Osjetilni sustav medonosne pčele (Apis mellifera Linnaeus, 1758)

Komar, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:051922

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikolina Komar

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Osjetilni sustav medonosne pčele (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikolina Komar

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Osjetilni sustav medonosne pčele (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikolina Komar

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Osjetilni sustav medonosne pčele (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Siniša Ozimec, mentor

2. prof. dr. sc. Zlatko Puškadija, član

3. doc. dr. sc. Sanda Rašić, član

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikutura

Završni rad

Nikolina Komar

Osjetilni sustav medonosne pčele (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)

Sažetak: Prema zoološkoj sistematici medonosna pčela pripada redu: opnokrilci (Hymenoptera) iz razreda člankonožaca: kukci (Insecta). Osjetila služe kako bi pčela prepoznala mehaničke, svjetlosne ili kemijske podražaje u svom okolišu i na njih prikladno odgovorila. Za primanje podražaja razvijeni su specijalizirani osjetni organi. Osjetilo vida smješteno je na glavi, a čine ga tri jednostavna oka i dva velika složena oka. Među pripadnicima pčelinje zajednice postoje razlike u veličini složenog oka te broju i veličini pojedinačnih okašaca. Trut ima veliko složeno oko s velikim brojem okašaca u usporedbi s radilicom i maticom. Vidni spektar pčele pomaknut je prema ultraljubičastim valnim duljinama. Osjetilu njuha pripadaju osjetilne stanice smještene na biču ticala. Pčele dobro razlikuju pojedine mirise. Receptori osjetila okusa nalaze se na ticalima i dijelovima usta. Pčela prepoznaje šećere koji su prirodno prisutni u nektaru i medljiki. Osjetila za dodir razmještena su po čitavom tijelu, posebno na ticalima, nogama, usnom ustroju i zatku. Osjetilo sluha smješteno je na drugom članku (pedicel) ticala i omogućuje reagiranje na vibracije i prizemni zvuk koji odašilje radilica.

Ključne riječi: medonosna pčela, osjetilo, podražaj

21 stranica, 1 tablica, 12 slika, 27 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Sensory system of the honeybee (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)

Summary: According to zoological systematics, honeybee belong to order Hymenoptera from the arthropod class Insecta. By sensory receptors, honeybee can detect various mechanical, light and chemical stimuli in its environment and make an adequate respond to them. Specialised sensory receptors are developed for receipt of stimuli. The sense of sight is composed of three single eyes and two compound eyes, positioned on the head. Differences in size of the compound eye, and number and size of the individual ommatidia are present among the members of a community of honey bees. The drone has larger compound eye with high number of ommatidia in comparison to the worker bee and the queen bee. Honeybee can see into the ultraviolet range of the light spectrum. The sense of smell comprise the sensory cells located on the flagellum of the antennae. Honeybee have a good ability to detect specific smell. The sense of taste comprise the sensory cells located on the antennae and mouthparts. Honeybee can recognize sugars that are naturally present in nectar and honey dew. The sensory organs for touch are distributed along the whole body, especially on the antennae, legs, mouthpart and abdomen. The sense of hearing is located on the second joint (pedicel) of the antennae and enables respond to vibration and specific near-ground sound waves emitted by the worker bee.

Key words: honeybee, sense, stimulus

21 pages, 1 table, 12 figures, 27 references

BSC Thesis is deposited in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. POLOŽAJ PČELA U ZOOLOŠKOJ KLASIFIKACIJI 2

3. VANJSKA GRAĐA MEDONOSNE PČELE 4

3.1. Dijelovi tijela 4

3.2. Kutikula 5

3.3. Krila 7

3.4. Noge 7

4. OSJETILNI SUSTAV MEDONOSNE PČELE 9

4.1. Osjetilo vida 10

4.2. Osjetilo njuha 15

4.3. Osjetilo okusa 16

4.4. Osjetilo dodira 18

4.5. Osjetilo sluha 18

5. ZAKLJUČAK 19

6. POPIS LITERATURE 20

1. UVOD

Pčele su prema zoološkoj sistematici svrstane u koljeno: Arthropoda (Člankonošci), najbrojniju i najrasprostranjeniju skupinu recentne faune na Zemlji kojoj, s oko 1,100.000 različitih vrsta, pripada preko tri četvrtine do danas opisanog i istraženog životinjskog svijeta (Habdija i sur., 2011.)

Većina razvojnih linija današnjih pčela postojala je u razdoblju rane i srednje Krede, prije 140 do 110 mil. godina. Najstariji fosili predaka današnjih medonosnih pčela (rod Apis) potječu od prije 45 milijuna godina, a pripadaju izumrlom rodu Electrapis koji se smatra ishodištem razvojne linije današnjeg roda Apis, koji se pojavio u srednjem Oligocenu (Engel, 1998.). Znanstvenici smatraju da su se pčele vjerojatno razvile od neke vrste osa s dijelovima usta koji mogu probaviti nektar (Cramp. 2012.).

Pčele su nedvojbeno najvažniji kukci oprašivači biljaka cvjetnjača. Od svih vrsta kukaca iz reda opnokrilaca (Hymenoptera), medonosnoj pčeli pripada najvažnija uloga u oprašivanju poljoprivrednih kultura, s udjelom 80-85 %, dok ostali kukci oprašivači (bumbari, solitarne pčele, cvjetne muhe, osice) čine udio 15-20 % (Laktić i Šekulja, 2008.).

Povezanost između čovjeka i pčele započela je prije oko 10.000 godina. Najstariji povijesni zapis je crtež nastao prije 8.000 godina, pronađen u špiljama kod mjesta Bicorp u pokrajini Valencia u istočnoj Španjolskoj, na kojem je prikazana ljudska figura koja uzima med iz saća (Crittenden, 2011.). Zbog velike ekonomske dobiti koju ljudi ostvaruju, medonosna pčela (*Apis mellifera*) danas je najpoznatija vrsta pčela.

U radu su prikazani zoološka sistematika, vanjska građa i osjetilni sustav medonosne pčele.

2. POLOŽAJ PČELA U ZOOLOŠKOJ KLASIFIKACIJI

Sistematski rang pčela u zoološkoj klasifikaciji je sljedeći:

Carstvo:	Animalia	Životinje
Potcarstvo:	Eumetazoa	Pravi mnogostaničari
Koljeno:	Arthropoda	Člankonošci
Potkoljeno:	Hexapoda	Šesteronošci
Razred:	Insecta	Kukci
Podrazred:	Pterygota	Krilaši
Nadred:	Hymenopteroida	Opnokrilaši
Red:	Hymenoptera	Opnokrilci
Podred:	Apokrita	Utegnutozadčani
Porodica:	Apidae	Pčele

Porodica pčela (Apidae) obuhvaća preko 5.700 opisanih vrsta, vrlo raznolikih prema načinu života. Prema novijoj klasifikaciji (Danforth i sur., 2013.), porodica Apidae podijeljena je na sljedeći način:

- tri potporodice: Nomadinae, Apinae, Xylocopinae,
- 34 tribusa,
- 209 rodova.

