Uloga vizualnih i mirisnih znakova u prepoznavanju spola kod leptira

Nađ, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:226563

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Nikolina Nađ

Uloga vizualnih i mirisnih znakova u prepoznavanju spola kod leptira

Završni rad

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA **Završni rad**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Preddiplomski sveučilišni studij Biologija
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

ULOGA VIZUALNIH I MIRISNIH ZNAKOVA U PREPOZNAVANJU SPOLA KOD LEPTIRA

Nikolina Nađ

Rad je izrađen na: Zavod za zoologiju, Odjel za biologiju
Mentor: Dr.sc. Stjepan Krčmar, redoviti profesor

Sažetak: Leptiri (Lepidoptera) predstavnici su razreda kukaca (Insecta). Kada leptiri prođu kroz četiri razvojna stadija, njihov glavni zadatak je kopulacija. Prije same kopulacije važna je uspješna identifikacija partnera. Za identifikaciju leptiri koriste i vidne i mirisne znakove: obojenost krila, spolni dimorfizam, refleksija UV zračenja, lepršanje te prijenos feromona. Nakon identifikacije slijede rituali udvaranja koji su specifični za vrstu. Ukoliko udvaranje bude uspješno, leptiri kopuliraju te polažu jaja i započinje novi životni ciklus.

Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: Lepidoptera, dimorfizam, feromoni, životni ciklus

Rad je pohranjen: na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

BASIC DOCUMENTATION CARD **Bachelor thesis**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Biology
Undergraduate university study programme in Biology
Scientific Area: Natural sciences
Scientific Field: Biology

ROLE OF VISUAL AND OLFACTORY CUES IN SEX RECOGNITION IN BUTTERFLIES

Nikolina Nađ

Thesis performed at: Subdepartment of Zoology, Department of Biology
Supervisor: Dr.sc. Stjepan Krčmar, Prof.

Short abstract: Butterflies (Lepidoptera) belong to insects class (Insecta). When butterflies pass through four stages of development, their main task is copulation. Successful identification of partners is important before copulation. To identify the butterflies, they also use visual and olfactory signs: wing coloring, sexual dimorphism, UV reflection, flaping and transfer of pheromones. After identification, species-specific court rituals are followed. If courtship is successful, butterflies copulate and laying eggs and starting a new life cycle.

Original in: Croatian
Key words: Lepidoptera, dimorphism, pheromones, life cycle

Thesis deposited: on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

SADRŽAJ

1.UVOD 1
1.1 Morfologija odraslog leptira 1
2.TEMATSKI DIO 5
2.1. Uloga vizualnih znakova u prepoznavanju spola 5
2.1.1. Obojenost krila 6
2.1.2. Razlika u veličini krila i lepršanje 7
2.1.3. Refleksija UV zračenja 8
2.2. Uloga mirisnih znakova u prepoznavanju spola 9
2.2.1. Rituali udvaranja 11
2.3. Životni ciklus leptira 13
3.ZAKLJUČAK 16
4.LITERATURA 17

1. UVOD

Leptiri (Lepidoptera) predstavnici su razreda kukaca (Insecta), najraznolikije skupine životinja, koja dominira na kopnenim staništima. Leptiri su jedan od dva ili tri najveća reda kukaca unutar kojeg se nalazi 160 000 identificiranih vrsta (Kučinić i Plavac, 2009).
Leptiri, a osobito danji, zbog svoje ljepote i lakog zapažanja pobuđuju pažnju ljudi koji u njima nalaze zanimljive i za edukaciju najpogodnije elemente u prirodi. Znanstvenici ih koriste kao objekte za dokazivanje različitih hipoteza u biološkim, ekološkim, evolucijskim i konzervacijskim istraživanjima jer su odlični indikatori promjena koje se događaju u zajednici u kojoj žive (Šašić i sur., 2015).

1.1. MORFOLOGIJA ODRASLOG LEPTIRA

Kao kod svih kukaca tijelo odraslog leptira sastoji se od tri osnovna dijela: glave (caput), prsa (thorax) i zatka (abdomen) (Slika 2) (Web 1). Cijelo tijelo prekriveno je dlačicama. Na glavi se nalaze dva jednostavna oka (ocelae), par velikih sastavljenih očiju (oculi), ticala (antennae) i usni aparat (Kučinić i Plavac, 2009).

Čitavo tijelo, osim manjih dijelova krila u iznimnim slučajevima, pokriveno je ljuskastim dlačicama ili ljuskicama raznih boja, veličina i oblika poslaganih pravilno poput crijepova na krovu. Neke dijelove tijela prekrivaju samo dlačice također raznih veličina, oblika i funkcija. Od dlačica sve do ljuskica postoji čitava skala prijelaza koja je različita od vrste do vrste. Po boji krila, tijela i građi pojedinih elemenata reproduktivnog sustava razlikuju se u pravilu vrste leptira. Jednima boja krila i njihov sjaj ovisi, prije svega, o naročitoj mikroskopskoj građi površinske opne (kutikule) na kojoj se pod utjecajem svjetla javljaju razne metalne i preljevne boje koje u odgovarajućem položaju tijela leptira poprimaju predivan sjaj i šare po kojima su neke vrste i dobile svoja imena. Drugima boja potječe od prisutnosti različitih pigmenata (melanin i dr.), a sve ono lijepo i blistavo što zamjećujemo kod leptira, rezultat je tih strukturnih i pigmentnih komponenata (Kranjčev, 2009).

