

Saša PRĐUN¹, Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ²

¹Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i specijalnu zoologiju

²Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
hviric@agr.hr

VELIKI (*Galleria mellonella* L.) I MALI (*Achroia grisella* Fabricius) VOSKOV MOLJAC – ŠTETNICI U PČELARSTVU I METODE SUZBIJANJA

SAŽETAK

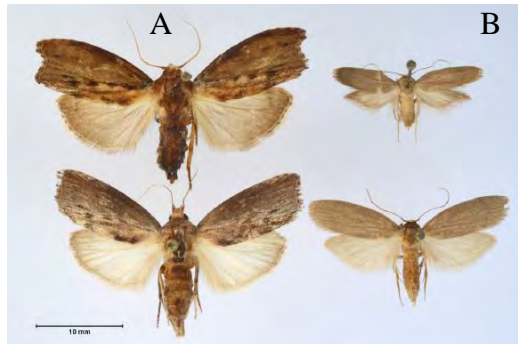
Voskovi moljci štetnici su pčelinjih zajednica diljem svijeta, a prosječan se ekonomski gubitak uslijed njihova napada procjenjuje na oko 38 %. Glavni su predstavnici veliki (*Galleria mellonella* L.) i mali (*Achroia grisella* Fabricius) voskov moljac. Iako se odrasli oblici lako raspoznaju prema veličini, teško je razlikovati jaja i gusjenice tih vrsta ako se pojave istovremeno. Poznavanjem njihovih morfoloških karakteristika moguće je pravilno identificirati vrste. Kritično je razdoblje napada rana jesen i kasno proljeće. Osim što ishranom izravno oštećuju izgrađeno saće te u manjoj mjeri i neizgrađenu satnu osnovu, uništavaju i uskladišteni pčelinji kruh (pelud) te drvene dijelove košnice poput unutrašnjih stijenki nastavaka, podnica ili okvira. Prijenosnici su različitih patogena poput bakterije *Paenibacillus larvae*, izraelskog virusa akutne paralize i virusa crnih matičnjaka u ličinkama. Higijenske mjere osiguravaju učinkovito upravljanje pčelinjim zajednicama, no često nisu dostatne kod uzgoja velikog broja košnica. Kemijski fumiganti najčešći su izbor u suzbijanju voskovih moljaca. U svijetu se učestalo koriste etilen bromid, kalcijev cijanid, metilni bromid, fosfin, paradiklorbenzen (PDB), naftalen i ugljikov dioksid, dok su u Hrvatskoj najzastupljenije octena i mravlja kiselina te sumpor. S obzirom na nepoželjan utjecaj kemijskih sredstava na ekosustav nametnula se potreba za razvojem ekotoksikološki prihvatljivijih metoda zaštite uskladištena saća poput toplinske obrade, tretmana ozonom, sterilizacije mužjaka gama zrakama, uporabe feromonskih i svjetlosnih lovki te primjene bioloških pripravaka na bazi *Bacillus thuringiensis*, entomopatogenih nematoda i gljiva te prirodnih neprijatelja. Buduća istraživanja nužno je usmjeriti u razvoj poboljšanih alata za praćenje i suzbijanje voskovih moljaca, zbog nedostatka podataka, posebno na lokalnoj razini.

Ključne riječi: ekotoksikološki prihvatljivije metode, fumigacija, higijenske mjere, identifikacija, medonosna pčela, voskovi moljci.

UVOD

U Republici Hrvatskoj danas ima 8900 pčelara koji posjeduju oko 530 000 pčelinjih zajednica. Od tog broja 41,5 % pčelara ima do 30 zajednica, 55 % od

31 do 150 zajednica, a samo 3,5 % pčelara više od 150 zajednica. Godišnja proizvodnja i raznovrsnost meda ovise o vremenskim prilikama i medonosnim biljnim vrstama dostupnima pčelama u određenu razdoblju. Godišnji prosječan prinos meda po košnici iznosi > 20kg (MP, 2023.). Voskovi su moljci sveprisutni štetnici pčelinjih zajednica diljem svijeta. Pripadaju redu Lepidoptera, porodici Pyralidae. Glavni su predstavnici veliki (*Galleria mellonella* L.) i mali (*Achroia grisella* Fabricius) voskov moljac (slika 1). Često ih se u narodu naziva pčelinji ili sačasti moljci te voštani ili mrežasti crvi (Ellis i sur., 2013.). Odrasli leptiri ne čine štete na saću jer se uopće ne hrane, nego štete nanose njihove gusjenice koje imaju izražen usni organ za grizenje i žvakanje (Paddock, 1918.). Gusjenice malog voskova moljca često se hrane na podnici jer ih veći voskovi moljci brojčano nadmašuju kada se obje vrste pojavljuju istovremeno. Smatraju se jednim od najznačajnijih štetnika u pčelarstvu jer se njihove gusjenice, osim voskom, hrane i peludom, medom te kukuljicama pčela (Lažec, 2022.). Do danas još uvijek nedostaje procjena ekonomskog utjecaja voskovih moljaca na globalnoj razini, no procijenjeni gubitak u dobiti iznosi prosječno 3,9 do 5,1 % (Hood i sur., 2003.). Prema podatcima iz Irana, akumulirani ekonomski gubitak uzrokovan napadom velikog moljca procijenjen je na 38 % (Jafari i sur., 2010.). Ekonomska važnost ovih štetnika rezultirala je nizom istraživanja o njihovu životnom ciklusu, biologiji, ekologiji, molekularnoj biologiji, fiziologiji i suzbijanju.



