

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Ponašanje medonosne pčele *Apis mellifera*
Behavior of honey bee (*Apis mellifera*)

Seminarski rad

Ilona Tot
Preddiplomski studij biologije
(Undergraduate Study of Biology)
Mentor: prof. dr. sc. Zoran Tadić

Zagreb, 2009.

Sadržaj

Uvod	3
Morfologija i anatomija medonosne pčele <i>A. mellifera</i>	4
Sazrijevanje i prehrana	8
Odabir i arhitektura košnice	14
Podjela rada u zajednici: matica, trutovi i radilice	17
Komunikacija i orijentacija	21
Razmnožavanje: rojenje, smjenjivanje matice i parenje	24
Zaključak	27
Literatura	29
Sažetak	30
Summary	31

Uvod

Kada bismo medonosnu pčelu pokušali opisati na temelju znanstvene klasifikacije odnosno sistematike, morali bismo zamisliti živo biće otprilike poput ovoga: životinja, kukac, člankovitih nogu, opnjenih krila koja proizvodi med. Kako su pčele općenito poznate upravo po proizvodnji meda, činjenica da je većina literature i istraživanja o ovome kukcu usmjerena upravo na proučavanje gospodarske i medicinske koristi za ljudski rod, ne čudi previše. Jedan od razloga zašto sam željela saznati što pčele zapravo rade, osim što sakupljaju polen i „prave“ med jest upravo taj. Morfologija i anatomija medonosne pčele imaju ulogu da joj obavljanje ovih poslova bude što efikasnije, uz što manji utrošak energije. Cilj ovoga rada jest saznati i istražiti kako medonosne pčele provode svoj život: kako sazrijevaju, kako se hrane, razmnožavaju. Da bi to mogle moraju imati razvijene brojne prilagodbe i izvrsnu organizaciju – arhitektura košnice, podjela rada u zajednici, komunikacija i orijentacija – sve su to aspekti iz kojih se može saznati nešto više o socijalnom ponašanju medonosne pčele.



Morfologija i anatomija medonosne pčele *A. mellifera*

Prije nego što započnemo razmatrati ponašanje medonosne pčele, odnosno ponašanje čitave zajednice, bilo bi dobro da znamo ponešto o anatomiji posebice morfologiji ovog kukca. Tijelo pčele je kolutićavo i kao u većine kukaca, čini ga 20 kolutića. Razlikuju se tri tagme (odsječka): glava (caput), prsa (thorax) i zadak (abdomen). S obzirom da je svaka tagma cjelina dovoljno kompleksna sama za sebe, mnogo je lakše ako se tako i razmotri.

Glava (caput)

Glava pčele zapravo je cjelovita hitinska čahura, ovalnog oblika koju čine akron te šest kolutića. Oblik i veličinu glave uglavnom određuje veličina očiju i žvačnih mišića koji pokreću čeljusti. Na glavi se razlikuje nekoliko dijelova: čelo (frons), tjeme (vertex), glavin štitić (clypeus), obrazi (genae) i zatiljak (occiput). Ističu se i privjesci kao što su ticala i usni organi. Na vanjskoj strani glave pčela ima jedan par člankovitih, pomičnih ticala na kojima su smještene brojna osjetila. Ticala su privjesci na drugom glavinom kolutiću između složenih očiju na čeonoj regiji. Osim para složenih očiju smještenih sa strane glave, pčela ima i tri jednostavna oka (ocela), smještene na apikalnom dijelu čeone regije. Uloga ocela nije fokusiranje ili stvaranje slika. Pretpostavlja se da je njihova jedina funkcija detektirati intenzitet svjetlosti odnosno regulirati dnevne tj. danje obrasce aktivnosti i orijentaciju. Pčela ima okomit položaj glave prema tijelu što znači da su joj usta okrenuta prema dolje, a čelo prema naprijed. Ovakav položaj glave u odnosu na tijelo naziva se ortogonatnim.



Slika 1. Glava medonosne pčele

Usni organi koji su u pčele medarice specijalizirani za lizanje i sisanje, smješteni su na donjem dijelu glave. Gornja usna (labrum) je zbog uloge u skupljanju cvjetnoga praha i izgradnji saća ostala nepromijenjena, u odnosu na usne organe za grizenje. Donja usna (labium), gornje (mandibulae) i donje (maxillae) čeljusti morfološki su promijenjene i prilagođene lizanju i sisanju. Reducirane gornje čeljusti koje oblikom podsjećaju na male lopatice imaju važnu ulogu pri obradi voska. Kako bi omekšale vosak, pčele koriste

izlučevine čeljusne žlijezde koje istječu u udubljenje na samoj bazi čeljusti. Donje čeljusti imaju dugačka pipala izrasla za zaštitu jezika, kao i produljene vanjske režnjeve koji su zadebljali, te zajedno s donjousnenim pipalom tvore cjevčicu rila – gdje je smješten jezik. Jezik je nastao sraštavanjem jezičaca (glossae) donje usne. Donja usna je građena složenije, vjerojatno zbog svoje funkcije – lizanje i sisanje. Njezinu osnovu čine podbradak (submentum) trokutastog oblika i veća, izdužena brada (mentum). Podbradak povezuje donju usnu s glavom dok brada nosi člankovito donjousneno pipalo. Već spomenuti unutrašnji jezičci (glossae) zajedno s vanjskim dojezičcima (paraglossae) nalaze se između pipala i tvore jezik koji se na apikalnom dijelu proširuje poput žličice (flabellum). U srednjem dijelu jezika nalazi se uzdužni žlijeb kroz koji se slijeva sekret žlijezda slinovnica do žličastog proširenja, flabeluma. Ovakva građa omogućuje pčeli da vrhom svoga jezika otopi šećer, a potom ga usiše, kao i cvjetni nektar, kroz cjevčicu rila.

Prsa (thorax)

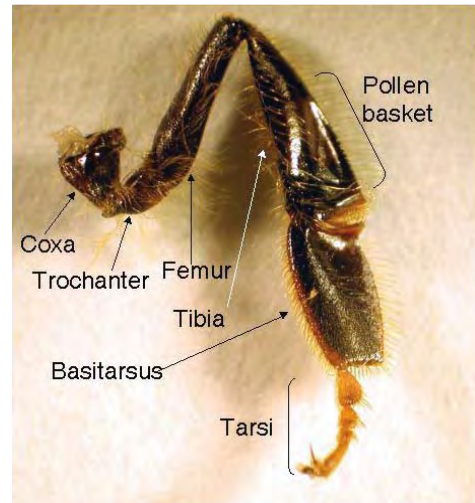


Slika 2. Toraks

Prsa su pokretačka tagma ovog kukca s obzirom da su s njima povezane noge i krila. Sastoje se od prednjeg (prothorax), srednjeg (mesothorax) i stražnjeg (metathorax) kolutića. Oblik i veličina prsnih kolutića u različitim kukaca su raznovrsni, zbog prilagodbi različitim djelatnostima, pa tako pčele koje najviše mašu prednjim krilima imaju razvijeniji srednji prsni kolutić. Osim što su prsa prekrivena hitin – proteinskom kutikulom, u pčele su dodatno prekrivena i brojnim dlačicama. Na svakom kolutiću nalazi se jedan par člankovitih nogu koje su oblikom prilagođene obavljanju različitih funkcija, a u pčela su to noge sabiralice. Svaka noga sastoji se od šest članaka: kuk (coxa), nožni prstenak (trochanter), bedro (femur), gnjat (tibia), stopalo (tarsus) i predstopalo (praetarsus). Važno je naglasiti da se noge razlikuju morfološki i funkcionalno. Između bedra i gnjata noga je presavijena. To je koljeno (genus). Stopalo čini pet članaka od kojih je prvi veći od ostalih, pa se naziva metatarsus. Na predstopalu pčela ima kandžice (ungues) i jastučić (arolium) za prijanjanje. Prvi par nogu ima udubljenje na unutrašnjoj strani metatarsusa prekriveno trnovitim nastavkom koji se nalazi na vrhu gnjata. Ovo udubljenje je važno, jer su u njemu smješteni trnoviti nastavci raspoređeni u obliku češljica. Češljic nije ništa drugo nego uređaj za čišćenje ticala tzv. tibio – tarzalni aparat. Na drugom paru nogu

nema češljica. Treći par nogu građen je malo složenije, s obzirom da ima važnu ulogu u sakupljanju peluda. Unutrašnja strana metatarsusa prekrivena je brojnim dlačicama koje su složene u redove tako da tvore nešto poput „četkice“.

S vanjske strane gnjata nalazi se udubljenje poput korita, koje prekrivaju još veće dlačice. Te dlačice imaju vrhove savinute prema unutra tako da oblikuju „košaricu“ – nosač peluda. Kada promatramo donju stranu gnjata, uočavaju se kratke, jake dlačice koje oblikuju češalj nasuprot kojeg se na gornjoj strani metatarsusa nalazi proširenje, tzv. školjka. Školjka i češalj imaju važnu ulogu u prenošenju polena s četkice jedne noge u košaricu druge noge.



Slika 3. Člankovita noga

Na gornjoj strani prsa, točnije na srednjem i stražnjem kolutiću smještene su krila. Prednji par krila na mezotoraksu veći je od stražnjeg para. Krila su opnasta i prožeta uzdušnicama koje se granaju na rebra i čine polja različitih oblika. Na prednjem rubu stražnjih krila smještene su kukice koje imaju ulogu da zahvate rub prednjih krila, tako da su u letu oba para krila povezana u funkcionalnu cjelinu. Pčela zamahne krilima više od 200 puta u sekundi, a leti brzinom oko 24 km/h.