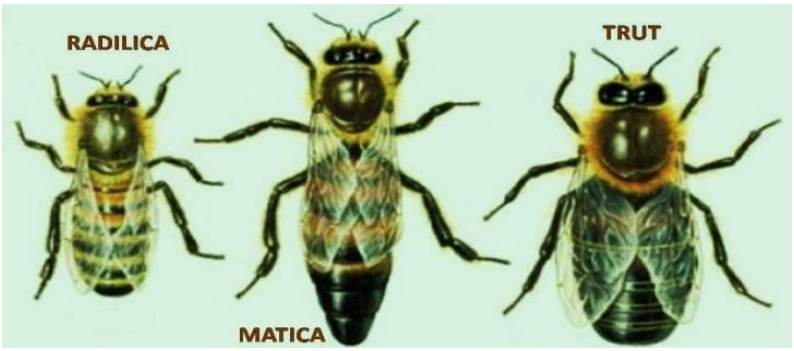
Medonosne pčele pripadaju jednom od najvećih redova kukaca, *Hymenoptera* (opnokrilci), a taj naziv označava da pripadnici ove sistematske kategorije imaju dva para opnastih krila s reduciranim žilama (Habdija i sur., 2011.).

Postoji nekoliko stotina vrsta pčela, ali su samo četiri izvorne vrste medonosnih pčela koje tvore rod *Apis.* To su: *Apis mellifera* (1758.), koju je opisao Carl von Linne, te tri vrste: *Apis florea* (1787.), *Apis cerana* (1793.) i *Apis dorsata* (1793.), koje je opisao Johan Christian Fabricius (Hepburn i Radloff, 2011.).

U Aziji su rasprostranjene najveća, divovska indijska pčela (*Apis dorsata*) i najmanja cvjetna pčela (*Apis florea*), ali one nisu pogodne za pčelarenje jer grade saće slobodno u prirodi. Treća azijska vrsta, *Apis cerana* živi u šupljinama drveća i jedina je pogodna za pčelarenje. U Europi i Africi rasprostranjena je Europska medonosna pčela (*Apis mellifera*) koja je svojom biološkim i proizvodnim obilježjima najprikladnija za pčelarenje kakvo se danas poznaje. Amerika i Australija su kontinenti koji nisu imali medonosnih pčela, sve dok ih doseljenici nisu donijeli iz Europe.

Kod medonosnih pčela, evolucija se nije zaustavila samo na jedinci, nego na razini zadruge. Odlučujući čimbenici pri organizaciji socijalnog života pčela bili su podjela rada, prijenos informacija te regulacija topline (Laktić i Šekulja, 2008.).

U evolucijskom razvoju pčelinje zajednice svaki se član savršeno adaptirao na svoj socijalni položaj u zajednici. Matice legu jaja, trutovi se pare s maticama, a radilice ne sudjeluju u razmnožavanju (Slika 1).



Slika 1. Članovi pčelinje zajednice.
(https://pcelinaskolica.wordpress.com/ucionica/strucna-predavanja)

Matica i trutovi ne mogu preživjeti bez radilica jer im one pribavljaju hranu. Pčele radilice od stadija ličinke do imaga razvijaju se u vrlo kratkom vremenu što je uzrokovalo atrofiju njihovih reproduktivnih organa. Tijekom evolucije radilice su dobile modificirani usni aparat za sakupljanje nektara, voštane žlijezde na abdomenu, a dio jednjaka im je preoblikovan u medni mjehur (Habdija i sur., 2011.).

3. VANJSKA GRAĐA MEDONOSNE PČELE

3.1. Dijelovi tijela

Na tijelu medonosne pčele (Slika 2), razlikuju se tri odsječka (tagme): glava (caput), prsa (thorax) i zadak (abdomen).



Slika 2. Vanjska građa medonosne pčele (http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele.html#gallery[1359284566]/0/)

Glava je na površini obložena hitinskom čahurom od međusobno spojenih hitinskih pločica. Čine ju: čelo (frons), tjeme (vertex), glavin štitić (clypaeus), obrazi (genae) i zatiljak (occiput). Preko zatiljnog otvora šupljina glavine čahure povezana je s tjelesnom šupljinom 1. prsnog kolutića. Na glavi kukca razlikuju se prednji dio glave (procephalon) i stražnji dio glave (gnathocephalon). Na prednjem dijelu glave nalazi se jedan par ticala, čeone ili jednostavne oči i postrane ili složene oči. Na stražnjem dijelu glave nalaze se tri para članaka usnog ustroja: gornja čeljust (mandibula), donja čeljust (maxilla I), donja čeljust (maxilla II ili labium). Usni je ustroj modificiran prema načinu prehrane te postoji više tipova toga organa (Hrašovec i Franjević, 2011.).

Prsa se sastoje se od prednjeg (prothorax), srednjeg (mesothorax) i stražnjeg kolutića (metathorax). Na svakom kolutiću je po jedan par člankovitih nogu, S gornje strane srednjeg i stražnjeg, ili samo stražnjeg kolutića nalaze se krila.

Zadak je vidljivo kolutićav i čine ga izvorno 11 kolutića i telzon. Na prvih sedam kolutića nema nikakvih privjesaka. Oko spolnog otvora na 8. kolutiću nalaze se privjesci 8. i 9. kolutića koji su preobraženi u uređaj za parenje. Na 11. kolutiću zatka nalaze se dugački začani privjesci koji imaju i osjetnu funkciju (Habdija i sur., 2011.).

