

Prehrambeni stres pčelinjih zajednica (*Apis mellifera* L.): uzroci, učinci i mjere sprječavanja gubitaka



Arnold Majoroš, Ivana Tlak Gajger* i Maja Ivana Smodiš Škerl

Sažetak

Medonosne pčele stalno reguliraju prehrambene potrebe zajednice i prilagođavaju metaboličke aktivnosti prema pašnim prilikama i uspješnosti u skupljanju hrane. Postoji velika ovisnost između dostupnosti biljaka u fazi cvatnje i potreba za hranjivima poput nektara i peluda, a koja su nužna za pravilan razvoj i za preživljavanje zajednice. U bespašnim razdobljima i tijekom promjenjivih vremenskih uvjeta pčelinja matica smanjuje količinu jaja položenih u stanice saća, pčele hraniteljice selektivno hrane i njeguju mlađe leglo i oblikuju jačinu zajednice na osnovi količina pohranjenih zaliha hrane u košnici te u njihovim tjelesnim rezervama. Za pripremu i omogućavanje razvoja jake populacije mladih pčela radilica u proljeće koje su spremne za iskorištavanje glavnih medonosnih paša, vrlo je važno da pčelar redovito pregledava pčelinju zajednicu te prati količinu pohranjenih rezervi hrane u košnici i prema potrebama prihranjuje zajednicu dodatnom hranom. Nakon vrcanja meda iz košnica, zajednice uobičajeno trebaju dodatnu zamjensku hranu poput šećernog sirupa kako bi se održala njihova dobra kondicija i da bi matica nastavila s polaganjem jaja. Međutim, duža bespašna razdoblja kao i nepredvidive klimatske promjene, velike

poljoprivredne površine pod monokulturnim usjevima i nagle promjene u okolišnim uvjetima znatno povećavaju status pothranjenosti pčelinjih zajednica, a ona se često nastavlja u ireverzibilno gladovanje te njihovo ugibanje. Zdravlje pčelinje zajednice je osnova za stalnu dostupnost i dostatnost zaliha peluda u košnici, od proljeća do zime. Dostupnost nektara i peluda u prirodi je različita tijekom pčelarske sezone i često je nepredvidiva. Neizbježno, pčelinja zajednica je osjetljiva i prijemljiva za infekcije nizom patogenih uzročnika bolesti kao i invazija nametnicima i štetnicima. Interakcije među patogenim uzročnicima bolesti (*Nosema* spp., *Varroa destructor*, virusi, bakterije i gljivice), kao i niska prehrambena vrijednost peluda u nedostatnim količinama u zahvaćenim zajednicama bez iznimke iscrpljuje populaciju pčela i smanjuje mogućnost za preživaljavanje zime. Zato je ključno poznavati razloge prehrambenog stresa zajednica i implementacijom dobre pčelarske prakse nastojati pravodobno spriječiti gladovanje i svesti zimске gubitke na najmanju moguću mjeru.

Ključne riječi: pčelinja zajednica, *Apis mellifera*, pothranjenost, gladovanje, patogeni uzročnici bolesti, zimski gubici

Arnold MAJOROŠ, dr. med. vet., Luna Vet veterinarska ambulanta, Temerin, Srbija; dr. sc. Ivana TLAK GAJGER *, dr. med. vet., redovita profesorica, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska; dr. sc. Maja Ivana SMODIŠ ŠKERL, dr. med. vet., docentica, Kmetijski inštitut Slovenije, Slovenija

Uvod

Pčelinja zajednica (*Apis mellifera*) treba dostatne zalihe meda i peluda da bi zadovoljila energetske i prehrambene potrebe u obliku ugljikohidrata i proteina. Pri tome je potrebna stalna dostupnost peluda različitog botaničkog podrijetla koji sadrži različit sastav i omjere proteina, vitamina, masti i mineralnih tvari (Di Pascuale i sur., 2013.). Pčele skupljačice skupljaju, transportiraju i unose nektar u košnicu kamo ga predaju kućnim pčelama, a one ga međusobno jedna drugoj predaju »s rilca na rilce« i konačno pohranjuju u stanice saća. U stanicima saća med sazrijeva te kao zreli med ima svojstva namirnice trajne i iznimno visoke prehrambene vrijednosti (White, 1978.). Pelud uobičajeno skupljaju pčele radilice u dobi kad obavljaju poslove skupljačice, a koje su u razvojnem stadiju savijene ličinke bile izdašno opskrbljivane s bjelančevinastom hranom (Brodschneider i Crailsheim, 2010.). Skupljeni pelud pčele pohranjuju u stanice saća neposredno nad leglom, a dio pojedju mlade pčele da bi razvile mliječne žlijezde s primarnom svrhom stvaranja i izlučivanja matične mliječi. Kod obavljanja kućnih zadataka pčele hraniteljice tijekom prva tri dana obskrbljuju mlađe pčelinje ličinke matičnom mliječi, a naredna tri dana unutar faze razvoja ličinke kada aktivno uzima hranu mješavinom peluda, meda i vode (Winston, 1991.).

Glavni izvor ugljikohidrata u prehrani pčela je med. Bez unosa ugljikohidrata pčelinja zajednica ne može preživjeti više od nekoliko dana. Unos nektara pozitivno utječe na vitalnost zajednice, povećava letačku i pašnu aktivnost pčela te potiče skupljanje peluda, kao i maticu na polaganje jaja, a i mlade radilice na njegovanje legla (Winston, 1991.). Svaka neravnoteža u prehrani koja traje nekoliko uzastopnih dana očituje se negativno na pčelinju zajednicu. Duži

nedostatak peluda, kojega najviše unose starije pčele skupljačice, odrasle pčele mogu ukoliko imaju na raspolaganju ugljikohidratnu hranu nadoknaditi, ali je šteta nauštrb razvoja pčelinjeg legla ireverzibilna (Brodschneider i Crailsheim, 2010.). Nedostatna prehrana i smanjenje jačine zajednica mogu na globalnoj razini znatno utjecati na pojavu većih gubitaka pčelinjih zajednica (vanEngelsdorp i sur., 2009.).

U članku su prikazane posljedice nedostatka unosa nektara i peluda u prehrani pčela te odgovor pčelinjeg legla na gladovanje, a objašnjeno je značenje prehrane prije i tijekom zimovanja.

Nedostatak nektara u prehrani pčela

Poznate su različite negativne posljedice prouzročene pomanjkanjem nektara i meda pohranjenog u saću u košnicama, kao primjerice slabije izraženo obrambeno ponašanje pčela i rijeđe izljetanje pčela skupljačica (Somerville, 2005.). Brojnost pčela skupljačica koje skupljaju i donose pelud se znatno smanjuje, a osjetno se smanji i sposobnost pčela radilica kod čišćenja saća, zbog čega je dobar način za poboljšanje opisanoga stanja unos nektara iz prirode ili prihranjivanje zajednica šećernim sirupom (Lipinski, 2018.). Nedostatak nektara oslabljuje sposobnost zajednice za čišćenjem, smanjuje se površina legla te se povećava prijemljivost na bolesti pčelinjeg legla (Somerville, 2005.). Dodavanje šećernog sirupa pomaže zajednici uzgojiti populaciju pčela zadovoljavajuće jačine, a pri tome će odrasle pčele uzgojiti nove mlade pčele koje će zamijeniti već stare i istrošene pčele skupljačice zbog intenzivnog iskorištavanja pašna (Lipinski, 2018.).

