

Pregledni rad DOI: 10.5937/DDD26057D

INTEGRISANI PRISTUP U SUZBIJANJU ŽUTIH (FARAONSKIH) MRAVA (*MONOMORIUM PHARAONIS* L.)

INTEGRATED MANAGEMENT OF PHARAOH ANTS (*MONOMORIUM PHARAONIS* L.)

**Milutin Đorđević^{1*}, Darja Fjodorov¹, Radovan Marčetić¹,
Vladimir Drašković¹, Radislava Teodorović¹, Marijana Vučinić¹,
Katarina Nenadović¹, Ljiljana Janković¹**

Kratak sadržaj

Faraonski mravi (*Monomorium pharaonis*) predstavljaju veliki stručni izazov u postupku regulacije njihove brojnosti u zatvorenim prostorima usled jedinstvene unikolonijalne organizacije, visoke adaptabilnosti i brzog rasta populacije. Kolonije mogu sadržati veliki broj matica, koje na nedeljnom nivou mogu položiti oko 350 jaja, dok razvojni ciklus do odrasle jedinke traje približno 45 dana, što omogućava njihovo brzo širenje u različitim staništima. Zbog svoje sposobnosti da mehaničkim putem prenose patogene, faraonski mravi mogu predstavljati značajan zdravstveni rizik u zatvorenim prostorima. U radu se razmatra integrisani pristup suzbijanja (IPM) u zatvorenim prostorima, koji kombinuje detekciju i monitoring, poznavanje biologije i ponašanja vrste, simultanu primenu različitih metoda suzbijanja kao i praćenje efekata tretmana, uz minimiziranje rizika za ljude, kućne ljubimce i prehrambene resurse.

Ključne reči: Zdravstveni rizik, Integrisani pristup suzbijanja, *Monomorium pharaonis*

Abstract

Pharaoh ants (*Monomorium pharaonis*) represent a major professional challenge in the control of their population in indoor environments due to their unique unicolonial organization, high adaptability, and rapid population growth. Colonies can contain a large number of queens, which can lay approximately 350 eggs on a weekly basis, while the developmental cycle to adulthood takes about 45 days,

¹ Dr sci. vet. med. Milutin Đorđević, redovni profesor; dr vet. med. Darja Fjodorov, samostano stručno tehnički saradnik za rad u laboratorijama; dr. vet. med. Radovan Marčetić, asistent; dr sci. vet. med. Vladimir Drašković, docent; dr sci. vet. med. Radislava Teodorović, redovni profesor; dr sci. vet. med. Marijana Vučinić, redovni profesor; dr sci. vet. med. Katarina Nenadović, vanredni profesor; dr sci. vet. med. Ljiljana Janković, vanredni profesor u penziji, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Katedra za zoohigijenu, Bulevar oslobođenja 18, 11000 Beograd, R. Srbija

* e-mail kontakt osobe: milutin@vet.bg.ac.rs

enabling their rapid expansion across diverse habitats. Due to their ability to mechanically transmit pathogens, Pharaoh ants can pose a significant health risk in indoor settings. This paper discusses an Integrated Pest Management (IPM) approach in indoor spaces, which combines detection and monitoring, knowledge of the species' biology and behavior, the simultaneous application of various control methods, and the evaluation of treatment efficacy, all while minimizing risks to humans, pets, and food resources.

Keywords: Health risk, Integrated Pest Management, *Monomorium pharaonis*

UVOD

Efikasno sprovođenje kontrole faraonskih mrava u zatvorenim prostorima predstavlja veliki stručni izazov, s obzirom na njihovu visoku prilagodljivost i razvijenu kolonijalnu organizaciju ove vrste. Standardni principi integrisanog pristupa koji se primenjuju u zaštiti useva i skladišta nisu direktno primenjivi u kontroli faraonskih mrava u zatvorenim prostorima, jer se u poljoprivredi koriste pesticidi, prilagođeni zaštiti bilja, dok kontrola ove vrste mrava u zatvorenim prostorima zahteva upotrebu biocida, uz strogo definisane procedure koje minimiziraju rizik po zdravlje ljudi, kućnih ljubimaca i hrane.

Faraonski mravi (*Monomorium pharaonis*) predstavljaju značajan i klasičan primer unikolonijalne vrste mrava. Pod ovim pojmom podrazumeva se, specifičan oblik socijalne organizacije u kojem više gnezda zajedno funkcioniše kao jedna jedinstvena kolonija. Ova vrsta mrava je od posebnog značaja u entomologiji zbog svoje složene društvene strukture, razvojnog ciklusa i sposobnosti adaptacije na različite uslove životne sredine. Odsustvo međusobne agresije unutar vrste omogućava članovima iste kolonije da kooperiraju na efikasan način, smanjujući sukobe i fokusirajući se na zajedničke ciljeve (Buczkowski i Bennett, 2009). Sposobnost opstanka i razmnožavanje unutar velikih, raznovrsnih kolonija dodatno komplikuje postupke regulacije brojnosti populacije ove vrste.

Unutar kolonija može se nalaziti na stotine matica, što značajno povećava reproduktivni kapacitet. Matice su sposobne da polažu do 350 jaja nedeljno, čime se njihova brojnost populacije, vodeći računa o broju matica rapidno uvećava. Jaja polažu unutar zaštićenih delova gnezda, najčešće u zatvorenim, toplim i vlažnim mikrostaništima, sa optimalnim režimom temperature od 18 do 30°C i relativnom vlažnošću od 80% (Perfecto i Philpott, 2023). Razvojni ciklus faraonskih mrava do odrasle jedinke traje oko 45 dana, što takođe pospešuje povećanje populacije, ukoliko se pravovremeno ne primene adekvatne mere kontrole.