Zadak

Zadak se izvorno sastoji od jedanaest kolutića i telzona. S obzirom da je u zatku smješten glavni dio utrobe, njegov obujam se može mijenjati. U pčela radilica na zatku je vidljivo sedam segmenata, uzimajući propodeum kao prvi začani kolutić. Prvi kolutić zatka srastao je s prsima zbog čega tijelo pčele nije utegnuto između prsa i zatka, nego im je utegnuto sam zadak između prvog i drugog kolutića, te se naziva privješeni zadak. Na prvih sedam kolutića zatka, kukci općenito nemaju nikakvih privjesaka. Oni se pojavljuju oko spolnog otvora, tek na osmom i devetom kolutiću. Ovi tjelesni privjesci kod mužjaka (gonopodiji i paramere) preobraženi su u uređaj za parenje, a kod ženke (gonapofize) u leglicu (ovopositor).

Radilice medonosne pčele imaju leglicu preobraženu u žalac zbog čega i spadaju u skupinu žalčara. Sam žalčani aparat sastoji se od žalca s dvije otrovne žlijezde cjevastog oblika ispunjenim kiselim otrovom. Ove žlijezde spajaju se u neparni izvodni kanal koji završava u spremištu vrećastog oblika. Iz spremišta se otrov cjevastim proširenjem dovodi u žalac uz koji se drži cjevasta žlijezda s otrovom. Žalčani aparat sastoji se od nekoliko,

oblikom različitih, hitiniziranih pločica koje okružuju vrh žalca. Sam vrh čine dvije međusobno spojene žalčane iglice i naziva se bodežić. Na njemu su smješteni brojni trnovi okrenuti unatrag.

Unutarnji sustavi



Slika 4. Unutarnji organi

Probavni sustav smješten u abdomenu, povezan je s ustima i dugačkim jednjakom koji se proširuje u vrećasti gaster tzv. medni želudac (eng. „crop“). U njemu se zadržava med koji se potroši u košnici, a služi i kao izvor energije tijekom leta. Osim meda, u njemu se u košnicu prenose nektar i voda koje su radilice prikupile na poljima. Kada se ova vrećasta struktura napuni, ona zauzme većinu abdominalne šupljine koja se proširuje rastežujući membrane koje su pak povezane s egzoskeletom. Zrna polena i tekući sadržaj filtriraju se iz mednog želuca i prenose u srednje crijevo gdje se odvija većina probave i apsorpcija tvari. Otpadne tvari koje se primarno sastoje od polenovih ljusaka, masnih globula i mrtvih stanica srednjeg crijeva, odvođe se dalje sve do rektuma. Rektum je proširen iz razloga

da zadržava otpadni materijal tijekom zime, jer pčele ne vrše defekaciju u košnici, već čekaju proljeće kako bi eliminirale akumulirane otpadne tvari. Za skladištenje rezervne hrane pčele imaju zadebljane obojene stanice na dorzalnoj i ventralnoj strani abdomena.

Optjecajni i dišni sustavi su odvojeni. Pčele imaju otvoren optjecajni sustav, a funkciju srca ima dorzalno smještena stezljiva krvna žila čiji se prednji dio, aorta, pruža sve do glave. Tjelesna tekućina je hemolimfa. Za disanje, pčele nemaju pluća već tzv. uzdušnički (trahealni) sustav. Traheje su uvrati epiderme koji se granaju u cjevasti sustav duž čitavog tijela. Njime struji zrak koji donosi kisik i odnosi ugljik – dioksid. Uzdušnice se otvaraju na površini tijela, postrance, na svakom kolutiću jednim parom odušaka.

Živčani sustav je jednostavan, a čine ga mozak i sedam ganglija koji se granaju na živce kroz tijelo. Ulogu u većem dijelu kontrole živčanog sustava imaju gangliji, a ne sam mozak – oni vrše lokalnu kontrolu nekih dijelova mišićnog sustava. Primjerice, ukoliko se

pčeli otkine glava, ona je i dalje sposobna pomicati krila, noge i žalac, iako je izgubila koordiniranu aktivnost tih funkcija. Pčele imaju dobro razvijen žlijezdani sustav, koji im omogućava da vrše četiri osnovne funkcije: proizvodnju voska, komunikaciju, obranu i proizvodnju hrane.

Sazrijevanje i prehrana

Sazrijevanje

Proces sazrijevanja i metamorfoze u medonosne pčele nije jedinstven za ovu vrstu jer mnoge druge prolaze kroz sličan proces. No, preobrazba od stadija jajašca do odrasle dobi uključuje vrlo kompleksne interakcije. Za razliku od mnogobrojnih solitarnih kukaca, pčele su zadružni kukci, stoga njihova zajednica ima visoki stupanj organizacije odnosno socijalizacije. U pčelinjoj zajednici razlikuju se tri kaste; matica, radilice i trutovi. Kada je u pitanju njihov razvoj, nitko nije povlašten, jer svi moraju proći kroz četiri glavna stadija: jajeta, ličinke (larve), kukuljice (pupe) i na kraju, odrasle dobi.

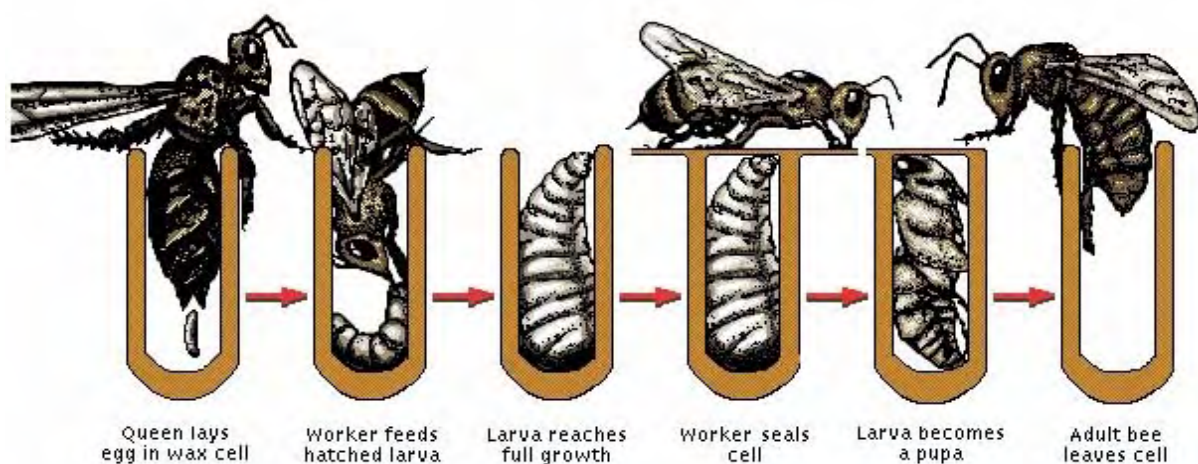
Razvoj započinje tako što matica nese jaja u radiličku ili trutovsku stanicu. Ovdje treba naglasiti da se termin stanica odnosi na stanice saća. Iz oplodjenih jajašaca mogu se razviti radilica ili matica dok se iz neoplođenih razvijaju trutovi. Jaja su malena, sjajna, bijela, cilindrična i ovalnog oblika. Kada matica izlegne jaje, zalijepi ga na dno stanice saća, uglavnom jedno jaje po stanici. Obično tri dana prije leženja, jajašce postepeno ispušta do dna stanice saća. Čitav proces u kojemu se iz jajašaca postupno razvijaju mlade ličinke je neprimjetan odnosno nevidljiv, upravo iz razloga što ličinka postaje postupno izložena, vidljiva, kako se zametak počne pomicati, pri čemu membrana jajeta puca. U usporedbi sa drugim kukcima koji se legu iz jaja probijanjem membrana, čini se da je način leženja poznat u medonosne pčele jedinstven za ovu vrstu.