Do propadanja pčelinjih zajednica dovodi pomanjkanje unosa nektara u košnicu u kojoj je pohranjeno malo ili

uopće nema pohranjenih rezervi hrane. Kratkotrajni prekidi kod unosa nektara i peluda dovode do smanjenja aktivnosti mladih pčela hraniteljica, a posebno oslabi obskrba hranom pčelinjeg legla i prehranjivanje mladih pčela hraniteljica (Riesberger i Crailsheim, 1997.). Pri duljim razdobljima prekida unosa hrane u košnicu značajno oslabi razvoj i brojnost odraslih pčela u zajednici (Di Pasquale i sur., 2016.). Pomanjkanje hrane prouzroči stres, a on oslabljuje odgovore imunskog sustava pa pčele postaju osjetljivije na štetne učinke pesticida i time se povećava mogućnost za invazije nametnicima koji prouzroče niz primarnih i pratećih sekundarnih bolesti (Brodschneider i Crailsheim, 2010., Bordier i sur., 2018.). Slabije zajednice imaju manje aktivnih pčela skupljačica u usporedbi s jakim zajednicama, na pašu izlaze kasnije, donose manje količine nektara (Donaldson-Matasci i sur., 2013.) te pri potrazi za hranom lete na kraće udaljenosti (Beekman i Ratnieks, 2000.).

Nedostatak peluda u prehrani pčela

U rano proljeće matica polaže pčelinje leglo, a odrasle pčele radilice su potrošile zalihe proteina iz hrane pohranjene u saću kao i iz tjelesnih rezervi. Unos peluda u tom dijelu godine mora biti redovit i po mogućnostima sa što manje prekida. Pri tome su najbolji kraći pašni izleti na izvore prirodne hrane koji se nalaze u blizini pčelinjaka kamo pčele nastoje ostvariti kontinuirani unos peluda u košnicu. Proteinima bogat pelud utječe na aktivnu sintezu specifičnih proteina (vitelogenin, heksamerini) pohranjenih u masno-bjelančevinastom tijelu pčela koji se otpuštaju u hemolimfu te se u njoj akumuliraju (Bitondi i Simoes, 1996., Cremonez i sur., 1998., Martins i sur., 2008., Di Pasquale i sur., 2013.). Razvoj mliječnih žlijezda u mladim pčela hraniteljica ovisi o kvaliteti peluda

kojim se hrane (Keller i sur., 2015.), ali i o prihranjivanju dodatcima hrani (Tlak Gajger i sur., 2020., 2021.a). U proljeće su vremenski uvjeti nepredvidljivi, a nestabilno kišovito i vjetrovito vrijeme često dovodi do prekida tijekom cvatnje medonosnih biljaka. Svaki dulji prekid unosa peluda u košnicu utječe na pojavu smanjene površine saća s položenim pčelinjim leglom što je povezano sa smanjenjem koncentracije vitelogenina u mladim pčela i posljedično njihovog znatno skraćenog životnog vijeka (Frias i sur., 2016.). Pri pregledu pčelinje zajednice koja pati zbog pomanjkanja hrane moguće je primijetiti prazne stanice saća neposredno uz leglo gdje bi se uobičajeno trebao nalaziti vijenac pohranjenih zaliha peluda i nektara te spori razvoj zajednice (Oliver, 2007.). Stanje takve pčelinje zajednice nužno treba pomoć pčelara u vidu interventne prihrane.

Najbolje osiguranje za dostatnu prehranu pčelinjih zajednica i zadovoljavanje njihove potrebe za svim nužnim hranjivim tvarima je dovoljna količina različitih vrsta medonosnih biljaka koje se nalaze u blizini pčelinjaka. Visscher i Seeley (1982.) su izvjestili o najčešćoj udaljenosti do medonosne paše u krugu polumjera 800 metara od pčelinjaka, a u prosijeku su pčele skupljačice letjele dva do tri kilometra pa sve i do šest kilometara udaljenosti. Pelud pčele pohranjuju u stanice saća kao rezervu za bespašno razdoblje, zato među njima postoji konkurencija za pronalaženje i iskorištavanje prirodnih izvora hrane (Lipinski, 2018.).

Nakon vrcanja i završetka glavnih medonosnih paša u kasno ljeto ključna je zadovoljavajuća opskrba pčelinje zajednice zalihama peluda. Pčele skupljačice intenzivno traže pašu iako tada dostupna prirodna hrana ne zadovoljava količinom kvalitetnog i raznovrsnoga peluda, a često je i slabije prehrambene vrijednosti. Kućne pčele

u košnici ne pohranjuju velike količine peluda (Keller i sur., 2005., Brodschneider i Crailsheim, 2010.). Pri smanjenom unosu peluda u košnicu pčele počinju koristiti pohranjene rezerve iz saća. Kad i tih zaliha nestane, one počinju crpiti vlastite tjelesne rezerve proteina, koje se u mladih pčela hraniteljica nakupljaju u mliječnim žlijezdama i masnobjelančevinastom tijelu (Haydak, 1935., Crailsheim, 1990.). O količini i kvaliteti peluda ovisi njegovanje i konačno othranjivanje populacije odraslih pčela u pčelinjoj zajednici. Kod nedostatka unosa proteina u košnicu i njegove istodobne slabe kvalitete, matica ograniči polaganje jaja, pčele hraniteljice sve manje legla opskrbljuju hranom, mlade tek iz stanica saća izašle radilice, imaju znatno skraćen životni vijek i oslabljen imunostni sustav (Herbert i sur., 1970.). Pčele skupljačice, koje uobičajeno skupljaju nektar, usmjere se prema traženju i skupljanju peluda u slučajevima kada ga nema pohranjenog u košnici (Fewell i Winston, 1992.). Kada pčele u košnicu unose manje količine peluda, one prilagode uporabu peludne hrane na način da pored ograničavanja polaganja jaja matice izbacuju mlade ličinke i jaja (Schmickl i Crailsheim, 2001., 2002.). Odrasle pčele prijevremeno poklope voštanim poklopcima u stanice saća starije pčelinje ličinke (Schmickl i Crailsheim, 2002.). Tijekom daljnjeg gladovanja matica u potpunosti prestane polagati jaja, a gladne pčele pojedu mlade pčelinje ličinke (Woyke, 1977., Schmickl i Crailsheim, 2002.). Pri tome, pčelinja zajednica naglo slabi (Schmickl i Crailsheim, 2001., 2002., Brodschneider i Crailsheim, 2010.). O veličini površine položenog pčelinjeg legla na saću ovisi ishod zajednice tijekom narednih 21 dan kao i pašnoj sposobnosti i dinamici razvoja zajednice (Winston, 1991.).

Schmickl i Crailsheim (2004.) su utvrdili da pčelinja zajednica bez pohranjenih zaliha peluda ili nakon petodnevne stanke skupljanja peludnih

zrnaca smanji površinu legla za 53 do 83 %. Izražen je i kanibalizam nad mladim pčelinjim ličinkama te je smanjena sposobnost poklapanja stanica saća koje sadrže starije ispružene ličinke, a koje su sadržavale manje proteina. Scofield i Mattila (2015.) su rezultatima istraživanja izvjestili da su pčele radilice koje su u stadiju ličinke iskusile nestašicu proteinske hrane i gladovanje pri izlasku iz stanica saća imale manju tjelesnu masu te značajno skraćenu dužinu života. Pojedinačno su prerano postale skupljačice i uglavnom od iscrpljenosti tijekom nekoliko prvih dana izlijetanja ugibale. Kod takvih premladih pčela skupljačica izostajala je i uobičajena komunikacija s ostatkom zajednice u vidu pčelinjeg plesa, odnosno informiranja o udaljenosti, smjeru i kvaliteti pronađenog izvora hrane u prirodi.

