашничке клисуре код Ниша, Сава Петровић [132, 133] је утврдио присуство више врста орхидеја: *Traunsteinera globosa*, *Dactylorhiza cordigera*, *Orchis laxiflora*, *Himantoglossum hircinum*, *Anacamptis pyramidalis* и друге. На том локалитету смо утврдили неколико врста лептира са полинаријама на сурлицама: *Gonepteryx rhamni*, *Colias crocea*, *Ochlodes sylvanus*, *Thymelicus lineola* и *Agrius convolvuli*. (слика 9, слика 10),

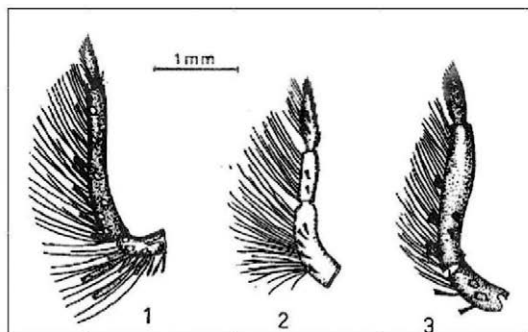
Други начин преноса полена је помоћу длачица на телу лептира. Крупнији дневни лептири (Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae) нису погодни за пренос јер су им ноге дуге и због тога не додирују прашнике док су на цвету, али врсте из фамилија Hesperidae и Lycaenidae мањих су димензија, краћих ногу, и они могу прикупити и пренети полен. Као пример таквог полинатора утврдили смо врсту *Thymelicus lineola* (слика 11).



Слика 11. Поленова зрна на телесним длачицама Смеђег скелара – *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1806). Фото: П. Јакшић



Слика 12. Мрки шаренац – *Melitaea diamina* (Lang, 1789) Пријепоље, Милешевка.
Фото: П. Јакшић



Слика 13. Доњеусни сежњаци (palpes labiales) три врсте лептира који су најчешћи опрашивачи *Mentha longifolia* L. (Huds.): 1. *P. icarus*, 2. *L. tityrus* и 3. *P. napi* [124]

Са друге стране, биљке овај проблем решавају тако што су им прашници високо уздигнути, чиме је омогућен транспорт полена длачицама на грудима и абдомену лептира (слика 12).

Трећи начин преноса полена је помоћу доњеусних сежњака (palpes labiales). Јакшић је у наведеном раду [124] изнео извесна запажања о томе. Анализирао је овај део усног апарата код три врсте лептира: *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775), *Lycaena tityrus* (Poda, 1761), обе врсте из фамилије Lycaenidae, и *Pieris napi* (Linnaeus, 1758), из фамилије Pieridae. Аутор је запазио да су доњеусни сежњаци увек троделни, али су поједини њихови делови различито развијени; као и да је величина сежњака униформна, иако се величина тела наведених врста битно разликује. Исто тако, сежњаци садрже ситне длачице. То упућује на могући закључак да је овај орган прилагођен, између осталог, и полинацији (слика 13).

Тешко је дати процену о економској вредности полинације коју обављају лептири. Али, извесно је да лептири својим континуираним присуством од почетка до краја вегетационе сезоне и својом бројношћу доприносе полинацији. На тај начин они доприносе одржавању специјске разноврсности. Нарочито је значајна њихова улога у одржавању метапопулационе структуре биљних врста јер као добри летачи могу пренети полен на већу раздаљину. То, са своје стране, доприноси стабилности и функционалности екосистема.

Лептири нису значајни опрашивачи као пчеле у многим екосистемима, јер ређе посећују цветове од пчела, а такође могу да депонују мање полена по посети, па су њихова бројност и товари полена често мањи. Међутим, они могу да пренесу високо квалитетан полен на цветове јер често лете на релативно већим растојањима [3].

Главни узрочници губитка и деградације станишта лептира у вези су са интензивирањем пољопривреде, иако климатске промене играју улогу, као и промене у газдовању шумским и травнатим подручјима која

утичу на биљке домаћине лептира и нектарске ресурсе. Иако су неке врсте ноћних лептира такође важни опрашивачи, много је мање студија њихове динамике популација осим економски значајних врста као штеточина. Неки ноћни лептири имају блиске коеволутивне односе са биљкама од којих узимају нектар, уз повезаност између дужине пробосциса и величине крунице [134]. Многе фамилије крупних ноћних лептира, укључујући Sphingidae, Erebidae, Noctuidae и Geometridae, обухватају велики број врста које се хране нектаром и које су потенцијални опрашивачи, али наше садашње знање о тим, првенствено ноћним опрашивачима није довољно. Чини се да је њихова дистрибуција више позната него њихова важност као опрашивача или тренд кретања популација, али подаци о крупним ноћним лептирима у Великој Британији показују пад од 28% у 40-годишњем периоду од 1968–2007 [135].

Тренутни статус готово свих дивљих популација опрашивача је нејасан и тешко га је проценити због недостатка података. Неколико ревијалних студија указују да се популације (разноврсност и бројност) опрашивача могу одржавати током дугог временског периода, уколико су станиште које обезбеђује места за гнезђење и извор хране очувани. У истраживањима су изражени трендови који указују да губитак или промене станишта, интродукција болести и штеточина, страних конкурената и инвазивних биљних врста и повећана употреба пестицида, доводе често до пада бројности популација опрашивача. Један важан тренд који се може издвојити из упоредних истраживања између нарушених и ненарушених предела јесте да велики поремећај станишта не може само да доведе до осиромашења фауне опрашивача него и до просторне хомогенизације пчелињих заједница [103, 136].

ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ИНСЕКТА ОПРАШИВАЧА У СВЕТУ

Веза између опрашивања и квалитета људског живота мери се кроз користи/добробити које људи имају од ове услуге. Због сложености чињенице шта добар квалитет живота подразумева, користи од опрашивања могу да имају више димензија у зависности од врсте доприноса, као што су доступност основних намирница или квалитет хране [137]. Ова вишедимензионална корист се означава као вредност од опрашивања. Економско вредновање, очување и одрживо коришћење услуге опрашивања може бити веома информативно за пољопривреднике. Већина ранијих студија процена опрашивања усмерена је ка гајеним медоносним пчелама и цене производње на пољима и воћњацима где оне доприносе производњи.

Инсекти опрашивачи, као кључна компонента глобалне биолошке разноврсности, пружају виталне услуге екосистема за гајене и дивље

биљке [2, 35]. Међутим, постоје докази о недавном опадању (разноврсности и бројности) дивљих и гајених опрашивача и паралелном опадању биљака које се ослањају на њих. Опадање опрашивача може резултирати губитком услуга опрашивања, што може имати значајан негативан еколошки и економски утицај који може знатно да утиче на одржавање разноврсности дивљих биљака, ширу стабилност екосистема, производњу гајених биљака, сигурност у производњи хране и на добробит људи [35, 43].