Slika 5. Jaja i ličinke u stanicama saća

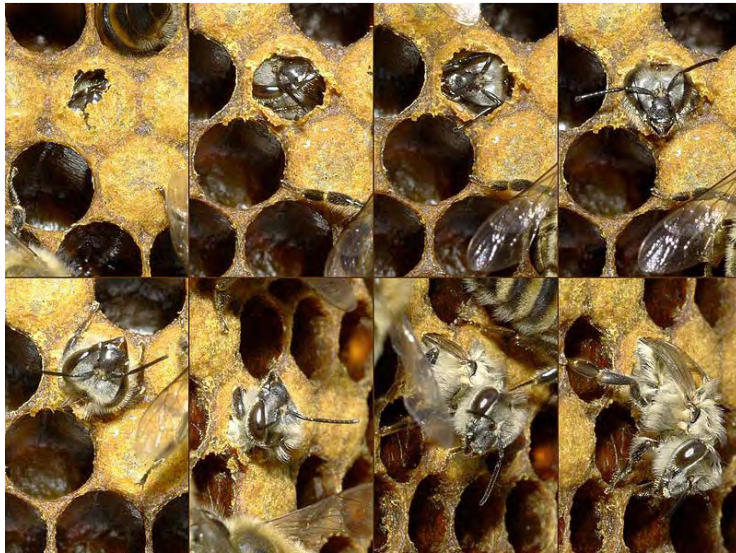
Ličinke pčele neki autori uspoređuju s aparatom za hranjenje, tzv. feeding machine, konstruiranim za ubrzani rast, bez svih vanjskih neesencijalnih nastavaka i obružan s ogromnim probavnim sustavom. Što i ne čudi, kada je jedino što će ličinke raditi idućih

nekoliko dana – jesti, jesti i jesti. Ličinke možemo opisati kao bjelkaste crve bez nogu, očiju, ticala i krila, s razvijenim ustima i velikim probavnim sustavom (dobro razvijeno srednje i stražnje crijevo, te slinske žlijezde i ekskretorni tubuli). U periodu razvijanja, ličinke se presvlače šest puta odnosno odbacuju egzoskelet. Od šest postojećih, pet presvlačenja odvija se tijekom stadija ličinke, dok se posljednje događa kada pčela postane odrasla jedinka. Ličinke radilica i matice se prva četiri puta presvlače vremenski otprilike jednom dnevno, što im omogućuje ubrzani rast odbacivanjem egzoskeleta kada on postane premalen. Za to vrijeme stanice saća u kojima su smještene ličinke nisu zatvorene, te pčele hranilice ličinki tzv. „nurse bees“, hrane ličinke velikim količinama posebne hrane za potomstvo tzv. „brood food“. Ovu hranu postavljaju u stanice saća blizu ili na samu larvu. Unutar stanice saća ličinke se mogu okretati za slučaj da hrana nije postavljena ispred njihovih ustiju i tada su spremne da ih se zatvori. To čine odrasle radilice izlučujući vosak. Posljednjih nekoliko dana ovog stadija ličinke provode gradeći kukuljicu, unutar sada zatvorene stanice saća. Da bi isplele kukuljicu ličinke se odmotavaju i protežu čitavom stanicom saća s glavama usmjerenim prema zatvorenom kraju stanice. Zatim počinju tkati kukuljicu svojim nastavcima za pređenje. Glavna tvar za izgradnju kukuljice je svila, od koje u odraslih nastane torakalna žlijezda slinovnica. U ranoj fazi izgradnje kukuljice, ličinke izlučuju proizvode defekacije, pri čemu je važno naglasiti da su ekskretorni kanalići i srednje crijevo zatvoreni dok ne završi proces hranjenja. Zatim nepotreban sadržaj izbacuju u bazu stanice saća, a tamno smeđi feces koriste u izgradnji kukuljice.



Slika 6. Razvojni stadiji: jaje – ličinka – kukuljica – odrasla pčela

Ovaj posljednji ličinački stadij poznat je i kao prepupalni stadij u kojem se odvija posljednje presvlačenje odnosno metamorfoza u kukuljicu. Ujedno najavljuje i period prije posljednjeg presvlačenja u odraslu jedinku – razvijene su glava, oči, ticala, usni aparat, prsa, noge te zadak, a jedino su krila još uvijek malena i nerazvijena. Kako se kukuljica razvija, kutikula postupno postaje tamnija s dobro izraženim promjenama boje i omogućava nam da odredimo stupnjeve razvoja kukuljice. Iako se sama kukuljica ne povećava i izvana ne mijenja oblik, u njezinoj unutrašnjosti odvija se preobrazba. Promjene mišićne strukture i unutarnjih organskih sustava nagovještavaju razvoj u odraslu jedinku. Ovaj stupanj u radilica i trutova traje osam do devet, a u matica četiri do pet dana. Posljednje presvlačenje odnosno odbacivanje egzoskeleta odvija se unutar stanica saća. Nakon što novonastala odrasla jedinka odbaci egzoskelet, ona ostaje u stanici još nekoliko sati, jer je to vrijeme potrebno za otvrdnjavanje buduće kutikule.



Slika 7. Izlazak radilice iz stanice saća

Pri izlasku iz stanice saća pčela koristi svoje čeljusti za bušenje voštanog poklopca. Rotirajući se unutar stanice, uspijeva stvoriti male rupice. U pčelinjoj zajednici ništa se ne baca, pa tako odrasle radilice dolaze po voštane poklopce onih stanica saća iz kojih izlaze mlade pčele. Koriste ih za poklapanje drugih stanica. Tijekom sljedećih desetak dana traje proces

dovršavanja unutarnjeg i vanjskog razvoja, sada već odrasle pčele. Kada pčela konačno izađe iz stanice saća, započinje proces „odmotavanja“ i sušenja ticala, krila i pokrovnih dlačica. Osim toga, u idućih 12- 24 h odvija se otvrdnjavanje kutikule. Ovdje je važno naglasiti da razvoj mladih pčela ovisi i o količini polena i nektara koju donose stare pčele radilice.

Cjelokupni razvoj jedinke počevši sa stadijem jajašca do izlaska odrasle jedinke, traje 16 dana za maticu, 21 dan za radilicu i 24 dana za truta. Potrebno je napomenuti da ove brojke nisu fiksne, jer sam razvoj ovisi o mnogo čimbenika primjerice okolišnim čimbenicima, posebice temperaturi i drugim resursima npr. izvoru hrane. Životni vijek radilica je varijabilan – od nekoliko dana do gotovo jedne godine, što primarno ovisi o sezonskim faktorima, dostupnosti hrane, aktivnostima koje pčela vrši tijekom života i vrste odnosno sorte pčela.

Primjerice, tijekom proljeća i jeseni, radilice medonosne pčele žive 30 – 60 dana, tijekom ljeta 15 – 38, a tijekom zime 140 dana. Trutovi imaju kraći životni vijek. Tijekom proljeća pa do sredine ljeta žive u prosjeku 21 – 32 dana. Kasno ljeto i jesen do 90 dana, a vrlo malo, ponekad niti jedan trut ne preživi zimu, jer ih radilice izbace iz košnice. Matica je najdugovječniji član pčelinje zajednice, a živi u prosjeku od 1-3 godine i većinu svog vremena provodi u matičnjaku.

Prehrana

Bez obzira da li se radi o radilici, matici ili trutu jedno je sigurno – svi moraju jesti. Ipak, kako se u konačnici radi o tri različite „kaste“, tako se i njihove nutricionističke potrebe razlikuju. Glavni izvor hrane u pčelinjoj zajednici svakako su cvjetni nektar i cvjetni prah, polen. Ova dva cvjetna produkta osiguravaju sve potrebne sastojke za razvoj ličinke, proces metamorfoze i odrasle jedinke. U osnovi, nektar je izvor karbohidrata u obliku šećera dok je polen izvor proteina, lipida, vitamina i minerala.



Slika 8. Med

Pčele medarice evolucijski su razvile raznolike mehanizme za procesuiranje nektara i polena, pa hrana kojom se one hrane tijekom različitih razvojnih stadija ili „kasta“, savršeno zadovoljava njihove potrebe. Većinu svoje energije medonosne pčele dobivaju iz nektara proizvedenog u biljnim cvjetovima koji sadrži mnogo šećera – karbohidrata. Cvjetni nektar je vodenasti sekret cvijeta koji sadrži od 5 – 80% šećera i male količine dušičnih komponenata, minerala, organskih kiselina, vitamina, lipida, pigmenata i aromatičnih supstanci. Nektar koji prikupe radilice, hranilice zajednice, češće prerađuju u med nego što ga koriste za prehranu legla. Radilice sakupljačice prenose nektar do gnijezda u tzv.mednom želucu i predaju ga radilicama u gnijezdu. U medni želudac posebne žlijezde izlučuju enzime kako bi se razgradili šećeri nektara do oblika koji su pčelama najlakši za probavu, te da se budući med za skladištenje zaštiti od bakterija. Kada radilice u košnici preuzmu nektar, na njihovom jeziku dolazi do evaporacije njegova sadržaja, a potom ga smještaju u stanice saća zbog daljnog isparavanja ventilacijom. Na ovaj način sadržaj vode u nektaru reducira se na manje od 18%, a sam nektar se štiti od kvasca. Nakon što završi enzimatska aktivnost i evaporacija vode nektara, kažemo da je on dozrio – nastao je med. Novonastali produkt zapečate voštanim poklopcem sve dok ne im ustreba za prehranu larvi ili odraslih jedinki. Ličinka radilice za

razvoj treba oko 142 mg meda, a procjenjuje se da čitava kolonija za jednu godinu treba 60 – 80 kilograma.

Cvjetni prah ili polen su muške spolne stanice biljaka koje nastaju u prašnicima cvjetova. Pčele radilice skupljaju ga i prenose na svojim nožicama u posebnim košaricama, u obliku grudica. Da bi se radilica osigurala od gubitka polena, na putu do košnice peludu koji skuplja dodaje slinu i med. Na taj način vlaži zrnca peluda i stvara čvrstu grudicu te osigurava da joj ne ispadne.



Slika 9. Radilica nosi „grudicu“ polena

Kada dođu do košnice, pčele sakupljačice predaju pelud mladim pčelama koje ga potom smještaju u stanice saća, nabijaju glavom kako bi ga učvrstile, konzerviraju i po površini zalijevaju slojem meda. Tako uskladišteni polen, pod utjecajem fermentata podliježe kemijskim promjenama. Ovako spremljen pelud, nakon što je neko vrijeme odležao, postaje primjeren za prehranu i tada ima najveću hranidbenu vrijednost. Važno je napomenuti da se pčele nikad ne koriste peludom izravno iz unosa, već on mora proći kroz proces dorade. Mlade pčele koje ga nabijaju u stanice, preko dodanog meda daju mu i fermente (enzime). Oni pak uz slinu i med dodane tijekom skupljanja, izazovu i omogućuju doradu te povišenje njegove hranidbene vrijednosti.