Ticala mogu biti različitog oblika: nitasta, pilasta, češljasta, četinasta i perasta. Kod danjih leptira ona su kijačasta s glavicom na vrhu. Boja i oblik ticala ponekad su bitni za determinaciju. Na ticalima leptira nalaze se kemoreceptori, tj. osjetila za miris pomoću kojih

se mužjaci i ženke pronalaze. Usni organi leptira nalaze se u sisalu (proboscis) koje je prilagođeno funkciji sisanja nektara ili drugih tekućina kao što su medna rosa, suze, blato, krv i sl. Najvažniji izvori energije za leptire su šećeri niže molekularne mase kao monosaharidi i disaharidi. Kad se leptir ne hrani sisalo je smotano u obliku spirale. U stadiju imaga neke se vrste leptira uopće ne hrane ili se slabo hrane (Scoble, 2002).

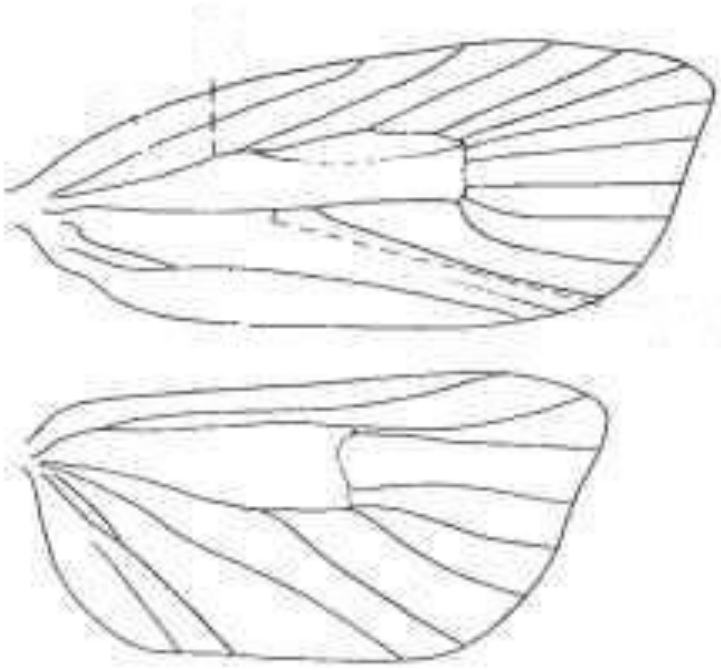
Prsa leptira sastoje se od prednjeg (prothorax), srednjeg (mesothorax) i stražnjeg (metathorax) kolutića koji su međusobno spojeni, a svaki se sastoji od niza nepokretnih sklerita. Na svakom kolutiću je po jedan par člankovitih nogu za hodanje. Noge su im slabašne, a prednje su smanjene u noge za čišćenje. Noge leptira se sastoje kao i kod ostalih kukaca od kuka (coxa), prstenka (trochanter), bedra (femur), gnjata (tibia) i stopala (tarsus). Između bedra i gnjata je mala trokutasta pločica, koljeno (genus). Posljednji dio noge je stopalo (tarsus), koje je najčešće sastavljeno od pet članaka. Vršni dio stopala je predstopalo (praetarsus) koje čine dvije krpaste prijanjaljke (arolium) i dvije vršne pandžice (ungues). Svi dijelovi noge su zglobno povezani (Matoničkin, 1999). Kod nekih pripadnika porodice šarenaca (Nymphalidae) prednje su noge zakržljale dok su kod porodice plavaca (Lycaenidae) prednje noge reducirane (Scoble, 2002).

U primitivnijim skupinama, srednji i stražnji kolutić te krila (alae) koja se nalaze na njima su iste veličine. No, kod složenijih leptira srednji kolutić je veći od stražnjeg i ima jaču muskulaturu te su i prednja krila veća od stražnjih. Najveća nadporodica leptira, Noctuoidea, ima stražnji kolutić modificiran u par timpanalnih organa (Resh i Cardé, 2003).

Krila leptira prekrivena su odumrlim, spljoštenim ljuščicama koje su poslagane poput crjepova na krovu. Mogu biti različitih oblika i u više slojeva. Sama obojenost krila posljedica je pigmenata koji se nalaze u kromatoforima i tzv. strukturalnih boja koje su posljedica raspršenja svjetlosti na ljuščicama. Neke vrste leptira koje žive u ekstremnim uvjetima, kao npr. u planinskim područjima gdje pušu jaki vjetrovi, imaju zakržljala krila. (Kučinić i Plavac, 2009).

Izlaženjem iz kukuljice, krila leptira su sitna i meka, a zatim se brzo šire zbog cirkulacije krvi koja se pumpa u žile uzrokujući njihovo širenje te istezanje membrana na krilima pri čemu krila poprime punu veličinu i čvrstoću. Postoje razni načini prema kojima su prednja i stražnja krila spojena kako bi olakšala let leptira. Primitivni organizmi imaju proširenu režanj na bazi prednjih krila koji se savija ispod stražnjih krila kada leptir miruje, a pruža se iznad stražnjih krila kada počinje let. Većina moljaca ima nabor na stražnjim krilima koji se zakvači ispod prednjih krila , a njegov razvoj varira između vrsta te između spolova unutar pojedine vrste (Resh i Cardé, 2003).