Slika 1. Voskovi moljci. A - veliki (*Galleria mellonella* L.): gore – mužjak; dolje – ženka; B – mali (*Achroia grisella* Fabricius): gore – mužjak; dolje – ženka (Snimila: Buss, L., University of Florida, prema Ellis i sur., 2013.).

VELIKI VOSKOV MOLJAC

Veliki voskov moljac široko je rasprostranjen po cijelom svijetu, a prevladava u toplijim područjima. Zabilježen je u više od 100 zemalja (CABI, 2022.). Ima debelo tijelo, crvenkastosmeđe boje s pjegavim prednjim krilima i blijedokrem boje na stražnjim krilima s vidljivim blagim resama. Veličina mu se kreće oko 15 mm s rasponom krila do 31 mm (Williams, 1997.). Ženka je obično nešto veća i teža od mužjaka te živi oko 12 dana, odnosno desetak dana kraće od mužjaka

čiji životni vijek doseže do 21 dan. Mužjaci su svjetlije boje u odnosu na ženke (Paddock, 1918.). Aktivnost velikog voskova moljca počinje u ožujku s dolaskom prvih toplijih dana, a svoj vrhunac doseže u kolovozu nakon čega se aktivnost progresivno smanjuje prateći pad temperatura. Aktivnost potpuno prestaje kada temperatura padne ispod 10 °C. Razvojni ciklus traje od četiri tjedna do šest mjeseci što direktno ovisi o temperaturi zraka. Idealni su uvjeti za razmnožavanje temperatura zraka od 30 °C i relativna vlažnost zraka od oko 40 % (Khan i Shah, 2019.). Životni ciklus (slika 2) odvija se u pet faza koje uključuju jaje, gusjenicu koja se presvlači između sedam i devet puta, ovisno o temperaturi, predkukuljicu i kukuljicu te stadij odrasla leptira. Parenje se odvija ubrzo nakon pojave odraslih jedinki. Budući da je noćni kukac, vrhunac aktivnosti odvija se između 18 sati i 24 sata (Paddock, 1918.; Chase, 1921.; Charriere i Imdorf, 1999.; Jorjão i sur., 2018.).



Slika 2. Razvojni stadiji *G. mellonella*: jaja (1), gusjenica stara približno 10 dana (2), gusjenica stara približno 20 dana (3), gusjenica stara 25 – 35 dana (4 i 5), posljednji stadij gusjenice stare približno 40 dana (6), predkukuljica i kukuljica (7 i 8), odrasli moljac (9) (Prema Jorjão i sur., 2018.).

Neposredno prije kopulacije mužjaci proizvode specifične kratke ultrazvučne signale koji privlače ženke i potiču njihovo ubrzano mahanje krilima. Mahanje krila ženki uzrokuje otpuštanje feromona kod mužjaka, što dovodi do pojačana privlačenja ženki (Spangler, 1984., 1985., 1987.; Jones i sur., 2002.). Parenje se odvija unutar samoga napadnutog saća ili izvan košnice te se po završetku parenja ženka vraća na saće kako bi položila do 150 jaja (Ellis i sur., 2013.), od biserno bijele do svijetloružičaste boje (Williams, 1997.). Jaja polaže u skupine unutar četiri do pet dana i to u pukotine između dijelova košnice, na mračnim i skrivenim mjestima do kojih pčele ne mogu doći (Antolović, 2016.). Ovisno o temperaturi, gusjenice se pojavljuju kroz pet do osam dana nakon polijeganja jaja pri temperaturi od 24 do 27 °C, a pri nižim temperaturama to razdoblje može doseći i do 30 dana. Četiri dana prije izlijeganja, gusjenica je vidljiva kao tamni prsten unutar jajeta, a 12 sati prije vidi se potpuno formirana jedinka kroz opnu jajeta (Paddock, 1918.). Odmah započinju s ishranom i stvaranjem pređe koja je jasno vidljiva na saću. Tijelo im je kremastobijelo sa sivim do tamnosivim oznakama (Williams, 1997.). Prvi stadij gusjenice dug je 1 – 3 mm, a abdominalne noge nisu vidljive. Stariji stadiji sivkaste su boje i dugi oko 25 –

30 mm. Većina rasta događa se tijekom posljednja dva stadija. Kapsula glave žućkasta je do crvenkasta i manja od jače izražena protorakalnog segmenta. Gusjenica, nakon što pronade mjesto u košnici za kukuljenje, počinje presti svilene niti tvoreći kokon koji pričvrsti za izdubljene drvene dijelove. Nakupine kokona uz rub okvira karakteristika su prisutnosti velikog voskova moljca (slika 3), a kokoni malog voskova moljca naći će se pojedinačno u tunelima saća (Paddock, 1918.).