Do sada je u polenu otkriveno više od 50 hranjivih sastojaka, a sastav prije svega ovisi o vrsti biljke s koje potječe. Svjež pelud sadržava 3-18% vode, 7-30% bjelančevina, 1-20% masti i 18-40% šećera. Sadrži i brojne mineralne tvari, a po nekim autorima čak i do 28 različitih elemenata. Bogat je i vitaminima, a budući da se radi o muškim spolnim stanicama nositelj je hormona. Jedna pčelinja zajednica tijekom godine može potrošiti više od 35 kg peluda. Pčele nose pelud u isto vrijeme samo s jedne vrste biljaka, osim kad su njegovi izvori siromašni.



Slika 10. Punjenje stanica peludom

hrane za leglo, zatim proizvodnju matične mliječi, proizvodnju voska za izgradnju saća, poklopaca na leglu i medu, te proizvodnju propolisa. Koriste ga i za stvaranje masnog bjelančevinastog tkiva kod tzv. zimskih pčela, a u malim količinama potreban je i odraslim pčelama. Ličinke starije od tri dana hrane pčele dadilje u košnici (eng. „nurse bees“) i u tu svrhu miješaju u određenom odnosu mliječ, pelud, med i vodu, kako bi pripremile kašicu koju potom stavljaju u stanice s ličinkama. Da bi mlade pčele, stare 8-12 dana mogle izlučivati matičnu mliječ, koja je osim za ličinke radilica potrebna i matici, one moraju uzimati velike količine peluda. Upravo te količine uvjetuju cjelokupan razvoj pčelinje zajednice. Pčele koje se legu u kasno ljeto tzv. zimske pčele, trebaju prezimiti. One se moraju obilnije hraniti peludom, jer to utječe na stvaranje masnog bjelančevinastog tkiva u njihovu tijelu. Ono im omogućuje da prvo leglo othrane bez peluda, koristeći se upravo tim naslagama bjelančevina uskladištenim u organizmu.

U ovome dijelu rada samo ćemo ukratko spomenuti propolis. To je smolasta tvar koju pojedine radilice, kada postanu izviđačice (od 21 dana života), sakupljaju sa pupoljaka i kore drveća, kao i drugih biljaka. Propolis sakuplja manji broj pčela, a unosom u košnicu upotrebljavaju ga za izgradnju ulaza, zatvaranje pukotina i rupa, te skladištenje odnosno "sterilizaciju" stanica saća. Prema pojedinim tumačenjima naziv propolis potječe od grčke riječi "pro" - prije ili ispred i "polis"- grad, zbog upotrebe propolisa za izgradnju i regulaciju ulaza u košnicu, dok neki smatraju da naziv dolazi od riječi „propoliso“ koja na grčkom ili latinskom znači zamazivati-zaglađivati. U sastavu propolisa dolazi preko 60 prirodnih, kemijskih tvari, i premda još uvijek nije u potpunosti istraženo, zna se da otprilike sadrži: 55% smole, 30% voska, 10% eteričnih ulja i 5% peludi te vitamine E i B, željezo, cink, enzime, organske kiseline i dr.

Odabir i arhitektura košnice

Kada promatramo kako pčela živi, najčešće zamišljamo kako većinu svog vremena provodi na cvjetnim livadama, skupljajući nektar i polen. No to zapravo i nije točno. Prosječna radilica prvih dvadesetak dana života provede isključivo u košnici, a kada počne izlaziti, na paši provede tek nekoliko sati u danu. Pčelinje gnijezdo je poput grada u kojem postoje različite funkcionalne cjeline.

U prirodi, vrsta *Apis mellifera* gradi košnicu u dupljama debela s malim, lako obranjivim ulazom. U unutrašnjosti, pčele konstruiraju saće koje je zapravo skup voštanih, heksagonalnih, međusobno povezanih stanica. U njima pčele „podizuju“ mlade tj. smještaju, njeguju i hrane vlastito leglo, te skladište polen, nektar i med. Pčele patroliraju površinom saća izvodeći plesove ili hraneći buduće potomke,



Slika 11. Košnica u duplji

dodajući hranu jedna drugoj, upotrebljavaju krila kao ventilatore za hlađenje gnijezda ili evaporaciju nektara, roje se da zagriju gnijezdo i izvode brojne druge aktivnosti.

Gnijezdo je dobro dizajnirano za obavljanje svih ovih funkcija, pri čemu je potrošnja energije svedena na minimum. Posljednji stadij rojenja odnosi se na odabir nove kolonije ili reprodukciju. Kolonije se uglavnom roje u kasno proljeće, kada stara kolonija ima višak radilica i postane prenapučena. U to vrijeme većina radilica napušta gnijezdo sa maticom i formira roj, obično na teško dostupnom položaju nekog visećeg, razgranatog dijela drveta. U tom trenutku roj se nalazi u kritičnoj situaciji, jer u vrlo kratkom vremenu mora pronaći novo mjesto za gnijezdo. Roj ima vremena za pronalazak mjesta onoliko koliko radilice u svojim želucima imaju meda. U suprotnom, čitava populacija polako počinje nestajati kako radilice troše med. Mjesto nije lako odabrati, jer se roj mora osigurati da na toj poziciji kolonija može preživjeti i rasti mnogo godina. Prilikom odabira gnijezda roj se suočava s brojnim potencijalnim mjestima. Za vrijeme izviđanja mora odabrati jedno mjesto i postavlja se pitanje kako to čini? Jedno je sigurno – radilice međusobno moraju postići konsenzus o odredištu prije nego što se roj počne kretati jer, naposljetku, radi se o ograničenom izvoru energije – želucima punima meda. Proces selekcije traje od nekoliko sati do jednog tjedna ili malo više, no obično traje dan dva. Promatrajući ponašanje radilica u periodu rojenja njemački znanstvenik Lindauer uočio je neke obrasce ponašanja pri odabiru mjesta

gniježdenja. Jednom kada se roj smjesti na privremeno mjesto rojenja, pčele izviđači ga napuštaju gotovo odmah i započinju potragu za adekvatnom pozicijom. U mnogim slučajevima izviđači započinju s traženjem i do tri dana prije nego što roj napusti staro gnijeздо.



Slika 12. Rojenje

Kada pronade potencijalnu duplju, pčela izviđačica provede znatnu količinu vremena pregledavajući je. Tijekom prve faze pregledavanja izviđačica donosi „zaključke“ o unutrašnjosti duplje kratko istražujući njen vanjski dio. Pregled unutrašnjosti uključuje brzo hodanje po površini duplje i kratka preletavanja s jedne na drugu stranu. Kada pronade odgovarajuće mjesto, izviđačica se

vraća roju i izvodi specifičan ples. Ples može trajati 15-30 minuta. S obzirom da ostatak roja razumije „pčelinji jezik“, radilice na površini roja dobivaju informaciju o lokaciji i kvaliteti duplje na temelju tempa, kuta i trajanja plesa izviđačice. Posljedica jest njihova regrutacija i istraživanje novog mjesta. U početku, na površini roja mogu se primjetiti mnogobrojni, različiti plesovi koji zapravo ukazuju, da su pregledane i detektirane brojne duplje. Naime, broj različitih plesova počne se postupno smanjivati kako radilice obacuju neprikladne lokacije i počinju plesati s još više entuzijazma za bolja mjesta. S obzirom da sve izviđačice plešu svaka svoj ples, opisujući potencijalnu duplju, postavlja se pitanje kako roj odabire konačnu lokaciju. U konačnici, roj odabire mjesto za koje pleše najveći broj izviđačica. U tom trenutku pčele izviđačice počinju zujati što uzrokuje da se roj razdvoji i poleti, što pak znači da radilice sa maticom sele u novo gnijeздо.

Pčele vodiči, koje mogu biti i izviđačice su one koje najvjerojatnije vode roj upotrebljavajući znakove poput brzog leta u smjeru odabrane lokacije i kemijskim signalima. Jedna od karakteristika koja utječe na odabir nove lokacije jest njezina udaljenost od starog gnijeзда. U prosjeku roj seli na mjesto udaljeno otprilike 400-800 m iako to nije pravilo. Druga važna karakteristika pri odabiru mjesta je volumen duplje. Ne smije biti prevelika niti premala. Prosječna veličina duplje je oko 40 l, iako postoje i duplje veličine od 20-100 l pri čemu je važno napomenuti da to ovisi i o različitim vrstama pčela. Nadalje, na odabir lokacije utječu i: visina (udaljenost od tla), izloženost vjetru, suncu, kiši, zatim vidljivost košnice,

veličina ulaza (preferiraju jedan ulaz, veličine 10-20cm), pozicija i orijentacija ulaza (traži se ulaz na dnu duplje okrenut prema jugu), potom oblik duplje (izdužen, cilindričan) mokrih podova s umjerenim propuhom. Sada, kada su pronašle mjesto za gnijezdo mogu započeti s njegovom izradom. Radilice se odmah „bacaju“ na posao, počevši s proizvodnjom građevnog materijala – voskom i započinju s njegovim izlučivanjem u obliku pahuljica na abdominalnom dijelu tijela. Brza izgradnja tj. konstrukcija saća izuzetno je važna roju s obzirom da bez njega ne mogu podizati leglo ili skladištiti polen i med. Više od 90% nekultiviranih košnica pčele izgrade unutar 45 dana od početka kolonizacije duplje, što ukazuje na prioritet koje radilice dodjeljuju izgradnji gnijezda.