Oba spola leptira imaju sličan raspored krilnih žila dok su složenije skupine izgubile neke dijelove sustava žila te broj preostalih sustava krilnih žila je bio manji u stražnjim krilima nego u prednjim (Slika 1)(Web 2). U svako krilo ulaze po dvije krilne uzdušnice, prednja i stražnja, koje se granaju na osnovne krilne žile, koje sekundarno mogu biti povezane poprečnim krilnim žilama. Na taj način su definirana određena područja na krilima leptira, omeđena krilnim žilama. Na svakom krilu se mogu odrediti osnovni rubovi: kostalni (prednji), analni (stražnji) i apikalni (bočni) rub (Kučinić i Plavac, 2009).



Slika 1. Raspored krilnih žila na prednjem i stražnjem krilu leptira (Izvor: Web 1)

Zadak leptira sastoji se od većeg broja kolutića (11) i najmekši je dio tijela. Na njemu se kao i kod drugih kukaca nalazi najveći broj otvora dišnog (trahealnog) sustava tzv. odušaka te genitalni aparat mužjaka ili ženki. Genitalni aparat sastoji se od spolnih žlijezda i hitinske strukture koja omogućuje kopulaciju mužjaka i ženki. Analiza građe genitalnog aparata nezaobilazan je dio determinacije sličnih ili sestrinskih vrsta leptira. Građa muškog genitalnog aparata karakteristična je za vrstu dok ženke jako srodnih vrsta leptira mogu imati sličnu građu (Šašić i sur., 2015).



Slika 2. Morfologija odraslog leptira narančasti poštar (*Colias myrmidone)* (Izvor: Web 2)

2. TEMATSKI DIO

Kada se leptiri razviju, njihov jedini zadatak je kopulacija. Glavni problem prije parenja je uspješna identifikacija suprotnog spola kako bi se postigla uspješna kopulacija. Ponašanje leptira za vrijeme udvaranja postavlja zanimljiva ekološka pitanja. Razumijevanje ponašanja leptira bitno je zbog procjene evolucije spolnog dimorfizma i posljedica varijacije među spolovima iste vrste. Ponašanje mužjaka i ženki tijekom udvaranja pruža naznake o informacijama koje se koriste za identifikaciju istih i suprotnih spolova. Komunikacija kod leptira uključuje upotrebu raznih signala u različitim fazama udvaranja. Poznato je da leptiri identificiraju partnere pomoću specifičnih vizualnih, mirisnih, taktilnih i drugih znakova. Traženje partnera primarno uključuje vizualne znakove kod većine leptira, iako postoje feromoni „kratkog dometa“ kojeg proizvodi jedan ili oba spola kako bi se suzio odabir partnera (Web 3).

Spolni sustav leptira je vrlo složen te pruža osnovu za identifikaciju vrsta u porodici. Zalisci kod mužjaka, za koje se smatra da osiguravaju stabilnost tijekom kopulacije, obično su veliki te gotovo potpuno prekrivaju ostale strukture koje su dio spolnog sustava. Kopulatorni organ mužjaka je zasebno artikuliran. Spermu luči par testisa te ona od njih prolazi kroz kanal i pakira se u spermatofor kojeg proizvode žlijezde mužjaka tijekom parenja. Funkcije sklerotiziranih dijelova spolnog sustava su nepoznate te se razlikuju u obliku i veličini dok su u drugim svojstvima ujednačene. Kod ženki postoje tri osnove vrste spolnog sustava. Primitivni moljci posjeduju jedan spolni otvor u blizini stražnjeg dijela zatka kroz koji se odvija i kopulacija i ovipozicija. Druga skupina leptira ima odvojene otvore za kopulaciju i ovipoziciju. Sve ostale porodice imaju kanal koji provodi spermu od kopulatornog trakta do jajovoda (Resh i Cardé, 2003).

2.1. ULOGA VIZUALNIH ZNAKOVA U PREPOZNAVANJU SPOLA

Jednostavne oči leptira smještene su na tjemenu te se sastoje od bikonveksne leće, stanica hipoderme i sloja vidnih stanica. Jednostavne oči nemaju sposobnost procesiranja slike, već isključivo detektiraju osvijetljenost prostora, a kod noćnih vrsta obično su i povećanog volumena. Složene oči sastoje se od omatidija te su smještene lateralno na glavi. Za razliku od jednostavnih očiju, imaju sposobnost raspoznavanja slike predmeta i prostora te stoga često imaju veliki volumen u odnosu na glavu. Za razliku od njih, noćni leptiri odličan

su primjer redukcije funkcija očiju, te se takve vrste koriste ostalim osjetilima za preživljavanje (Web 4).

2.1.1. OBOJENOST KRILA

Boja krila ima značaj u komunikaciji leptira. U komunikaciji mužjaci i ženke koriste obojenost krila i pokret. Kod danjih leptira mužjaci i ženke mogu biti različito obojeni što je jedno od obilježja spolnog dimorfizma. Spolni dimorfizam uobičajen je kod većine vrsta iz porodice plavaca (Lycaenidae) gdje je osnovna boja gornje strane prednjih i stražnjih krila mužjaka plava, a ženki smeđa (Web 5) (Slika 3) (Web 6).



Slika 3. Spolni dimorfizam običnog plavca (*Polyommatus icarus*). Mužjak običnog plavca (lijevo) i ženka (desno) (Izvor: Web 6).