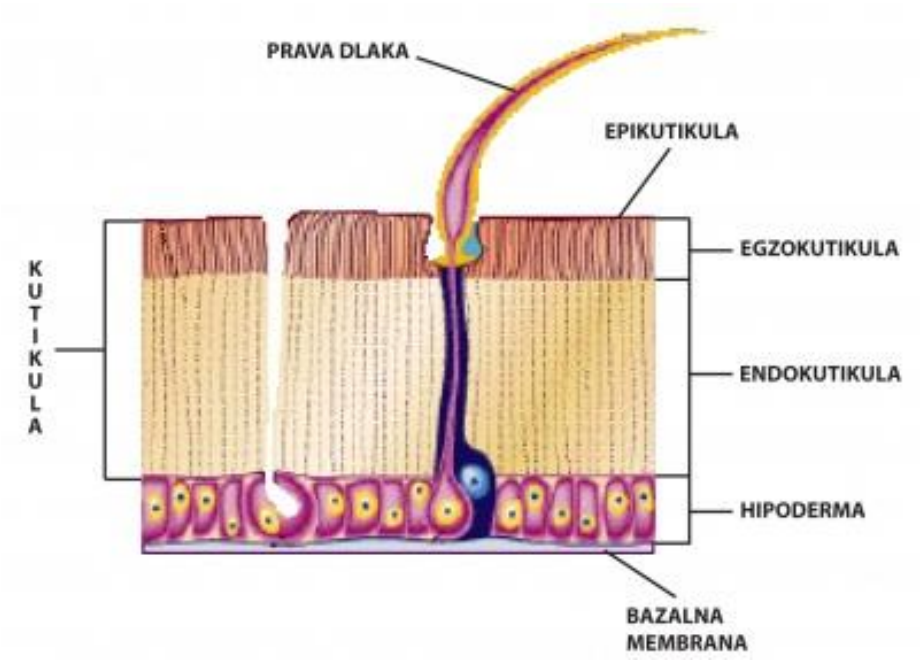
3.2. Kutikula

Osnovu pokrovnog sustava kukaca čini višeslojna hitinsko-proteinska kutikula koju luči epiderma. Čvrsta kutikula, osim što ima zaštitnu funkciju od vanjskih utjecaja, ima funkciju vanjskog ili egzoskeleta koji daje potporu tijelu i oslonac mišićima (Matoničkin i Erben, 2002.). Kutikula ne čini cjeloviti oklop, već se na svakom kolutiću nalaze hitinske pločice: dvije postrane (pleurae), jedna leđna (tergit) i jedna trbušna (sternit), međusobno povezane tankom elastičnom artikularnom membranom. Površina kutikule je glatka ili se na njoj nalaze nabori, trnovi, dlačice i hitinske ljuskice različitog oblika.

Kutikula kukaca građena je od dva sloja: gornjeg (vanjskog) - epikutikule i unutarnjeg sloja - prokutikule, koju čine egzokutikula i endokutikula (Slika 3).

Epikutikula je vrlo tanka i u njoj nije prisutan hitin. Izgrađena je od četiri sloja: cementni (najgornji) protkan je proteinom; voštani sloj sadrži lipide i neke druge organske spojeve koji zbog svoje hidrofobnosti sprečavaju gubitak vode iz tijela, a sadrži i feromone koji imaju ulogu u komunikaciji među kukcima; vanjski i unutarnji kutikulinski sloj građen je od kutikulina – polimeriziranih lipida i proteina. Prokutikula je višeslojna i nalazi se između epikutikule i epiderme. Sadrži hitin i bjelančevine artropodin i sklerotin. Mikrofibrile hitina uložene su u proteinski matriks.

Osnovna ili bazalna membrana odvaja epidermu od mišića i hemocela. Građena je od kolagena, glikoproteina i glikoaminoglukana. S vanjske strane osnovne membrane nalaze se epidermalne stanice.



Slika 3. Kutikula pčele
(http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele.html#gallery[1359121977]/0/)

Uz epitelno tkivo u epidermi se nalaze još različite vrste jednostaničnih i mnogostaničnih žlijezdanih stanica: voštane, lakovne, uljevite, mirisne i smrdljive žlijezde koje izlučuju sekrete na površinu kroz odvodne cjevčice u kutikuli (Tucaković i sur., 2011.). Također, u kutikuli su prisutne i različite vrste osjetilnih stanice te pigmentne strukture o kojima ovisi obojenost kukaca.

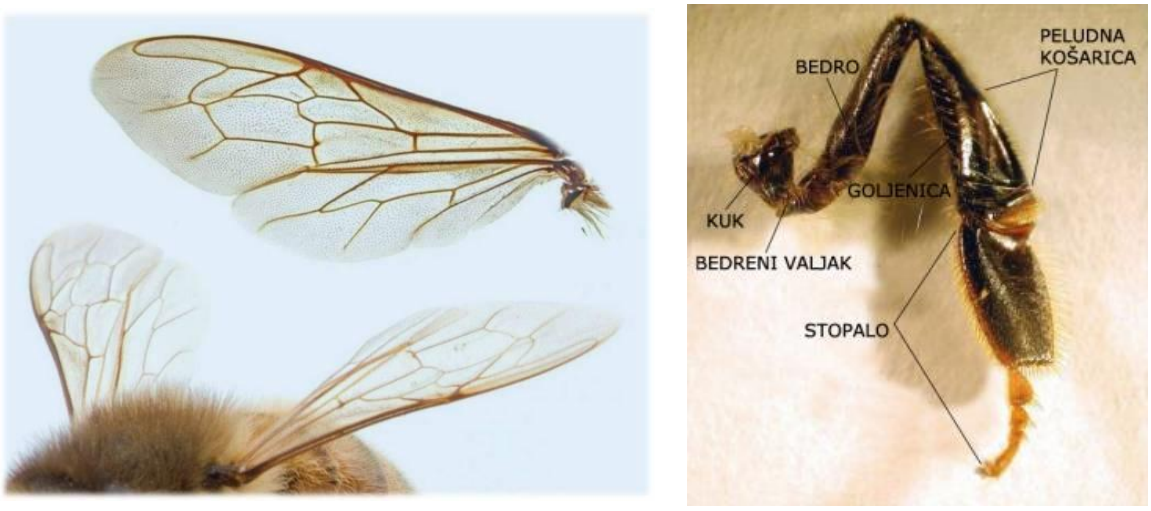
Hitin je po kemijskom sastavu polisaharid koji sadrži dušik. Njegova makromolekula građena je od 82,5 % poli-N-acetilglukozamina, 12,5 % poliglukozamina i 5 % vode. Makromolekule izgrađuju dugačke lance koji su povezani vodikovim mostovima.

Hitinska je molekula slična molekuli celuloze, a razlika je što celuloza kao osnovnu građevnu jedinicu sadrži glukozu umjesto acetilglukozamina. Sinteza hitina važan je biokemijski proces u koji se zbiva pod regulacijom hormona ekdisteroida (Habdija i sur., 2011.).

3.3. Krila

Pčela posjeduje dva para krila: prednja i stražnja, koja joj služe za letenje (Slika 4). Usađena su krilnim zglobom u opnu koja spaja leđnu i trbušnu ljusku 2. i 3. prsnog kolutića. Pri bazi krila u njih se proširuju cijevi tjelesne šupljine (hemocel) kojima prolaze uzdušnice, živci i hemolimfa.