Gladovanje pčelinje zajednice

Glad je kratkotrajno stanje nestašice hrane. Često je razlog gladovanja pčelinjih zajednica njihova prevelika gustoća na nekom području uz istodobno nedovoljnu količinu prirodnih pašnih resursa. Cvjetni prah manje prehrambene vrijednosti koji pčele skupe na obližnjim poljoprivrednim površinama prouzroči slabiji i sporiji fiziološki razvoj pčela hraniteljica kao i povećanje osjetljivosti na bolesti (Di Pasquale i sur., 2013.). U takvim se slučajevima zbog nedostatne prehrane pojavljuju poremećaji u radu imunološkog sustava i povećava se osjetljivost na utjecaj pesticida (Wheeler i Robinson, 2014.).

Pomanjkanje unosa peluda uz istodobno i stres izazvan utjecajem vanjskih nepovoljnih čimbenika (uzročnici bolesti, pesticidi, nametnici, niska genetska raznolikost itd.) još i dodatno ograničava dostupnost do hranjivih tvari u pčelinjoj zajednici (Scofield i Mattila, 2015.). Prema rezultatima objavljenih istraživanja

čak i manji stres negativno utječe na skupljačku aktivnost pčela i ravnotežu njihove prehrane (Hendriksma i Shafir, 2016., Bordier i sur., 2018., Dolezal i Toth, 2018., Branchiccela i sur., 2019.).

Riječ glad podrazumjeva privremenu jako izraženu potrebu za uzimanjem hrane. Kod pčelinje zajednice se zbog različitih čimbenika u okolišu može pojaviti u bilo kojem dijelu godine. U organizmu pojedinačne pčele se aktiviraju signali koji pokazuju da tjelesni sustavi za pravilno funkcioniranje trebaju hranjive tvari (Lipinski, 2018.). Pri pojavi gladi odrasle pčele su agresivnije, izraženija je obrambena aktivnost te je smanjen opseg površine saća sa zalegnutim pčelinjim leglom, a učestalo se pojavljuje obrambeno ponašanje zajednice u vidu grabeža. Pčele idu u grabež u druge košnice iz kojih krađu med iz zaliha drugih pčelinjih zajednica. Napadnuta pčelinja zajednica se brani agresivnim ponašanjem dok se pokušava obraniti i spriječiti da pčele u grabežu odnesu njihovu rezervnu hranu. Grabež se najčešće pojavljuje tijekom bespašnog razdoblja u jesen (Winston, 1991.). Opisano ponašanje grabeža je nepoželjno jer učestalo služi kao način i mogućnost za prijenos uzročnika bolesti (Tlak Gajger i sur., 2021.b), a opljačkana zajednica znatno oslabi i/ili propadne.

Uzroci i učinci pothranjenosti i gladovanja pčela

Slabljenje i gubitci pčelinjih zajednica zbog dugotrajnog nedostatnog unosa proteina i ugljikohidrata, kao i prehrane peludom slabe kvalitete uobičajeno se javlja pri kraju zimovanja ili na samom početku proljeća. Primjerice, ako pčelar nakon vrcanja meda zadnje jake medonosne paše ne osigura prihranjivanje pčelinje zajednice ili u vrijeme bespašnog razdoblja ne prihrani zajednicu pravodobno i s dostatnim količinama zamjenske hrane za pčele,

pojavljuje se glad. Tada se kao glavni razlog za nedovoljnu proizvodnost i gubitke pčelinjih zajednica može smatrati upravo glad (Brodschneider i Crailsheim, 2010.).

Uzrok pojave *pješaćenja* u odraslih pčela je i prehrana peludom slabe kvalitete koji sadrži male količine proteina (npr. pelud kukuruza) (Di Pasquale i sur., 2016.). Obilna peludna paša uljane repice ili suncokreta nudi pčelama dobar unos hrane. Ako su poljoprivredne površine pod nasadima spomenutih poljoprivrednih usjeva velike i/ili jedino dostupne, pčele radije odlaze na pašu bližu pčelinjaku. Pčele skupljačice u košnicu unose pelud različitog botaničkog podrijetla koje sadrži različitu količinu bjelančevina. Međutim, kad su u blizini polja pod monokulturnim usjevima, pčele ne unose i pelud sa slobodno živućih biljaka u okruženju. Pri tome, iako imaju dovoljno istovrsnog peluda koji sadrži nisku koncentraciju sirove bjelančevine (ispod 20 %), uspješnost prezimljavanja zajednica je zbog pothranjenosti niska (Farrar, 1934., Brodschneider i Crailsheim, 2010.).

Propadanje se pčelinjih zajednica pojavi zbog nedostatka energije koja je potrebna za njezino održavanje. Takvu se glad svrstava u najgori oblik pothranjenosti, a utječe i na pojavu ponašanja pri kojem mlade pčele radilice preskaču obavljanje kućnih zadataka u gnijezdu i prerano postaju skupljačice. Slaba prehrana dovodi do depopulacije zajednice, skraćuje životni vijek primarno pčela skupljačica, smanjuje vitalnost i povećava osjetljivost na bolesti poput nozemoze, varooze te drugih bolesti pčelinjeg legla (Manning, 2016.). Jaka pčelinja zajednica sadrži veći broj učinkovitih pčela skupljačica koje skupljaju hranu u prirodi, obilaze i udaljenije paše s dobrim izvorima kvalitetne hrane i posljedično unose veću količinu nektara i peluda u košnicu (Donaldson-Matasci i sur., 2013.).

Rezervu peluda pčelinja zajednica potroši brže nego rezervu meda. Zato se u organizmu iscrpljenih pčela u kojem nedostaje bjelančevina znatno smanji koncentracija vitelogenina (Frias i sur., 2016). Szymas i Jedruszuk (2003.) su utvrdili da smanjenjem metaboličke aktivnosti hemocita i povećanjem njihova broja (posebice granuliranih hemocita) služe kao kompenzacija zbog pomanjkanja proteina u hrani. Aktivnost enzima glukoza oksidaze koja je pokazatelj socijalne imunosti zajednice i razvoja masno-bjelančevinastog tijela na individualnoj razini su u velikoj mjeri ovisni o unosu kvalitetne proteinske hrane (Alaux i sur., 2010.). Hranom slabo oskrbljene starije pčelinje ličinke koje tijekom slabljenja zajednice odrasle pčele nisu ispile pa su kao odrasle pčele pokazale više nedostataka. Pored kraćeg životnog vijeka i manje tjelesne mase u odnosu na pčele razvijene iz normalno hranjenih ličinki (Eischen i sur., 1982.), u tijelu takvih pčela je i manja količina proteina (Kunert i Crailsheim, 1988.) pa su i sitnije (Herbert i sur., 1988., Daly i sur., 1995.) i prije postaju pčele skupljačice, a primarno su usmjerene na skupljanje nektara (Scofield i Mattila, 2015., Bordier i sur., 2018., Branchiccela i sur., 2019.). Stres prouzročen nedostatkom hrane smanjuje funkcije imunološkog sustava (Branchiccela i sur., 2019.), utječe na smanjenu sposobnost razmnožavanja (Lindstrom, 1999.) i razvoj jajnika u matica (Hoover i sur., 2006., Frias i sur., 2016.).