Primenom integrisanog modela suzbijanja (IPM), koji obuhvata kombinaciju bioloških, hemijskih, mehaničkih i fizičkih metoda kao i higijenskim postupcima u objektima u kojima se nalaze faraonski mravi, možemo efikasno izvršiti suzbijanje populacije ove invazivne vrste.

RAZVOJNI CIKLUS

Razvojni ciklus faraonskih mrava (*M. pharaonis*), od jajeta do odrasle jedinke, traje približno 45 dana. Ovaj ciklus se odlikuje ranom diferencijacijom jedinki, pri čemu se razlike između reproduktivnih jedinki (matica i mužjaka) i radilica uspostavljaju već tokom embrionalnog razvoja unutar jajeta. Literaturni podaci ukazuju na postojanje dva tipa embriona, embrioni sa primordijalnim germinativnim ćelijama, iz kojih se razvijaju reproduktivne matice i mužjaci i embrioni bez germinativnih ćelija, od kojih kasnije nastaju sterilne radilice odgovorne za obavljanje svih nereproduktivnih funkcija unutar kolonija. Parenje se odvija skriveno, unutar njihovih gnezda, kontinuirano tokom cele godine. Uspešno kolonizuju ljudsko okruženje i polažu jaja na skrivenim mestima poput nameštaja, u šuplinama zidova, električnim uređajima i drugim mikrostaništima. Shodno tome, otežan pristup kolonijama značajno utiče na sprovođenje efikasnih mera kontrole ove vrste jedinki (Vashegyi i sar., 2025).

Nakon završetka embrionalne faze, iz jajeta će se izleći larva koja prolazi kroz tri faze presvlačenja. Tokom ovih faza, larve se intenzivno hrane i rastu. Već tokom prve faze presvlačenja možemo razlikovati larve buduće matice od muških jedinki i radilica. Ove rane fizičke razlike omogućavaju pružanje adekvatne nege i raspodele resursa za svaku jedinku, omogućavajući im optimalni razvoj. Stadijum lutke traje oko dvanaest dana. Tokom ove faze dolazi do značajnih transformacija, lutke postepeno tamne poprimajući boju odraslih mrava. Takođe, dolazi do diferencijacije na osnovu veličine i pola, mužjaci i ženke se jasno mogu razlikovati po morfološkim karakteristikama poput oblika očiju, strukture antena i prisustva krila. Nakon završetka ovog razvojnog ciklusa, iz lutki se istovremeno formiraju tri vrste odraslih jedinki, svaka sa specifičnom ulogom u zajednici.

Sterilne radilice, ženke zadužene za sakupljanje hrane, brigu o leglu, izgradnji i održavanju legla kao i odbrani same kolonije (Plante i sar., 2025), aktivno učestvuju u pronalaženju i prikupljanju resursa i često se mogu uočiti po radnim površinama, kuhinjskim elementima i ormarićima u kojima se drži hrana. Njihov usni aparat koji služi za grickanje, može da probije plastičnu ambalažu, što im značajno olakšava pristup hrani. Svrstavaju se u oportunističke omnivore, ishrana im se sastoji od obroka bogatih ugljenim hidratima, lipidima i proteinima, što im olakšava suzbijanje primenom nutritivno bogatih mamaca (Perfecto i Philpott, 2023). Ulazeći u prostore u kojima borave ljudi, faraonski mravi mogu služiti kao mehanički vektori širokog spektra patogena, što predstavlja značajan zdravstveni rizik. Procesom trofalakse, koji podrazumeva razmenu hrane između članova kolonije, prikupljene materije uspešno se distribuiraju kroz celu koloniju, dopirući efikasno do čitavog legla (Vashegyi i sar., 2025).

Reproduktivne matice predstavljaju jedinke odgovorne za polaganje jaja i održavanje populacije. Karakteriše ih povećana brojnost, koja može dostići i stotine, raspoređene u više gnezda unutar kolonija, što dodatno može komplikovati

processe njihovog suzbijanja. Reproduktivna sposobnost matica i njihovo skriveno gnežđenje presudni su za opstanak i širenje kolonija, zbog čega ciljano suzbijanje matica predstavlja ključni faktor u iskorenjivanju ove vrste (Vashegyi i sar., 2025).

Mužjaci čija primarna i često jedina uloga predstavlja reprodukcija, prisutni su u kolonijama kao sastavni deo potomstva (Plante i sar., 2025). Iako njihova uloga nije dominantna, oni doprinose genetskoj raznolikosti. Razumevanje odnosa i uloga unutar kolonija pomaže u razvoju efikasnijih metoda koje su ključne u suzbijanju ovih jedinki.