Значај опрашивача и услуга од опрашивања често се могу проценити у економском смислу, како би се повезали са доношењем одлука о економским последицама [138]. Економска процена опрашивача и услуга од опрашивања мере се према њиховој укупној економској вредности (*total economic value* - TEV). Са економског аспекта, укупна вредност услуга једног екосистема је збир практичних разлога које друштво мора да одржава. Та укупна вредност је обично подељена на (I) употребне вредности, вредности добити које људи стичу од функционисања екосистема (нпр. опрашивање гајених биљака); и (II) неискоришћене вредности, вредности које људи приписују постојању екосистемских услуга, без обзира на њихову стварну употребу (постојана, неупотребна вредност, нпр. постојање опрашивача) или вредност која садржи потенцијал да искористи услуге екосистема у будућности (опциона вредност нпр. врсте које би могле да опрашују гајене биљке у будућности). Као што је и наведено, полинатори и опрашивање имају употребну вредност, јер се крајњи производи њихове услуге могу користити директно од стране људи, као што је случај са плодовима и семенима биљака или медом (потрошачка употреба), као и за разоноду и естетику створену присуством опрашених дивљих биљака у оквиру предела (непотрошачка употребна вредност). Опрашивање такође може да обезбеди индиректну употребну вредност кроз подршку размножавања и генетску разноврсност дивљих и гајених биљака које су корисне за људе. Коначно, употребна вредност полинатора и опрашивања такође садржи опциону вредност (вредност која се може јавити у будућности као могућност да се сачува избор опрашивача за зависне производе) и вредност осигурања (капацитет опрашивачке заједнице за смањење садашњих и будућих ризика у вези са коришћењем услуга опрашивања [139]).

Услуге опрашивања се сматрају екосистемском услугом. За дивље опрашиваче који потичу из природног екосистема, као што је шума или земљиште јасно је да пружају поменуту услугу, али нејасноће и даље постоје када су у питању гајени опрашивачи јер се они могу сматрати као узгајана стока, далеко од природних. Међутим, они се користе за пружање услуга у пољопривредним системима који, иако тешко одрживи, остају функционални екосистеми, нпр. агро-екосистем, [140]. Тако описане, услуге опрашивања од гајених опрашивача су екосистемске услуге које нуди агро-екосистем. За разлику од многих добро квантификованих услуга екосистема, услуге опрашивања пружају покретни организми који

могу да се крећу по неједнаким обрасцима у потрази за храном, што отежава прецизну процену [141]. Осим тога, услуге опрашивања су посредничке услуге, услуга која није корисна сама по себи, већ подупире друге погодности, као што су производња гајених биљака и естетика предела, помажући производњу биљака које зависе од опрашивача за сигурност хране и исхрану људи, уз репродукцију одређене биљке. Вредност посредничких услуга се процењује не гледајући њихове директне последице (опрашивање), него на њихов утицај на финални производ који се произведе (воће, поврће, семена, мед, итд.). Ови коначни производи имају тржишну цену која даје неку разумну индикацију о њиховој употребној вредности (имајући у виду да цене могу потцењивати вредности). Међутим, опрашивачи су такође коначне екосистемске услуге саме по себи због вредности у вези са њиховим постојањем. Иако ово значајније компликује прецизно вредновање услуге опрашивања, ове апстрактне користи се и даље могу економски вредновати. Сходно томе, методе вредновања добитака и губитака од опрашивача и опрашивања могу да варирају од врло једноставних врло сложених [142].

Вредновање може релативно варирати у складу са еколошким или биолошким функционисањем екосистема који подржавају опрашиваче, просторну и временску специфичност полинатора и вредност дате од стране потрошача или корисника крајњег добра добијеног од ове услуге. Економско вредновање се заснива на претпоставкама да су последице губитка опрашивачке услуге тачно познате. Велики броја фактора могу значајно да утичу на процену економске вредности добијене или изгубљене од опрашивача [142, 143].

Од краја 1960-их година, дошло је до значајног пораста интересовања за економску вредност опрашивача кроз њихову услугу опрашивања [144]. Посебно је изражен интерес у САД, неколико европских земаља, Аустралији и Новом Зеланду, где су вршене процене вредности од опрашивања за широк спектар различитих култура. Низ студија су показале да опрашивање чини веома значајан допринос пољопривредној производњи широког спектра култура, посебно воћа, поврћа и неких ратарских култура. Годишње процене економске вредности од опрашивања су сачињене на глобалном нивоу. Многе земље у развоју пружају мање информација, а од њих се највећи број односи на услугу опрашивања кафе, једну од светски најскупљих пољопривредних култура, где опрашивање значајно доприноси економским резултатима [145]. Неки од најзначајнијих примера о проценама вредности услуга опрашивања из целог света дате су у наредном тексту.

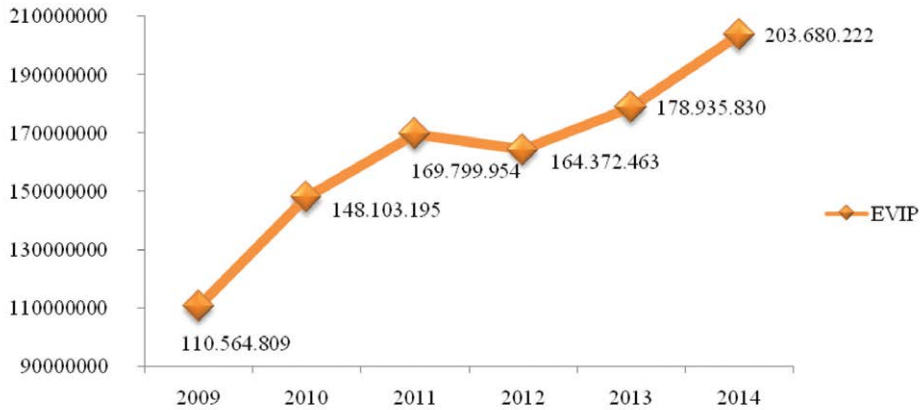
Глобално процењена корист од опрашивања гајених биљака у 2005. години, износи око 153 милијарде € или око 232 милијарде US \$ [146]. Слично, Lautenbach et al. [147], процењују економске вредности глобалних услуга опрашивања на 235–577 милијарди US\$. Има пуно примера

процене вредности од опрашивача на локалном и регионалном нивоу широм света за појединачне гајене биљке као што је кафа у Бразилу [148] и Костарики [149]. У обе студије на опрашивању кафе, закључено је да су опрашивачи из околних шумских заједница допринели повећању приноса од 7–21%. Такође, многе студије показују процене вредности од опрашивања на националном нивоу за поједине гајене биљке као што је уљана репица у Ирској, где је процењена добит од око 30% приноса уз коришћење адекватних опрашивача [150]. На сличан начин, вршене су процене вредности од опрашивачке услуге за већи број гајених биљака у пољопривреди САД, па је тако процена укупне тржишне вредности од опрашивачке услуге медоносне пчеле за 1998. годину од 21,8 милијарди US\$ [151].