Prednji par krila je veći, gotovo pravilnog trokutastog oblika, a stražnji par je za trećinu manji i nepravilnog trokutastog oblika. Trut ima veća krila, duljine oko 11,5 mm, u odnosu na radilice (9,2 mm) i maticu (9,5 mm). Pčela pokreće krila jakim mišićima prsnih kolutića, koja izvrše oko 200 pokreta u minuti (Tucak i sur., 2005.).



Slika 4. Krila medonosne pčele – lijevo (https://pcelinaskolica.wordpress.com/ucionica/jeste-li-znali/); građa člankovite noge – desno (http://blog. dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele. html#gallery[1359284443]/0/)

3.4. Noge

Pčela ima tri para člankovitih nogu koje su usađene na stražnjem rubu svakog od tri prsna kolutića (Slika 4). Noga je građena od 6 članaka: kuk (coxa), nožni prstenak (trochanter), bedro (femur), gnjat (tibia), stopalo (tarsus) i predstopalo (praetarsus). Svaki par nogu ima posebne funkcije pa su im članci posebno razvijeni (Tucaković i sur., 2011.).

Prednji par nogu služi za hodanje, ali i za čišćenje ticala i tijela općenito. Srednji par nogu komunicira između prvog i stražnjeg para i prenosi im peludna zrnca. Stražnji par nogu je najrazvijeniji i funkcionalno najvažniji za prikupljanje peludi. Goljenica (tibia) je u donjem dijelu izvana udubljena i oko te udubine nalazi se vijenac dlačica. Taj dio noge služi za utiskivanje skupljene peludi i zove se peludna košarica (Tucak i sur., 2005.).

4. OSJETILNI SUSTAV MEDONOSNE PČELE

Energijske promjene koje se zbivaju u okolišu djeluju na životinju kao podražaji koje primaju vanjska osjetila (egzoreceptori) i provode ih do živčanoga sustava.

Osjetila su izgrađena od dvaju dijelova: osjetnog i potpornog. Pomoću osjetnog dijela životinja prima različite podražaje iz okoliša, a potporni dio služi održavanju osjetnoga dijela. U najjednostavnijem obliku osjetilo čine pojedinačne stanice razbacane po čitavoj površini tijela. Češći je slučaj da se stanice udružuju i tvore osjetne epitele, kojima se pridružuju i druga tkiva, pa zajedno tvore osjetne organe. (Matoničkin i Erben, 2002.). Na svaki oblik energije u okolišu životinja reagira posebnim osjetnim dijelovima osjetila. Tako su u životinja razvijeni:

- mehanoreceptori, osjetljivi na mehaničke podražaje (dodir, pritisak, bol, kretanje, gravitacijska sila)
- fotoreceptori, osjetljivi na podražaje koji nastaju uslijed promjena valne duljine elektromagnetskog zračenja (vid)
- kemoreceptori, osjetljivi na kemijske podražaje (miris, okus)
- termoreceptori, osjetljivi na podražaje što nastaju zbog temperaturnih promjena.

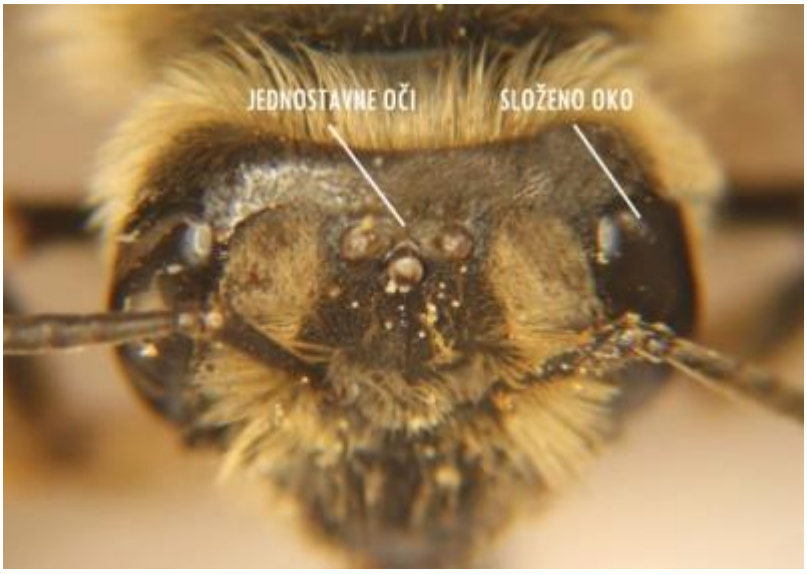
Osjetni organi kukaca služe za primanje različitih podražaja, a čine ih specijalizirane i posebno građene osjetne stanice: osjetne dlake, osjetni čunj, osjetne glavičaste stanice i dr., koje zajednički nazivamo senzile. Često senzile tvore sastavljeni osjetni organ jer ih je na jednom mjestu skupljen veći broj koji čini osjetno polje, udubinu ili snopić. Osjetne stanice posjeduju živčani nastavak koji ide prema centralnomo živčevlju, a u svojem prednjem dijelu dotiču se stijenke osjetne dlake ili kutikule, ovisno kako je pojedini osjetni organ građen (Hrašovec i Franjević, 2011.).

Osjetilni sustav medonosne pčele čine:

- osjetilo vida
- osjetilo njuha
- osjetilo okusa
- osjetilo dodira
- osjetilo sluha.

4.1. Osjetilo vida

Pčela ima pet očiju, tri jednostavna čeona oka i dva velika složena oka (Slika 5).