Kada je reproduktivna matica prisutna u leglu, radilice faraonskih mrava ispoljavaju selektivan tretman legla. Leglo koje je namenjeno za razvoj radilica se prihvata i efikasno neguje, čime se osigurava njihov optimalni razvoj. Suprotno tome, leglo iz kojeg bi se razvile reproduktivne jedinke podvrgnuto je potencijalnom kanibalizmu. Radilice grizu i oštećuju kutikule larvi, nakon čega konzumiraju unutrašnje tkivo. Na ovaj način, obezbeđuje se razvoj isključivo jedinki iz grupe radilica i optimalni broj jedinki zaduženih za reprodukciju i očuvanje optimalne brojnosti različitih grupa unutar zajednice. Proces diferencijacije između reproduktivnog i radničkog legla, koji obavljaju radilice faraonskih mrava, dominantno se zasniva na morfološkim osobinama. Larve radilica poseduju račvaste dlake (dvodelne), dok su reproduktivne larve dominantno gole, sa svega nekoliko kratkih čekinja. Takođe, reproduktivne larve su značajno veće i karakterišu ih kruškolik oblik u poređenju sa larvama radilica, koje su manjih dimenzija i izduženog oblika. Ovakvo ponašanje radilica uslovljeno je prisustvom reproduktivnih matica, koje putem specifičnih feromona signaliziraju inhibiciju polnog razvoja jedinki. To su najčešće kutikularni ugljovodonici, koji se nalaze na spoljašnjem omotaču insekata, koje radilice prepoznaju putem olfaktornog sistema, izazivajući fiziološke i bihevioralne promene kod radilica (Brunner i sar., 2011). Kao rezultat toga, radilice efikasno regulišu razvoj legla u koloniji, obezbeđujući da se, dokle god su prisutne reproduktivne matice razvijaju isključivo forme radilica (ADAS, 1991). Efikasan i brz razvojni ciklus, zajedno sa ranom determinacijom jedinki i sposobnošću stvaranja velikih, povezanih kolonija putem odvajanja, faraonskim mravima doprinosi izuzetnu adaptibilnost kao i veliki invazivni potencijal kako u urbanim tako i u ruralnim sredinama (Plante i sar., 2025).

DRUGE VRSTE MRAVA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE

Pored faraonskih mrava, na evropskom kontinentu često su zastupljene i druge značajne vrste, čije biološke i entomološke karakteristike je neophodno uzeti u obzir radi lakšeg razumevanja specifičnih izazova, što omogućava adekvatan izbor strategije u sprovođenju kontrole suzbijanja ove vrste jedinki.

Crni baštenski mravi (*Lasius niger*), karakteristične crno-smeđe boje, često prodiru u domaćinstva u potrazi za hranom, iako se primarno gnezde na otvorenom. Za razliku od faraonskih mrava, crni baštenski mravi najčešće formiraju

kolonije sa jednom maticom. Matice polažu jaja u ranu jesen, nakon čega nastavlja svoj razvoj, pri čemu se mogu razviti radilice ili reproduktivne jedinice. Seksualni dimorfizam kod ove vrste je izuzetno naglašen, zbog čega su sposobne da razlikuju muške i ženske larve još u njihovom ranom stadijumu (Jemielity i Keller, 2003). Njihova prisutnost u domaćinstvima bazira se samo na potrazi za hranom, a kolonije unutar zidova ili struktura zgrada su retke. Zbog toga se smatraju manje invazivnom vrstom u odnosu na faraonske mrave. Međutim, s obzirom na sklonost ka sakupljanju uginulih insekata, ostataka hrane i drugih organskih materija, ova vrsta može služiti kao rezervoar i prenosilac patogena iz spoljašnje sredine u objekte u kojima borave ljudi. Mogu prenositi bakterije poput *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp. i *Enterococcus* spp., što predstavlja direktan rizik za zdravlje ljudi. Ovaj rizik je posebno izražen u prostorijama gde se skladišti i priprema hrana, zbog potencijale kontaminacije namirnica (Schläppi i sar., 2020). Iako se *L. niger* ne smatra visoko invazivnom vrstom, njihov značajan vektorski potencijal prenosa patogena može predstavljati ozbiljan zdravstveni rizik u domaćinstvima. Od namirnica najviše ih privlače šećeri poput saharoze, fruktoze, glukoze.

Crveni vatreni mravi (*Myrmica rubra*), predstavljaju autohtonu vrstu evropskog kontinenta, prepoznatljivu po crveno-braon i tamnocrvenoj boji. Ova vrsta je izrazito agresivna, poznata po snažnom i bolnom ubodu. Prilikom napada ili odbrane, koristi žaoku pomoću koje ubada i ispušta otrovnu supstancu. Ta supstanca se sastoji od proteina i alergena, što kod ljudi može rezultirati bolom, lokalnim crvenilom i otokom, ali i ozbiljnim sistemskim reakcijama, uključujući anafilaktički šok (Hurka i sar., 2022). Radilice *M. rubra* su monomorfne, što znači da su sve približno iste veličine, koja iznosi oko 4-5 mm. Odlikuje ih sposobnost formiranja velikih kolonija koje se sastoje od stotina međusobno povezanih gnezda u kojima se nalazi preko milion radilica, kao i više matica (Wetterer i Radchenko, 2011). Svaka kolonija aktivno brani svoju teritoriju i pokazuje izuzetne znake agresije prema drugim kolonijama, teritorije mogu da se dodiruju ali se nikad ne preklapaju zbog snažne međusobne konkurencije. Dok radilice unutar iste kolonije pokazuju malo ili nimalo agresije, susreti sa radilicama iz drugih kolonija često rezultiraju intenzivnim borbama (Chen i sar., 2018). Takođe spadaju u afidokolnu vrstu mrava, pri čemu štite biljne vaši u zamenu za medljiku, što ih čini potencijalnom štetočinom u poljoprivredi (Wetterer i Radchenko, 2011). U staništima sa visokom vlažnošću i bogatom vegetacijom, kao što su parkovi i dvorišta, ova vrsta pokazuje visoku invazivnost (Chen i sar., 2018).