Број друштава медоносне пчеле у Кини порастао је за 161% између 1961. и 2009. године, док су површина на којој се гаје воће и поврће и њихова производња повећане за чак 4,72 и 8,33 пута, респективно. Укупна процењена економска вредност од опрашивања кинеског воћа и поврћа у 2008. години од стране инсеката, износила је 57 милијарди US\$, што је чинило 25,5% укупне производне вредности 44 гајене биљке произведене у Кини [152]. Просечна економска корист од опрашивања медоносним пчелама између 2006. и 2008. године процењена је на 56,1 милијарду US\$, што је 76 пута више од вредности свих осталих директних пчелињих производа, 12,3% стварне бруто вредности кинеске пољопривреде. Ови резултати упућују на то да кинеска пољопривреда има значајну корист од опрашивања, нарочито од гајених медоносних пчела с највећом потражњом за опрашивање поврћа, воћа и памука [153].

До сада је нагласак у литератури претежно усмерен на економске вредности опрашивача, који може да занемари утицај на промене популација опрашивача као друге димензије вредности [137].

Неке од стратешки важних крмних биљака (луцерка, црвена и бела детелина ...) такође су у директној вези са медоносним и другим пчелама. Скоро на 10% обрадивих површина у Србији се налазе крмне легуминозе, што представља велики потенцијал за развој пчеларства јер многе од ових биљака радо посећују медоносне пчеле. Иако је мед од ових биљака у мањем проценту заступљен на тржишту, опрашивачка услуга од пчела (медоносних, бумбара и солитарних врста) је готово незаобилазна, имајући у виду да се приноси семена ових биљака могу повећати и до три пута (еспарзета, кокотац). Посебно се може истаћи значај пчела у опрашивању уљане репице, која се све више гаји у Србији, пратећи тренд развијених земаља, јер се од семена добија био-гориво као један од видова обновљивих енергетских извора [154]. Економско вредновање екосистемске услуге инсекатске полинације у Војводини за период од 2009–2014. године (слика 14) је вршено по методологији Gallai et al. [146]. Вредност ЕВИП (*Economic Value of Insect Pollination*) је процењена за категорије усева: воће, поврће, уљарице и легуминозе. Приликом рачунања



Слика 14. Економска вредност инсекатске полинације у Војводини за период 2009-2014. (ЕУР)

су сагледани и регионална специјализација, географски контекст као и социо-економски фактори. Зато су усеви подељени у групе: обимне културе, минорне културе и остале културе.

Добијене вредности ЕВИП указују на то да је вредност полинације током година расла са 110,5 милиона ЕУР у 2009. години до 203,7 милиона ЕУР у 2014. Изузетак од овог узлазног тренда представља 2012. година у којој је услуга опрашивања износила мање од претходне, 2011. године за 5,4 милиона ЕУР. Иако је ЕВИП за 2009. годину знатно нижа у односу на касније године, доступни скуп података о гајеним усевима и приносима за ту годину је прилично детаљнији и садржајнији, тако да је листа пољопривредних култура укључених у анализу дужа него за остале године. Процена економске вредности услуге опрашивања у овом случају је донекле потцењена, јер је у рачуницу укључена само директна употребна вредност за пољопривреду.

ЗАКОНСКА ЛЕГИСЛАТИВА У УПРАВЉАЊУ ИНСЕКТИМА ОПРАШИВАЧИМА

С обзиром на значај опрашивања за пољопривредне производе, није изненађујуће да постоји велики број закона, директива и уредби који регулишу различите аспекте везане за опрашивање и заштиту опрашивача. Док су многи од њих спроведени за пољопривредну производњу, неки инструменти политике за циљ имају заштиту природних или полуприродних екосистема, због њихове везе са пружањем услуге опрашивања. Већи део прописа у суштини су осмишљени да осигурају заштиту опрашивача против штетних утицаја (патогена, болести, хемикалија, уништа-

вања природних станишта, а код узгајаних опрашивача од неадекватних пракси газдовања).

Многи закони и прописи важе за административну јединицу унутар земље (нпр. савезне државе, покрајина, итд.). На пример, у Канади, не постоји закон који се бави опрашивачима на нивоу земље, али осам од десет провинција има законе који се односе на пчеле [155]. У САД, закони о прегледу кошнице за медоносне пчеле и лечењу болести се такође спровode на државном нивоу (United States Environmental Protection Agency). Наднационалне организације (нпр. Европска унија) такође примењују прописе за заштиту опрашивача (EU Regulations). Другим прописима, на пример смернице за тестирање агро-хемикалија, имају међународне стандарде; међутим, њихово поштовање је обавезно само када је то предвиђено у одговарајућем националном законодавству. Прописи који се односе на узгајане опрашиваче су бројни. Посебно за друштва медоносне пчеле, која се узгаја у многим деловима света. Медоносна пчела је предмет законске легислативе већ дуже време, и пре него што је њена улога као опрашивача постала цењена. У савременим пољопривредним системима медоносна пчела је позната по својој важности као опрашивач, самим тим, већина постојећих прописа о опрашивачима се односе на медоносну пчелу и пчеларство [156].

У Србији не постоје посебне законске регулативе када су у питању гајене медоносне пчеле. Из разлога добијања подстицајних средстава за пчеларе, од стране Министарства пољопривреде, медоносна пчела се у Србији налази међу осталим гајеним животињама, тако да је „покривена“ Законом о сточарству. За друге гајене врсте пчела, код нас још увек не постоји посебна регулатива, осим провере на одговарајуће патогене од стране ветеринарске инспекције.

ПРЕПОРУКЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ КОРИШЋЕЊА ГАЈЕНИХ ИНСЕКАТА ОПРАШИВАЧА

Међу гајеним инсектима опрашивачима најпознатија је медоносна пчела (*A. mellifera*) али и већи број других врста пчела и других инсеката, као што су муве. Број гајених друштава (кошница) медоносне пчеле (*A. mellifera*), главног комерцијалног опрашивача, повећао се на глобалном нивоу у последњих 50 година. Поред бројних врста пчела које се данас гаје за опрашивање, као што су бумбари, безжаочне пчеле и солитарне пчеле, гаје се и други инсекти, а њихов број се стално повећава [157]. То је највећим делом због њихове веће ефикасности у опрашивању појединих гајених биљака, али и делимично ради смањења зависности од само једног гајеног опрашивача, медоносне пчеле. Њено узгајање је постало скупље пре свега због трошкова третмана против многобројних паразита

и патогена. Треба бирати локалне врсте да би се избегли потенцијално могући ризици у вези са интродукцијом алохтоних врста. Потребна су даља истраживања ради проналажења ефикасних опрашивача оних гајених биљака које су на удару мањка опрашивања, а затим развити методе како би се осигурала одрживост бројности опрашивача, било путем одговарајућег газдовања земљиштем или развојем техника узгоја (нпр. [158]).