Vrste kojima se boja krila jako ističe, kao što je to narančasta boja kod vrste zorica (*Anthocharis cardamines*), su u mogućnosti raspoznati druge jedinke svoje vrste na velikim udaljenostima. Kod mnogih vrsta leptira mužjaci su šareniji i imaju više šara po krilima od

ženki, osobito na dorzalnoj strani. Također, dorzalna strana krila kod mužjaka je svijetlije obojena nego kod ženki. Prema istraživanjima Charlesa Darwina, svjetlije obojenje u mužjaka rezultat je njihove diskriminacije ženki. Osim toga, svjetlije obojenje krila omogućuje mužjacima izbjegavanje uznemiravanja od strane drugih mužjaka (Šašić i sur., 2015).

Dok je boja krila važna u početku prepoznavanja suprotnog spola, prepoznavanje šara na krilima odvija se kada su leptiri u neposrednoj blizini. Ako zamislimo livadu sa jedinkama porodice šarenaca, sve jedinke međusobno su jako slične gledajući ih sa veće udaljenosti. Međutim, smanjenjem te udaljenosti, dolazi do uočavanja šara na krilima te lakšeg raspoznavanja različitih vrsta porodice šarenaca. Isti argument odnosi se i na brojne vrste porodice plavaca gdje vrste sa sličnim šarama dijele isto stanište (Web 5).

2.1.2. RAZLIKA U VELIČINI KRILA I LEPRŠANJE

Znanstvenici su proveli istraživanje u kojem su pokazali utječe li, osim obojenosti, veličina krila na identifikaciju suprotnog spola. Koristili su četiri papirnata modela leptira različitih veličina. Nije bilo značajnih razlika u broju mužjaka koji su posjetili četiri različite veličine modela ženki što ukazuje da mužjaci ne koriste razliku u veličini krila za identifikaciju ženki. Međutim, ako su krila mužjaka oštećena ili okrznuta, prilika za parenje mu je svedena na minimum (Web 3).

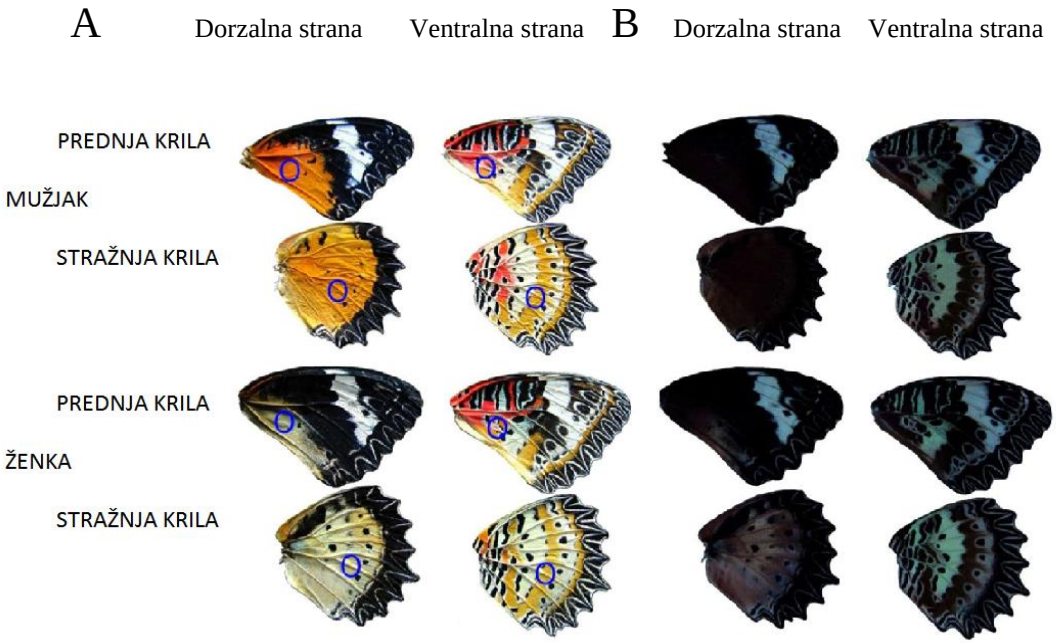
Lepršanje je važan korak u privlačenju ženki od strane mužjaka. Privlačnost mužjaka srebrnopisane sedefice (*Argynnis paphia*) proporcionalno se povećava sa brzinom lepršanja. Mužjaci leptira koji pokreću svoja krila, odnosno lepršaju, imaju veće izglede kod ženki nego mužjaci koji su u mirovanju (slika 4) (Web 7). Čini se da je vibracija krila jako važan vidljivi senzorni signal te da su leptiri osjetljivi na objekte koji se kreću. S druge strane, leptiri osjećaju vibracije zraka koji nastaju lepršanjem krila. Kako bi testirali ovu hipotezu, znanstvenici su povezali ticala mužjaka na elektroantenograf (EAG) te koristili različite brzine protoka kako bi stimulirali ticala mužjaka. Rezultati su pokazali da leptiri osjećaju vibracije zraka te da one mogu imati važnu ulogu u privlačenju suprotnog spola. No, može li se frekvencija lepršanja krila koristiti za prepoznavanje suprotnog spola, tek treba testirati (Web 3).



Slika 4. Mužjak lebdi iznad ženke i priprema se za parenje (Izvor: Web 7).