Slika 3. Kokoni velikog voskova moljca na rubovima okvira (Snimio: Prđun, S. 2022.).

Tek formirana kukuljica je bijela, a nakon četiri dana poprima smeđu boju koja postaje sve tamnija kroz razdoblje razvoja koje, ovisno o temperaturi, može trajati od 6 do 55 dana. Kukuljica doseže do 16 mm te ima karakterističan niz bodlji od stražnjeg dijela glave do petog trbušnog segmenta, (Paddock, 1918.; Williams, 1997.).

MALI VOSKOV MOLJAC

Mali voskov moljac kozmopolitski je rasprostranjen i prisutan gotovo svugdje gdje se uzgajaju medonosne pčele. Uspješnije se nastanio u toplijoj tropskoj i suptropskoj klimi te ne može preživjeti duga razdoblja niskih temperatura. Međutim, može preživjeti na većim geografskim širinama i nižim temperaturama od velikog voskova moljca. Odrasli su leptiri mali, srebrnasta tijela s upadljivo žutom glavom, prednjim krilima ovalna oblika i stražnjim krilima s jakim resama. Ženka je duga 13 mm, a mužjak 10 mm (Williams, 1997.). Odrasle jedinice žive otprilike tjedan dana i najaktivnije su noću. Parenje se obično događa unutar košnica medonosnih pčela. Mužjaci malog voskova moljca također ultrazvučnim signalima privlače ženke na mjesta parenja (Wojda i sur., 2020.). Tijekom dana odrasle jedinice ostaju skrivene na drveću i grmlju u blizini pčelinjaka. Razvojni ciklus isti je kao i kod velikog voskova moljca (Egelie i sur., 2022). Odrasle ženke obično polažu jaja u zaštićene pukotine u blizini izvora hrane. Jaja su kremasto bijela i okrugla, a izlegu se obično za pet do osam dana. Tijelo gusjenice je usko, bijele boje sa smeđom glavom (Williams, 1997.). Razvoj gusjenice može trajati između jednog mjeseca

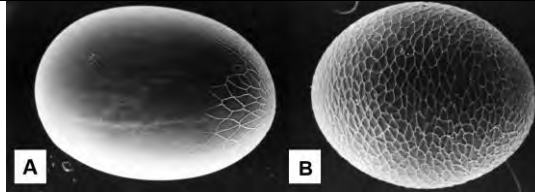
i pet mjeseci, u prosjeku šest do sedam tjedana, pri temperaturi zraka 29 do 32 °C. Dužina gusjenice iznosi od 1 mm do 18,8 mm kod potpuno odrasle jedinke (Sharma i sur., 2011.). Kukuljica je žutosmeđa u bijelom kokonu, često prekrivena travom i drugim biljnim otpadom. Veličine je oko 12 mm (Williams, 1997.). Mali voskov moljac sekundarni je štetnik pčelinjih zajednica jer šteti samo zajednicama koje su već oslabljene drugim čimbenicima, kao što su loša matica, različite bolesti, loša peludna ishrana i/ili primarni štetnici poput *Varoe destructor* (Egelie i sur., 2022).

IDENTIFIKACIJA MALOG I VELIKOG VOSKOVA MOLJCA

Obje vrste voskova moljca prolaze potpunu metamorfozu i imaju sličan razvojni ciklus. Uz pravilnu obuku i prikladnu laboratorijsku opremu (binokular, mikroskop) mogu se uočiti razlike između velikih i malih voskovih moljaca u svim životnim fazama. Osnovna razlikovna karakteristika odraslih jedinki ovih vrsta je veličina leptira (Ellis i sur., 2013.). Ako se jave istovremeno, teško je razlikovati jaja i gusjenice, no s pomoću specifičnih karakteristika moguće je izvršiti pravilnu identifikaciju. Primjerice, površinska tekstura jaja ili prisutnost jednostavnih očiju na glavi i izgled dušnika gusjenica mogu se koristiti za razlikovanje velikih i malih voskovih moljca (Paddock, 1918.). Specifične karakteristike prema Arbogast i sur. (1980.) te Ferguson (1987.) prikazane su tablicom 1. Unatoč važnosti voskovih moljaca za pčelarsku industriju, oni se značajno više istražuju kao modelni organizmi za proučavanje fiziologije, genomike, proteomike i drugih disciplina. Postoji više stotina istraživačkih tehnika povezanih s proučavanjem voskovih moljaca, no s pčelarskog gledišta obično koristi se samo mali broj dostupnih istraživačkih metoda (Ellis i sur., 2013.). U istraživanjima fenotipske varijabilnosti, uvjetovane biotskim i abiotskim čimbenicima, uspješno se koristi geometrijska morfometrija (Meulemeester i sur., 2012.). U Hrvatskoj je tehnikom geometrijske morfometrije, na uzorcima glave, krila ili cijelog tijela, istraživana fenotipska varijabilnost *Agriotes ustulatus* Schall. i *Bothynoderes punctiventris* Germar u različitim agroekološkim uvjetima (Lemić i sur., 2014., 2016.) te fenotipska varijabilnost s obzirom na lokaciju i tehniku uzgoja vrste *Cydia pomonella* L. (Pajač Živković i sur., 2018.). S obzirom na razlike u ekološkom i konvencionalnom načinu pčelarenja, tehnika geometrijske morfometrije mogla bi se uspješno primijeniti u pčelarstvu za utvrđivanje razlika unutar populacija voskovih moljaca.