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Ollerton, J., Winfree, R., S. Tarrant (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321–326.
- [2] Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C, Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 274: 303–313.
- [3] Proctor, M.C.F., Yeo, P, Lack, A. (1996). *The natural history of pollination*. Portland, Oregon: Timber Press.
- [4] Willmer, P. (2011). *Pollination and Floral Ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press, pp. 778.
- [5] Richards, A. J. (1997). *Plant breeding systems*, 2nd edition. London: Chapman Hall.
- [6] Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Kremen, C., Carvalheiro, L.G., Harder, L.D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Freitas, B.M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javorek, S.K., Kennedy, C.M., Krewenka, K.M., Krishnan, S., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Motzke, I., Munyuli, T., Nault, B.A., Otieno, M., Petersen, J., Pisanty, G., Potts, S.G., Rader, R., Ricketts, T.H., Rundlöf, M., Seymour, C.L., Schüepp, C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Tscharntke, T., Vergara, C.H., Viana, B.F., Wanger, T.C., Westphal, C., Williams, N, Klein, A.M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339: 1608–1611.
- [7] Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L.G., Henry, M., Isaacs, R., Klein, A.-M., Kremen, C., M’Gonigle, L.K., Rader, R., Ricketts, T.H., Williams, N.M., Lee Adamson, N., Ascher, J.S., Báldi, A., Batáry, P., Benjamin, F., Biesmeijer, J.C., Blitzer, E.J., Bommarco, R., Brand, M.R., Bretagnolle, V., Button, L., Cariveau, D.P., Chifflet, R., Colville, J.F., Danforth, B.N., Elle, E., Garratt, M.P.D., Herzog, F., Holzschuh, A., Howlett, B.G., Jauker, F., Jha, S., Knop, E., Krewenka, K.M., Le Feon, V., Mandelik, Y., May, E.A., Park, M.G., Pisanty, G., Reemer, M., Riedinger,

- V., Rollin, O., Rundlöf, M., Sardinias, H.S., Scheper, J., Sciligo, A.R., Smith, H.G., Steffan-Dewenter, I., Thorp, R., Tscharrntke, T., Verhulst, J., Viana, B.F., Vaissiere, B.E., Veldtman, R., Westphal, C, Potts, S.G. (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications*, 6: 7414.
- [8] Michener, C.D. (2007). *The Bees of the World*, 2nd ed., Baltimore, MD, USA: Johns Hopkins University Press, pp. 992.
- [9] Larson, B.M.H., Kevan, P.G, Inouye, D.W. (2001). Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist*, 133: 439–465.
- [10] Elberling, H, Olesen, J.M. (1999). The structure of a high latitude plant-flower visitor system: the dominance of flies. *Ecography*, 22: 314–323.
- [11] Nagamitsu, T, Inoue, T. (1997). Aggressive foraging of social bees as a mechanism of floral resource partitioning in an Asian tropical rainforest. *Oecologia*, 110: 432–439.
- [12] Scoble, M.J. (1995). *The Lepidoptera: Form, Function and Diversity*. New York: Oxford University Press.
- [13] Kevan, P. G., T. P., Phillips (2001). The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5(1): 8.
- [14] Gemmill-Herren, B., Eardley, C., Mburu, J., Kinuthia, W, Martins, D. (2007). *Pollinators. Farming with Nature: The Science and Practice of Ecoagriculture* (eds Scherr, S.J.& McNeely, J.A.). Washington, DC: Island Press.
- [15] Zaid, A, de Wet., P.F. (2002). *Date palm cultivation*. Food and Agriculture Organization Plant Production and Protection Paper no. 156. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [16] Arditti, J. (1992). *Fundamentals of Orchid Biology*. New York: John Wiley & Sons. 691 pp.
- [17] Fouche, J.G., M. Coumans (1992). J.G. Coumans and M. Coumens summarize four techniques for pollinating *Vanilla planifolia*. *AOS Bull.* 61(11): 1118–1122.
- [18] Partap, U, Ya, T. (2012). The Human Pollinators of Fruit Crops in Maoxian County, Sichuan, China. *Mountain Research and Development*, 32: 176–186.
- [19] Free, J.B. (1993). *Insect Pollination of Crops*. Academic Press, London, UK, 2nd ed., p. 684.
- [20] Roubik, D.W. (1995). Pollination of cultivated plants in the tropics, FAO. *Bulletin of Agricultural Services*, 118: 1–194.
- [21] James, R.R., T.L. Pitts-Singer (2008). *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. Oxford University Press.
- [22] Obutu, G. C. (2010). Pollination: a threatened vital biodiversity service to humans and the environment. *Intl. J. Biod. Conserv.*, 2: 1–13

- [23] Bosch, J., Kemp W. (2001). *How to manage the blue orchard bee*. In Sustainable Agriculture Network, USDA-SAR Handbook Series, Book 5.
- [24] Krunić, M., D., Stanisavljević, L. Z. (2006). *The biology of the European orchard bee Osmia cornuta*. Belgrade, Serbia: University of Belgrade – Faculty of Biology, pp. 137.
- [25] Mader, E., Spivak, M., Evans, E. (2010). *Managing alternative pollinators: A handbook for beekeepers, growers, and Conservationists*. USDA-SAR, Book 11.
- [26] Sheffield, Cory S. (2014). Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *Journal of Pollination Ecology*, 12: 120–128.
- [27] Freitas, B.M, Paxton, R.J. (1998). A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology*, 35: 109–121.
- [28] Rader, R., Howlett, B.G., Cunningham, S.A., Westcott, D.A., Newstrom-Lloyd, L., Walker, M., Teulon, D, Edwards, W. (2009). Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. *Journal of Applied Ecology*, 46: 1080–1087.
- [29] Brittain, C., Williams, N., Kremen, C, Klein, A. M. (2013). Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 280, 20122767, doi: 10.1098/rspb.2012.2767.
- [30] Chagnon, M., Gingras, J, Deoliveira, D. (1993). Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, 86:416–420.
- [31] Greenleaf S, Kremen C. (2006). Wild Bees Enhance Honey Bees Pollination of Hybrid Sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America* 103(37): 13890–13895.
- [32] Blüthgen, N, Klein, A.M. (2011). Functional complementarity and specialization: The role of biodiversity in plant-pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology*, 12: 282–291.
- [33] Watson, J. E. M. (2014). Human responses to climate change will seriously impact biodiversity conservation: it's time we start planning for them. *Conservation Letters*, 7: 1–2.
- [34] Tylianakis, J.M., R.K. Didham, J. Bascompte, D.A. Wardle (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(12): 1351–1363.
- [35] Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger, W.E. Kunin (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345–353.