Šumski mravi (*Formica rufa*) predstavljaju autohtonu vrstu sa izrazito složenom socijalnom organizacijom, sposobnošću formiranja velikih kolonija i naprednom strategijom izgradnje i održavanja gnezda. Pored navedenih karakteristika spadaju u oportunističke omnivore, koriste širok spektar ishrane koja varira od medljike biljnih vaši, preko artropoda, pa i do krupnijeg plena, poput glista (Lenoir, 2023). Zbog takve raznolikosti u ishrani, radilice intenzivno pretražuju

okolinu, što potencijalno povećava njihov kontakt sa različitim izvorima kontaminacije. Formiraju nadzemne mravinjake od organskog materijala, primarno od borovih iglica, grančica i zemljišta. Ovakva struktura gnezda ima ključnu ulogu u regulaciji mikroklimatskih uslova, naročito temperature. Radilice unutar kolonije pokazuju visok stepen kooperacije i minimalnu agresiju, dok su interakcije sa jedinkama drugih kolonija često praćene izraženom agresijom. Šumski mravi poseduju razvijene termoregulacione mehanizme, koji im omogućavaju održavanje povoljnih uslova za razvoj legla tokom većeg dela godine. Ova sposobnost razlikuje ih od drugih vrsta mrava, koji se pretežno oslanjaju na premeštanje legla prateći temperaturne gradijente, kako bi obezbedile optimalne uslove (Kadochová i Frouz, 2014). Kao i kod druge vrste mrava, ova vrsta može imati potencijalnu ulogu u mehaničkom prenosu različitih patogenih mikroorganizama (Schlappi i sar., 2020).

Solenopsis fugax, poznatiji kao mravi lopovi, predstavljaju izuzetno malu vrstu mrava (radilice 1,5-3,0 mm) koji se retko viđaju na površini zemlje i kolonizuju topla, suva i otvorena staništa. Gnezda formiraju duboko u zemlji, u pukotinama stena i ispod velikog kamenja. Kolonije mogu brojati do 100.000 radilica i često su poliginijske, tj. sa više reproduktivnih matica. Zbog boje i veličine često ih mešaju sa faraonskim mravima. Ova vrsta je poznata po tome što "pljačka" susedna gnezda, gradeći tunele u blizini drugih mrava putem kojih im upadaju u kolonije i krađu hranu (Csósz i sar., 2023).

ZDRAVSTVENI RIZIK

Prenos patogena putem insekata predstavlja značajan zdravstveni izazov, naročito kod socijalnih vrsta poput mrava, koji prodiru u različite objekte dok su u potrazi za hranom i na taj način ne samo da mogu potencijalno biti vektori različitih oboljenja, već i uzročnici alergijskih reakcija kod ljudi i kućnih ljubimaca. Faraonski mravi uspešno kolonizuju stambene objekte i mogu biti uzročnici trovanja hranom, što predstavlja poseban rizik za pacijente u bolničkim prostorijama (Alharbi i sar., 2019). Bakterijske vrste poput *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Klebsiella* i *Clostridium*, samo su neki od izazivača bolesti koje *M. pharaonis* može preneti. Prilikom njihove potrage za hranom oni se kreću između kontaminiranih i čistih zona, zabeleženo je njihovo prisustvo na otvorenim ranama pacijenata, medicinskom otpadu, infuzionim setovima, kao i kuhinjama i prostorijama u kojima se priprema hrana. Topla i vlažna mikroklima koja je prisutna u bolnicama, u kombinaciji sa lako dostupnim izvorima hrane, pogoduje njihovom brzom razmnožavanju i olakšava efikasno širenje mikroorganizama unutar same kolonije, čime se dodatno povećava njihov vektorski potencijal i rizik od infekcija (Beatson, 1972).

Za razliku od drugih mrava koji izazivaju alergijske reakcije isključivo putem uboda, faraonski mravi ne predstavljaju samo uobičajene kućne štetočine, već i značajan izvor inhalacionih alergena u zatvorenim prostorima. Njihovo prisustvo u domaćinstvima dovodi do kontinuirane akumulacije biološkog

materijala, uključujući izmet i dezintegrisane delove tela, koji se raspršuju u vazduh, formirajući inhalacione alergene. Po dospeću u vazduh, kod imuno-kompromitovanih osoba mogu izazvati ozbiljne respiratorne reakcije, uključujući bronhijalnu astmu. Studije ukazuju na to da značajan broj pacijenata ispoljava pozitivnu kožnu reakciju, dok kod preostalih dolazi do pojave astmatičnih napada (Kim i sar., 2005).

MONITORING FARAONSKIH MRAVA

U okviru integrisanog pristupa faraonskih mrava, monitoring predstavlja značajnu komponentu kojom se omogućava precizna detekcija, identifikacija i kvantifikacija ove vrste štetočina. Jedna od standardnih metoda uključuje postavljanje specijalizovanih klopki sa atraktantom, poput putera od kikirikija. One se postavljaju na planski definisanim mestima, nakon čega se posle određenog vremena identifikuju i prebrojavaju jedinke. Za uspešno određivanje lokacije postavke istih, neophodno je poznavati navike mrava i mesta na kojima se najčešće kreću u potrazi za hranom. Unutar objekta, ključne lokacije obuhvataju radne površine u kuhinjskim prostorijama, prozorske daske, područja oko mašine za sudove i sanitarnih čvorova, dok se izvan objekta najčešće postavljaju u pukotinama na zidu, područjima oko električnih brojila, površinama oko česama i drugih izvora vode, na spoju zida i creva klima uređaja itd (Oi i sar., 1994). Faraonski mravi pokazuju izuzetnu sklonost nastanjanja vlažnih područja, time ovakva mesta predstavljaju ključne tačke u monitorigu, što je efikasno za rano otkrivanje i uspešno sprečavanje širenja infestacije.