Ukoliko su u razdoblju slabljenja pčelinje zajedne prisutne istodobne i jake invazije nametnicima ono se odvija znatno brže. Primjerice, ako su u pitanju nametnici koji u pčelinjoj zajednici mogu prouzročiti prehrambeni stres poput invazija mikrosporidija iz roda *Nosema*, koji parazitiraju u odraslih pčela radilica stanje gladovanja je intenzivnije (Naug i Gibbs, 2009.), promijeni se

trofalaktično ponašanje, smanjuje metabolizam ugljikohidrata, a povećava se i mogućnost uginuća (Mayack i Naug, 2009., Di Pasquale i sur., 2013., Goblirsch i sur., 2013., Branchiccela i sur., 2019.) i prijemljivost za infekcije virusnim uzročnicima bolesti (Corona i sur., 2019., Dolezal i sur., 2019.). Zajedničko djelovanje prehrambenoga stresa i infekcija patogenim mikroorganizmima može prouzročiti neravnomjernu podjelu poslova kućnih pčela, između kojih i napuštanje gnijezda – poznat kao poremećaj propadanja pčelinjih zajednica (engl. *Colony Collaps Disorder*) (Martin i sur., 2012.). Poznata je i veća osjetljivost na utjecaje pesticida u pčela koje imaju slabu prehranu u usporedbi s onima kojima je osigurana dovoljna količina kvalitetnih proteina i ugljikohidrata (Wahl i Ulm, 1983.). Nužan pokazatelj oskrbljenosti pčelinje zajednice s peludom i medom je i uzgoj trutovskog legla u proljeće. U proljeće dobro oskrbljena pčelinja zajednica uzgaja trutove. Pri nedostatku zaliha hrane trutovsko leglo se kasnije pojavljuje u većem opsegu. Takva zajednica pokazuje znakove neravnoteže s prevelikim zalihama meda i smanjenom površinom saća sa zaleženim pčelinjim leglom. Skupljanje peluda je izrazito slabo i u takvoj zajednici se povećava vjerojatnost za jaku invadiranost nametnicima što dovodi do konačnog propadanja (Requier i sur., 2017.).

U Tabeli 1. prikazani su uzroci pothranjenosti povezani s pojavom bolesti pčelinjih zajednica.

Kvaliteta i kvantiteta peluda i nektara je ovisna o klimatskim, geografskim i pašnim prilikama u okolišu oko pčelinjaka. Ako su pčelinje zajednice u blizini poljoprivrednih površina veći dio pašnog razdoblja u vrijeme očekivane cvatnje ovisit će o monokulturnim usjevima, kvaliteti zemlje i hidrometeorološkim uvjetima. Pčelinje zajednice u takvom okolišu često neprimjetno slabe zbog kontinuiranog nedostatka mikroelementa i drugih

Tabela 1. Prikaz poveznica pothranjenosti pčelinjih zajednica s pojavom bolesti pčela

Uzročnik bolesti	Učinak	Literaturni navod
Nosema spp.	Invazija sporama <i>Nosema</i> spp.	Branchiccela i sur. 2019.
	Jača invadiranost sporama <i>N. ceranae</i>	Tritschler i sur. 2017.
	Skraćen životni vijek odraslih pčela prozročen invazijom sporama <i>Nosema</i> spp.	Porrini i sur. 2011.
	Imunosupresija u odraslih pčela	Antunez i sur. 2009., Chaimanee i sur. 2012.
	Pčele radilice prerano postaju skupljačice	Goblirsch i sur. 2013.
	Pčele radilice invadirane sporama <i>Nosema</i> spp. koje su hranjene peludom žive duže u usporedbi s invadiranim pčelama koje nisu dobivale pelud	Rinderer i Kathleen, 1977.
	Pčelinja zajednica invadirana sporama <i>Nosema</i> spp. prihranjivana samo sa šećernim sirupom razvije manje odraslih pčela u usporedbi sa zajednicama koje su prihranjivane peludom	Eischen i Graham, 2008.
<i>Varroa destructor</i>	Pčelinja zajednica koja ima velike zalihe peluda u košnici je slabije invadirana grinjama <i>V. destructor</i>	Janmaat i Winston, 2000.
	U pčela invadiranih grinjama <i>V. destructor</i> ne događa se aktivacija hranidbenih senzora i metaboličkih puteva u usporedbi s pčelama koje su prihranjivane peludom	Zhang i sur. 2010.
Virusni uzročnici bolesti	Veći titar virusa izobličenih krila u odraslih pčela skupljačica	Corona i sur. 2019.
	Odrasle pčele kod izgladnelosti jedu kukuljice inficirane virusom izobličenih krila te se pri tome zaraze	Posada-Florez i sur. 2021.
	Titar virusnih uzročnika bolesti pčela sličan je u zajednicama u prehrambenom stresu i prihranjivanih zajednica	Branchiccela i sur. 2019.
	Pčele radilice prihranjivane peludom ili proteinskim zamjenama imaju manji titar virusa izobličenih krila	DeGrandi-Hoffman i sur. 2010.
	Pčelinje zajednice prihranjivane peludom slabije su invadirane grinjom <i>V. destructor</i> i posljedično slabije inficirane virusnim uzročnicima bolesti	Eischen i sur. 1982.

<i>Paenibacillus larvae</i> i <i>Ascosphaera apis</i>	Mlade pčele njegovateljice inficirane sporama bakterije <i>P. larvae</i> i <i>A. apis</i> te prihranjivane šećernim sirupom ili peludom pokazuju značajno drugačiju relativnu ekspresiju gena antimikrobnih peptida (apidaecin, abaecin, hymenoptaecin, defensin-1) i socijalne imunosti	Dostalkova i sur. 2020.
<i>Paenibacillus larvae</i>	Propolis djeluje kao antimikrobni omotač pčelinjoj zajednici te pomaže pčelama zaštititi mlade pčelinje ličinke od infekcija sporama <i>P. larvae</i>	Borba i Spivak, 2017.
<i>Melissococcus plutonius</i>	Matična mliječ koja sadrži <i>major royal jelly protein 1</i> kojom se hrane ličinke koje će se razviti u maticu kad ju se doda u hranu za ličinke trutova i radilica inhibira umnažanje sekundarnih bakterija vezanih uz europsku gnjiloču pčelinjeg legla, kao i primarnog uzročnika <i>M. plutonius</i>	Vezeteu i sur. 2017.
<i>Nosema</i> spp. i virus mješinstog legla	U inficiranim pčelinjim zajednicama nalazi se iznimo male i nedostatne zalihe peluda	Anderson i Giacon, 1992.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Pčelinje ličinke hranjene hranom slabe prehrambene vrijednosti su značajno prijemljivije na infekcije uzročnicima bolesti te im je postotak preživljavanja veći nakon prihranjivanja maslačkom i mješavinom peludnim dodacima hrani	Foley i sur., 2012.

hranjivih tvari nužno potrebnih u prehrani pčela (Lipinski, 2018.). Nedostatak bjelančevina najlakše se primijeti na saću zaleženom pčelinjim leglom jer oko nje ga nedostaje vijenac pohranjenih zaliha peluda te se u takvim uvjetima zajednica sporo razvija. Kod takvog primjera pčelar mora reagirati da bi spriječio slabljenje zajednice. Nedostatak hrane u košnici i posljedično slabljenje ili propadanje zajednice obično se pojavi pri kraju zime ili na samom početku proljeća. Za takvo stanje odgovoran je i pčelar koji nije osigurao dovoljnu i pravodobnu prihranu za stvaranje zimskih zaliha hrane nužnih za uspješno prezimljavanje zajednice.

Nedostatak hrane zimi

Zima predstavlja najveći rizik za preživljavanje pčelinjih zajednica. Tijekom zimovanja pčelinja zajednica treba oko 20 kilograma meda, a za stvaranje dostatnih zaliha zajednici je potrebno oko 14 tjedana tijekom aktivne sezone (Seeley i Visscher, 1985.). Slabljenje ili propadanje zajednice tijekom zime javlja se prije svega zbog pomanjkanja zimskih zaliha hrane, nepovoljnog položaja okvira s medom u odnosu na položaj pčela skupljenih u zimsko klupko ili zbog malog broja odraslih pčela u klupku (Moeller, 1978.).