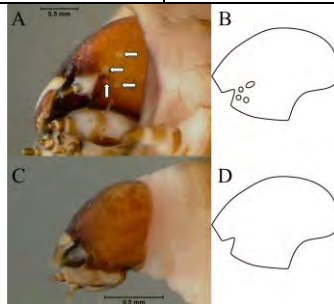
Tablica 1. Specifične karakteristike za pravilnu identifikaciju velikog i malog voskova moljca (prema Ellis i sur, 2013.).

Veliki voskov moljac	Mali voskov moljac
Jaja	
Retikulacija je barem slabo vidljiva cijelom površinom, karine okružuju primarne stanice jednake širine.	Retikulacija je ograničena na prednji kraj, karine koje okružuju primarne stanice vidljivo su šire oko vanjskih rubova stanica.



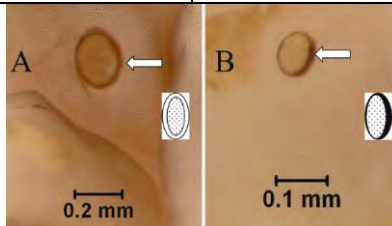
A – Bočni prikaz jaja velikog voskova moljca uz povećanje 110x; B – bočni prikaz jaja malog voskova moljca uz povećanje 110x

Glava gusjenice	
Četiri jednostavna oka sa svake strane.	Jednostavne oči nisu prisutne.



A - Glava gusjenice velikog voskova moljca (jednostavne oči označene strelicama); B - Obris glave s položajem stemata; C - Glava malog voskova moljca (nema jednostavnih očiju); D - Obris glave.

Prisutnost dušnika kod gusjenica	
Dušnik sa žučkastim peritremom ujednačene debljine	Dušnik s crnim peritremom debljim na kaudalnom rubu

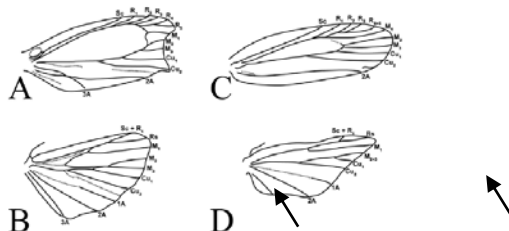


Oblik i veličina dušnika: A - velikog i B - malog voskova moljca

Položaj žila na krilima odraslog oblika

Širina prednjeg krila je 5-7 mm, konkavnog oblika. Cu stražnjeg krila 4-krako.

Širina prednjeg krila manja je od 5 mm, konveksna oblika. Cu stražnjeg krila je 3-krak.



Veliki voskov moljac: A - prednje krilo; B - stražnje krilo; mali voskov moljac: C - prednje krilo; D - stražnje krilo.

ŠTETNOST VOSKOVIH MOLJACA

Veliki voskov moljac češći je i destruktivniji štetnik saća, dok je mali voskov moljac manje raširen. Destruktivna priroda štetnika pripisuje se njegovu visoku reproduktivnu potencijalu i brzu vremenu razvoja. Najkritičnije je razdoblje napada voskovih moljaca rana jesen i kasno proljeće (Shimanuki, 1980.; Türker i sur., 1997.; Kwadha i sur., 2017.). Voskovi moljci pridonose značajne ekonomske štete u pčelarstvu, posebice na uskladištenu izgrađenu saću, odnosno izvan aktivne pčelarske sezone. Osim što ishranom izravno oštećuju izgrađeno saće te u manjoj mjeri i neizgrađenu satnu osnovu, uništavaju i uskladišteni pčelinji kruh (pelud) te drvene dijelove košnice poput unutrašnjih stijenki nastavaka, podnica ili okvira. Češće napadaju slabije pčelinje zajednice te prazne i napuštene košnice (Nielsen i Brister, 1977.). Stadij gusjenice jedini je životni stadij u kojemu se voskovi moljci aktivno hrane. Jedu saće koje sadrži pčelinje leglo (ličinke i kukuljice medonosne pčele), pelud i med, pri čemu preferiraju starije saće u odnosu na djevičansko saće i/ili satnu osnovu. Odrasle gusjenice sposobne su bušiti drvo, pri čemu rade udubljenja u obliku čamca u drvenu dijelu tijela ili okvira košnice. Voskovi moljci označeni su kao potencijalni prijenosnici različitih patogena. Ustanovljeno je da fekalne kuglice gusjenica voskovih moljaca sadrže spore gram-pozitivne bakterije *Paenibacillus larvae*, koja uzrokuje američku gnjiloću, smrtonosnu bolest ličinkama medonosnih pčela (Govan i sur., 1999.). Gusjenice malog voskova moljca mogu uzrokovati poremećaj koji se naziva ćelavo leglo. Ono nastaje kada gusjenice prolaze ispod zatvorenih stanica kukuljica pčela radilica. Pčele pronalaze oštećene poklopce i žvaču ostatke poklopaca, izlažući kukuljice pčela u razvoju. Također, gusjenice moljaca mogu ostaviti fekalne tvari na ličinkama pčela (Ellis