Slika 13. Konstrukcija košnice koje ne moraju uvijek biti smještene u duplji

Samo saće odnosno košnica, predstavlja čudesnu tvorevinu u području arhitekture životinjskoga svijeta. Sastoji se od pravilno raspoređenih, suprotno orijentiranih heksagonalnih stanica, koje su postavljene u paralelnim nizovima na precizno određenim



Slika 14. Punjenje stanica saća medom

udaljenostima jedna od druge. Postoje dva tipa heksagonalnih stanica saća koje izgrađuju gnijezdo; manje stanice koje se upotrebljavaju za podizanje radiličkog legla i veće stanice za leglo trutova. Oba tipa stanica također se koriste i za skladištenje meda, polena i, u kratkim periodima, vode. Treći tip duguljastih, čunjastih stanica, smješten u kutovima košnice, namijenjen je matici. No, ovakav tip stanica pronađen je samo u slučajevima kada se kolonija rojila ili kada je matica „pala“. Za razliku od drugih socijalnih kukaca, medonosne pčele grade stanice horizontalno, radije nego da vise vertikalno, premda su njihove stanice nagnute pod kutem od 13° od baze do otvora, kako bi spriječile ispadanje meda. Kada započnu s konstruiranjem saća, radilice stvaraju uzak lanac i formiraju gusti roj u kojem održavaju temperaturu od 35°C. Ova temperatura

najpogodnija je za sekreciju i obradu voska. Voštane pahuljice prenose stražnjim nogama do prednjih, kojima potom zajedno s mandibulama, konstruiraju oblik stanice. Vosak se miješa sa slinom i gniječi do odgovarajuće konzistencije i stupnja plastičnosti, nakon čega se ukalupljuje. S jednim kilogramom voska pčele mogu izgraditi oko 77 000 stanica saća. Stanice se izgrađuju istodobno, pri čemu nekoliko pčela može izgrađivati jednu stanicu. Izgradnja započinje od krova ili s bočne stranice šupljine u duplji. Prvo se na bazu duplje postavljaju debeli slojevi voska budućeg saća, a potom se postepeno oblikuju zidovi stanica. Jedan kilogram voska može držati 22 kg meda, što je dvadeset puta više od njegove vlastite težine.

Građevni materijal – vosak – jedinstvena je tvar u pčela. Pčele ga stvaraju metabolizirajući med u masnim stanicama, ujedinjujući ga s proizvodima voštanih žlijezda. Dakle, na srednjim kolutićima zatka s donje strane, pčela ima četiri para žlijezda za izlučivanje voska. Radilice ne mogu proizvoditi pčelinji vosak osim ako ne postoje njegove adekvatne zalihe. Za proizvodnju 991 tisuće voštanih listića tj. ljuskica, potrebno je 8,4 kg meda, što u konačnici čini 1 kg voska. Radilice tijekom prvih 5-6 dana svoga života trebaju jesti polen, kako bi kasnije mogle izlučivati vosak, jer su proteini polena u to vrijeme potrebni za razvoj masnih stanica. Kemijski sastav voska uistinu je fascinantan, jer ga čini više od 300 individualnih komponenata, primarno hidrokarbonata (14%), monoestera (35%), diestera (14%), hidroksipoliestera (8%) te slobodne kiseline (12%). Pčelinji vosak uvijek je bijele boje premda sadrži i nijansu žute za koju su odgovorni topljivi pigmenti karotenoidi, nastali iz polena.



Slika 15. Pčelinji vosak

Podjela rada u zajednici: matica, trutovi i radilice

Ranije je već spomenuto da pčelinju zajednicu čine tri kaste; matica, trutovi i radilice. Prije nego što dođemo do poslova koje obavljaju i njihovih radnih mjesta, radi boljeg razumijevanja bilo bi dobro kratko prikazati sastav pčelinje zajednice i osnovnu podjelu prema biološkoj funkciji njezinih članova.



Slika 16. Redom: matica, radilica i trut

Ženski članovi pčelinje zajednice su radilice i matica, ali je samo matica spolno potpuno razvijena ženka i ona omogućava reprodukciju. Od polaganja jaja do izlaska matice iz matičnjaka potrebno je 16 dana. Ličinka matice tijekom prvih pet dana poveća težinu oko 2500 puta. Tijekom razvoja dobije gotovo 1600 obroka, dok ličinka radilice dobije tek oko 150 obroka. Jedina dužnost matice je da nese jaja iz kojih će razviti pčele radilice, trutovi ili nova matica. U tu svrhu, njezina hrana je posebnog sastava i naziva se mliječ. Tijekom čitavog života hrane ju pčele pratilje-hraniteljice (pčele dadilje), njih oko 12, dodajući joj hranu s rilca na rilce. Takva obilna prehrana omogućuje intenzivan rad njezinih jajnika i obilno nesenje jaja. Trutovi su muški članovi zajednice i glavna uloga im je da pri izlijetanju poneki od njih oplodi maticu. Nakon što matica položi neoplođeno jaje u trutovsku stanicu saća, potrebno je 24 dana da iz nje izađe trut. Oni nemaju žalac kao ni organe za skupljanje hrane. U jednom pčelinjaku može ih biti od nekoliko stotina do nekoliko tisuća. Najbrojniji dio pčelinje zajednice čine radilice. Iako nisu potpuno razvijene ženke, iznimno mogu leći jaja i to neoplođena (lažne matice). To se događa u slučajevima kada bezmatična zajednica nema mogućnosti uzgojiti mladu maticu.

Prema poslovima koje obavljaju i mjestu na kojem rade, pčele radilice u jednoj košnici mogu se razvrstati u dvije skupine. Prvu skupinu čine tzv. kućne pčele – mlade pčele, stare do tri tjedna, koje obavljaju poslove u košnici. One čine oko dvije trećine svih radilica. Druga,

manja skupina odnosi se na starije pčele koje obavljaju poslove izvan košnice pa se nazivaju pčele skupljačice ili letačice.

Starosna dob pčela određuje vrstu poslova koju će obavljati, stoga se razlikuju sljedeće dobne skupine (Majsec, 2006.):

1. Pčele stare 3-5 dana čiste stanice pripremajući ih matici za leženje jaja, a neke od njih mirno sjede na saću i griju leglo.
2. Pčele stare 5-8 dana hrane ličinke starije od tri dana smjesom meda i peluda.
3. Pčele stare od 8-12 dana hrane ličinke do tri dana starosti.
4. Oko desetoga dana starosti, pčele izlaze na prve orijentacijske letove, upoznajući mjesto svoje košnice, pčelinjaka i okolinu.
5. Pčele stare od 12-18 dana preuzimaju nektar i pelud od pčela skupljačica, izlučuju vosak i grade saće te čiste košnicu.
6. U dobi od 18-21. dana stražare na letu košnice propuštajući samo pčele svoje zajednice, ali može se dogoditi da propuste izgublenu pčelu iz drugog pčelinjaka, ako dolazi s tovarom peluda ili nektara.
7. Nakon toga pčele postaju skupljačice.



Slika 17. Matica okružena radilicama koje ju njeguju

Ukoliko stanje u pčelinjoj zajednici to zahtijeva, poneka od navedenih funkcija prema dobi može biti vremenski pomaknuta. Također, pčele iste dobi mogu istodobno raditi i više poslova. Pčele su zadružni kukci i da bi njihova zajednica opstala, podjela rada mora biti jasno definirana. Osim njegovanja i hranjenja legla, te čišćenja košnice, građenja saća, izlučivanje voska i preuzimanje nektara, pčele rade još mnogo poslova. Tako primjerice pakiraju polen i med u stanice, ventiliraju ulaz i stanice saća, patroliraju, stražare, odlaze na prve orijentacijske letove, a ponekad i odmaraju.

Obavljanje svih ovih poslova zahtijeva morfološke i anatomske prilagodbe posebice zdrav rad, odnosno aktivnost žlijezdanog sustava. Ovdje je potrebno naglasiti važnost feromona – kemijskih tvari koje omogućuju komunikaciju između članova zajednice. To su tvari slične hormonima, s tom razlikom da se hormoni izlučuju unutar organizma (u krv životinje) i tu djeluju, dok se feromoni izlučuju u okolinu i djeluju na ponašanje drugih članova pčelinje zajednice. Feromoni djeluju na određene aktivnosti radilica, a posebice na stabilnost pčelinje zajednice kao cjeline. Iako mirise proizvode uglavnom matice, radilice i vrlo rijetko trutovi, poznato je da feromon koji matica proizvodi i izlučuje po površini svojega tijela slično znoju, pčele radilice ližu ili uzimaju dodirno ticala i predaju drugim članicama prilikom izmjenjivanja nektara. Poznato je da feromoni imaju ulogu u parenju, obrani, orijentaciji, prepoznavanju kolonije i integraciji niza aktivnosti u košnici. Primjerice postoji feromon koji potiče pčele da bolje stražare, da više napadaju i bodu, zatim feromoni koji odbijaju tuđice od matične košnice, oni koji sprečavaju izgradnju matičnjaka ili pak razvoj jajnika kod radilica, feromon koji utječe na spolno raspoloženje pčela, feromon koji privlači trutove matici radi oplodnje itd. Do sada je identificirano 18 različitih kemikalija koje funkcioniraju kao feromoni, a procjenjuje se da ih ima još barem toliko. Iz tog razloga vrlo je teško precizno opisati i dokazati aktivnost feromona. Komunikacija medonosnih pčela na razini kemijskoga svijeta i dalje je poprilično neistraženo područje, stoga svako novo otkriće ukazuje na činjenicu da o ovoj kompleksnoj temi znamo vrlo malo. Ipak, poznato nam je da su pojedinačno, pčele „natopljene“ biološki vrlo značajnim mirisima poput onih proizvedenih od strane drugih članica zajednice, cvijeća ili onih koji sačinjavaju gnijezdo, te da je sposobnost pčela da probiru i reagiraju u „moru mirisa“, kritični aspekt funkcioniranja kolonije.