- [36] Kennedy, C.M., E. Lonsdorf, M.C. Neel, N.M. Williams, T.H. Ricketts, R. Winfree, R. Bommarco, C. Brittain, A.L. Burley, D. Cariveau, L.G. Carvalheiro, N.P. Chacoff, S.A. Cunningham, B.N. Danforth, J.H. Dudenhoﬀer, E. Elle, H.R. Gaines, L.A. Garibaldi, C. Gratton, A. Holzschuh, R. Isaacs, S.K. Javorek, S. Jha, A.M. Klein, K. Krewenka, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, L. Morandin, L.A. Neame, M. Otieno, M. Park, S.G. Potts, M. Rundlöf, A. Saez, I. Steffan-Dewenter, H. Taki, B.F. Viana, C. Westphal, J.K. Wilson, S.S. Greenleaf, C. Kremen (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16(5): 584–599.
- [37] Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C, Rotheray, E.L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347.
- [38] Fischer, J, D.B. Lindenmayer (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3): 265–280.
- [39] Steffan-Dewenter, I., C. Westphal (2008). The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, 45: 737–741.
- [40] Ollerton, J., H. Erenler, M. Edwards, R. Crockett (2014). Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, 346(6215): 1360–1362.
- [41] Senapathi, D., L.G. Carvalheiro, J.C. Biesmeijer, C.A. Dodson, R.L. Evans, M. Mc Kerchar, R.D. Morton, E.D. Moss, S.P.M. Roberts, W.E. Kunin, S.G. Potts (2015). The impact of over 80 years of land cover changes on bee and wasp pollinator communities in England. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1806): doi:10.1098/rspb.2015.0294.
- [42] Goulson, D., M.E. Hanley, B. Darvill, J.S. Ellis & M.E. Knight (2005). Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation*, 122: 1–8.
- [43] Biesmeijer, J. C., S.P. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemuller, M. Edwards, T. Peeters, A.P. Schaffers, S.G. Potts, R. Kleukers, C.D. Thomas, J. Settele, W.E. Kunin (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785): 351–354.
- [44] Velay, G., J.P., Velay (2015). Souvenirs d’un rucher tronc. *Causses et Cévennes*, 23: 175–176.
- [45] Steffan-Dewenter, I., S.G. Potts, L. Packer (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 651–652.
- [46] Kovács-Hostyánszki, A., P. Batáry, A. Báldi, A., Harnos (2011). Interaction of local and landscape features in the conservation of Hungarian arable weed diversity. *Applied Vegetation Science*, 14: 40–48.
- [47] Ebeling, A., A.M Klein, J. Schumacher, W.W Weisser, T. Tschardtke (2008). How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? *Oikos*, 117: 1808–1815.

- [48] Carvalho, L.G., R. Veldtman, A.G. Shenkute, G.B. Tesfay, C.W.W. Pirk, J.S. Donaldson, S.W. Nicolson (2011). Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters*, 14:251–259.
- [49] Garratt, M.P.D., T.D. Breeze, N. Jenner, C. Polce, J.C. Biesmeijer, S.G. Potts (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 184: 34–40.
- [50] Vicens, N, J. Bosch (2000). Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on ‘Red Delicious’ Apple. *Environ. Entomol.*, 29: 235–240.
- [51] Pardossi, A., F. Tognoni, L. Incrocci (2004). Mediterranean greenhouses technology. *Chronica Horticulturae*, 44: 28–34.
- [52] Jouet, J. P. (2001). Plastics in the world. *Plasticulture*, 2, 106–127.
- [53] Windley, M.J., V. Herzig, S.A. Dziemborowicz, M.C. Hardy, G.F. King, G.M. Nicholson (2012). Spider venom peptides as bioinsecticides. *Toxins*, 4(3): 191–227.
- [54] Goulds, A. (2012). Pesticide Usage Survey Report 254. Amenity pesticides in the United Kingdom 2012, section 1 – quantitative report. <https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/surveys/documents/amenity2012v2.pdf>.
- [55] EFSA. (2012). Scientific Opinion on the science behind the development of a risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). *EFSA Journal*, 10(5): 2668.
- [56] Hansen Jesse, L.C, J.J. Obrycki (2000). Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia*, 125(2): 241–248.
- [57] Cornman, R.S., D.R. Tarpy, Y.L. Chen, J.D. Evans (2012). Pathogen webs in collapsing honey bee colonies. *PloS One*, 7(8): e43562.
- [58] Morse, R.A., R., Nowogrodzki (1990). *Honey bee pests, predators, and diseases*. Comstock Publishing Associates.
- [59] Colla, S.R., M.C. Otterstatter, R. J. Gegear, & J.D. Thomson (2006). Plight of the bumble bee: pathogen spillover from commercial to wild populations. *Biological Conservation*, 129(4): 461–467.
- [60] Rasmont, P., Devalez, J., Pauly, A., Michez, D., Radchenko, V.G. (2017) Addition to the checklist of IUCN European wild bees (Hymenoptera: Apoidea). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 53: 17–32.
- [61] Kuhlmann, M., Ascher, J.S., Dathe, H.H., Ebmer, A.W., Hartmann, P., Michez, D., Müller, A., Patiny, S., Pauly, A., Praz, C.J., Rasmont, P., Risch, S., Scheuchl, E., Schwarz, M., Terzo, M., Williams, P.H., Amiet, F., Baldock, D., Berg, Ø., Bogusch, P., Calabuig, I., Cederberg, B., Gogala, A., Gusenleitner, F., Józán, Z., Madsen, H.B., Nilsson, A., Ødegaard, F., Ortiz-Sánchez, F.J., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Quaranta, M., Roberts, S.P.M., Sáropataki, M., Schwenninger, H.R., Smit, J., Söderman,

- G., Tomozei, B. (2016). *Checklist of the western Palaearctic bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila)*. <http://westpalbees.myspecies.info> (2016/11/15).
- [62] Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., Criado, M.G., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozei, B., Window, J., Michez, D. (2014) *European Red List of bees*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- [63] Kevan, P. G. (2007). *Bees, Biology and Management*. Enviroquest Ltd., Cambridge, Ontario. pp. 345.
- [64] Moritz, R.F.A., Hartel, S, Neumann, P. (2005). Global invasions of the western honeybee (*Apis mellifera*) and the consequences for biodiversity. *Ecoscience*, 12: 289–301.
- [65] Crane, E. (1999). *The World History of Beekeeping and Honey Hunting*. Duckworth, London.
- [66] Kremen, C (2008). Crop pollination services from wild bees. In: James R.R., Pitts-Singer T.L. (eds.) *Bee pollination in agricultural ecosystems*. New York: Oxford University Press, pp. 10–26.
- [67] Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:1–26.
- [68] Jaffé, R., V. Dietemann, M. H. Allsopp, C. Costa, R. M. Crewe, R. Dall’Olio, D.L.R.P, M.A. El-Niweiri, I. Fries, N. Kezić, M. S. Meusel, R. J. Paxton, T. Shaibi, E. Stolle, R. F. Moritz (2010). Estimating the density of honeybee colonies across their natural range to fill the gap in pollinator decline censuses. *Conserv. Biol.*, 24:583–593.
- [69] van Engelsdorp, D., M. D. Meixner (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: Suppl. S80–S95.
- [70] Aizen, M. A., L. D. Harder (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Curr. Biol.*, 19:915–918.
- [71] Pettis, J. S., D. Martin, D. van Engelsdorp (2014). *Migratory Beekeeping* (p 51–54). In W. Ritter, editor. *Bee Health and Veterinarians*. World Organization for Animal Health, Paris.
- [72] Bennett, C. (2013). *Honey bees to rent? Demand will only grow*. <http://www.westernfarmpress.com/blog/honey-bees-rent-demand-will-only-grow>.
- [73] Burgett, M., Daberkow, S., Randal, R. R., Thurman, W. (2010). U.S. pollination markets: recent changes and historical perspective. *American Bee Journal*, 150:35–41.