U središtu klupka su matica i mlade pčele, a periferno starije pčele koje proizvode i održavaju temperaturu klupka na 20 do 36 °C. Pčele na površini održavaju temperaturu, a ona je u tom vanjskom dijelu klupka iznosi oko 10 °C (Winston, 1991.). Veliko zimsko klupko u košnici ima manju površinu te se lakše prilagođava promjenjivim vremenskim prilikama. Uspješnost preživljavanja je u velikoj mjeri ovisna o količini spremljene hrane. Manje zimsko klupko pčela teže proizvodi i održava toplinu i nije se sposobno pomicati ni lijevo ni desno za zalihamu hrane na saću. Slaba pčelinja zajednica uobičajeno unatoč tome što je na postranim dijelovima saća pohranjena veća zaliha hrane uginu (Lipinski, 2018.). Pri prvom pregledu pčelinje zajednice koja je uginula zbog gladi obično se naiđe na nalaz manjeg broja pčela koje su uginule u položaju da su im glave ugrurane u prazne stanice saća. Glad je jedan od najčešćih razloga zimskih gubitaka pčelinjih zajednica (Somerville, 2005., Brodschneider i Crailsheim, 2010.). Potreba za uzimanjem hrane je veća u toplom i vlažnom zimskom razdoblju nego tijekom hladne i suhe zime. Zimsko klupko pčela je u razdobljima hladne i suhe zime čvršće stisnuta i zahtijeva manje energije. U vlažnim zimskim razdobljima, rezerve hrane se ne zadrže dugo. Pčele koriste više energije za održavanje topline legla (Lipinski, 2018.).

Za uspješno je prezimljavanje nužno potrebno uzimati jaku zajednicu i da u košnici ima pohranjeno dovoljnih zaliha kvalitetne hrane. Zimske gubitke obično čine zajednice koje su u jesen izuzetno jake, no zbog pomanjkanja zaliha ugljikohidratne hrane koja je potrebna za proljetni razvoj pčelinjeg legla oslabe. Slabije pčelinje zajednice s dostatnim zalihamu hrane u košnici u proljeće dobro iskorištavaju prve medonosne paše te su do glavnih proljetnih paša dovoljno razvijene u jake zajednice koje u košnicu unose veće količine nektara i

peluda u usporedbi sa zajednicama koje su tijekom zimovanja zbog gladi oslabile. Većina zajednica koje pri kraju ožujka i u početku travnja nemaju zaliha meda u košnici obično su najbrojnije te će se razviti u najbolje proizvodne zajednice (Moeller, 1978.). Topla jesen zajednicu potiče na potrebu za uzimanjem hrane i posljedično dovodi tijekom zimovanja do slabljenja i/ili čak propadanja. Blaga zima s visokim dnevnim temperaturama zraka potiče maticu na polaganje jaja te su pčele prisiljene tijekom zimovanja intenzivno uzimati ugljikohidratnu hranu iz zaliha. Preživljavanje u takvom slučaju ovisi o dostupnosti zaliha meda i peluda pohranjenih u saću (Moeller, 1978., Döke i sur., 2015.).

Postoji nekoliko ključnih preventivnih mjera za sprječavanje zimskih gubitaka pčelinjih zajednica koje su prikazane u Tabeli 2.

Zaključak

Za uspješno pčelarenje svaki pčelar mora dobro poznavati okoliš lokacije na kojoj je smješten pčelinjak, a vezano uz geografske, klimatske i pašne prilike; mora predvidjeti i mogući nepovoljan utjecaj loših vremenskih prilika, a ponajprije dobro znati biologiju pčelinje zajednice. Promatranje ponašanja pčelinje zajednice kao i izgleda zdravog pčelinjeg legla iznimno je bitno za uspješno pčelarenje.

Dio pregleda pčelinje zajednice čini promatranje aktivnosti i ponašanja odraslih pčela na letu - ulazu u košnicu koji, i bez otvaranja košnice, daje djelomičan uvid u njezino stanje (zdravstveno stanje, aktivnost unosa nektara i peluda, jačina zajednice, zalihe hrane itd.). Drugi način je procjenjivanje stanja gnijezda pri redovitom pregledavanju cjelovite zajednice; u gnijezdu je iznad dijela saća koje je pokriveno pčelinjim leglom bogat vijenac peluda pa nezreli med, a pri perifernim gornjim dijelovima saća zreli

Tabela 2. Glavne preventivne mjere za smanjenje gubitaka pčelinjih zajednica tijekom zimovanja.

Literaturni navod	Preporučene preventivne mjere
Requier i sur. 2017., Kosanović i sur., 2019., Pavliček i sur., 2021.	<ul style="list-style-type: none"> - potrebne dostatne količine peluda u proljeće - provjeravati preferencije pčelinje zajednice za skupljanje nektara ili peluda u proljeće - zajednice koje skupljaju i pohranjuju većinom ili samo med neće biti dobro pripremljene za zimovanje - zajednice smještene u području s razvijenom intenzivnom poljoprivredom: izbjegavati vrcanje meda u proljeće, provjeravati nepravilnosti u zajednici, povećavati izvore prirodne hrane (primjerice selidbom na druge povoljnije lokacije) i savjesno koristiti usjeve na poljoprivrednim površinama
Harris, 2017.	<ul style="list-style-type: none"> - dovoljno jaka generacija odraslih pčela u zajednici na kraju zadnje glavne paše koje su nužno potrebne kao zimske pčele sposobne preživjeti zimu - na kraju aktivne pčelarske sezone pčelinje zajednice sa starijim maticama prekidaju s polaganjem jaja ranije od mlađih matičica. Moguće je da će zajednica u kojoj je zamijenjena matica povećati broj i time jačinu zajednice i/ili oboje - smanjeni opseg uzgoja pčelinjeg legla u kolovozu, rujnu ili listopadu će utjecati na jačinu zajednica tijekom zimovanja
Döke i sur. 2015.	<ul style="list-style-type: none"> - samo će jake pčelinje zajednice koje sadrže veliki broj zimskih pčela i obilne zalihe hrane uspješno preživjeti zimu - samo pčelinje zajednice s mladom kvalitetnom maticom će uspješno preživjeti zimu - invazija grinjama <i>V. destructor</i> treba biti praćena i kontrolirana primjenom principa <i>Integrated Pest Management</i> - zaštita od vjetra i izolacija košnice su korisni ukoliko je osigurano redovito prozračivanje - svi pčelari, a osobito oni uključeni u uslužno oprašivanje poljoprivrednih usjeva, trebaju zaštititi pčele od izlaganja opasnim pesticidima, uključujući i akaricide za kontroliranje varooze
Moeller, 1978.	<ul style="list-style-type: none"> - zadovoljavajuće zalihe meda (u listopadu najmanje 40 kg i od toga 20 kg pri vrhu košnice) - velika populacija mladih zimskih pčela - spriječavati zadržavanje zraka zasićenog vlagom, odnosno osigurati dobro prozračivanje košnice - osigurati zaštitu od vjetra - spriječiti ulazak miševa i drugih neprijatelja u pčelinjak, odnosno košnice - osigurati dobre zalihe fermentiranoga peluda u saćama ("pčelinji kruh") - obaviti pregled pčelinjih zajednica tijekom zime primarno zbog provjere stanja o zalihama meda

med poklopljen voštanim poklopcima. Duža razdoblja proljetnih promjenjivih vremenskih prilika, hladnoće, prisutnost nametnika i bolesti smanjuju mogućnost za preživljavanje ličinka pa se populacija odraslih pčela u zajednici smanjuje.