2.1.3. REFLEKSIJA UV ZRAČENJA

Leptiri mogu vidjeti sve boje vidljivog dijela spektra, plus ultraljubičastu boju. Velike razlike u spektru refleksije između krila mužjaka i ženki ilustriraju važnost vizualnih znakova za prepoznavanje suprotnog spola (Slika 5) (Web 1). Mužjaci i ženke razlikuju se u spektru refleksije u rasponu 350-370 nm, 450-550 nm, 600-700 nm. Analize ponašanja leptira pokazale su da su mužjaci i ženke osjetljiviji na crveno, narančasto i žuto svijetlo te manje osjetljivi na zeleno, plavo i ljubičasto svijetlo. To može pružiti vizualnu osnovu za diskriminaciju spolova. Krila nekih leptira reflektiraju malo ili ništa UV zračenja. Oba spola vrste repičinog bijelca (*Pieris rapae*) odražavaju nisku razinu UV svjetla. Iako neke vrste leptira imaju krila koja odražavaju UV svijetlo, neki ne pokazuju razlike u refleksiji UV svjetla između mužjaka i ženki. Kod takvih leptira, spolna diskriminacija ovisi o mirisnim znakovima (Web 1).



Slika 5. Krila leptira pod sunčevim svjetlom (A) i krila pod UV svjetlom (B) (Izvor: Web 1).

2.2. ULOGA MIRISNIH ZNAKOVA U PREPOZNAVANJU SPOLA

Feromoni su kemijske mirisne tvari koje nastaju izlučivanjem posebnih žlijezda na glavi ženke. To su spolni stimulatori koji obavljaju važne zadaće u životu leptira. Nadaleko se šire zrakom i još bolje pridonose pronalaženju mužjaka i ženki neke vrste. Neki feromoni šire se zrakom do 50 km daleko i privlače mužjake, primjerice velikog noćnog pauna (*Saturnia pyri*). Mužjaci mnogih vrsta leptira prelaca ticalima primaju miris ženke i tako otkrivaju njezin položaj i u mrkloj noći (Kranjčev, 2009).

Kemijski spojevi koji se nalaze u leptirima su hlapljivi kemijski spojevi u koje spadaju: alkani, alkeni, alkini, alkoholi, eteri, terpeni i heterociklički spojevi. Najveći broj hlapljivih kemijskih spojeva su alkoholi, zatim alkeni i terpeni pa eteri. Terpenoidi su pokazali najveći broj različitih spojeva, i to sedam. Dok su eteri predstavljeni samo jednim spojem. Mužjaci i ženke pokazuju malu razliku u rasponu proizvedenih kemijskih spojeva. Kod nekih vrsta leptira, uz navedene kemijske spojeve prisutan je i cedrol, i to samo kod ženki (Tablica 1) (Web 1).

Tablica 1. Hlapljivi kemijski spojevi pronađeni kod leptira. Razine značenja: + = 0.01–1%, ++ = 1–20%, +++ = više od 20% (Izvor: Web 1).

Redni broj	Kemijski spoj	Ženka	Mužjak
1	2-metil-1-propen	+	+
2	2,2-dimetil-1-propanol	++	++
3	α-pinen	+	+
4	2-metil-2-propen-1-ol	+	+
5	β-pinen	++	++
6	etilenglikoldialkil-eter	+	+
7	3,5-dimetil-1-heksen	+++	+++
8	3-fenil-1-propin	++	++
9	β-ocimene	+	++
10	trans-piranoid oksid	+	++
11	cis-piranoid oksid	+	+
12	piranoid	++	++
13	2-(2-butoksietoksi) etanol	+++	+++
14	neidentificiran	+	++
15	dihidroedulan II	++	++
16	edulan I	+	+
17	2,6,10-dimetil-dodekan	+	+
18	tetradekan	+	+
19	heksadekan	+	++
20	cedrol	+	0
21	heneikosan	+	++

Kao što je prikazano u tablici, male su razlike i u vrsti i u količini hlapljivih tvari koje proizvode mužjaci i ženke. Cedrol je jedini kemijski spoj kojeg proizvode samo ženke. Analiza ponašanja uzrokovana mirisnim znakovima pokazala je da je cedrol uključen u procese prepoznavanja ženki od strane mužjaka koji su u neposrednoj blizini (Web 1).

Osjetne ljuščice na krilima i tijelu leptira služe u različite svrhe. Jednima se primaju različiti podražaji, a drugima otpuštaju mirisne tvari pojedinog spola pomoću kojih se lakše pronalaze jedinke različitih spolova iste vrste. Ženke leptira po mirisu prepoznaju pojedine vrste biljaka na koje će moći položiti oplođena jaja. Ako u dotičnom kraju nema te određene biljne vrste, pronalaze neku drugu biljku koja joj je najsrodnija. Ovaj izbor se vrši instinktivno, a ličinke koje će se razviti zahtijevaju specifične podražaje koje detektiraju pomoću kemoreceptora na ticalima i ustima. Osjetilo mirisa kod mužjaka često je smješteno

na ticalima. Budući da je pronalaženje spolova posebno značajno kod noćnih vrsta, nije rijetkost da upravo mužjaci tih vrsta leptira imaju najbolje razvijena ticala, primjerice japanski hrastov prelac (*Antheraea yamamai).* Zato su noćni leptiri više *mirisni* organizmi, za razliku od danjih koji se više služe osjetilom vida (Web 1).