- [74] Smith KM, Loh EH, Rostal MK, Zambrana-Torrel CM, Mendiola L, Daszak P (2013). Pathogens, pests, and economics: drivers of honey bee colony declines and losses. *EcoHealth* 10 (4):434–445. doi:10.1007/s10393-013-0870-2.
- [75] Fürst, M. A., D. P. McMahon, J. L. Osborne, R. J. Paxton, M. J. F. Brown (2014). Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature*, 506:364–366.
- [76] Roubik, D.W., H. Wolda (2001). Do competing honey bees matter? Dynamics and abundance of native bees before and after honey bee invasion. *Population Ecology*, 43(1): 53–62.
- [77] Howlett B. G, Donovan, B. J. (2010). A review of New Zealand's deliberately introduced bee fauna: current status and potential impacts. *New Zealand Entomologist* 33:92–101.
- [78] Elie, Y. (2015). Abeilles noires et ruches troncs. *Causses et Cévennes*, 23: 163–174.
- [79] СПОС (2016). Савез пчеларских организација Србије. <http://spos.info/>
- [80] Velthuis, H.H.W, A. van Doorn (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37: 421–451.
- [81] Cameron, S.A., Hines, H.M, Williams, P.H. (2007). A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 91:161–188.
- [82] Cameron, S. A., Lozier, J. D., Strange, J. P., Koch, J. B., Cordes, N., Solter, L. F., Griswold, T. L. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(2):662–667.
- [83] Kanbe, Y., I., Okada, M., Yoneda, K., Goka, K., Tsuchida (2008). Interspecific mating of the introduced bumblebee *Bombus terrestris* and the native Japanese bumblebee *Bombus hypocrita sapporoensis* results in inviable hybrids. *Naturwissenschaften*, 95: 1003–1008.
- [84] Inoue, M.N., J. Yokoyama, I. Washitani (2007). Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation*, 12(2): 135–146.
- [85] Schmid-Hempel, R., Eckhardt, M., Goulson, D., Heinzmann, D., Lange, C., Plischuk, S., Escudero, L. R., Salathé, R., Scriven, J. J, Schmid-Hempel, P. (2014), The invasion of southern South America by imported bumblebees and associated parasites. *J. Anim. Ecol.*, 83: 823–837. doi:10.1111/1365-2656.12185
- [86] Currie, R.W. (1997). Pollination constraints and management of pollinating insects for crop production, pp. 121–151. In: Darrow, G.M., 1966 - *The strawberry: History, breeding and physiology*. Holt, Rinehart and Winston, New York, USA, pp. 447.

- [87] Pitts-Singer, T.L., J.H. Cane (2011). The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, 56; 221–237.
- [88] Cane, J.H. (2008). A native groundnesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie*, 39:315–323.
- [89] Maeta, Y. (1990). Utilization of wild bees. *Farming Japan*, 24, 13–19.
- [90] Fairey, D. T., Lefkovitch, L. P., Lieverse, J. A. C., Siemens, B. (1988). Materials for leafcutting bee (*Megachile rotundata* F.) shelters in north west Canada. *Journal of Applied Entomology*, 106: 119–122. doi:10.1111/j.1439-0418.1988.tb00574.x
- [91] Richards, K.W., M.D. Krunic (1990). Introduction of alfalfa leafcutter bees to pollinate alfalfa in Yugoslavia. *The Entomologist*, 109: 130–135.
- [92] Krunic, M.D., Tasei, J.N, Pinzauti, M. (1995). Biology and management of *Megachile rotundata* Fabricius under European conditions. *Apicoltura* 10: 71–97.
- [93] Krunic, M., Lj. Stanisavljević, M. Brajković, Ž. Tomanović (1997). Uticaj pesticida na gajene populacije lucerkine solitarne pčele *Megachile rotundata* Fab. u Banatu (Srbija). Eko konferencija '97. Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja. Monografija radova, 1: 319–322.
- [94] Stanisavljević L., Tomanović Ž. (2006). Proizvodnja semena lucerke pomoću solitarne pčele *Megachile rotundata* (Fab.) (Hymenoptera: Megachilidae) u Srbiji. Zbornik abstrakata Trećeg simpozijuma sekcije za oplemenjivanje organizama društva genetičara Srbije i četvrtog naučno-stručnog simpozijuma iz selekcije i semenarstva društva selekcionara i semenara Srbije. Hotel „Palisad“ (Zlatibor), 16–20. maja 2006. str. 167.
- [95] Sekita, N. (2001). Managing *Osmia cornifrons* to pollinate apples in Aomori Prefecture, Japan. *Acta Horticulturae*, 561:303–308
- [96] Osch, J., Sgolastra, F., Kemp, W.P. (2008). Life cycle ecophysiology of *Osmia* mason bees used as crop pollinators. In: James RR, Pitts-Singer TL (eds) *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press, New York, p.p. 83–104.
- [97] Batra SWT (1997). Solitary bees for orchard pollination. *Pennsylvania Fruit News*, 77(4): 89–91.
- [98] Bartomeus, I., J.S. Ascher, J. Gibbs, B. Danforth, D. Wagner, S.H. Hedke, & R. Winfree (2013). Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 110(12): 4656–4660.
- [99] Vereecken, N.J., Barbier, E. (2009). Premières données sur la présence de l'abeille asiatique *Megachile (Callomegachile) sculpturalis* Smith (Hymenoptera, Megachilidae) en Europe. *Osmia* 3: 4–6.