Tradicionalne metode praćenja, poput specijalizovanih klopki, lepljivih traka i kartica sa atraktantom, zasnovane na manuelnom brojanju, podložne su greškama i pokazale su se neefikasno pri radu sa velikim brojem jedinki. Međutim, u savremenim istraživanjima najbolje su se pokazali kompjuterski modeli na bazi foto ćelija, efikasni u praćenju povećane aktivnosti mrava. Ovi sistemi koriste kamere sa makroobjektivima, koje se pozicioniraju u zoni staza ili koridora u kojima se mravi kreću u potrazi za hranom. Slike mrava se proizvode pod kontrolisanim uslovima osvetljenja i visokom rezolucijom. Na taj način se obezbeđuje kvalitet i preciznost, što je ključno u dobijanju pouzdanih rezultata. Rade po principu beleženja precizne lokacije, merenja veličine svake jedinke, generisanja mapa koje vizualizuju prostornu distribuciju aktivnosti mrava tokom vremena. Takođe, mogu analizirati promene u brojnosti i rute kretanja mrava kroz različite vremenske periode (Das i sar., 2024). Stoga, usled neuporedivo bolje preciznosti, pouzdanih podataka o aktivnosti ove vrste kao i analize promene ruta njihovog kretanja, primena specijalizovanih sistema direktno olakšava planiranje i sprovođenje efikasnih mera suzbijanja.

METODE INTEGRISANOG PRISTUPA U SUZBIJANJU FARAONSKIH MRAVA

Integrisani pristup suzbijanja faraonskih mrava (*Monomorium pharaonis*) podrazumeva sveobuhvatnu strategiju koja kombinuje preciznu identifikaciju štetočina sa kontinuiranim praćenjem i strateškom primenom različitih metoda kontrole (UC Statewide IPM Program, 2017).

Osnovni principi integrisanog pristupa (IPM) podrazumevaju sistematičan pristup koji uključuje preciznu detekciju, razumevanje biologije i etiologije vrste, definisanje kritičnog nivoa, implementaciju strategije suzbijanja kao i adekvatnu evaluaciju. Precizna detekcija kao inicijalna faza IPM programa, obuhvata temeljnu inspekciju čiji je cilj potvrđivanje trajnog prisustva štetočina. Ovo podrazumeva detaljan pregled potencijalnih ulaznih tačaka i skrivenih staništa uključujući unutrašnje i spoljašnje zidove objekata. Cilj inspekcije predstavlja postavljanje efikasnog lociranja problematičnih zona. Razumevanje biologije i etiologije vrste je od presudnog značaja kada je u pitanju uspešno planiranje kontrole. Sveobuhvatno razumevanje njihovog načina života, specifičnih navika i slabosti predstavlja važnu osnovu za strateški izbor najefikasnijih i najodrživijih metoda suzbijanja ove vrste jedinki.

Definisanje kritičnog nivoa za intervenciju predstavlja naredni korak kojim se određuje granica infestacije koja nalaže neophodno sprovođenje kontrolnih mera. S obzirom da faraonski mravi imaju potencijalni rizik za prenošenje bolesti, posebno u okruženjima kao što su objekti za pripremanje hrane, svako potvrđeno prisustvo smatra se kritičnim nivoom. Implementacija strategija suzbijanja predstavlja centralni aspekt IPM programa, koji obuhvata kombinaciju različitih metoda (mehaničkih, fizičkih, bioloških i hemijskih) usmerenih na efikasnu kontrolu populacije *M. pharaonis*. Strategija je dizajnirana tako da iskoristi ključne tačke njihovog životnog ciklusa i prekine ciklus infestacije, uz minimiziranje rizika (Northeastern IPM Center, 2020).

FIZIČKE I MEHANIČKE METODE SUZBIJANJA FARAONSKIH MRAVA

Fizičke i mehaničke metode suzbijanja predstavljaju važnu komponentu integrisanog pristupa u kontroli *M. pharaonis*. Ove metode se zasnivaju na primeni fizičkih agenasa, narušavajući integritet i vitalnost insekata, bez primene hemijskih supstanci. Preventivna strategija započinje primenom sanitarnih mera i postavljanjem fizičkih barijera, čiji je primarni cilj eliminacija esencijalnih resursa koji privlače mrave (poput hrane, vode i skrovišta) i fizičko onemogućavanje pristupa mrava objektima. Rigorozne higijenske mere, uključujući redovno čišćenje objekata, ispravnost instalacija i pravilno skladištenje namirnica, smanjuju dostupnost izvora hrane i vode, čime se direktno utiče na opstanak i razvoj kolonija. Istovremeno, ključno je postavljanje fizičkih barijera na objektima. To podrazumeva zaptivanje pukotina i proreza na zidovima i oko instalacija, čime

se onemogućava ulazak i kretanje samih mrava u unutrašnjosti objekta. Uklanjanjem nagomilanog materijala poput papira, kartona, tekstila itd., efikasno se redukuju potencijalna mesta za skrivanje, što dodatno ograničava opstanak i ekspanziju kolonija (Northeastern IPM Center, 2020).