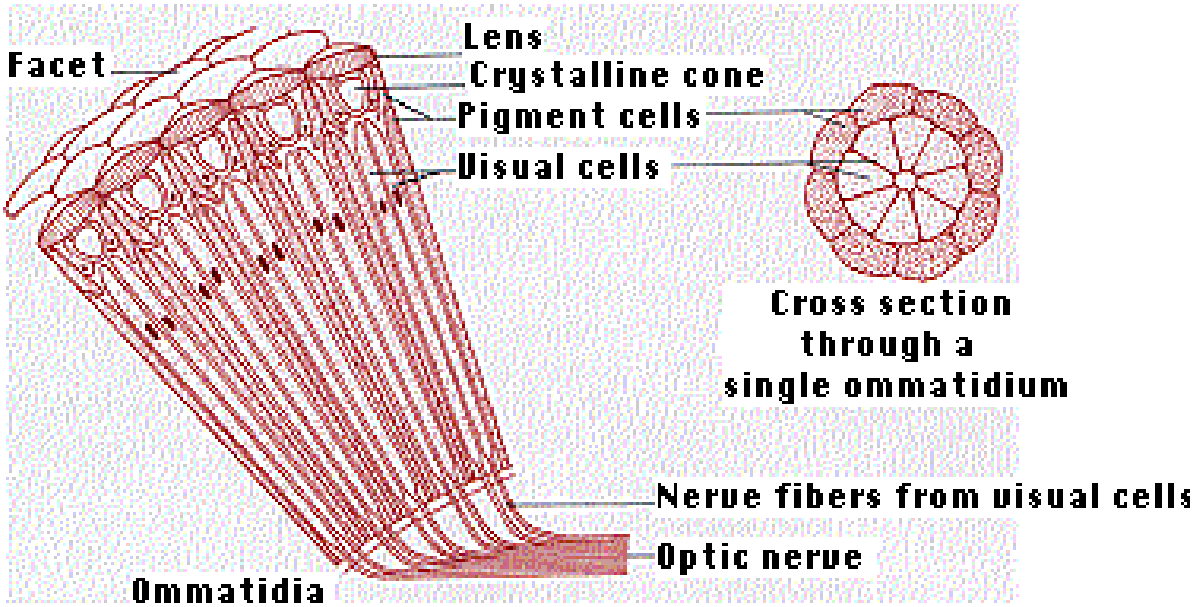


Slika 5. Oblici očiju u medonosne pčele
(http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/02/1631510144/osjetni sustav.
html#gallery[1360008610]/0/)

Jednostavne oči (ocelli) su malene i raspoređene su u obliku trokuta na prednjoj strani gornjeg dijela glave. Svako oko građeno je od jednostavne kutikularne leće koju su oblikovale kutikularne stanice iznad vidnih stanica. Drugi dio optičkog aparata je kristalno tijelo koje luče kutikularne ili posebne pokrovne stanice (kristalne stanice). Ispod njih nalazi se sloj vidnih stanica (mrežnica) koje sadrže rabdomer, strukturu osjetljivu na svjetlost. Prema položaju razlikuju se lateralne ocele, smještene bočno na glavi, te dorzalne ocele, smještene na gornjoj strani glave (Habdija i sur., 2011.). Jednostavne oči nemaju sposobnost fokusiranja i stvaranja slike, već služe prepoznavanju intenziteta svjetlosti radi orijentacije (Winston, 1991.).

Složene (fasetirane, mrežaste) oči znatno su veće, duguljaste, nepomične i smještene na postranim dijelovima glave. Osnovna jedinica u složenom oku jest okašce (ommatidium, faceta). Svako okašce čine tri osnovna građevna elementa: dioptrički aparat; vidne stanice koje izgrađuju mrežnicu; pigmentne stanice koje optički izoliraju okašca (Slika 6).

Dioptrički aparat sastoji se od kutikularne leće, šesterokutnoga oblika, koju su proizvele dvije pripadne epitelne stanice (korneagene stanice), ispod koje je prozirni kristalni čunj koji izgrađuju četiri stanice (Matoničkin i Erben, 2002.). Njegova je funkcija da sve zrake svjetlosti koje padaju pod različitim kutovima na površinu rožnice ispravljaju i usmjeravaju u središnju optičku os okašca.

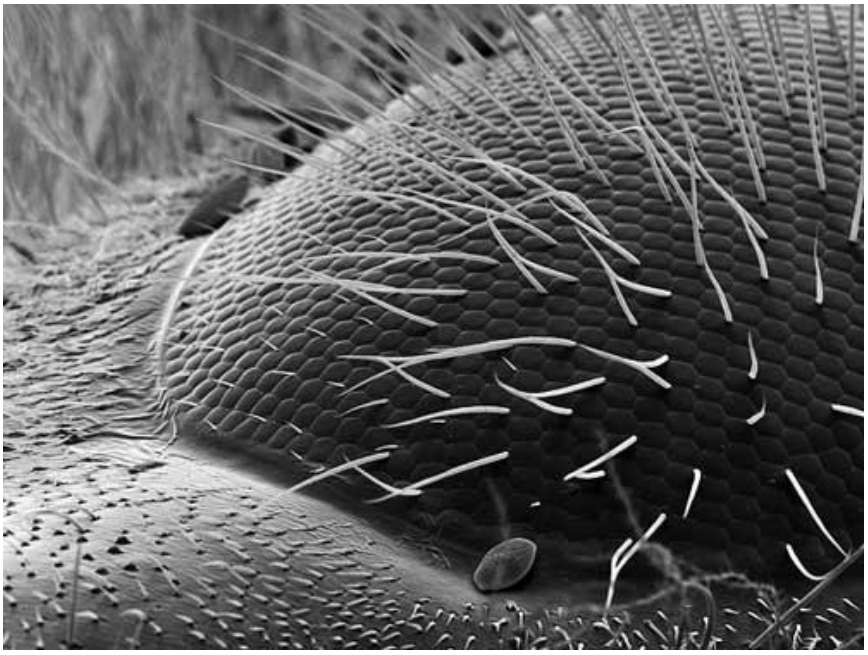


Slika 6. Građa složenog oka pčele (http://www.biology-pages.info/C/CompoundEye.html)

Mrežnica (retina) je građena od 8 produljenih vidnih ili retinularnih stanica. Svaka od ovih stanica ima s unutarnje strane niz brojnih mikrovila u kojima je koncentriran vidni pigment rodopsin i taj dio stanice naziva se rabdomer. Rabdomeri svih retinularnih stanica u sredini se spajaju i izgrađuju vidni štapić ili rabdom, koji reagira na svjetlosne podražaja, pretvara ih u živčani impuls i šalje prema optičkom živcu.

Pigmentne stanice u svakom okašcu razmještene su tako da optički više ili manje izoliraju i odjeljuju susjedna okašca. Postoje tri vrste pigmentnih stanica. Glavne pigmentne stanice izoliraju okašca u sloju kristalnih stanica i kristalnog čunja; dok su marginalne i retinalne pigmentne stanice postavljene oko vidnih stanica u mrežnicu (Habdija i sur., 2011.). Pojedinačno okašce ne stvara sliku cijelog predmeta, već samo jednog njegovog veoma malenog dijela. Sve točkaste slike pojedinačnih okašaca stapaju se poput mozaika u jednu sliku (Laktić i sur., 2005.).

Između pigmentnih stanica koje međusobno odjeljuju okašca nalazi se veliki broj stanica koje izgrađuju duge, nerazgranjene dlake koje pokrivaju površinu očiju (Slika 7). Pomoću ovih dlaka pčela može prepoznati strujanje zraka. Kada su radilicama uklonjene dlake, nisu mogle pronaći put do medonosne paše pri izraženom strujanju vjetra (Winston, 1991.).