Ljepokrili admiral (*Vanessa atalanta*) ima osjetilo mirisa i na stopalima. Ono je tako snažnog učinka da njime 150 do 200 puta jače osjeti prisutnost različitih estera kao i voćnog, odnosno grožđanog šećera, nego čovjek. To je glavni razlog zašto ovog leptira susrećemo ujesen na otpalom zrelom voću. Na toj osnovi pronađeni su odgovarajući mirisni mamci pomoću kojih se mogu privući jedinke određene vrste. Jednako tako, osjetilom mirisa osjeća prisutnost ženke i na velikim udaljenostima (Kranjčev, 2009).

2.2.1. RITUALI UDVARANJA

Ponašanje tijekom udvaranja uglavnom počinje s oslobađanjem feromona od strane mužjaka što navodi ženku da se 'smjesti' na list neke biljke. Tada bi mužjak započeo svoj 'ples' udvaranja kružeći oko ženke dražeći krila jedno o drugo kako bi zračnim strujanjem prinio feromone na ticala ženke. Ako ženka prihvati njegov napredak, tj. ako ga ne odbije, često postoji ritual potvrde u kojemu i ženka otpusti svoje feromone te dolazi do njihovog miješanja. Poznati primjer takvog udvaranja je kod vrste običnog sivca (*Hipparchia semele*) gdje mužjak stavlja ženkina ticala između svojih krila kako bi ih doveo u izravan kontakt sa feromonima. Drugi primjer je vrsta *Leptidea sinapsis* u kojemu mužjak i ženka sjede na listu okrenuti jedno prema drugome, razmjenjujući feromone svojim ticalima. Mužjak pomiče svoje rilce prema donjoj strani ženkinih krila te oba spola raširе svoja krila i izmjenjuju feromone te dolazi do kopulacije. Mali koprivar (*Aglais urticae*) udvara se i do nekoliko sati. Mužjak prati ženku od mjesta do mjesta na koja ona sleti. Kada se smiri i otvori krila, ženka se počinje oslanjati na svoja stražnja krila dodirujući ih ticalima. Proces se ponavlja nekoliko puta kroz duže vrijeme, tijekom kojega mužjaci tjeraju druge mužjake koji prilaze. Kada ženka završi svoj ritual odvodi mužjaka u zaklonjeno mjesto, obično ispod malog grma gdje se obavlja kopulacija. Kod vrste žućka (*Gonepteryx rhamni)* također je često viđeno da se ženke oslanjaju na stražnja krila pri čemu se okreću na dorzalnu stranu i podižu zadak u zrak. To je znak odbijanja mužjaka, u kojemu mu ona poručuje da je već imala kopulaciju (slika 6)(Web 8). Ako ženke ne odbiju mužjaka, kopulacija se odvija odmah, bez ikakvog

prethodnog rituala. Većina leptira ostaje u kopulaciji sat vremena ili nešto duže, ali kod žućka ostaju u kopulaciji i do 17 dana (Web 8).



Slika 6. Ženka vrste *Gonepteryx rhamni* podiže zadak kako bi signalizirala odbijanje mužjaka (Izvor: Web 8).

Mužjaci se obično pare sa nekoliko ženki tijekom svog života. Ženke određenih dugotrajnih vrsta, kao što je monarh (*Danaus plexippus*) će se družiti s nekoliko mužjaka, ali će se pariti samo s jednim. Nakon kopulacije, genitalni otvor ženki močvarne riđe (*Euphydryas aurinia*) će se zapečatiti kako bi se spriječila kopulacija s drugim mužjacima. Mužjaci apolona (*Parnassius apollo*) sami zapečate genitalni otvor ženki posebnom strukturom te tako spriječe kopulaciju ženki s drugim mužjacima. Kod vrsta koje su u hibernaciji, kopulacija se odvija u proljeće. Vrsta leptira žućak prisutna je tijekom cijele sezone proljeća, ljeta i rane jeseni te tako i prezimljuje. Nakon hibernacije, bude se u travnju spojeni u kopulaciji te nakon toga ženke lete na velike udaljenosti ostavljajući jaja na biljkama koje susretnu tijekom leta. Na taj su se način leptiri proširili po cijelome svijetu. Naime, vrsta gubara (*Lymantria dispar*) pojavljuje se u obliku imaga u travnju dok u srpnju više nije prisutna u obliku imaga zbog obligatne dijapauze (Web 8).

3.1. ŽIVOTNI CIKLUS LEPTIRA

Leptir se kao jedan od najrazvijenijih beskralježnjaka razvija potpunom preobrazbom što nazivamo holometabolija, a očituje se u četiri razvojna stadija: jaje, gusjenica (ličinka), kukuljica i odrasla jedinka (imago). Svaki od tih stadija odlikuje se specifičnim biološkim značajkama. Dužina trajanja stadija kod pojedine vrste ovisna je o abiotičkim čimbenicima, posebno o klimatskim uvjetima i nadmorskoj visini (Šašić i sur., 2015). Parenje i polaganje jajašaca su zadaća odraslih leptira. Unutar jaja, embrio se potpuno razvija u ličinku. Ličinke leptira, nazvane gusjenice, hrane se i rastu kroz stadije. Kada sazriju, nastaje kukuljica u obliku svilene čahure koju isprede ličinka. Metamorfoza do odrasle jedinke događa se tijekom stadija kukuljice, a potpuno razvijena odrasla jedinka razbija ljusku čahure kako bi izašla iz iste. Dijapauza, stadij potpunog mirovanja razvoja, može se pojaviti u bilo kojoj od ovih faza, produljujući život i omogućavajući kukcima da „zaobiđu“ godišnja doba koja su neprikladna za rast i reprodukciju. (Resh i Cardé, 2003).