Ukoliko pate od nedostatka bjelančevinaste hrane pčele imaju kraći životni vijek i oslabljen imunološki sustav, a do toga može doći zbog nedostatka raznolike hrane u okolini pčelinjaka, odnosno slabe raznolikosti biljaka i posljedično

peluda različitog botaničkog podrijetla. Rješenje je planiranje usluge oprašivanja raznovrsnih usjeva na poljoprivrednim površinama koje pčelama pružaju donekle različite izvore peluda i nektara. Najpouzdaniji izvor dodatne hrane je pravodobno i kvalitetno i kvantitativno zadovoljavajuće prihranjivanje pčelinjih zajednica koje pčelar provodi u okviru dobre pčelarske prakse. Na taj način pčelinje zajednice mogu očuvati proizvodnost i lakše se oduprijeti infekcijama koje prouzročite patogeni uzročnici bolesti.

Savjestan pčelar tijekom cijele aktivne pčelarske sezone prikuplja zalihe hrane te ih prema potrebama pčelinjih zajednica dodaje u košnicu, posebice pred glavne paše kako bi zajednici osigurao povoljne uvjete za razvoj jakih generacija pčela skupljačica koje će uspješno skupljati hranu u prirodi. Nedostatak hrane je jedan između najčešćih uzroka propadanja pčelinjih zajednica. Nužno je biti svjestan da je stalna raspoloživost i dostupnost hranjivih tvari i dobar uvid i poznavanje stanja zajednice od izuzetnog značenja za uspješan uzgoj legla i dugoživost odraslih pčela.

Literatura

1. ALAUX, C., F. DUCLOZ, D. CRAUSER and Y. LE CONTE (2010): Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biol. Lett.* 23, 562-565. 10.1098/rsbl.2009.0986.10.1098/rsbl.2009.0986
2. ANDERSON, D. L. and H. GIACON (1992): Reduced pollen collection by honeybee (*Hymenoptera, Apidae*) colonies infected with *Nosema apis* and sackbrood virus. *J. Econ. Entomol.* 85, 47-51. 10.1093/jee/85.1.47
3. ANTUNEZ, K., R. MARTIN-HERNANDEZ, L. PRIETO, A. MEANA, P. ZUNINO and M. HIGES (2009): Immune suppression in the honey bee (*Apis mellifera*) following infection by *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Environm. Microbiol.* 11, 2284-2290. 10.1111/j.1462-2920.2009.01953.x
4. BEEKMAN, M. and F. L. W. RATNIEKS (2000): Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Funct. Ecol.* 14, 490-496. 10.1046/j.1365-2435.2000.00443.x. 10.1046/j.1365-2435.2000.00443.x
5. BITONDI, M. M. G. and Z. L. P. SIMÕES (1996): The relationship between level of pollen in the diet, vitellogenin and juvenile hormone titres in Africanized *Apis mellifera* workers. *J. Apic. Res.* 35, 27-36. 10.1080/00218839.1996.11100910
6. BORBA, R. S. and M. SPIVAK (2017): Propolis envelope in *Apis mellifera* colonies supports honey bees against the pathogen, *Paenibacillus larvae*. *Sci. Rep.* 7, 11429. 10.1038/s41598-017-11689-w
7. BORDIER, C., S. KLEIN, Y. LE CONTE, A. B. BARRON and C. ALAUX (2018): Stress decreases pollen foraging performance in honeybees. *J. Exp. Biol.* 221, 221(Pt 4):jeb171470. 10.1242/jeb.171470.
8. BRANCHICCELA, B., L. CASTELLI, M. CORONA, S. DIAZ-CETTI, C. INVERNIZZI, G. MARTINEZ DE LA ESCALERA, Y. MENDOZA, E. SANTOS, C. SILVA, P. ZUNINO and K. ANTUNEZ (2019): Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Sci. Rep.* 9, 10156. 10.1038/s41598-019-46453-9
9. BRODSCHNEIDER R. and K. CRAILSHEIM (2010): Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41, 278-294. 10.1051/apido/2010012
10. CHAIMANEE, V., P. CHANTAWANNAKUL, Y. P. CHEN, J. D. EVANS and J. S. PETTIS (2012): Differential expression of immune genes of adult honey bee (*Apis mellifera*) after inoculated by *Nosema ceranae*. *J. Insect Physiol.* 58, 1090-1095. 10.1016/j.jinsphys.2012.04.016
11. CORONA, M., B. BRANCHICCELA, S. MADELLA, Y. CHEN and Y. EVANS (2019): Decoupling the effects of nutrition, age and behavioral caste on honey bee physiology and immunity. *bioRxiv* 667931. 10.1101/667931
12. CRAILSHEIM, K. (1990): The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie* 21, 417-429. 10.1051/apido:19900504
13. CREMONEZ, T. M., D. DE JONG and M. M. G. BITONDI (1998): Quantification of Hemolymph Proteins as a Fast Method for Testing Protein Diets for Honey Bees (*Hymenoptera: Apidae*). *J. Econ. Entomol.* 91, 1284-1289. 10.1093/jee/91.6.1284.
14. DALY, H. V., R. G. DANKA, K. HOELMER, T. E. RINDERER and S. M. BUCO (1995): Honey bee morphometrics: linearity of variables with respect to body size and classification tested with European worker bees reared by varying number of nurse bees. *J. Apic. Res.* 34, 129-145. 10.1080/00218839.1995.11100898
15. DANIHLIK, J., M. ŠKRABIŠOVA, R. LENOBEL, M. ŠABELA, E. OMAR, M. PETRIVALSKY, K. CRAILSHEIM, R. BRODSCHNEIDER (2018): Does the pollen diet influence the production and expression of antimicrobial peptides in individual honey bees? *Insects* 79. 10.3390/insects9030079
16. DEGRANDI-HOFFMAN, G., G. WARDELL, F. AHUMADA-SEGURA, T. RINDERER, R. DANKA and J. PETTIS (2008): Comparison of pollen substitute diets for honey bees: consumption rates by colonies and effects on brood and adult populations. *J. Apic. Res.* 47. 10.3896/IBRA.1.47.4.06
17. DI PASQUALE, G., M. SALIGNON, Y. LE CONTE, L. P. BELZUNCES, A. DECOURTYE, A. KRETZSCHMAR, S. SUCHAIL, J. L. BRUNET and C. ALAUX (2013): Influence of pollen nutrition on

- honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? PLoS ONE 8(8), e72016. 10.1371/journal.pone.0072016
18. DI PASQUALE, G., C. ALAUX, Y. LE CONTE, J.-F. ODOUX, M. PIOZ, B. E. VAISSIERE, L. P. BELZUNCES, A. DECOUTYE (2016): Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. PLoS ONE 15, 11(9): e0162818. 10.1371/journal.pone.0162818
 19. DÖKE, M. A., M. FRAZIER and C. M. GROZINGER (2015): Overwintering honey bees: biology and management. Curr. Opin. Insect Sci 10, 185-193. 10.1016/j.cois.2015.05.014
 20. DOLEZAL, A. G. and A. L. TOTH (2018): Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. Curr. Opin. Insect Sci. 26, 114-119. 10.1016/j.cois.2018.02.006
 21. DOLEZAL, A. G., J. CARRILLO-TRIPP, T. M. JUDD, W. ALLEN MILLER, B. C. BONNING and A. L. TOTH (2019): Interacting stressors matter: Diet quality and virus infection in honeybee health. Royal Soc. Open Sci. 6, 181803. 10.1098/rso.2018.02.006
 22. DONALDSON-MATASCI, M. C., G. DEGRANDI-HOFFMAN and A. DORNHAUS (2013): Bigger is better: honey bee colonies as distributed information-gathering systems. Animal Beh. 85, 585-592. 10.1016/j.anbehav.2012.12.020
 23. DOSTALKOVA, S., J. DANIHLIK and M. PETRIVALSKI (2020): Pathogens of bee brood present in the diet do not influence the immunity of nurse bees (*Apis mellifera*). MendelNet Conference, Brno, Czech Republic, 403-408.
 24. EISCHEN, F. A. and R.H. GRAHAM (2008): Feeding overwintering honey bee colonies infected with *Nosema ceranae*. Am. Bee J. 148, 555.
 25. EISCHEN, F. A., W. C. ROTHENBUHLER and J. M. KULINCEVIC (1982): Length of life and dry weight of worker honeybees reared in colonies with different worker-larva ratios. J. Apic. Res. 21, 19-25. 10.1080/00218839.1982.11100511
 26. FOLEY, K., G. FAZIO, A. B. JENSEN and W. O. H. HUGHES (2012): Nutritional limitation and resistance to opportunistic *Aspergillus* parasites in honey bee larvae. J. Invert. Pathol. 111, 68-73. 10.1016/j.jip.2012.06.006
 27. FARRAR, C. L. (1934): Bees must have pollen. Gleanings Bee Cult. 62, 276-278.
 28. FEWELL, J. H. and M. L. WINSTON (1992): Colony state and regulation of pollen foraging in the honey bee, *Apis mellifera* L. Behav. Ecol. Sociobiol. 30, 387-393. 10.1007/BF00176173
 29. FRIAS, B. E. D., C. D. BARBOSA and A. P. LOURENÇO (2016): Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera*): impact on adult health. Apidologie 47, 15-25. 10.1007/s13592-015-0373-y
 30. GOBLIRSCH, M., Z. Y. HUANG and M. SPIVAK (2013): Physiological and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) induced by *Nosema ceranae* infection. PLoS ONE 8(3), e58165. 10.1371/journal.pone.0058165
 31. HARRIS, L. (2017): What happens in colonies after mid August determines how successfully colonies can be wintered. Bee Culture 8, Dostupno na: www.bee-culture.com/winter-colony-development/.
 32. HAYDAK, M. H. (1935): Brood rearing by honey bees confined to a pure carbohydrate diet. J. Econ. Entomol. 28, 657-660. 10.1093/jee/28.4.657
 33. HENDRIKSMA, H. P. and S. SHAFIR (2016): Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. Behav. Ecol. Sociobiol. 70, 509-517. 10.1007/s00265-016-2067-5
 34. HERBERT, E. W., W. E. BICKLETY and H. SCHIMANUKI (1970): The brood rearing capability of caged honey bees fed dandelion and mixed pollen diets. J. Econ. Entomol. 63, 215-218. 10.1093/jee/63.1.215
 35. HERBERT, E. W., H. A. SYLVESTER, J. D. VANDENBERG and H. SHIMANUKI (1988): Influence of nutritional stress and the age of adults on the morphometrics of honey bees (*Apis mellifera* L.). Apidologie 19, 221-230. 10.1051/apido:19880301
 36. HOOVER, S. E. R., H. A. HIGO and M. L. WINSTON (2006): Worker honey bee ovarian development: seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition. J. Comp. Physiol. B 176, 55-63. 10.1007/s00360-005-0032-0
 37. JANMAAT, A. F. and M. L. WINSTON (2000): Removal of *Varroa jacobsoni* infested brood in honey bee colonies with differing pollen stores. Apidologie 31, 377-385. 10.1051/apido:2000129
 38. KELLER, A., N. DANNER, G. GRIMMER, M. ANKENBRAND, K. VON DER OHE, W. VAN DER OHE, S. ROST, S. HARTEL and I. STEFFAN-DEWENTER (2015): Evaluating multiplexed next-generation sequencing as a method in palynology for mixed pollen samples. Plant Biol. 17, 558-566. 10.1111/plb.12251
 39. KELLER, I., P. FLURI and A. IMDORF (2005): Pollen nutrition and colony development in honeybees-Part II. Bee World 86, 3-10. 10.1080/0005772X.2005.11099641
 40. KOSANOVIĆ, M., N. BILANDŽIĆ, M. SEDAK, S. KOS, I. TLAK GAJGER (2019): Koncentracije arsena, kadmija i žive u pčelinjem vosku (*Apis mellifera*) tijekom njegove prerade iz saća u satne osnove. Vet. stn. 50, 1, 19-25.
 41. KUNERT, K. and K. CRAILSHEIM (1988): Seasonal changes in carbohydrate, lipid and protein content in emerging worker honeybee and their mortality (*Apis mellifera* L.). Comp. Biochem. Physiol. 75B, 607-615
 42. LINDSROM, L., R. ALATALO, P. MAPPES, M. RIIPI and L. VERTAINEN (1999): Can aposematic signals evolve by gradual change? Nature 397, 249-251. 10.1038/16692
 43. LIPINSKI, Z. (2018): Honey bee nutrition in temperate / continental climate of the northern hemisphere. Olsztyn, Poland.
 44. MANNING, R. (2016): Artificial feeding of honeybees based on understanding of nutritional principles. Anim. Prod. Sci. 58, 689-703. 10.1071/AN15814