Slika 7. Složeno oko medonosne pčele pri povećanju od 190x ispod pretražnog elektronskog mikroskopa (http://rose-lynnfisher.com/beepage.html)

S obzirom na dioptričko djelovanje okašaca, razlikuju se apozicijske i superpozicijske složene oči. U **apozicijskih očiju** okašca su pigmentnim stanicama potpuno izolirana jedno od drugoga pa zrake svjetlosti ne mogu dospjeti od jednog do drugog rabdoma, nego se lome na pigmentnom omotaču. Ovaj tip složenih očiju imaju danji kukci koji imaju na raspolaganu dovoljno svjetlosti. Dioptrički aparat **superpozicijskih očiju** izgrađen je tako da zrake svjetlosti ne dopiru samo do jednog rabdoma, nego se lome u kristalnom čunju susjednih okašaca, pa na jedan rabdom padaju zrake koje dolaze iz kristalnih čunjeva više okašaca.

Budući da su pigmentne stanice raspoređene tako da ne izoliraju jedno okašce od drugoga, moguće je iskorištavanje i slabog intenziteta svjetlosti, stoga ovaj tip složenih očiju imaju kukci sumraka i noćni kukci.

U pčelinjoj zajednici izražena je morfološka različitost između matica, radilica i trutova, s obzirom na njihove uloge u zajednici pa tako postoji i različitost u veličini složenih očiju te veličini i rasporedu okašaca (Slika 8).



Slika 8. Razlike u veličini očiju kod medonosne pčele
(http://www.bwars.com/bee/apidae/apis-mellifera)

Steinzer i sur. (2013.) su utvrdili da je u medonosne pčele veličina oka podjednaka kod matice i radilica, dok trutovi imaju puno veće i drukčije oblikovane oči (Tablica 1).

Tablica 1. Usporedba parametara za složeno oko matice, radilice i truta medonosne pčele (Preuzeto iz: Steinzer i sur., 2013.).

	Duljina složenog oka (mm)	**Površina složenog oka (mm^2)**	**Broj okašaca u složenom oku**	**Promjer facete (µm)**
Matica	2,4	2,2	4.460	26,1
Radilica	2,4	2,5	5.375	25,2
Trut	3,6	9,4	9.993	40,1

Najmanji broj okašaca u složenom oku ima matica, slijedi ju radilica, dok trut ima najveći broj okašaca. Matica većinu života provodi unutar košnice u kojoj osjetilo vida ima malu ulogu. Iako matica povremeno izlijeće iz košnice, primjerice pri parenju ili rojenju, nije joj potrebna vidna osjetljivost koju posjeduju radilice zbog potrebe da pronađu i prepoznaju medonosne biljke i orijentiraju se tijekom letenja na pašu.

Velike oči truta s velikim brojem okašaca mogu se smatrati prilagodbom ciklusu parenja kada trut leti u potrazi za maticom. Taj let započinje oko podneva ili rano poslijepodne tijekom visokog položaja Sunca i traje do kasnog poslijepodneva (Steinzer i sur., 2013.).

Za razliku od ljudskog vida, pčelinji je vidni spektar pomaknut prema kraćim valnim duljinama što znači da ne vide crvenu boju, ali vide ultraljubičaste zrake koje im pomažu u orijentaciji pri oblačnom vremenu (Tucaković i sur. 2011.).

Dok su u ljudskom oku zastupljeni receptori osjetljivi na crveno, zeleno i modro, u pčele su zastupljeni receptori za zeleno, modro i ultraljubičasto. Biljke koje žele privući pčele i druge kukce oprašivače često na cvjetovima imaju detalje koji su prepoznatljivi samo pod ultraljubičastim svjetlom (Slika 9).



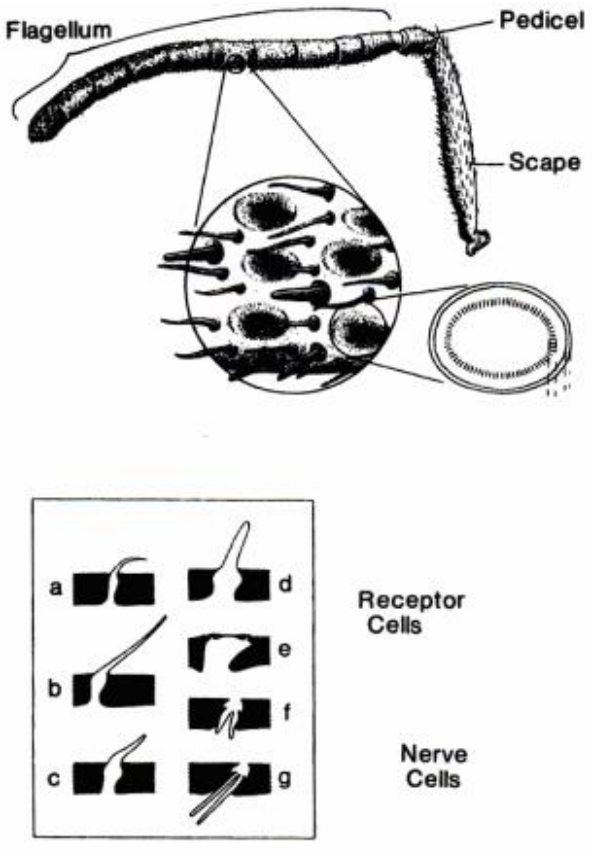
Slika 9. Cvijet ružmarina kako ga vidi čovjek – lijevo i pčela – desno
(http://www.jolyon.co.uk/2015/04/spring-flowers-in-uv)

Pčele se mogu dresirati na određenu boju. Pčele zapamte da na određenoj boji (cvijeta, predmeta) nađu hranu, a zapamte i boju svoje košnice. Pčele dosta dobro razlikuju oblike predmeta kao i oblike pojedinih cvjetova. Ne mogu međusobno razlikovati likove približno jednake veličine, ali mogu ukoliko su različitog oblika, primjerice krug, trokut ili kvadrat (Laktić i sur., 2005.).

4.2. Osjetilo njuha

Pčele primaju mirisne podražaje pomoću osjetnih stanica koje se nalaze na ticalima na prednjoj strani glave. Ovo osjetilo pčelama je izrazito važno u komunikaciji tako da pčele mirise dobro razlikuju, čak i pri vrlo niskoj koncentraciji (Tucaković i sur., 2011.).