Komunikacija i orijentacija

S obzirom da su socijalni kukci, pčele su sposobne integrirati svoje aktivnosti tako da suma svih zadata kolonije bude isplativija od pojedinačnog rada svake jedinice. Zbog važnosti integracije koja im omogućava preživljavanje, jedinice moraju biti sposobne dobro komunicirati, posebice kada je u pitanju informiranje sudružnika o dostupnim izvorima hrane. Komunikacija zajedno s mehanizmima orijentacije koji mogu funkcionirati na velikim udaljenostima, omogućava bolje iskorištavanje resursa. Zapravo, radi se o temelju preživljavanja kolonijalnih, socijalnih kukaca. Najranija i najjednostavnija promatranja ovakvog ponašanja, ukazala su da unutar nekoliko minuta nakon što radilica otkrije „izvor meda“, ubrzo stigne „pojačanje“ od jedne do desetak radilica sakupljačica, iako se najbliža kolonija možda nalazi kilometrima daleko. Očigledno, prvi izviđači koji otkriju neki izvor mogu obznaniti tu lokaciju drugim radilicama u gnijezdu. Priroda mehanizma pomoću kojeg oni obznanjuju radilice u gnijezdu o izvoru hrane i njihova sposobnost da se orijentiraju prilikom odlaska i povratka u košnicu, zaintrigirala je mnoge znanstvenike. Istraživanja se rade više od pola stoljeća, pa je danas ova tema jedna od najznačajnijih kada je riječ o životinjskom ponašanju. Srž komunikacije predstavlja „jezik plesa“ pomoću kojeg pčele izmjenjuju vrlo precizne informacije o udaljenosti, smjeru i kvaliteti izvora hrane.

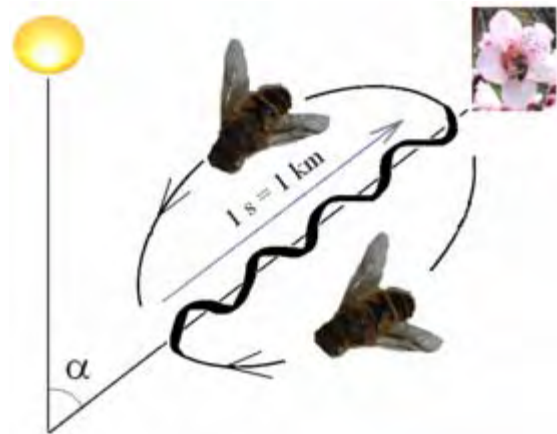
Postoje tri osnovna plesa: okrugli ples (eng. „a round dance“), vrtnja zatkom („waggle dance“) i „DVAV“ (eng. „dorsoventral abdominal vibrating dance“). Osim osnovnih postoje i neki drugi primjećeni plesovi kao što su: guranje, naletavanje, tiskanje (eng. „jostling“), brujanje, zujanje (eng. „buzzing“), drmanje (eng. „shaking“) i drhtanje (eng. „trembling“), no oni su za sada čovjeku slabo razumljivi i stoga siromašno opisani tj. objašnjeni. No, vratimo se trima osnovnim komunikacijskim plesovima. S obzirom da se radi o kompleksnoj pojavi, o svakome od njih u ovome radu dotaći ćemo tek njihove svrhe i osnove principa izvođenja.

Okrugli ples je najjednostavniji i ne daje informaciju o točnoj udaljenosti ili smjeru izvora hrane. Naime, on radilice informira o tome da se izvor hrane nalazi u krugu od 15 m. Radilica koja je otkrila obližnji izvor hrane najprije izmjenjuje nektar sa radilicama u košnici, a potom počinje izvoditi ovu vrstu plesa. U ovom plesu plesačica konstantno radi male krugove, mijenjajući smjer okretanja nakon svakog, jednog do dva puna kruga, ponekad i češće. Ples može trajati od nekoliko sekundi do nekoliko minuta. Potom, plesačica ponovno izmjenjuje hranu sa radilicama i zatim nastavlja ples. Nakon što plesačica napusti gnijezdo, velika većina radilica koje su bile u kontaktu sa njom, uzima meda (izvor energije) i kreće ka izvoru hrane.

Ples vrtnje zatkom, poznat pod nazivom „waggle dance“, pčele koriste za prijenos informacija o udaljenosti, smjeru i kvaliteti izvora hrane koji se nalazi na udaljenosti većoj od 100 m od gnijezda. U ovom plesu pčele vrte zadak radeći osmicu, pa se on još i naziva ples osmica (eng. „figure-eight“). U tipičnom „waggle dance“ plesu pčela leti ravno kratku udaljenost, naglašavajući svoje kretnje tako što snažno trese svoje tijelo s jedne strane na drugu frekvencijom od 13-15 puta u sekundi. Tijekom ovog procesa zadak je najnaglašeniji dio tijela. Osim toga, mišićne i skeletne vibracije stvaraju zvučne signale koje opisujemo kao zujanje. Na kraju svakog ravno usmjerenog poteza, pčela skreće u jednom smjeru, izvodeći polukrug, koji završava na mjestu gdje je započela ples. Potom ponovi istu radnju, ali sada skrene u drugu stranu. Slično kao i u okruglom plesu, na kraju svakog plesa, pčela razmjenjuje hranu s radilicama u košnici.

U trećem osnovnom plesu, „DVAV-u“, radilica dorzoventralno vibrira svojim tijelom, osobito zatkom, pritom često držeći drugu radilicu ili maticu. Ovaj ples može se ponoviti u koloniji nekoliko stotina puta u satu, te se koristi za regulaciju dvije različite aktivnosti kolonije: hranjenje i rojenje.

Komunikacijski mehanizmi medonosne pčele mogu odašiljati informacije o lokaciji izvora hrane, no oni ne objašnjavaju kako radilice koje su primile tu informaciju, odlaze do izvora i vraćaju se natrag u košnicu ili kako prepoznaju baš taj izvor. Poput mnogih organizama, pčele ne koriste samo navigacijske mehanizme. One posjeduju kompleksnu kombinaciju vidnih, mirisnih i magnetskih osjetila, koja koriste kako bi pronašle put u promjenjivom okolišu. Iako pčele razlikuju i vide boje, one su slijepe za crveni spektar i izrazito osjetljive na područje UV svjetlosti. Kada je otkriven ovaj podatak, znanstvenici su potvrdili da je mehanizam orijentacije medonosne pčele jedinstveno prilagođen njihovim potrebama i da posjeduju i koriste različit osjetilni svijet od primjerice, čovjeka. Otkriveno je i da posjeduju primarne i sekundarne orijentacijske mehanizme koji su hijerarhijski organizirani, tako da ukoliko primarni mehanizam iz nekog razloga nije operabilan, koriste sekundarne. Redudancija (preopširnost, razvučenost) aparata za orijentaciju koji posjeduje

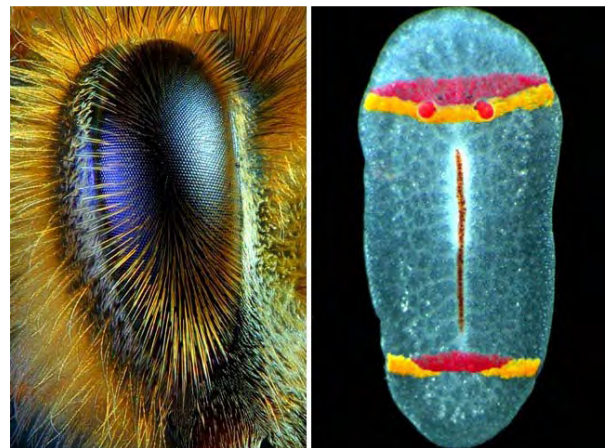


Slika 18. Ples vrtnje zatkom („waggle dance“) – kut prema Suncu upućuje na smjer dok trajanje vrtnje ukazuje na udaljenost

radilica, najbolje se dokazuje vidnom orijentacijom, u kojoj se položaj Sunca, polarizacija svjetlosnih valova i znakovi na tlu, koriste za dolazak do izvora hrane i povratak u košnicu. Primarni mehanizam odnosi se na orijentaciju pomoću položaja Sunca. Radilice posjeduju sposobnost da proračunavaju putanju Sunca, što im omogućava da određuju svoj smjer kretanja, a isto uspijevaju činiti i za oblačnih dana. To je posljedica korištenja ultraljubičastih svjetlosnih valova odnosno nekorištenja valova u vidljivom dijelu spektra. Evidentirano je i da radilice koriste druge rezervne mehanizme za navigaciju jer, prilikom regrutacije radilica koje ju trebaju slijediti, može doći do problema, ukoliko se pojave oblaci ili kišni uvjeti – tada im Sunce nije vidljivo, kao ni polarizacijska svjetlost. Jedan od sekundarnih, rezervnih mehanizama je orijentacija pomoću znakova na tlu. Iako znakovi na tlu nisu nužni za orijentaciju, iskusne pčele ih koriste kao dodatak solarnoj orijentaciji ili umjesto nje.