i sur., 2013.). Prema Tsegaye i sur. (2014.) visoka zaraza moljcima može dovesti do toga da pčele počnu napuštati zajednicu.

SUZBIJANJE VOSKOVIH MOLJACA

Higijenske mjere osiguravaju učinkovito upravljanje pčelinjim zajednicama te uključuju brtvljenje pukotina (Ritter, 2006.), redovitu zamjenu saća (Charriere i Imdorf, 1999.), uništavanje napadnutog saća koje pokazuje znakove galerijaze (Gulati i Kaushik, 2004.) i druge mjere. Staro i crno saće, očišćeno od prihrane i meda, ne čuvamo, nego ga odvajamo za pretapanje. Jedan od sigurnih i u praksi provjerenih preventivnih načina čuvanja nastavaka uključuje slaganje na „kant“ (slika 4). Nastavak se polaže na užu stranicu tako da donja strana bude okrenuta prema van, izložena jačem osvjetljenju. Stražnju stranu treba odmaknuti minimalno 10 – 15 cm od zida uza koji ih slažemo, kako bismo stvorili propuh koji voskovi moljci ne podnose. Preporučeno je oko složenih nastavaka postaviti mamce za glodavce, koji tijekom zimskih mjeseci znaju oštetiti saće u kojemu ima spremljena peluda. Tako složene nastavke moguće je čuvati tijekom cijele sezone uz uvjet da su pod nadstrešnicom, zaštićene od oborina (Prđun, 2020.).



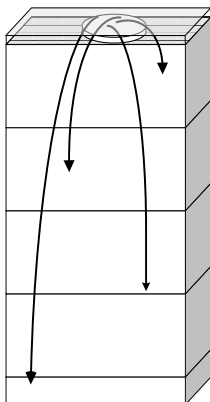
Slika 4. Učinkovit način čuvanja izgrađenog saća tijekom cijele sezone (Snimio: Prđun, S. 2020.).

Iako učinkovite, ovakve mjere funkcioniraju samo na manjim pčelinjacima (Kwadha i sur., 2017.). U većini pčelarskih regija, kemijski fumiganti najčešći su izbor u suzbijanju voskovih moljaca. U mnogim se dijelovima svijeta još uvijek učestalo koriste etilen-bromid, kalcijev cijanid, metilni bromid, fosfin, paradiklorbenzen (PDB), naftalen i ugljikov dioksid (Charriere i Imdorf, 1999.; Gulati i Kaushik, 2004., Ritter i Akranakul, 2006.). U istraživanju Mabrouk i sur. (2009.) paradiklorbenzen (PDB) i aluminijev fosfid u suzbijanju voskovih

moljaca postigli su učinkovitost između 90 i 99,33 %, no utvrđena koncentracija rezidua u vosku iznosila je 0.011 mg/kg, odnosno 0,008 mg/kg. U Hrvatskoj su danas najviše u upotrebi fumiganti navedeni u tablici 2. Osim fumiganata za suzbijanje voskovih moljaca, važno je napomenuti da su u uporabi često i sintetički akaricidi koji se koriste za suzbijanje varoe i drugih nametnika, pri čemu na voštanim stanicama saća ostaju visoke razine prisutnih rezidua. Zbog sve izraženije rezistentnosti varoe dolazi do povećanja doze i broja tretmana, što u konačnici znači povećanje rezidua u medu, vosku i propolisu (Martel i sur., 2007.). Prema Sánchez-Bayo i Goka (2014.) u pčelinjacima su pronađene rezidue 173 različita kemijska spoja.

Tablica 2. Najčešće korištena sredstva za fumigaciju u pčelarstvu s općim karakteristikama i načinom primjene (Kezić i sur., 2014.).