Ticala su dvije duge hitinske cjevčice, sastavljene od članaka; matica i radilica imaju 12, a trut 13 članaka (Slika 10). Tri su glavna dijela ticala: stručak (scapus), prekretač (pedicellus) i bič (flagellum). Svojim bazalni dijelom ticala su smještena u antenalnoj udubini gdje se nalazi posebna poluga (antennifer) koja omogućuje kretanje stručka i čitavih ticala u svim pravcima (Hrašovec i Franjević, 2011.).



Slika 10. Građa ticala medonosne pčele (Preuzeto iz: Winston, 1991.)

Na kutikuli osam gornjih članaka biča raspoređeni su okrugli otvori pokriveni tankom prozirnom opnom (Slika 11); na jednom ticalu pčele radilice raspoređeno je oko 3.000 takvih otvora.

Opna je građena od sićušnih pora kroz koje prolaze molekule raznih mirisnih tvari na putu do 16 osjetilnih stanica smještenih ispod opne, povezanih s njušnim živcem. Uklanjanjem članaka biča na kojima su otvori, pčela radilica gubi orijentaciju prema mirisima povezanim s izvorima hrane (Winston, 1991.).



Slika 11. Površina ticala medonosne pčele pri povećanju od 3.300x ispod pretražnog elektronskog mikroskopa (http://rose-lynnfisher.com/beepage.html)

Pčele dobro razlikuju pojedine mirise. Kao i na boju, pčele se mogu dresirati i na određene mirise. Miris služi pčelama u prirodi za orijentaciju na male udaljenosti. Pčele s odrezanim ticalima gube osjet mirisa (Laktić i sur., 2005.). Svaka košnica ima svoj određeni miris koji ostavljaju pčele kada na ulazu u košnicu lepetaju krilima uzdignutog zatka s ispupčenom otvorenom mirisnom žlijezdom, tako obilježavaju svoju zajednicu i to im pomaže u daljnjoj orijentaciji i prepoznavanju.

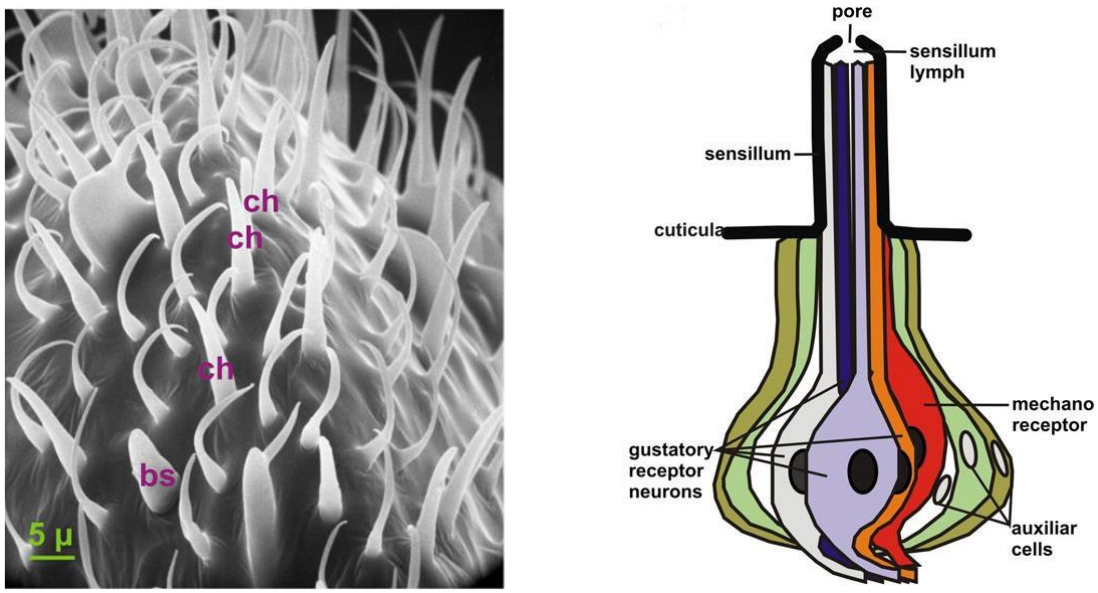
4.3. Osjetilo okusa

Glavni kemosenzorni organi u medonosne pčele su: ticala, dijelovi usnoga ustroja i krajnji (stopalni i predstopalni) dio prednje noge. Na ovim tjelesnim izdancima nalaze se okusne, higroreceptorne, termoreceptorne i mehanoreceptorne stanice, smještene u specijaliziranim kutikularnim strukturama – senzilama (de Britto Sanchez, 2011.).

Fialho i sur. (2014.) prema građi i funkciji razvrstali su senzile na sljedeći način: plakoidne, trihoidne i bazikonične senzile su kemoreceptori; celokonične i ampulaste senzile reagiraju na vlažnost; zvonolike senzile reagiraju na temperaturu, koncentraciju ugljikova dioksida i vlažnost.

Tipovi senzila, njihova gustoća i raspodjela na ticalima kukaca ovisi o kemosenzornim potrebama i ponašanju. Zastupljenost i brojnost senzila veća je na ticalima radilica, nego u matice i truta medonosne pčele, jer su radilice bolje prilagođene zadaćama vezanim za održavanje nastambe i osiguranje hrane, što zahtijeva reagiranje na više različitih podražaja (Fialho i sur., 2014.). Okusni receptori smješteni na dijelovima usta omogućuju medonosnoj pčeli da reagira na šećere koji su prirodno prisutni u nektaru (saharoza, glukoza, fruktoza) ili medljiki (melezitoza, trehaloza), dok nije potvrđena odgovarajuća reakcija pčele na gorke tvari.

Receptori okusa smješteni su u senzilama koje nalikuju dlačicama ili kukicama (Slika 12). Posjeduju karakterističnu otvor na vrhu kroz koji ulaze molekule okusnih tvari. Oko 3-5 okusnih osjetnih stanica okružuje svaku senzilu, a uronjene su u osjetnu limfu. Iz svake osjetne stanice živčani ogranci šire se prema vrhu (de Brito Sanchez, 2011.).



Slika 12. Površina vrha ticala medonosne pčele ispod pretražnog elektronskog mikroskopa, sa senzilama u obliku dlačica i kukica – lijevo; shematski prikaz prereza senzile – desno. (Preuzeto iz: de Brito Sanchez, 2011.).

4.4. Osjetilo dodira

Osjetila za dodir (tigmoreceptori) razmještena su po čitavom tijelu, posebno na ticalima, nogama, na usnom aparatu i zatku.