Posebnu grupu sredstava koja ostvaruje fizički efekat predstavljaju desikantni prahovi, koji se svrstavaju u grupu biocidnih proizvoda i predstavljaju neorganske supstance čija se upotreba u dezinfekciji zasniva na fizičkom mehanizmu delovanja na insekte. Njihova prednost ogleda se u minimiziranju ekoloških i zdravstvenih rizika. Mehanizam delovanja bazira se na fizičkom prijanjanju za kutikulu mrava i oštećenju njihovog zaštitnog sloja. Narušavanje integriteta kutikule dovodi do nekontrolisanog gubitka vode iz tela insekta i posledične dehidracije koja uzrokuje smrt, kao i stvaranju pora koje utiču na smanjenje stepena zaštite insekta. Među najefikasnijim aktivnim supstancama desikantnih prahova, ističu se zeolit i ugljenik u prahu, dok diatomejska zemlja nije pokazala zadovoljavajuće rezultate u kontroli *M. pharaonis* (Van Den Noortgate i sar., 2018).

BIOLOŠKE METODE SUZBIJANJA FARAONSKIH MRAVA

Biološke metode suzbijanja predstavljaju optimalnu alternativu u odnosu na hemijske insekticide, prvenstveno zbog minimiziranja negativnih posledica po zdravlje ljudi i neciljnih organizama, kao i dugoročne održivosti životne sredine. Među biološkim agensima, entomopatogene gljivice poput *Bauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Purpureocillium lilacinum* i *Conidiobolus lunulus*, ističu se kao perspektivno rešenje zbog svog specifičnog mehanizma delovanja. Nakon adhezije spora gljivica na kutikulu mrava, luče se hidrolitički enzimi koji olakšavaju formiranje penetracione strukture, omogućavajući probijanje egzoskeleta insekata. Nakon uspešne penetracije, gljivice se razmnožavaju unutar telesnih šupljina i produkuju toksine, dovodeći do posledičnog uginuća insekta.

Međutim, efikasnost biološke kontrole mrava gljivicama često je umanjena zbog kompleksnih odbrambenih mehanizama koje poseduje ova vrsta insekata. Mravi aktivno sprovode higijenu, uklanjajući spore sa površine tela, takođe, luče antimikrobne supstance koje neutrališu gljivice. Prisustvo zaštitnih barijera na egzoskeletu fizički redukuje prodor gljivica u telo jedinki. Kombinovanim delovanjem ovih mehanizama, drastično se smanjuje verovatnoća uspešne infekcije, onemogućavajući gljivicama efikasnu penetraciju i razmnožavanje unutar domaćina (Folgarait i Goffré, 2023).

HEMIJSKE METODE SUZBIJANJA FARAONSKIH MRAVA

Savremeni pristup u kontroli suzbijanja štetočina teži ka što manjoj upotrebi hemijskih insekticida, prepoznajući njihove potencijalne negativne ekološke i zdravstvene rizike. Međutim, u suzbijanju invazivnih vrsta poput faraonskih mrava, primena hemijskih insekticida često ostaje neizbežan izbor usled njihove izražene sposobnosti prilagođavanja i složene kolonijalne organizacije. Iz tog

razloga, neophodno je hemijske preparate koristiti strogo kontrolisano, uz pažljiv odabir aktivne supstance i njene koncentracije, kao i načina aplikacije, uz obaveznu procenu potencijalnog uticaja na neciljne organizme, kako bi ostvarila dobra efikasnost, a šteta svela na minimum.

Upotreba mamaca predstavlja efikasnu hemijsku metodu u kontroli faraonskih mrava, budući da omogućava njihovo ciljano suzbijanje. Dugotrajna efikasnost postiže se primenom kombinovanih mamaca, koji sadrže masti i šećere. Navedeni mamci privlače radilice i omogućavaju transfer aktivne supstance do matica i ostalih članova legla. Kao aktivne supstance, samostalno ili u kombinaciji, primenjuju se jedinjenja koja efikasno deluju i kao adulticidi i kao larvicidi, zahvaljujući odloženom dejstvu i trofalaktičnoj distribuciji unutar kolonije.

Pre same primene mamaca, neophodno je utvrditi izbor adekvatne namirnice za ovu vrstu jedinki, kako bi se obezbedila visoka stopa konzumacije. Mamci se moraju planski postaviti na lokacije koje su nedostupne deci i kućnim ljubimcima, ali optimalno pozicionirane za privlačenje i konzumaciju od strane mrava. Unutar objekta, idealne lokacije za postavljanje mamaca su mesta gde se mravi kreću i skrivaju, poput ostava, duž ivice ormarića, u uglovima, u okolini kuhinjskih elemenata, blizini vodovodnih instalacija, unutar električnih kutija i prekidača. Izvan objekata, pogodne lokacije obuhvataju prostor oko prozora, vrata, temelja, duž terase i slično.

Ključna efikasnost leži u odloženom delovanju aktivne supstance. To omogućava radilicama da je, pre ispoljavanja letalnih efekata, putem trofalakse distribuiraju unutar cele kolonije, obezbeđujući sistemsku eliminaciju matica i nezrelih formi.

Prvi vidljivi rezultati uočavaju se tek nakon nekoliko nedelja. Eliminacijom isključivo radilica ne bismo dobili zadovoljavajuće rezultate, jer i mali procenat preostalih radilica može obezbediti opstanak matice i nezrelih razvojnih stadijuma. Zbog toga je sistemsko delovanje aktivnih supstanci od ključne važnosti jer omogućava distribuciju insekticida putem cele kolonije, što može rezultirati njenom dugoročnom eradikacijom (UC Statewide IPM Program, 2017).

Pored mamaca, u hemijskoj kontroli faraonskih mrava koriste se i rezidualni insekticidi u formi tečnog spreja, koji deluju kontaktno. Važno je istaći da je primena sprejeva u suzbijanju mrava diskutabilna, vodeći računa da ostvarivanje cidnog efekta na radilice koje prelaze preko tretiranih površina može uticati da kolonija preduzme tzv. zaštitne mehanizme kao što su pupljenje, što može dovesti do povećanog širenja mrava u prostoru i povećanja njihove brojnosti u budućnosti.