- [100] Laport, R.G., R.L. Minckley (2012). Occupation of active *Xylocopa virginica* nests by the recently invasive *Megachile sculpturalis* in Upstate New York. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 85: 384–386.
- [101] Winfree, R., J.W. Fox, N.M. Williams, J.R. Reilly, D.P. Cariveau (2015). Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a realworld ecosystem service. *Ecology Letters*, 18(7): 626–635.
- [102] Keil, P., J. C. Biesmeijer, A. Barendregt, M. Reemer, W. E. Kunin (2011). Biodiversity change is scale-dependent: an example from Dutch and UK hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Ecography*, 34:392–401.
- [103] Carvalheiro, L.G., W.E. Kunin, P. Keil, J. Aguirre-Gutierrez, W.N. Ellis, R. Fox, Q. Groom, S. Hennekens, W. Van Landuyt, D. Maes, F. Van de Meutter, D. Michez, P. Rasmont, B. Ode, S.G. Potts, M. Reemer, S.P. Roberts, J. Schaminee, M.F. WallisDeVries, & J.C. Biesmeijer (2013). Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters*, 16(7):870–878.
- [104] Orford, K. A., Vaughan, I. P., Memmott, J. (2015). The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1805): 20142934. <http://doi.org/10.1098/rspb.2014.2934>
- [105] Jauker, F., V., Wolters (2008). Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia* 156:819–823.
- [106] Howlett, B. G. (2012). Hybrid carrot seed crop pollination by the fly *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Applied Entomology* 136:421–430.
- [107] Woodcock, T. S., B. M. H. Larson, P. G. Kevan, D. W. Inouye, K. Lunau (2014). Flies and flowers II: Floral rewards and attractants. *Journal of Pollination Ecology*, 12:63–94.
- [108] Currah, L., D. J. Ockendon (1984). Pollination activity by blowflies and honeybees on onions in breeders' cages. *Annals of Applied Biology*, 105:167–176.
- [109] Jarlan, A., D., de Oliveira, J., Gingras (1997). Pollination of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax*. *Acta Horticulturae*, 437:335–339.
- [110] Inouye, D. W., Larson, B. M., Ssymank, A., Kevan, P. G. (2015). Flies and flowers III: ecology of foraging and pollination. *J. Pollinat. Ecol*, 16, 115–133.
- [111] Inouye, D. W., G. H. Pyke (1988). Pollination biology in the Snowy Mts. of Australia, with comparisons with montane Colorado, U. S. A. *Australian Journal of Ecology* 13:191–210.
- [112] Ssymank, A., Kearns, B., Kearns, C., Clara, S. (2010). *Flies – Pollinators on two wings*. <http://diptera.myspecies.info/diptera/content/flies-%E2%80%93-pollinators-two-wings#>

- [113] Pellmyr, O. 1989. The cost of mutualism: interactions between *Trollius europaeus* and its pollinating parasites. *Oecologia*, 78:53–59.
- [114] Beaman, R. S., Decker, P. J., Beaman, J. H. (1988). Pollination of *Rafflesia* (Rafflesiaceae). *American Journal of Botany*, 75: 1148–1162.
- [115] Rotheray G.E., Gilbert, F. (2011). *The Natural History of Hoverflies*. Ceredigion, UK: Forrest Text.
- [116] Borkent, C. J., L. D. Harder (2007). Flies (Diptera) as pollinators of two dioecious plants: Behaviour and implications for plant mating. *Canadian entomologist*, 139(2): 235–246.
- [117] Heath, A. C. G. (1982). Beneficial aspects of blowflies (Diptera: Calliphoridae). *New Zealand Entomologist* 7: 343–348.
- [118] Mitra, B., Parui, P., Banerjee, D., Mukherjee, M., Bhattacharjee, K. (2005). A Report on flies (Diptera: Insecta) as flower visitors and pollinators of Kolkata and its adjoining areas. *Rec. zool. Surv. India*, 105(3-4):1–20.
- [119] Clement, S.L., B.C. Hellier, L.R. Elbersen, R.T. Staska, & M.A. Evans. 2007. Flies (Diptera: Muscidae: Calliphoridae) are efficient pollinators of *Allium ampeloprasum* L. (Alliaceae) in field cages. *Journal of Economic Entomology*, 100: 131–135.
- [120] Министарство животне средине, енергетике и просторног планирања Републике Србије (2011). „Службени гласник РС“, бр. 5/2010.
- [121] Darwin, C. (1876). *The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom*. London: John Murray.
- [122] Лазаревић, Р. (1900). Цвеће и инсекти. *Нова искра* II(5): 134–137. Београд.
- [123] Грозданић, С. и Васић, З. 1966. Нова испитивања ентомофилије у околини Београда. *Гласник Природњачког музеја* Б 21: 51–70. Београд.
- [124] Jakšić, P., 1998. Dnevni leptiri (Lepidoptera: Hesperioidea i Papilionoidea) kao oprašivači vrsta roda *Mentha* Linnaeus, 1753 (Lamiales: Lamiaceae). – *Lekovite sirovine XLVII*(17): 29–34, Beograd.
- [125] Willemstein, S.C., 1987. *An evolutionary basis for pollination ecology*. E.J. Brill, Leiden: Leiden University Press. pp. 425.
- [126] Jakšić, P., 2016. Tentative Check List of Serbian Microlepidoptera. – *Ecologica Montenegrina* 7: 33–258. Podgorica.
- [127] Nilsson, A. (1988). The evolution of flowers with deep corolla tubes. – *Nature* 334(6178): 147–149. London.
- [128] Brys, R., Jacquemin, H. (2012). Effects of human-mediated pollinator impoverishment on floral traits and mating patterns in a short-lived herb: an experimental approach. *Functional Ecology* 26:189–197.
- [129] Darwin, C. (1862). *On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects, and on the good effect of intercrossing*. London: John Murray.

- [130] Micheneau, C., Johnson, C., Fay, M. (2009). Orchid pollination: from Darwin to the present day. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 1–19.
- [131] Nazarov, V. V. & K. A. Efetov, (1993). On the role of the Crimean Zygaenidae (Lepidoptera) in pollination of *Anacamptis pyramidalis* (Orchidaceae). – *Zoological Journal*, 72: 54–67.
- [132] Петровић, С. (1882). *Флора околине Ниша/Flora agri Nyssana*. – Краљевско-српска државна штампарија. Београд.
- [133] Петровић, С. (1888). *Додатак флори околине Ниша/Ad floram agri Nyssani*. – Краљевско-српска државна штампарија. Београд.
- [134] Nilsson, L. A. (1998). Deep flowers for long tongues. *Trends in Ecology and Evolution* 13:259–260.
- [135] Fox, R., Parsons, M.S., Chapman, J.W., Woiwod, I.P., Warren, M.S., Brooks, D.R. (2013). *The State of Britain's Larger Moths 2013*. Butterfly Conservation and Rothamsted Research, Wareham, Dorset, UK.
- [136] Quintero, C., C. L. Morales, M. A. Aizen (2010). Effects of anthropogenic habitat disturbance on local pollinator diversity and species turnover across a precipitation gradient. *Biodiversity and Conservation* 19:257–274.
- [137] Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Thomas, S. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14: 1–16. doi: 10.1016/j.cosust.2014.11.002.
- [138] Daily, G.C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K.J., Dasgupta, P., Ehrlich, P.R., Jansson, A., Jansson, B.O., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Mäler, K. G., Simpson, D., Starrett, D., Tillman, D., Walker, B. (2000). The value of nature and the nature of value. *Science*, 289(5478): 395–396.
- [139] Baumgärtner, S., Strunz, S. (2014). The economic insurance value of ecosystem resilience *Ecological Economics*, 101: 21–32.
- [140] Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., Hamilton, S.K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecol. Econ.* 64, 245–252. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.09.020.
- [141] Kremen C., Willaims N., Aizen M.A., Gemmil-Herren B., LeBuhn G., Mickley R., Packer L., Potts S.G., Roulston T., Steffan-Dewenter I., Vazquez D.P., Winfree R., Adams L., Crone E.E., Greenleaf S., Keitt T.H., Klein A.M., Regetz J, Ricketts T. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10: 299–314.
- [142] Fisher, B., R. K. Turner, P. Morling (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision-making. *Ecological Economics*, 68: 643–653.
- [143] Farber Stephen C. Matthew A. Wilson, R. C. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41: 375–392.