Osjetne stanice za dodir su izmijenjene epidermalne stanice koje čine osjetilo za dodir. U njegovu središtu je osjetna stanica, čiji je dendrit membranom povezan s dlačicom trihogene stanice. Vanjski podražaj dodira prenosi se preko membrane na osjetnu stanicu, a od nje dalje senzoričkim živcem do živčanih ganglija (Habdija i sur., 2011.).

4.5. Osjetilo sluha

Pčele zvučne podražaje primaju kao vibracije koje se prenose na osjetilne dlačice. Mogućnost razlikovanja zvukova nije velika, ali čuju buku i reagiraju na njima neugodne zvučne podražaje veoma burno (Tucak i sur., 2005.).

Zrakom prenošeni zvučni signali koje odašilje radilica tijekom karakterističnog plesa sadrže informaciju o položaju izvora hrane. Pčele mogu prepoznati ove prizemne zvukove i dekodirati poruku sadržanu u plesu. Zvuk plesa specifičan je po ritmičkim pokretima čestica zraka pri visokim frekvencijam zvučnih valova. Eksperimentima je utvrđeno da na prizemni zvuk ne reagiraju mehanosenzorne dlačice na ticalima ili glavi, već Jonstonovo osjetilo, smješteno na drugom članku ticala, prekretaču ili pedicelu (Dreller i Kirchner, 1993.).

5. ZAKLJUČAK

Medonosna pčela, *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), prema zoološkoj sistematici pripada redu opnokrilaca (Hymenoptera) iz razreda člankonožaca: kukci (Insecta).

Osjetila služe da pčela prepozna mehaničke, svjetlosne ili kemijske podražaje u svom okolišu i na njih reagira. Za primanje podražaja razvijeni su specijalizirani osjetni organi.

Osjetilo vida smješteno je na glavi, a čine ga tri jednostavna oka i dva velika složena oka. Među pripadnicima pčelinje zajednice postoje razlike u veličini složenog oka te broju i veličini pojedinačnih okašaca. Trut ima znatno veće složeno oko s velikim brojem okašaca u usporedbi s radilicom i maticom. Specifično je pčela ima vidni spektar pomaknut prema ultraljubičastim valnim duljinama.

Osjetilu njuha pripadaju osjetilne stanice za primanje mirisnih podražaja, smještene na osam gornjih članaka koji čine bič ticala. Pčele dobro razlikuju pojedine mirise.

Receptori osjetila okusa nalaze se na ticalima i dijelovima usta. Pčela prepoznaje šećere koji su prirodno prisutni u nektaru i medljiki.

Osjetila za dodir razmještena su po čitavom tijelu, posebno na ticalima, nogama, usnom ustroju i zatku.

Osjetilo sluha smješteno je na drugom članku (pedicel) ticala i omogućuje reagiranje na vibracije i prizemni zvuk koji odašilje radilica.

6. POPIS LITERATURE

1. Cramp, D. (2012.): Pčelarstvo, cjeloviti priručnik. Leo Commerce, Rijeka, 160.
2. Crittenden, A. N. (2011.): The importance of honey consumption in human evolution. Food and Foodways, 19(4): 257-273.
3. Danforth, B. N., Cardinal, S., Praz, C., Almeida E. A. B., Michez, D. (2013.): The impact of molecular data on our understanding of bee phylogeny and evolution. Annual Review of Entomology, 58:57–78
4. de Britto Sanchez, M. G. (2011.): Taste perception in honey bees. Chemical Senses 36(8): 675-692.
5. Dreller, C., Kirchner, W. H. (1993.): Hearing in honeybees: localization of the auditory sense organ. Journal of Comparative Physiology 173(3): 275-279.
6. Engel. M. S. (1998.): Fossil honey bees and evolution in the genus Apis (Hymenoptera: Apidae). Apidologie, 29(3): 265-281.
7. Fialho, M. C. Q., Guss-Matiello, C. P., Zanuncio, J. C., Campos, L. A. O., Serrão, J. E. (2014.): A comparative study of the antennal sensillia in corbiculate bees. Journal of Apicultural Research 53(3): 392-403.
8. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011.): Protista-Protozoa Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa, Zagreb, 584.
9. Hepburn, H. R., Radloff, S. E. (ur.) (2011.): Honeybees of Asia. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 669.
10. Hrašovec, B., Franjević, M. (2011.): Primjenjena entomologija, opća entomologija – unutarnja i vanjska građa kukaca, fiziologija, opća ekologija i biologija. Skripta. Šumarski fakultet, Zagreb, 44.
11. Laktić, Z., Bračić, I., Bodakoš, D., Tucak, Z. (2005.): Pčelarski priručnik. Grafika, Osijek, 171.
12. Laktić, Z., Šekulja, D. (2008.): Suvremeno pčelarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 479.
13. Matoničkin, I., Erben, R. (2002.): Opća zoologija. Četvrto prošireno izdanje. Školska knjiga, Zagreb, 384.
14. Steinzer, M., Brockmann, A., Nagaraja, N., Spaethe, J. (2013.): Sex and caste-specific variation in compound eye morphology of five honeybee species. PLoS ONE 8(2): 1-9.

15. Tucak, Z., Bačić T., Horvat S., Puškadija Z. (2005.): Pčelarstvo. III. dopunjeno i prošireno izdanje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 226.
16. Tucaković, I., Križ, M., Barać, M. (2011.): Pčelarski radovi po mjesecima. 2. dopunjeno izdanje. Pčelarsko društvo „Lipa“, Zagreb, 172.
17. Winston, M. L. (1991.): The Biology of the Honey Bee. Harward University Press, Cambridge, Massachusets, London.

Internetski izvori

18. http://www.biology-pages.info/C/CompoundEye.html (19. 6. 2018.)
19. http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele.html #gallery[1359121977]/0/ (19. 6. 2018.)
20. http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele.html #gallery[1359284443]/0/ (19. 6. 2018.)
21. http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/01/1631482242/vanjska-grada-pcele.html #gallery[1359284566]/0/ (19. 6. 2018.)
22. http://blog.dnevnik.hr/apikultura/2013/02/1631510144/osjetni sustav.html #gallery[1360008610]/0 (19. 6. 2018.)
23. http://www.bwars.com/bee/apidae/apis-mellifera (19. 6. 2018.)
24. http://www.jolyon.co.uk/2015/04/spring-flowers-in-uv (19. 6. 2018.)
25. https://pcelinaskolica.wordpress.com/ucionica/jeste-li-znali (19. 6. 2018.)
26. https://pcelinaskolica.wordpress.com/ucionica/strucna-predavanja (19. 6. 2018.)
27. http://rose-lynnfisher.com/beepage.html (19. 6. 2018.)