45. MARTIN, S. J., A. C. HIGHFIELD, L. BRETTELL et al. (2012): Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite. *Science* 336, 1304-1306. 10.1126/science.1220941
46. MARTINS, J. R., F. M. F. NUNES, Z. L. P. SIMOES and M. M. G. BITONDI (2008): A honeybee storage protein gene, hex 70a, expressed in developing gonads and nutritionally regulated in adult fat body. *J. Insect Physiol.* 54, 867-877. 10.1016/j.jinsphys.2008.03.009
47. MAYACK, C. and D. NAUG (2009): Energetic stress in the honeybee *Apis mellifera* from *Nosema ceranae* infection. *J. Invert. Pathol.* 100, 185-188. 10.1016/j.jip.2008.12.001.
48. MOELLER, F. E. (1978): Overwintering of honey bee colonies. Science and Education Administration. USDA Production Report No. 169: Washington, DC.
49. NAUG, D. and A. GIBBS (2009): Behavioral changes mediated by hunger in honeybees infected with *Nosema ceranae*. *Apidologie* 40, 595-599. 10.1051/apido/2009039
50. OLIVER, R. (2007): Fat bees Part 2. Dostupno na: <http://scientificbeekeeping.com/fat-bees-part-2/>.
51. PAVLIČEK, D., N. BILANDŽIĆ, I. TLAK GAJGER, M. DENŽIĆ LUGOMER (2021): Uporaba neonikotinoida i praćenje njihovih rezidua u medonosnim pčelama i pčelinjim proizvodima. *Vet. stn.* 52, 565-577. 10.46419/vs.52.5.12
52. PORRINI, M. P., E. G. SARLO, S. K. MEDICI, P. M. GARRIDO, D. P. PORRINI, N. DAMIANI and M. J. EGUARAS (2011): *Nosema ceranae* development in *Apis mellifera*: influence of diet and infective inoculum. *J. Apic. Res.* 50, 35-41. 10.3896/IBRA.1.50.1.04
53. POSADA-FLOREZ, F., Z. S. LAMAS, D. J. HAWTHORNE et al. (2021): Pupal cannibalism by worker honey bees contributes to the spread of deformed wing virus. *Sci. Rep.* 11, 8989. 10.1038/s41598-021-88649-y.
54. REQUIER, F., J.-F. ODOUX, M. HENRY and V. BRETIGNOLLE (2017): The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *J. Appl. Ecol.* 54, 1161-1170. 10.1111/1365-2664.12836
55. RIESBERGER, U. and K. CRAILSHEIM (1997): Short-term effect of different weather conditions upon the behaviour of forager and nurse honey bees (*Apis mellifera carnica* Pollmann). *Apidologie* 28, 411-426. 10.1051/apido:19970608
56. RINDERER, T. E. and K. D. ELLIOT (1977): Worker honeybee response to infection with *Nosema apis*: influence on diet. *J. Econ. Entomol.* 70, 431-433.
57. SCHMICKL, T. and K. CRAILSHEIM (2001): Cannibalism and early capping: Strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. *J. Comp. Physiol. A* 187, 541-547. 10.1007/s003590100226
58. SCHMICKL, T. and K. CRAILSHEIM (2002): How honey bees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 51, 415-425. 10.1007/s00265-002-0457-3
59. SCHMICKL, T. and K. CRAILSHEIM (2004): Inner nest homeostasis in a changing environment with special emphasis on honey bee brood nursing and pollen supply. *Apidologie* 35, 249-263. 10.1051/apido:2004019
60. SCOFIELD, H. N. and H. R. MATTILA (2015): Honey Bee Workers That Are Pollen Stressed as Larvae Become Poor Foragers and Waggle Dancers as Adults. *PLoS ONE* 10(4), e0121731. 10.1371/journal.pone.0121731.
61. SEELEY, T. D. and P. K. VISSCHER (1985): Survival of honey bees in cold climates: the critical timing of colony growth and reproduction. *Ecol. Entomol.* 10, 18-88. 10.1111/j.1365-2311.1985.tb00537.x
62. SOMERVILLE, D. C. (2005): Fat bees, skinny bees. Manual on honey bee nutrition for beekeepers. National Primary Industries. RIRDC Publication No 05/054. Dostupno na: www.agrifutures.com.au/product/fat-bees-skinny-bees-a-manual-on-honey-bee-nutrition-for-beekeepers/.
63. SZYMAŚ, B. and A. JĘDRUSZUK (2003): The influence of different diets on haemocytes of adult worker honey bees, *Apis mellifera*. *Apidologie* 34, 97-102. 10.1051/apido:2003012
64. TLAK GAJGER, I., J. VLAINIĆ, P. ŠOŠTARIĆ, J. PREŠERN, J. BUBNIĆ and M. I. SMODIŠ ŠKERL (2020): Effects on some therapeutical, biochemical, and immunological parameters of honey bee (*Apis mellifera*) exposed to probiotic treatments, in field and laboratory conditions. *Insects* 9, 638. 10.3390/insects11090638
65. TLAK GAJGER, I., M. I. SMODIŠ ŠKERL, P. ŠOŠTARIĆ, J. ŠURAN, P. SIKIRIĆ and J. VLAINIĆ (2021a): Physiological and Immunological Status of Adult Honeybees (*Apis mellifera*) Fed Sugar Syrup Supplemented with Pentadecapeptide BPC 157. *Biology* 9, 891. 10.3390/biology10090891
66. TLAK GAJGER, I., A. M. MAÑES, G. FORMATO, M. MORTARINO and J. TOPORCAK (2021b): Veterinarians and beekeeping: What roles, expectations and future perspectives? - a review paper. *Vet. arhiv* 91, 437-443. 10.24099/vet.arhiv.1444
67. TRITSCHLER, M., J. J. VOLLMANN, O. YANEZ, N. CHEJANOVSKY, K. CRAILSHEIM and P. NEUMANN (2017): Protein nutrition governs within-host race of honey bee pathogens. *Sci. Rep.* 7, 14988.
68. VAN ENGELSDORP, D., J. D. EVANS, C. SAEGERMAN, C. MULLIN, E. HAUBRUGE, B. K. NGUYEN, M. FRAZIER, J. FRAZIER, D. COX-FOSTER, Y. CHEN, R. UNDERWOOD, D. R. TARPY and J. S. PETTIS (2009): Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS One.* 4(8), e6481. 10.1371/journal.pone.0006481
69. VISSCHER, P. K. and T. D. SEELEY (1982): Foraging strategy of honeybee colonies in a temperate deciduous forest. *Ecology* 63, 1781-1790.
70. VEZETEU, T., O. BOBIS, R. MORITZ and A. BUTTSTEDT (2017): Food to some, poison to others - honeybee royal jelly and its growth inhibiting effect on European Foulbrood bacteria. *Microbiol. Open* 6, e00397. 10.1002/mbo3.397

71. WAHL, O. and K. ULM (1938): Influence of pollen feeding and physiological condition on pesticide sensitivity of the honey bee *Apis mellifera carnica*. *Oecologia* 59, 106-128. 10.1007/BF00388082
72. WHEELER, M. M. and G. E. ROBINSON (2014): Diet dependent gene expression in hone bees: honey vs. sucrose or high fructose corn syrup. *Sci. Rep.* 4, 5726. 10.1038/srep05726
73. WHITE, J. W. (1978): Honey. In: Chichester, C. O.: *Advances in Food Research*. Academic Press, Volume 24 (287-374). 10.1016/S0065-2628(08)60160-3
74. WINSTON, M. L. (1991): *The Biology of the Honey bee*. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts, London, England.
75. WOYKE, J. (1977): Cannibalism and brood-rearing efficiency in the honeybee. *J. Apic. Res.* 16, 84-94. 10.1080/00218839.1977.11099866
76. ZHANG, Y., X. LI, W. ZHANG and R. HAN (2010): Differential gene expression of the honey bees *Apis mellifera* and *A. cerana* induced by *Varroa destructor* infection. *J. Insect Physiol.* 56, 1207-1218. 10.1016/j.jinsphys.2010.03.019

Nutritional stress in honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies: causes, effects and preventions of colony losses

Arnold MAJOROŠ, DVM, Luna Vet veterinary ambulance, Temerin, Srbija; Ivana TLAK GAJGER, DVM, PhD, Full Professor, Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb, Zagreb, Croatia; Maja Ivana SMODIŠ ŠKERL, DVM, Assistant Professor, Agricultural Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia

Honey bees constantly regulate the colony nutritional requirements and adapt metabolic activities to the foraging activities. A high dependence on the availability of floral resources for nutrients like nectar and pollen is necessary for proper colony development and survival. During the dearth period and adverse weather conditions, the queen decreases egg-laying, nurse worker bees selectively feed brood and shape the colony based on the food reserves stored in combs and the body. To ensure the spring population of bees is highly developed and ready for pasture, the beekeeper must observe the food reserves in the hives and additionally feed colonies with supplements. After honey harvest, the colonies urgently require a substitute, usually a sugar syrup to sustain the population and keep the queen laying eggs. However, longer dearth periods, unpredictable climate change and the large agricultural landscapes with

monocultures including a rapidly changing environment seriously increase malnutrition, leading to the irreversible starvation phase in colonies. For the health of the honey bee colony, it is essential to have constant pollen availability from spring to winter. However, nectar and pollen availability varies through the seasons and is becoming unpredictable. Unavoidably, the colony is vulnerable and a constant target of bee pathogens. The interactions of pathogens (*Nosema* spp., *Varroa destructor*, viruses, bacteria and fungi) and low pollen quality and quantity in an affected honey bee colony depletes the population and reduces winter survival. It is therefore crucial to identify all possible causes for nutritional stress in colonies and adopt all important key points to prevent starvation and minimise winter losses.

Key words: *honey bee colony; Apis mellifera; malnutrition; starvation; pathogens; winter losses*