- [144] Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P, van den Belt M. (1997). The Value of the World's Ecosystem Service and Natural Capital. *Nature*, 387: 253–260.
- [145] Klein, A-M., Steffan-Dewenter, I, Tschardtke, T. (2003). Bee pollination and fruit set of *C. arabica* and *C. canephora*. *American Journal of Botany*, 90: 153–57.
- [146] Gallai N., Salles, J. M., Settele, J, Vaissiere, B. E. (2009). Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline. *Ecological Economics*, 68(3): 810–821.
- [147] Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012). Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE* 7(4): e35954. doi:10.1371/journal.pone.0035954.
- [148] De Marco, P., Jr, Coelho, F. (2004). Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity & Conservation*, 13: 1245–1255.
- [149] Ricketts, T.H. (2004). Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18: 1262–1271.
- [150] Stanley, D. A., Gunning, D, Jane, C. (2013). Stout Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. *J. Insect. Conserv.* 17: 1181–1189
- [151] Morse, R. A., N. W., Calderone (2000). The value of honey bee pollination in the United States. *Bee Culture*, 128:1–15.
- [152] An, J.D., Chen, W. F. (2011). Economic value of insect pollination for fruits and vegetables in China. *Acta Entomologica Sinica*, 54(4): 443–450.
- [153] Liu, P. F., Wu, J., Li, H.Y., Lin. S.W. (2011). Economic Values of Bee Pollination to China's Agriculture. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(24): 5117–5123.
- [154] Шкорић, Д. (уредник) (2016). Унапређење пчеларства у Србији. 160. издање књига са научних скупова САНУ. Пчеларство у Србији (24–26. 09. 2015. у Крушевцу).
- [155] Tang, J., J. Wice, V. G. Thomas, P. G. Kevan (2007). Assessment of Canadian federal and provincial legislation to conserve native and managed pollinators. *International Journal of Biodiversity Science & Management*, 3:46–55.
- [156] IPBES (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. pp. 552.

- [157] Bosch, J. (2005). The contribution of solitary bees to crop pollination: from ecosystem service to pollinator management. *In: First short course on the Pollination of Horticultural Plants*, La Mejonera, Almería, Spain, pp. 151–165.
- [158] Giannini T.C., Cordeiro, G.D., Freitas, B.M., Saraiva, A.M, Imperatriz-Fonseca, V.L. (2015). The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology* 108:849–857.
- [159] Rundlöf, M., A.S. Persson, H.G. Smith, R. Bommarco (2014). Late-season mass-flowering red clover increases bumble bee queen and male densities. *Biological Conservation*, 172: 138–145.
- [160] Hajjar, R., D.L. Jarvis, B. Gemmill-Herren (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 123: 261–270.
- [161] Knuth, P. (1898). *Handbuch der Blütenbiologie I.* – Engelmann, Leipzig.
- [162] Williams, N.M., E.E. Crone, T.a.H. Roulston, R.L. Minckley, L. Packer, S.G. Potts (2010). Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, 143(10): 2280–2291.

FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL STATUS, VULNERABILITY AND ECONOMIC EVALUATION OF INSECT POLLINATORS IN SERBIA

Ljubiša STANISAVLJEVIĆ, Ante VUJIĆ, Predrag JAKŠIĆ,
Zlata MARKOV, Aleksandar ĆETKOVIĆ

S u m m a r y

Pollination is important ecosystem services in terrestrial systems, essential for the reproduction of flowering plants, the conservation of biological diversity, as well as food production. The vast majority of flowering plants (87.5%) are pollinated by insects and other animals, and even about 75% of the main types of cultivated plants in the world can benefit from this type of pollination. Of the 115 most commonly cultivated plants for human consumption, as many as 87, it relies more or less on pollinators, and about 35% of the food produced at global level depends on them. Between plant and pollinators there are very complex relations of mutual condition and influence

on reproduction, production, and maintenance of populations and communities, and it is of particular interest to determine what are the main trends and effects of manifesting these phenomena on the gradient from natural and semi-natural – relatively conserved ecosystems to agroecosystems and other predominantly artificial formations, exposed to a strong negative impact. Pollinators are now exposed to a number of negative factors of global change, among which the most important are: climate change, changes in land use, intensification of agriculture and the spread of invasive species - especially pathogens. The decline in the number and variety of pollinators could have a cascading effect on the loss of many other biodiversity segments, as well as major implications for food safety in global terms. The economic value of pollinating services provided by animals in agriculture on a global scale was estimated at 153 billion euros (data for 2005).

The most numerous pollinators are insects, and among them are by far the most significant bees (Hymenoptera: Apiformes); of over 2,000 species known in the fauna of Europe, for Serbia we can roughly estimate that there are probably around 800-1,000 species. Flies (Diptera) are the second most frequent visitors of flowers, and among many groups, the most significant pollinators are members of the family Syrphidae. Of the nearly 900 species of hoverflies in European fauna, in Serbia was recorded over 400. So far in Serbia, the butterflies (Hesperioidea, Papilionoidea) have been registered up to 200 species, whereas the heterogeneous non-taxonomic group of Heterocera is more numerous but far weaker investigated; The latest estimates are dealing with about 1,200 species of Macrolepidoptera and more than 1,300 species of Microlepidoptera. Among other insects, it is known that many beetles, wasps, ants, thrips and some others also frequented the flowers, but about their pollination effects is known very little. Honey bees (*Apis mellifera*) is arguably the best-known species of pollinators, but other reared and wild bees are more important pollinators worldwide in the production of crops, and certainly, have an invaluable role in the pollination of wild plants. Beside bees (social and solitary), some fly species are reared as pollinators. Bees are undoubtedly the most important pollinator group in the temperate zone, while fly pollinators are much more diverse and more abundant in colder regions (Arctic and Alpine). Butterflies are the most widely studied group of insects, but their role and practical application as pollinators are proportionately considerably less evaluated and quantified. In general, functional-ecological research and various valorizations of the pollinator insect status have been more than 15 years among the priorities of international funding programs for fundamental and applied science, while in Serbia these issues are not yet adequately represented.

Keywords: pollinators, pollination, bees, flies, butterflies, ecosystem service, economic value