Jaja leptira su mala, veličine od 0,5 do 2,5 milimetara u promjeru, okrugla ili elipsasta s glatkom ili hrapavom površinom. Mogu biti različito obojena, bijela, zelena, crvena. Stadij jaja traje kratko, najčešće dva tjedna. Kod manjeg broja vrsta koje prezimljuju u stadiju jaja, to razdoblje može trajati i do nekoliko mjeseci. Ženka odlaže jaja pojedinačno ili u nakupinama na biljku koju zovemo ovipozicijska biljka. Odlaganje jaja na točno određene biljke genetski je determinirano, dok se ženka u pronalasku mjesta za ovipoziciju služi različitim vizualnim i mirisnim osjetilima. S obzirom na relativnu nepokretljivost rano izlegnutih gusjenica, njihov rast i razvoj u potpunosti ovisi o ženkinom izboru biljke. Iz jaja se razvija gusjenica koja odmah započinje s intenzivnim hranjenjem. Gusjenice su najčešće biljojedi te se hrane različitim dijelovima biljke: listovima, cvijetom, plodom stabljikom ili drugim dijelovima. Osim biljnom hranom, poznati su i drugi načini ishrane leptira kao npr. tkaninom, medom, jajašcima, ličinkama pa čak i drugim pripadnicima svoje vrste (Šašić i sur., 2015).

Ovipozicijske biljke u početku su razvoja gusjenica gotovo uvijek i biljke hraniteljice dok u kasnijim fazama mogu biti uključene i druge biljne vrste. Na primjer, zagasiti livadni plavac (*Phengaris nausithous*) ima samo jednu biljku hraniteljicu i to biljku krvaru (*Sanguisorba officinalis*) dok npr. kozmopolitska kukuruzna sovica (*Autographa gamma*) ima i nekoliko stotina biljaka hraniteljica. Ovipozicijske biljke, kao i biljke hraniteljice, mogu se razlikovati kod onih vrsta leptira koji imaju više generacija (proljetna, ljetna, ponekad i jesenska generacija), jer vegetacija nije ista tijekom čitave godine. To se odnosi na manji broj

vrsta leptira i biljaka i to samo onih zeljastih. Vrlo rijetko ženke polažu jaja na dijelove biljaka ili čak biljke kojima se gusjenice ne hrane. Tako srebrnopisana sedefica (*Argynnis paphia*) polaže jaja na deblo stabala iznad biljaka hraniteljica da gusjenice mogu prezimiti između pukotina kore, a tek na proljeće padaju na tlo i traže biljku hraniteljicu (ljubičicu) (Šašić i sur., 2015).

Stadij gusjenice razdoblje je u kojem su dominantni prehrana, rast i stvaranje potrebnih energetskih zaliha za stadij kukuljice, ali i imaga. Prema stadiju koji prezimljuje očituju se u proljeće u prvoj generaciji i razlike u veličini odraslog leptira. Vrste koje prezime u stadiju kukuljice imaju manju proljetnu generaciju od onih koje prezimljuju u stadiju gusjenice. Trajanje stadija gusjenice je različito. Kod vrsta koje imaju više generacija godišnje, u razdoblju proljeće – jesen, stadij gusjenice traje nekoliko tjedana, obično oko mjesec dana. U slučaju kad leptir prezimljuje kao gusjenica, njen život traje znatno duže, i do šest – sedam mjeseci (Šašić i sur., 2015). Smrtnost gusjenica iznimno je velika, a uzrokovana je brojnim čimbenicima koji uključuju kompeticiju zbog ograničene količine hrane, utjecaj predatora (beskralješnjaka i kralješnjaka), ali i parazita (npr. opnokrilaca iz porodice osa najeznica) i patogenih mikroorganizama (bakterija, virusa i gljiva) (Speight i sur., 1999).

U posljednjoj fazi života, kad gusjenica prestane s intenzivnom ishranom, započinje proces kukuljenja. Kukuljica je naizgled stanje mirovanja, posebice u prvom dijelu razvoja kada se ne događaju vidljivi metabolički procesi. U drugom dijelu razvoja započinje intenzivna metabolička aktivnost u kojoj se tijelo gusjenice preobražava do završnog stadija potpune preobrazbe, a to je odrasli leptir. Dužina života u stadiju kukuljice, kao i ostalih stadija, varira. Ponekad traje od nekoliko tjedana pa do deset mjeseci kod vrsta koje imaju samo jednu ranoproljetnu generaciju pa ljeto provode kao kukuljica u stadiju mirovanja do proljeća iduće godine. Mnoge vrste noćnih leptira neposredno prije kukuljenja izgrade vanjski zaštitni sloj, kokon. Gusjenice se zakukuljuju na svojim biljkama hraniteljicama, u pukotinama, ispod kore, na mahovinama, uz stabljike drugih vrsta biljaka, pod kamenjem ili u zemlji, prelazeći značajan put do mjesta kukuljenja. Položaj kukuljice i mjesto kukuljenja različit je kod različitih porodica, ali i vrsta leptira (Šašić i sur., 2015).