Pored vidnog sustava, postoje i drugi osjetilni sustavi koji pomažu pri orijentaciji s obzirom na udaljenost. Primjerice, omogućavaju pčelama da osjete i upotrebljavaju magnetsko polje Zemlje u svrhu orijentacije. Nekoliko pokusa dokazalo je njegovu upotrebu. Tako su na pr. rojevi, postavljeni u novu, cilindričnu košnicu, te deprivirani (lišeni) svih znakova osim magnetskog polja Zemlje, gradili saće u smjeru magnetskog polja, u kojem je bilo sagrađeno saće matične košnice.

Vidni sustav koristi se za lokalnu orijentaciju prema cvijeću i gnijezdima. Pčele su više osjetljive na spektar kratkih valnih duljina osobito na UV zrake. Njihova osjetljivost na druge boje smanjuje se od UV svjetlosti prema plavo-ljubičastoj, zelenoj, žutoj, plavo-zelenoj i narančastoj; crvenu ne vide, ali vide boju koja se naziva pčelinje ljubičasta (eng. „bee purple“), koja je rezultat kombinacije dviju boja koje se nalaze na kraju pčelinjeg vizualnog spektra – ultraljubičasta i žuta.



Slika 19. Oko medonosne pčele

Razmnožavanje: rojenje, smjenjivanje matice i parenje

Rojenje i smjenjivanje matice jedini su dijelovi reproduktivnog ciklusa medonosne pčele koji se može zaokružiti parenjem, a za koje su potrebni trutovi. Premda trutovi postoje jedino da bi se parili, jer ne rade nikakve korisne poslove u košnici, većina ih uginje prije parenja iz razloga što su ili prestari, ili budu izbačeni iz gnijezda. Pored svega, odrasli trutovi većinu vremena provode leteći na sazivna područja izvan košnice, u kojima se sa stotinama trutova natječu za naklonost matice. Preostali trutovi koji dobiju mogućnost do oplode maticu, mogu to učiniti samo jednom, s obzirom da ugibaju odmah nakon parenja, jer im se raspadne abdomen zajedno sa spolnim aparatom.

Tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci, trutovi započinju s orijentacijskim letovima u starosti od osam dana, dok su još spolno nezreli. Orijetacijski letovi traju nekoliko minuta, dok letovi predodređeni za parenje, kada su spolno zreli, traju od 30-60 min. Parenje se odvija u tzv. sazivnom području (eng. „congregation area“). Matica se pari u ranom periodu životnog vijeka. Njezini orijentacijski letovi odvijaju se otprilike u isto vrijeme kao i letovi trutova, u popodnevnim satima, za vrijeme sunčanih dana. Većina matice odlazi na jedan ili dva orijentacijska leta i do pet letova za parenje u periodu od 2-4 dana. Uglavnom izlijeću dva do



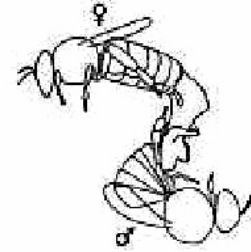
Slika 20. Pripreme za parenje

tri puta dnevno i zadržavaju se po 90 minuta. Broj izlijetanja ovisi o vremenu i uspješnosti samog leta. Parenje matice i truta odvija se u tzv. sazivnim područjima, izvan košnice. Premda je još uvijek mnogo neodgovorenih pitanja o lokaciji područja namijenjenog za parenje, udaljenosti koju trutovi i matice moraju preletjeti da bi se parili, o

orijentacijskim mehanizmima koji ih usmjeravaju prema sazivnim područjima i o tome kako i koje trutove matica odabire za parenje, poznat nam je sam čin parenja. Jednom kada matica stigne na sazivno područje i počne letjeti kroza nj, trutovi se brzo orijentiraju prema njoj koristeći vizualne i kemijske signale. Potom trutovi oblikuju privremene formacije nalik roju, koje se nazivaju kometi trutova (eng. „drone comets“). Trutovi pristupaju matici s donje strane, vjerojatno zbog dorzalne lokacije njihovih velikih složenih očiju. Inicijalna faza

orijentacije vjerojatno uključuje feromone više nego vidne signale, koji mogu biti značajniji u završnoj fazi orijentacije prema matici, nakon čega slijedi namještanje i kopulacija.

S obzirom da matica mora otvoriti svoju žalčanu komoru kako bi se parila, svi trutovi koji se privežu za maticu nužno ne uspijevaju u parenju. Jednom kada se uspostavi kontak između truta i matice, parenje traje manje od 5 sekundi. Za vrijeme parenja stražnje noge truta vise prema dolje, a njegova prsa su iznad zatka matice, dok prvim i drugim parom nogu obuhvati njezino tijelo. U djeliću sekunde trut zgrabi maticu sa svih šest nogu i izvrne endofalus u otvorenu žalčanu komoru matice. U tom trenutku trut postane paraliziran te se okrene natraške. To uzrokuje kontrakciju abdomena što utječe na povišenje tlaka hemolimfe, a ovo pak rezultira ejakulacijom. Posljedica ejakulacije pod visokim tlakom jest ruptura izvrnutog endofalusa zbog čega sjeme odlazi do ovidukta. Završetkom ejakulacije trut se odvaja od matice, te umire unutar nekoliko minuta ili sati. Prilikom ejakulacije sjemena, bulba endofalusa i/ili koaguliranog mukusa ostane u vagini matice, što se naziva „znak parenja“ (eng. „mating sign“).



Slika 21. Kopulacija

Matica koja se nakon uspješnog parenja vraća u košnicu obično nosi znak parenja od posljednjeg truta s kojim se parila. Radilice koje ju dočekuju, ližu znak parenja i eventualno ga uklanjaju mandibulama. Matica se uglavnom pari s jednim trutom na pojedinačnom letu za parenje, a tijekom nekoliko dana ili tjedana u prosjeku sa 7-17 trutova. Rojenje i smjenjivanje matice posebni su oblici reprodukcije i u ovome radu zbog svoje složenosti neće biti detaljno



Slika 22. Rojenje prije slijetanja

objašnjeni. Ranije je opisan postupak rojenja, proces kada u košnici izađe prva mlada matica, zbog čega stara matica s dijelom radilica napušta gnijezdo. Ovaj roj naziva se roj prvijenac. Mlada matica žalcem pobija sve ostale matice koje se razvijaju u matičnjacima, kako bi bila jedina u košnici. Međutim, ukoliko je zadruga dovoljno jaka, smjenjuje mladu maticu, prije nego se pojavi druga matica s dijelom radilica iz košnice. To je roj drugijenac. Ubrzo nakon što je ostavila matičnjak, mlada matica izlazi iz košnice na svadbeni let i nakon parenja se opet vrati u košnicu.

objašnjeni. Ranije je opisan postupak rojenja, proces kada u košnici izađe prva mlada matica, zbog čega stara matica s dijelom radilica napušta gnijezdo. Ovaj roj naziva se roj prvijenac. Mlada matica žalcem pobija sve ostale matice koje se razvijaju u matičnjacima, kako bi bila jedina u košnici. Međutim, ukoliko je zadruga dovoljno jaka, smjenjuje

Prije no što završimo razvojni ciklus pčela, bilo bi dobro znati što znanstvenici pretpostavljaju o postanku radilica. Naime, neki smatraju da su prve radilice zapravo bile polu-matice, odnosno zakržljale ženke zbog oskudice hrane i prostora. No, nedostatak hrane ipak nije mogao biti jedini uzrok postanka radilica, jer bi posljedica nezadovoljavajuće prehrane vjerojatnije uzrokovala degeneraciju ili možda propast, a ne gušenje nagona za parenje i razmnožavanje. To ih je dovelo do objašnjenja postanka radilica partenogenezom, pojavom djevičanskog rađanja, odnosno razvoja jedinki iz neoplođenih jajnih stanica. To znači da je i spol pčele unaprijed određen. Iz jajeta koje matica snese u veću, trutovsku stanicu, razvija se trut, a iz jajeta koje snese u manju, radiličku stanicu, razvija se radilica. Kao što je već ranije spomenuto, muški članovi – trutovi, razvijaju se iz neoplođenih jaja, dok se iz oplođenih razvijaju ženski članovi - radilice i matice. Svako jaje iz kojega će se razviti ženski član, na putu kroz neparni jajovod, oplođuje se muškom spolnom stanicom koja je prethodno istisnuta iz sjemene vrećice. Iz jajeta koje ostane neoplođeno izleći će se trut.