Na teritoriji EU, kao i u Srbiji za suzbijanje faraonskih mrava koriste se fipronil, imidakloprid, S-metopren, piriproksifen, piretroidi i pojedina esencijalna ulja. Pored navedenih aktivnih supstanci koje se koriste u EU, a koje se u skladu sa našim zakonodavstvom mogu koristiti i u Srbiji, za suzbijanje faraonskih mrava van teritorije EU koriste se: hidrametilnon, sulfamid, hlufenapir, fenoksi-karb, borna kiselina i boraks.

Fipronil, spada u grupu fenilpirazola i deluje kao neurotoksin, blokirajući GABA receptore hloridnih kanala u centralnom nervnom sistemu, izazivajući paralizu i smrt (UC Statewide IPM Program, 2017).

Imidakloprid je insekticid iz grupe neonikotinoida koji deluje kao agonist nikotinskih acetilholinskih receptora (nAChR) u centralnom nervnom sistemu insekata. Imidakloprid se vezuje za nikotinske acetilholinske receptore, oponašajući dejstvo neurotransmitera acetilholina. Za razliku od prirodnog acetilholina koji se brzo razgrađuje, imidakloprid se ne razgrađuje lako, što dovodi do trajne stimulacije receptora.

S-metopren i piriproksifen spadaju u regulatore rasta insekata (IGR), deluju kao analog juvenilnog hormona. Njihov primarni mehanizam delovanja nije direktno ubijanje odraslih jedinki, već prekidanje životnog ciklusa insekata sprečavanjem njihovog normalnog razvoja. Insekti prirodno proizvode juvenilni hormon koji reguliše prelazak iz jedne razvojne faze biološkog ciklusa u drugu (npr. iz larve u lutku ili iz lutke u odraslu jedinku). Regulatori rasta „imitiraju“ ovaj hormon.

Insekticidi na bazi piretroida deluju kao nervni otrovi, primarno ometajući protok natrijumovih (Na^+) jona kroz nervne membrane insekata. Oni produžavaju otvaranje natrijumovih kanala, uzrokujući blokadu provodljivosti nervnih impulsa, što dovodi do brze paralize, tzv. „knock-down“ efekta, i uginuća štetočina kontaktni iritansi i neurotoksini, uzrokujući brzu smrt radilica koje su u potrazi za hranom na tretiranim površinama. Međutim, glavna mana ovih insekticida u postupku suzbijanja žutih mrava je u njihovoj ograničenoj sistemskoj penetraciji. Tokom njihovog dejstva dolazi do brzog nastanka paralize i smrti izloženih mrava, čime je onemogućen transfer aktivne supstance dublje u koloniju. Kao posledica toga, njihovo dejstvo je ograničeno isključivo na površinski izložene jedinke i ne dopire do skrivenih delova skloništa.

Esencijalna ulja, poput ulja cimeta i geraniola, deluju kao repelenti i smanjuju aktivnost radilica na tretiranim površinama. Međutim, njihovo repelentno dejstvo može izazvati migraciju i razdvajanje kolonija, što za posledicu ima stvaranje novih nezavisnih skrovišta na drugim lokacijama. Kao rezultat toga, može doći do značajno otežane kontrole i širenja same infestacije (Feng i sar., 2025).

ZAKLJUČAK

Suzbijanje faraonskih mrava (*Monomorium pharaonis*) predstavlja značajan stručni izazov zbog njihove visoke adaptabilnosti, kao i jedinstvene kolonijalne organizacije, koja omogućava brzo širenje i dugotrajno održavanje populacije u zatvorenim prostorima. Posebno otežavajuća okolnost je razvojni ciklus i složena društvena struktura, pri čemu radilice obavljaju ključne funkcije u koloniji, a reproduktivne jedinke obezbeđuju kontinuirano povećanje broja mrava. Pored ekonomskih i higijenskih posledica, njihovo prisustvo može predstavljati i zdravstveni rizik, posebno u objektima gde se priprema i skladišti hrana.

Zbog toga se kao najefikasniji pristup u postupku suzbijanja faraonskih mrava nameće integrisani sistem (IPM), koji kombinuje monitoring i preciznu identifikaciju kritičnih zona, higijensko-sanitarne mere i fizičko sprečavanje pristupa mrava objektima, uz selektivnu i kontrolisanu primenu bioloških i hemijskih sredstava. Fizičke i mehaničke mere doprinose smanjenju izvora hrane, vode i skrovišta, dok biološke i hemijske metode treba koristiti uz strogo definisane procedure, kako bi se smanjio rizik po ljude, kućne ljubimce i okolinu. U okviru IPM-a posebno je važno planiranje postupka suzbijanja na osnovu kritičnog nivoa infestacije, kao i kontinuirano praćenje efekata primenjenih mera, jer primena jednokratnog tretmana ne obezbeđuje dugoročnu kontrolu.

Na osnovu razmatranih principa i strategija, može se zaključiti da uspešno suzbijanje faraonskih mrava zavisi od stručne primene integrisanog pristupa suzbijanja, koji se zasniva na praćenju stepena infestiranosti, istovremenoj primeni prethodno definisanih metoda i praćenju efekata sprovedenih tretmana, u cilju postizanja dobre efikasnosti i održive zaštite prostora.

Zahvalnica

Rad je podržan sredstvima Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor broj 451-03-34/2026-03/200143).