Pojavom odraslog leptira završava razvojni ciklus leptira, a proces kopulacije označava početak novog razdoblja. Ponašanje leptira pri pronalaženju partnera ima dva osnovna oblika, a to su čekanje i patroliranje (Boggs i sur., 2003.). Izbor jedne ili druge strategije može biti specifičan za vrstu, ali može biti i naučen. Mužjaci koji patroliraju provedu uglavnom cijeli svoj život u potrazi za ženkama. Uz ovaj oblik ponašanja veoma je česta pojava teritorijalnosti mužjaka, koja se često povezuje s protandrijom, pojavom da

mužjaci prvi izlaze iz kukuljica da bi uspostavili teritorije prije pojave ženki. Ranijim izlaskom mužjaci povećavaju mogućnost sretanja neoplođenih ženki. Teritorijalni se mužjaci kod nekih vrsta leptira okupljaju na vrhovima stabala ili brežuljcima iznad staništa. Drugi je poznati oblik ponašanja nagomilavanje mužjaka na jednom dijelu staništa, koje ženke onda posjećuju samo zbog parenja. Nakon toga one napuštaju to područje u potrazi za ovipozicijskim biljkama (Šašić i sur., 2015)

3. ZAKLJUČAK

Leptiri (Lepidoptera) svojom sposobnošću letenja, brojnošću oblika, jedinstvenim pokrivačem krila, privlačnošću te ljepotom svojih boja zauzimaju posebno mjesto u svijetu kukaca. Oba spola leptira za identifikaciju partnera koriste i vizualne i mirisne podražaje. Kod leptira kod kojih je prisutan spolni dimorfizam, jake razlike u bojama pogoduju brzoj identifikaciji suprotnog spola. Leptiri koriste boje krila za identifikaciju na većim udaljenostima no, kada se nađu u neposrednoj blizini, koriste se razlikom u šarama na krilima. Uz to, lepršanje je važan korak koji vodi prema parenju leptira jer jedinke međusobno osjećaju vibracije zraka te se na taj način šire i feromoni. Nadalje, refleksija UV zračenja je još jedan kriterij prema kojemu dolazi do diskriminacije spolova. Leptiri čija krila reflektiraju malo ili ništa UV zračenja, koriste se mirisnim znakovima za identifikaciju suprotnog spola. I mužjaci i ženke otpuštaju feromone. Obično, mužjaci prvi ispuštaju feromone kako bi „zaveli“ ženku tijekom udvaranja dok ona ispušta feromone ako pristane na parenje. Rituali udvaranja se razlikuju od vrste do vrste. Tijekom životnog ciklusa, postoji faza mirovanja, tzv. dijapauza. Dijapauza je vrijeme usporene morfogeneze leptira te pripreme za daljnji život i mogućnost razmnožavanja.

4. LITERATURA:

Boggs, C. L., Watt, W. B., Ehrlich, P. R. (2003) Butterflies: ecology and evolution taking flight. The University of Chicago Press, Chicago.

Kučinić, M., Plavac, I. (2009) Danji leptiri, Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

Kranjčev, R. (2009) Lepiri Hrvatske; Prilozi istraživanju biološke i statične ranolikosti faune leptira Hrvatske. Izdavačka kuća Veda, Križevci.

Matoničkin, I. (1999) Beskralježnjaci: biologija viših avertebrata. Školska knjiga, Zagreb.

Resh, V. H., Cardé, R. (2003) Encyclopedia of insects. Academic Press, Cambridge.

Scoble, M. J. (2002) The Lepidoptera: Form, Functionn and Diversity. Oxford University Press, London.

Speight, M. R., Hunter, M. D. & Watt, A. D. (1999). Ecology of Insects - Concepts and Applications. Blackwell Science, Osney Mead, Oxford.

Šašić, M., Mihoci, I., Kučinić, M. (2015) Red book of butterflies of Croatia. Ministarstvo zaštite prirode i okoliša, Državni zavod za zaštitu prirode, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb

Web izvori:

Web 1.

https://www.google.hr/search?biw=1242&bih=602&tbm=isch&sa=1&ei=IR_OWpX7H4nXwQKlv6zICw&q=wing+venation+of+moth&oq=wing+venation+of+moth&gs_l=psy-ab.3...78804.86428.0.86747.0.0.0.0.0.0.0.0..0.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.7bZ7w5L9CLc#imgrc=_ (25.02.2018.).

Web 2.
https://www.google.hr/search?q=colias+myrmidone&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjApID84dPbAhVJyRQKHalfC9gQ_AUICigB&biw=1242&bih=602#imgrc=tYEjjMs5akk2fM: (25.02.2018.).

Web 3. s41598-017-04721-6.pdf (19.10.2018.).

Web 4. http://svartberg.org/osjetilni-sustav-kukaca/ (23.03.2018.).

Web 5. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3107650/ (23.03.2018.).

Web 6. https://www.google.hr/search?biw=1242&bih=602&tbm=isch&sa=1&ei=nSLOWsHuDszRwQLi9onIDA&q=polyommatus+icarus&oq=polyommatus+icarus&gs_l=psy-ab.3...71703.75319.0.75499.0.0.0.0.0.0.0.0..0.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.9tb9v7EZ-Y4#imgrc=UrVSejtZdqVMMM: (23.03.2018.).

Web 7. https://www.cambridgebutterfly.com/blog/observing-butterfly-courtship-behaviour (05.04.2018.).

Web 8. http://www.learnaboutbutterflies.com/Lifecycle%209%20-%20mate%20location%20courtship.htm (05.04.2018.).