Pripravak	Opis primijene	Doza primijene	Prednost	Nedostatak
Octena kiselina	Nastavke složiti u stup te na vrh zadnjeg nastavka staviti keramičku posudu s octenom kiselinom. Pare su teže od zraka te padaju kroz nastavke (slika 5).	Tretiranje odozgo odmah nakon vrcanja ili izdvajanja iz zajednice s 200 ml octene kiseline (60 – 80 %) na 100 litara volumena košnice. U ljetnom razdoblju tretman ponoviti 2 puta s intervalom od 2 tjedna.	Učinkovito za suzbijanje jaja i odraslih moljaca. Gusjenice i kukuljice su otpornije – potrebno je dulje izlaganje parama. Nema rezidua u vosku, a istovremeno uništava i spore Nozeme.	Nagriza i oštećuje metalne dijelove.
Mravlja kiselina	Isto kao kod octene kiseline.	Tretiranje odozgo s 80 ml mravlje kiseline (85 %) na 100 litara volumena košnice. Ljeti tretman ponoviti 1 – 2 puta u razmacima od 2 tjedna. Potrebno je redovito ponavljanje.	Učinkovito za suzbijanje voskovih moljca u svim razvojnim stadijima. Nema rezidua.	Nagriza i oštećuje metalne dijelove. Potrebno je oprez prilikom rukovanja – ne udisati pare, izbjegavati dodir s kožom.
Sumpor	Sumpor se spaljuje u posudi u dobro zatvorenoj komori.	Jedna traka sumpora na 100 litara volumena košnice. Postupak je potrebno ponoviti nakon 10 – 14 dana, a ljeti je tretiranje potrebno ponavljati svaka 4 tjedna.	Učinkovito suzbija većinu razvojnih stadija.	Ne djeluje na jaja. Opasnost od požara. Prije korištenja okvire je potrebno dobro prozračiti da vrata miris po vosku.



Slika 5. Shematski prikaz slaganja nastavaka izgrađenog saća za primjenu octene ili mravlje kiseline (Izvor: Kezić i sur., 2014.).

S obzirom na nepoželjan utjecaj pretjerane i kontinuirane primjene konvencionalnih pesticida na ekosustav (Carson, 2002.), uloženi su značajni istraživački naponi kako bi se osigurale ekotoksikološki prihvatljivije metode zaštite uskladištena saća. To uključuje korištenje toplinske obrade (Charrière i Imdorf, 1999.) i metodu zamrzavanja, odnosno prilagodbu okolišnih parametara (Ellis i sur., 2013.). Prema Williams (1997.) jaja voskovih moljaca neće preživjeti na ekstremnoj hladnoći (na ili ispod 0 °C tijekom 4,5 sati) ili ekstremnoj vrućini (na ili iznad 46 °C tijekom 70 minuta). Nadalje, moguće je koristiti i tretman ozonom (James, 2011.), metodu suzbijanja odraslih voskovih moljaca izvan košnice sterilizacijom mužjaka gama zrakama (Jafari i sur., 2010.), feromonske lovke (Sangrainsinh i sur., 2014.) i svjetlosne lovke (osobito s crvenim svjetlom) (Mabrouk i Mahbob, 2015.). Primjena bioloških pripravaka (B-401) na bazi *Bacillus thuringiensis* osigurava učinkovitu zaštitu do tri mjeseca bez rezidua (Charriere i Imdorf, 1999.; Ritter, 2006.), no zabilježen je razvoj rezistentnosti (McGaughey i Johnson, 1994.). Istraživana je i učinkovitost prirodnih neprijatelja *Bracon hebetor* Say, *Apanteles galleriae* Wilkinson (Ghimire i Phillips, 2010.), *Trichogramma* spp. (Boldt i Marston, 1994.) i dr. Prema Gaugler i sur. (1992.) klasična primjena entomopatogenih nematoda (EPN) i entomopatogenih gljiva (EPF) ima veliki potencijal za biološku kontrolu voskovih moljaca "izvan" aktivnih pčelinjih košnica, odnosno u skladištima.

ZAKLJUČAK

Voskovi moljci značaji su štetnici u pčelarstvu koji u nezaštićenu uskladištenu pčelinjem saću mogu napraviti ozbiljne štete, a tijekom dužeg razdoblja i u povoljnim uvjetima za razvoj učiniti ga i potpuno neupotrebljivim za daljnju upotrebu u pčelinjim zajednicama. S obzirom na opravdanu zabrinutost oko rezistentnosti voskovih moljaca na Bt. toksine, rezidue kemijskih spojeva u

vosku, medu i propolisu te njihovih štetnih učinaka na neciljane vrste i okoliš, istraživanja je nužno usmjeriti u specifična područja s potencijalom za razvoj poboljšanih alata za praćenje i upravljanje voskovim moljcima.