LITERATURA

1. ADAS, J. E. (1991). Caste regulation in the pharaoh's ant *Monomorium pharaonis*: recognition and cannibalism of sexual brood by workers. *Physiological Entomology*, 16(3), 263-271.
2. Alharbi, J. S., Alawadhi, Q., and Leather, S. R. (2019). *Monomorium* ant is a carrier for pathogenic and potentially pathogenic bacteria. *BMC research notes*, 12(1), 230.
3. Beatson, S. (1972). Pharaoh's ants as pathogen vectors in hospitals. *The Lancet*, 299(7747), 425-427.
4. Brunner, E., Kroiss, J., Trindl, A., and Heinze, J. (2011). Queen pheromones in *Temnothorax* ants: control or honest signal?. *BMC Evolutionary Biology*, 11(1), 55.
5. Buczkowski, G., and Bennett, G. (2009). Colony budding and its effects on food allocation in the highly polygynous ant, *Monomorium pharaonis*. *Ethology*, 115(11), 1091-1099.
6. Chen, W. E. N., O'SULLIVAN, Á. I. N. E., and Adams, E. S. (2018). Intraspecific aggression and the colony structure of the invasive ant *Myrmica rubra*. *Ecological entomology*, 43(2), 263-272.
7. Csősz, S., Seifert, B., László, M., Yusupov, Z. M., and Herczeg, G. (2023). Broadly sympatric occurrence of two thief ant species *Solenopsis fugax* (Latreille, 1798) and *S. juliae* (Arakelian, 1991) in the East European Pontic-Caspian region (Hymenoptera, Formicidae) is disclosed. *ZooKeys*, 1187, 189.
8. Das, M., Liu, F. L. C., Hartle, C., Yang, C. C. S., and Chen, C. P. (2024). Ant Detective: An Automated Approach for Counting Ants in Densely Populated Images and Gaining Insight into Ant Foraging Behavior. arXiv preprint arXiv:2410.20638.
9. Feng, X., Choe, D. H., and Lee, C. Y. (2025). Effects of over-the-counter aerosol products on sociotony of *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: *Formicidae*). *Journal of Economic Entomology*, 118(5), 2526-2535.
10. Folgarait, P. J., and Goffré, D. (2023). Control of pest ants by pathogenic fungi: state of the art. *Frontiers in Fungal Biology*, 4, 1199110.
11. Hurka, S., Brinkrolf, K., Özbek, R., Förster, F., Billion, A., Heep, J., Timm, T., Lochnit, G., Vilcinskis, A., & Lüddecke, T. (2022). Venomics of the Central European myrmicine ants *Myrmica rubra* and *Myrmica ruginodis*. *Toxins*, 14(5), 358. doi.org

12. Jemielity, S., and Keller, L. (2003). Queen control over reproductive decisions—no sexual deception in the ant *Lasius niger*. *Molecular ecology*, 12(6), 1589-1597.
13. Kadochová, Š., and Frouz, J. (2014). Thermoregulation strategies in ants in comparison to other social insects, with a focus on red wood ants (*Formica rufa* group). *F1000Research*, 2, 280.
14. Kim, C. W., Kim, D. I., Choi, S. Y., Park, J. W., and Hong, C. S. (2005). Pharaoh ant (*Monomorium pharaonis*): newly identified important inhalant allergens in bronchial asthma. *Journal of Korean medical science*, 20(3), 390-396.
15. Lenoir, L. (2003). Response of the foraging behaviour of red wood ants (*Formica rufa* group) to exclusion from trees. *Agricultural and Forest Entomology*, 5(3), 183-189.
16. Northeastern IPM Center. (2020). Pharaoh Ant, *Monomorium pharaonis*. School IPM Best Practices.
17. Oi, D. H., Vail, K. M., Williams, D. F., and Bieman, D. N. (1994). Indoor and outdoor foraging locations of Pharaoh ants (Hymenoptera: *Formicidae*) and control strategies using bait stations. *Florida Entomologist*, 85-91.
18. Perfecto, I., and Philpott, S. M. (2023). Ants (Hymenoptera: *Formicidae*) and ecosystem functions and services in urban areas: a reflection on a diverse literature. *Myrmecological News*, 33.
19. Plante, B. A., Rajakumar, R., Chen, T., Rao, A. M., and Abouheif, E. (2025). A developmental table for the Florida carpenter ant *Camponotus floridanus*: Establishing foundations for mechanistic studies of development and evolution in ants.
20. Schläppi, D., Chejanovsky, N., Yañez, O., and Neumann, P. (2020). Foodborne transmission and clinical symptoms of honey bee viruses in ants *Lasius spp.* *Viruses*, 12(3), 321.
21. UC Statewide IPM Program. (2017). *Pharaoh ant: Baiting*. University of California Agriculture and Natural Resources.
22. Van Den Noortgate, H., Lagrain, B., Pulinthanathu Sree, S., Kerkhofs, S., Wenseleers, T., and Martens, J. A. (2018). Material properties determining the insecticidal activity of highly divided porous materials on the pharaoh ant (*Monomorium pharaonis*). *Pest Management Science*, 74(6), 1374-1385.
23. Vashegyi, I., Meseg, A., Vander Pan, A., and Bajomi, D. (2025). Fighting against a superorganism: How to control Pharaoh ant colonies in urban areas. U W. H. Robinson (Ur.), *Proceedings of the Eleventh International Conference on Urban Pests*. AF-Borgen, Academic Society.
24. Wetterer, J. K., and Radchenko, A. G. (2011). Worldwide spread of the ruby ant, *Myrmica rubra* (Hymenoptera: *Formicidae*). *Myrmecological News*, 14, 87-96.