Ova saznanja kojima završavamo razvojni ciklus medonosne pčele, na kraju nas ostavljaju s dosad još uvijek nerazriješenim pitanjem: Kako matica u trutovske stanice saća nese neoplođena jaja, a u radiličke oplođena? Postoje dvije teorije koje zagovaraju pojedini stručnjaci, no njihovo objašnjavanje samo bi nas dodatno zbunilo, stoga ću samo ukazati na njihove nazive prepuštajući vašoj mašti na volju da pronade odgovor: teorija pritiska i teorija napetosti

Zaključak

Na kraju ovoga rada, moja zamolba čitatelju je sljedeća. Pokušajte zamisliti da šćete šumom sredinom ljeta. U jednom trenutku pažnju vam privukne zujanje kukaca. Tražite ih pogledom i uvidate da se u deblu ispred vas nalazi cilindrična, izdužena duplja, otprilike 3 m iznad tla. Primjećujete da u nju i iz nje izlijeće mnogo kukaca veličine oljuštenog badema. Prepoznajete da su to pčele. S obzirom da se radi o medonosnoj pčeli, u biologiji nazvanoj *Apis mellifera*, nalazite se u području umjerenog pojasa, recimo listopadnoj šumi europskog kontinenta. Kako se duplja nalazi tri metra iznad vas, a i ne usuđujete se popeti da pogledate iz bliza što je u njoj, jer znate da pčela ima žalac i može vas ubosti, pomoći ću vam da zamislite što se zapravo nalazi unutra. Ako vam kažem da se unutra nalazi čudesna tvorevina životinjskoga svijeta, malo sam rekla. Zapravo, radi se o savršenom apartmanu ili možda bolje hotelu, s toliko zvjezdica da ne možete ni zamisliti. Ova građevina izgrađena od voska, zauzima volumen oko 40 l s ulazom/izlazom smještenim na dnu duplje i okrenutim prema jugu. Osim toga, prilikom gradnje, osobita pažnja pridana je odabiru lokacije, koja ne smije biti niti previše niti premalo izložena vjetru, kiši ili suncu tako da je njezinim stanovnicima boravak uistinu ugodan. S obzirom da se među stanarima ovisno o njihovoj ulozi u zajednici, razlikuju tri kaste (postoji matica koja leže jaja, mužjaci trutovi koji imaju zadaću da ju oplode i mnogo pčela radilica koje vrše razne poslove), u samoj građevini razlikuju se funkcionalne cjeline. Sama građevina izgrađena od voštanih stanica koje izlučuju pčele na trbušnim pločicama abdomena, naziva se saće. Ono je sastavljeno od brojnih, heksagonalnih stanica koje su pravilno postavljene u paralelnim nizovima. Tako jedan dio njih služi za skladištenje meda i polena pa razlikujemo već dvije funkcionalne cjeline, dok se treća i četvrta odnose na cjeline namijenjene za podizanje legla (ličinke radilica i matica) te posebno ličinki trutova. S obzirom da u duplju koju „promatrate“ stalno ulijeću i iz nje izlijeću pčele bilo bi dobro razmotriti o čemu se zapravo radi. Naime, znamo da su pčele zadružni kukci što zapravo znači da pojedinci rade za dobrobit čitave zajednice. U tom smislu, pčele radilice nekoliko puta dnevno izlijeću na pašu i vraćaju se u košnicu s želucima punima nektara (koji pretvaraju u med) i košaricama stražnjih nogu punim polena, kako bi osigurale hranu zajednici. Možda ste pomislili kako pčele većinu svog vremena provode na livadama skupljajući nektar i polen, no to zapravo i nije istina. U košnici je previše posla da bi čitav dan mogle provesti na livadi. S obzirom na starosnu dob, među radilicama je vrlo jasno definirano što trebaju raditi. Mlađe pčele uglavnom brinu o leglu, hraneći ga, čisteći i grijući saće, dok starije osim što sakupljaju nektar i polen, izlučuju vosak, grade saće, čiste košnicu, stražare,

patroliraju, obavljaju još mnoge druge zadatke. Kako bi se znale vratiti „kući“ i prenijeti informacije drugim radilicama o kvalitetnom izvoru hrane, pčele imaju razvijene kompleksne komunikacijske, orijentacijske i navigacijske mehanizme koji se odnose na čitav niz međusobno povezanih senzoričkih, vizualnih i drugih osjetila. Ukratko, pčele kombiniraju vizualnu rezoluciju za percepciju polarizirane svjetlosti, boja, uzoraka, oblika i pokreta s olfaktornim i magnetskim sensorima kako bi spoznale informacije važne za dobro navigiranje i orijentiranje u okolišu. Sva ta osjetila integrirana s komunikacijskim sustavom - što čitavoj koloniji omogućava brzo otkrivanje i iskorištavanje resursa – predstavljaju temeljne principe prednosti socijalizacije.

Na studiju biologije saznanja o kukcima, primjerice pčeli, uglavnom se svode na suhoparni, teorijski dio anatomije i morfologije, stoga mi odabir teme uistinu nije bio težak. No, prilikom pisanja ovoga rada, bilo je teško izdvojiti ono najzanimljivije i procijeniti koje su informacije važnije od drugih jer se između ostalog, radi o seminarskom radu s ograničenim fondom stranica. Također, razlučivanje bitnog od nebitnog, otežavao je i uistinu velik broj eksperimenata i znanstvenih radova provedenih i napisanih o medonosnoj pčeli, što me dovelo do pretpostavke da je ona, vjerojatno jedan od najistraživanijih kukaca na svijetu. Iako su nam znanstvenici, ljubitelji pčela amateri i pčelari entuzijasti, pomogli da saznamo uistinu mnogo o ovome kukcu, postoji još velik broj neodgovorenih pitanja o njihovom ponašanju. Koji god aspekt njihovog života odlučili proučavati, bilo da se radi o evolucijskom razvoju, obliku i funkcionalnosti građe tijela, razvojnim stadijima, prehranjivanju, izgradnji i arhitekturi gnijezda, podjeli rada u zajednici s obzirom na starosnu dob, postojanju različitih kasta, kemijskom svijetu (feromoni, mirisi), komunikaciji, orijentaciji, navigaciji, reprodukciji (rojenje, parenje) ili raznolikosti vrsta, budite spremni na nevjerojatan svijet koji zapanjuje svojim detaljima, ljepotom i upornošću.

Vjerujem da je možda, neuobičajeno završiti rad pišući o njegovom cilju, ali što da vam kažem nego istinu – tako je ispalo. Moja je namjera bila, saznati ono najljepše i najfascinantnije u životu pčele i možda prenijeti to, pokojem čitatelju. Osim toga, ne zaboravite, sada izlazite iz šume na livadu punu cvijeća, pčele vrijedno rade, dan je lijep i dalje znate sami.

Literatura

Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Vidaković J., Kučinić M., Špoljar M., Matoničkin R., Miliša M., 2004. PROTISTA – protozoa i metazoa – invertebrata: funkcionalna građa i praktikum, Meridijani, Samobor

Majsec S., 2006. Pčelarenje LR i AŽ KOŠNICAMA: iz pčelarske prakse, Pčelarstvo „Mudrinjak“, Zagreb

Matoničkin I., Habdija I., Primc Habdija B., 1999. Beskralješnjaci, Školska knjiga, Zagreb

Winston M.L., 1987. The Biology of the Honey Bee, Harvard University Press, Cambridge, USA

Sažetak

Apis mellifera, poznatija pod imenom medonosna pčela ili pčela medarica, vjerojatno je jedan od najistraživanijih kukaca na svijetu. Ova nas pretpostavka i ne bi trebala toliko začuditi, s obzirom da je njezin suživot sa čovjekom poznat još od davnina. Osim što proizvode med, vosak i propolis, skupljajući pelud i nektar s cvjetova, pčele direktno ili indirektno kao polinatori sudjeluju u životnom ciklusu biljaka i s druge strane čovjeka, koji ubire njihove plodove. Pčele su zadružni kukci koji pokazuju izrazito visok stupanj socijalizacije, organizacije, reda, rada i discipline. Njihovo ponašanje predstavlja izniman primjer kompleksnosti, počevši od anatomske i morfološke građe tijela kojom su se prilagodile okolišu, kako bi mogle obavljati sve životne funkcije potrebne za opstanak. Mehanizmi pomoću kojih se orijentiraju, navigiraju i uz pomoć kojih izmjenjuju informacije, izgrađuju gnijezdo i razmnožavaju se, koliko god da su istraženi, još uvijek su nam teško razumljivi. Medonosna pčela kukac je koji pokazuje kombinaciju individualnih vrijednosti i socijalne suradnje, neusporedivim s bilo kojim drugim organizmima životinjskoga svijeta.

Summary

Apis mellifera, better known as honey bee, is one of the most familiar insects in the world. This member of the insect order Hymenoptera plays a key role in the human and natural world. Honeybees are social insects. In the wild, they create elaborate nests called hives, containing up to 20,000 individuals during the summer months. They work together in a highly structured social order. Each bee belongs to one of three specialized groups called castes. The different castes are: queens, drones and workers. There is only one queen in a hive and her main purpose in life is to make more bees. On the other side, drones main function is to be ready to fertilize a receptive queen while the workers conduct jobs such as feeding larvae, tending brood, collecting pollen and nectar, producing honey and wax, comb building, patrolling, guarding etc. Honey bees are known to communicate through many different chemicals and odours, as is common among insects, but also using specific behaviours that convey information about the quality and type of resources in the environment, and where these resources are located.

The social nature of this organism, its tremendous ability to regulate its functions as a colony of individuals according to events within and outside the nest, provides the key to its success and makes the contribution of individuals much greater than the sum of their individual behaviors. Therefore, it's not surprising that many authors and honey bee lovers call them, the queen of all insects.