GREATER (*Galleria mellonella* L.) AND LESSER (*Achroia grisella* Fabricius) WAX MOTHS - PESTS IN BEEKEEPING AND CONTROL METHODS

SUMMARY

Wax moths are pests of bee colonies worldwide, and the average economic loss due to their attacks is estimated at about 38%. The most important representatives are large (*Galleria mellonella* L.) and small (*Achroia grisella* Fabricius) wax moth. Although adults are easily identified by size, it is difficult to distinguish their eggs and larvae when species occur simultaneously. Knowing their morphological characteristics allows for correct identification of the species. The critical period for infestation is early fall and late spring. They do not only damage the built combs and, to a lesser extent the unbuilt base directly, but also destroy stored bee bread (pollen) and wooden parts of the hive, such as the inner walls of honey chambers, floorboards, or frames. They are vectors of various pathogens such as the *Paenibacillus larvae* bacterium, the Israeli acute paralysis virus, and the larval black host virus. Sanitation measures provide efficient management of bee colonies, but these measures are often not sufficient for large-scale breeding. Chemical fumigants are the most common choice for controlling wax moths. Ethylene bromide, calcium cyanide, methyl bromide, phosphine, paradichlorobenzene (PDB), naphthalene, and carbon dioxide are commonly used in the world, while acetic acid, formic acid, and sulfur are most used in Croatia. Considering the undesirable effects of chemical agents on the ecosystem, it is necessary to develop more ecotoxicologically acceptable methods to protect stored combs, such as heat treatment, ozone treatment, sterilization of males with gamma rays, use of pheromone traps and light traps or use of biological products based on *Bacillus thuringiensis*, entomopathogenic nematodes, fungi, and natural enemies. Given the lack of data, especially at the local level, future research needs to be focused on the development of improved tools for wax moths' monitoring and management.

Keywords: ecotoxicologically compatible methods, fumigation, honeybee, sanitation measures, identification, wax moths.

LITERATURA

Antolović, M. (2016.). Biološko suzbijanje malog voštanog moljca (*Achroia grisella* Fabricius) entomopatogenim nematodama. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet. Završni rad.

.....

Arbogast, R. T., Leonard Lecato, G., Van Byrd, R. (1980.). External morphology of some eggs of stored-product moths (Lepidoptera: Pyralidae, Gelechiidae, Tineidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 9 (3), 165–177.

CABI (2022.). *Galleria mellonella* (greater wax moth), dostupno na: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.24814> (pristupljeno: 14.05.2023.)

Carson R. (2002.). Silent Spring. Houghton Mifflin Harcourt; Boston, MA, USA.

Chase, R. W. (1921.). The length of the life of the larva of the wax moth, *Galleria mellonella* L., in its different stadia. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters*, 20, 263-267.

Charriere, J. D., Imdorf, A. (1999.). Protection of honey combs from wax moth damage. *American Bee Journal*, 139, 627–630.

Egelie, A. A., Mortensen, A. N., Barber, L., Sullivan, J., Ellis, J.D. (2022.). Lesser Wax Moth *Achroia grisella* Fabricius (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension, USA.

Ellis, J. D., Graham, J. R., Mortensen, A. (2013.). Standard methods for wax moth research, *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-17.

Ferguson, D. C. (1987.). Lepidoptera. U: Insect and mite pests in food: an illustrated key. Borham, J. R. (ur.). USDA Agriculture Handbook, 655, 231–244.

Gaugler R., Campbell J. F., Selvan S., Lewis E. E. (1992.). Large-scale inoculative releases of the entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri*: Assessment 50 years later. *Biological Control*, 2, 181–187.

Ghimire, M. N., Phillips, T.W. (2010.). Suitability of different lepidopteran host species for development of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 39, 449–458.

Govan, V. A., Allsopp, M. H. Davison, S. (1999.). A PCR detection method for rapid identification of *Paenibacillus* larvae. *Applied and Environmental Microbiology*, 65 (5), 2243–5.

Gulati R., Kaushik H. (2004.). Enemies of honeybees and their management—A review. *Agricultural Reviews*, 25, 189–200.

Hood W. M., Horton P. M., McCreddie J. W. (2003.). Field evaluation of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) for the control of wax moths (Lepidoptera: Pyralidae) in stored honey bee comb. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 20 (2), 93–103.

Jafari R., Goldasteh S., Afroogheh S. (2010.). Control of the wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) by the male sterile technique (mst). *Archives of Biological Sciences*, 62, 309–313.

Jones, G., Barabas, A., Elliott, W., Parsons, S. (2002.). Female greater wax moths reduce sexual display behaviour in relation to the potential risk of predation by echolocating bats. *Behavioural Ecology*, 13 (3), 375–380.

Jorjão, L. A., Oliveira, D. L., Scorzoni, L., Figueiredo-Godoi, L. M. A., Prata, M. C. A., Jorge, A. O. C., Junqueira, J. C. (2018.). From moths to caterpillars: Ideal conditions for *Galleria mellonella* rearing for in vivo microbiological studies, *Virulence*, 9 (1), 383–389.

Kezić, N., Bubalo, D., Dražić, M., Barišić, D., Grgić, Z., Jakopović, I., Krakar, D., Palčić – Jakopović, K., Ševar M., Tretinjak, V. (2014.). Konvencionalno i ekološko pčelarenje. Interna skripta. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Khan, A. R., Shah, M. M. (2019.). Biology, ecology and management of wax moths, Vol. 23 / Br. 3 371

Galleria mellonella and *Achroia grisella*: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5 (4), 271–283.

Kwadha, C. A., Ongamo, G. O., Ndegwa, P. N., Raina, S. K., Fombong, A. T. (2017). The Biology and Control of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*. *Insects*, 8 (2), 61, 1–17.

Lažec, K. (2022). Kako čuvati saće. *Gospodarski list*, 18, 64 – 65.

dostupno na: <https://gospodarski.hr/rubrike/pcelarstvo-rubrike/kako-cuvati-sace/> (pristupljeno: 19.04.2023.)

Lemić, D., Benitez, H. A., Čačija M., Kozina A., Bažok R. (2014). Shape variations of *Agriotes ustulatus* in different environmental conditions. X. European Congress of Entomology, ECE 2014 Abstracts. Royal Entomological Societ. York, England.

Lemić, D., Benitez H. A., Püschel T. A., Virić Gašparić, H., Šatvar, M., Bažok, R. (2016). Ecological morphology of the sugar beet weevil Croatian populations: Evaluating the role of environmental conditions on body shape. *Zoologischer Anzeiger* 260, 25–32.

Mabrouk, M. S. O., Mahbob, M. A. (2015). Effect of different coloured light traps on captures

and controlling wax moth (Lepidoptera: Pyralidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 8, 17–24.

Mabrouk, M., Haggag, E., Omran, N. (2009). Controlling the greater and lesser wax moths using natural and chemical products. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 34 (1), 465-472.

Martel, A. C., Zeggane, S., Aurieres, C. M., Drajnudel, P., Faucon, J. P., Aubert, M. (2007). Acaricide residues in honey and wax after treatment of honey bee colonies with ApivarR or AsuntoIR50. *Apidologie*, 38, 534–44.

McGaughey W., Johnson D. (1994). Influence of crystal protein composition of *Bacillus thuringiensis* strains on cross-resistance in indianmeal moths (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 87, 535–540.

Meulemeester, T., Michez, D., Aytekin, A. M., Danforth, B. N. (2012). Taxonomic affinity of halictid bee fossils (Hymenoptera: Anthophila) based on geometric morphometrics analyses of wing shape. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10, 1–10.

MP (2023). Pčelarstvo, dostupno na: <https://poljoprivreda.gov.hr/pcelarstvo/201> (pristupljeno: 19. 4. 2023.)

Nielsen, R. A., Brister, D. (1977). The greater wax moth: adult behavior. *Annals of the Entomological Society of America*, 70, 101–103.

Pajač Živković, I., Benitez, H. A., Barić, B., Bažok R., Drmić, Z., Mrganić, M., Lemić D. (2018). Analysis of Croatian *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) population variability by using geometric morphometrics. *Book of Abstracts ECE 2018*, Napulj, Italija.

Paddock, F. B. (1918). The beemoth or waxworm. *Texas Agricultural Experiment Station*, USA, str. 44.

Prđun, S. (2020). Pčelarski radovi u rujnu. *Hrvatska pčela*, 139 (9), 256-257.

Ritter, W., Akwatanakul, P. (2006). Honey bee diseases and pests: a practical guide.

Sánchez-Bayo, F., Goka, K. (2014). Pesticide residues and bees – A risk assessment. *PLoS One*, 9(4): e94482.

.....

Sharma, V., Mattu, V. K., Thakur, M. S. (2011.). Infestation of *Achoria grisella* F. (wax moth) in honey combs of *Apis mellifera* L. in Shiwalik Hills, Himachal Pradesh. International Journal of Science and Nature, 2 (2), 407–408.

Shimanuki, H. (1980.). Bee Keeping in the United States. Science and Education Administration, United States Department of Agriculture; Washington, DC, USA. Diseases and pests of honey bees, 35, 118–128.

Spangler, H. G. (1984.). Attraction of female lesser wax moths (Lepidoptera: Pyralidae) to male-produced and artificial sounds. Journal of Economic Entomology, 77, 346–349.

Spangler, H. G. (1985.). Sound production and communication by the greater wax moth (Lepidoptera: Pyralidae). Annals of the Entomological Society of America, 78, 54–61.

Spangler, H. G. (1987.). Acoustically mediated pheromone release in *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Insect Physiology, 33, 465–468.

Tsegaye, A., Wubie, A. J., Eshetu, A. B., Lemma, M. (2014.). Evaluation of different nonchemical waxmoth prevention methods in the backyards of rural beekeepers in the North West dry land areas of Ethiopia. Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 7, 29–36.

Türker L., Togan I., Ergezen S., Özer M. (1993.). Novel attractants of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera Pyralidae Galleriinae) Apidologie, 24, 425–430.

Williams, J. L. (1997.). Insects: Lepidoptera (moths). U: Honey bee pests, predators, and diseases. Morse, R., Flottum, K. (ur.). The AI Root Company. Ohio, USA, 121–141.

Wojda, I., Staniec, B., Sulek, M., Kordaczuk, J. (2020.). The greater wax moth *Galleria mellonella*: biology and use in immune studies. Pathogens and Disease, 78 (9), 1-15.

Pregledni rad